

## BAB II

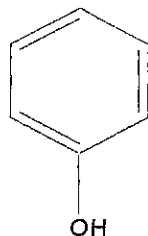
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Senyawa Fenol

Sejak pertama kali ditemukan pada tahun 1834, senyawa fenol menjadi salah satu senyawa yang sering digunakan manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Fenol digunakan dalam proses industri yaitu untuk pestisida dan obat-obatan, sehingga penggunaan maupun pembuatan bahan tersebut akan menyebabkan pencemaran khususnya pada air. Kadar fenol di alam harus selalu dikontrol, karena fenol merupakan zat yang sangat berbahaya bagi manusia bahkan dapat menyebabkan kematian apabila terdapat 6 gram fenol dalam tubuhnya (Adiwiastara, 1978; Irving, 1979). Senyawa ini ditemukan dalam jumlah yang sangat kecil dalam air, baik air minum maupun limbah, sehingga dapat membahayakan kesehatan. Untuk air minum batas maksimum yang diperbolehkan adalah 2 ppb, sedangkan pada air limbah kadar maksimum yang dibolehkan adalah 0,1-1 ppm, karena kerunutan tersebut sehingga diperlukan suatu metode analisa yang sangat akurat untuk mendeteksinya. Metode spektrofotometri UV-vis merupakan salah satu metode analisa fenol yang sangat akurat dengan menggunakan pereaksi 4-aminoantipirin (4-AAP)/4-aminofenazon untuk membentuk kompleks antipirin (Gales, 1976).

Sifat senyawa fenol yang penting adalah kelarutan dalam air pada 25°C adalah 6,7 dalam 100 bagian air. Senyawa fenol yang mengandung satu gugus hidroksi semuanya larut dalam etanol, dietileter, kloroform dan benzena, sedangkan senyawa fenol yang mengandung lebih dari satu gugus hidroksi, larut dalam etanol dan dietil-

eter tetapi tidak larut dalam benzena dan kloroform. Fenol merupakan senyawa yang sangat berbahaya karena merupakan zat yang sangat beracun. Senyawa ini mengalami reaksi penggantian/substitusi pada gugus OH (Considine, 1984).



Gambar 2.1 Struktur Fenol (Budavari, 1996)

## 2.2 Membran Cair

Membran cair adalah fasa cair yang bertindak sebagai penghalang selektif dua fasa cair yang homogen dan tidak bercampur dengan fasa membran tersebut. Membran cair dapat terdiri dari fasa cair hidrofobik yang membagi dua fasa cair hidrofilik atau fasa cair hidrofilik yang membagi dua fasa cair hidrofobik. Kedua fasa cair yang dipisahkan oleh membran cair masing-masing disebut sebagai fasa eksternal (umpan/kontinyu) dan fasa internal (penerima). Fasa eksternal mengandung spesi yang akan dipisahkan sedangkan fasa internal merupakan fasa penerima spesi yang telah dipisahkan setelah melewati membran cair. Membran cair bekerja dengan memanfaatkan perbedaan kecepatan gerak dari spesi-spesi yang akan dipisahkan. Jika suatu spesi dalam fasa eksternal bergerak melewati membran lebih cepat dibandingkan dengan spesi yang lainnya maka akan terjadi pemisahan. Masing-masing spesi terlarut memiliki solubilitas dan koefisien difusi tertentu dalam cairan. Adanya koefisien difusi dan solubilitas ini menghasilkan koefisien permeabilitas yang sebanding dengan flux zat terlarut (Barch, 1996).

### 2.2.1 Membran Cair Emulsi (*Emulsion Liquid Membranes, ELM*)

Membran cair emulsi dibuat dengan membentuk emulsi dari dua fasa cair yang tidak saling bercampur dan kemudian emulsi yang terbentuk didispersikan ke dalam fasa eksternal. Ada dua jenis tipe emulsi yaitu emulsi minyak dalam air (o/w) dan emulsi air dalam minyak (w/o) (Ahmad, 1996). Jika emulsi tipe w/o didispersikan ke dalam fasa air dan emulsi tipe o/w didispersikan ke dalam fasa minyak akan didapatkan emulsi w/o/w yaitu air-minyak-air dan emulsi o/w/o yaitu minyak-air-minyak. Dalam sistem w/o/w fasa minyak berfungsi sebagai fasa membran cair yang memisahkan fasa eksternal dan internal (Barch, 1996). Biasanya ke dalam fasa membran tersebut ditambahkan suatu zat pengompleks yang berfungsi untuk menarik ion-ion logam dari fasa eksternal ke fasa internal. Sedangkan ke dalam fasa internal biasanya ditambahkan suatu zat yang berfungsi untuk memudahkan penarikan ion-ion logam tersebut. Setelah terjadi proses transport spesi yang dipisahkan, emulsi dan fasa eksternal dipisahkan dengan pendiaman (Santoso, 2000).

Masalah utama dalam membran cair emulsi adalah kestabilan emulsi. Emulsi harus dibuat sestabil mungkin terhadap pengadukan selama proses pemisahan, namun juga harus mudah dipecah untuk mendapatkan kembali fasa internalnya. Untuk menjaga kestabilan emulsi ditambahkan surfaktan dalam proses pembuatannya (Barch, 1996).

### 2.3 ELM untuk Pemisahan Fenol

Pemisahan fenol dari limbah air telah dikomersialkan sekitar tahun 1986 pada perusahaan plastik Nanchung, China. Tabel 2.1 di bawah ini menunjukkan sistem ELM untuk pemisahan fenol (Winston, 1996).

Tabel 2.1 Sistem ELM untuk pemisahan fenol dari limbah air (Winston, 1996)

Fasa Eksternal		1000 mg/L fenol
Fasa Membran	Surfaktan	3,50% berat LMS-2 (jenis anion)
	Pelarut	89,80% berat kerosen 6,70% berat parafin
Fasa Internal		5,00% berat NaOH
Efisiensi		99,95% fenol terpisah (sisa fenol 0,5 mg/L)

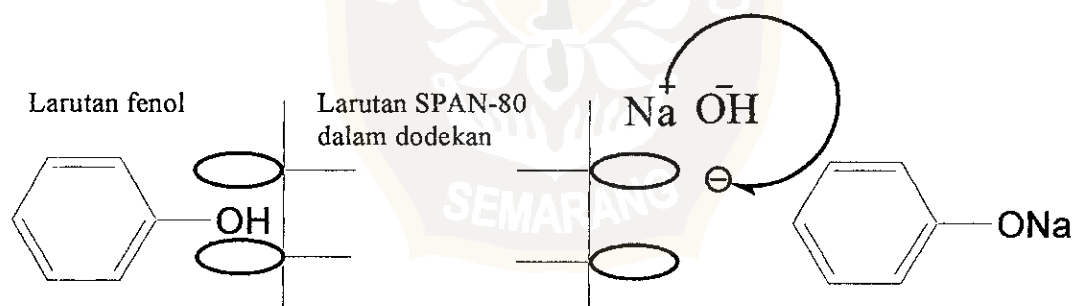
Seperti yang terlihat pada tabel, fenol dapat direduksi dari sekitar 1000 ppm menjadi 0,5 ppm dengan tingkat efisiensi ekstraksi lebih dari 99,95%. Senyawa internal natrium hidroksida mengubah fenol menjadi sodium fenolat yang terjebak dalam fasa internal.

Gadekar dkk meneliti sistem ELM untuk memisahkan nitrofenol dari limbah air, dengan hasil seperti yang terlihat pada tabel 2.2 di bawah ini. Dalam fasa membran, ditambahkan sikloheksanon untuk menghasilkan misel dengan surfaktan SPAN-80, sehingga dapat meminimalkan misel surfaktan ini dengan air (Winston, 1996).

Tabel 2.2 Sistem ELM untuk pemisahan nitrofenol dari limbah air (Winston, 1996)

Fasa Eksternal		1000 mg/L p-nitrofenol 1000 mg/L o-nitrofenol 500 mg/L 2,4-dinitrofenol
Fasa Membran	Surfaktan	SPAN-80 2,0% vol emulsi
	Pelarut	Kerosene 72,0% vol emulsi Parafin 10,0% vol emulsi Sikloheksanon 2,5% vol emulsi
Fasa Internal		0,7 M NaOH
Efisiensi		>98%

Mekanisme yang terjadi untuk pemisahan fenol dari limbah industri secara membran cair emulsi adalah transport secara permeasi sederhana dibantu dengan reaksi kimia untuk mempercepat perpindahan. Emulsi dibuat dengan mencampurkan larutan natrium hidroksida dengan larutan surfaktan SPAN-80 dalam dodekan atau kerosen. Emulsi yang terbentuk mengikuti sistem air dalam minyak. Bila emulsi dikontakkan dengan larutan fenol (dalam air) maka akan terbentuk sistem :



Gambar 2.2 Mekanisme reaksi fenol dengan fasa emulsi (Winston, 1996)

Mekanisme reaksi yang lain adalah mekanisme terfasilitasi (transport dibantu oleh pengemban/pembawa), yang banyak digunakan untuk mempercepat proses pemisahan dan mempertinggi selektifitas. Dari kedua mekanisme tersebut, proses

ekstraksi dan pemisahan terjadi dalam satu tahap. Hal ini lebih baik daripada dua tahap terpisah yang dibutuhkan oleh teknik ekstraksi pelarut (Winston, 1996).

## 2.4 Emulsi

Pembentukan emulsi merupakan langkah penting dalam teknik emulsi membran cair, karena butiran emulsi dalam teknik tersebut berfungsi sebagai membran yang mempunyai luas permukaan besar dan jarak difusi pendek (secara mikroskopik tetesan emulsi berdiameter 0,1-100  $\mu\text{m}$ ) sehingga sangat potensial untuk digunakan dalam pemisahan.

Emulsi adalah campuran koloid hasil dispersi dua cairan yang tidak dapat bercampur. Dalam hal ini, digunakan suatu zat pengemulsi atau surfaktan (Ahmad, 1996). Suatu emulsi mengandung dua fasa cair yang tidak bercampur atau hanya bercampur sedikit sekali. Proses pembentukan emulsi dapat terjadi dengan memberikan energi mekanik, yang disiapkan dalam bejana berpengaduk dimana emulsi yang dihasilkan mempunyai tetesan yang lebih besar. Sebagai contoh, jika minyak dituangkan ke dalam wadah yang berisi air, atau sebaliknya, kemudian dilakukan pengadukan maka akan terbentuk campuran yang tidak bening. Campuran tersebut terdiri atas butiran-butiran cairan yang tersebar di seluruh air. Sistem ini disebut emulsi, dan setelah beberapa saat akan kembali memisah jika tidak ada zat ketiga (surfaktan) yang dapat menstabilkan sistem tersebut (Santoso, 2000).

## 2.5 Surfaktan (Zat Pengemulsi)

Surfaktan adalah suatu bahan yang dapat menurunkan tegangan permukaan antara dua fasa yang dalam keadaan normal tidak saling melarutkan, sehingga menjadi bercampur dan menghasilkan emulsi.

Surfaktan bekerja dengan membentuk suatu film yang teradsorpsi pada antarmuka butiran terdispersi dan medium pendispersi. Film yang teradsorpsi tersebut akan menurunkan tegangan antarmuka sampai bernilai nol sehingga pengemulsian akan terjadi secara spontan dan dengan sendirinya akan mengurangi jumlah tenaga mekanik yang diperlukan untuk memecah fasa internal menjadi butiran-butiran terdispersi (Bundjali, 1984).

Secara struktural surfaktan bersifat amfifilik yang memiliki sisi hidrofilik dan lipofilik. Bagian yang hidrofilik dapat berupa gugus-gugus polar sedangkan bagian yang lipofilik tersusun dari hidrokarbon yang bercabang lurus ataupun siklis (gugus nonpolar) (Bundjali, 1984). Pada antarmuka emulsi w/o molekul-molekul surfaktan tersusun sedemikian rupa dengan orientasi bagian yang polar berada pada fasa air dan bagian nonpolar pada fasa minyak. Surfaktan ini selalu larut dalam fasa pendispersi daripada fasa terdispersi.

Beberapa persyaratan surfaktan antara lain :

1. Dapat menurunkan tegangan antarmuka
2. Dapat teradsorpsi dengan cepat ke sekeliling butiran teradsorpsi tanpa terjadi koagulasi/koalesen
3. Struktur molekul bersifat amfifilik

4. Dapat terlarut dalam fasa eksternal sehingga teradsorpsi di sekeliling butiran-butiran emulsi
5. Mempunyai daya pengemulsi yang besar dengan konsentrasi kecil
6. Tidak beracun (Clayton, 1973)

Surfaktan diklasifikasikan berdasarkan sifat gugus hidrofilik sebagai berikut:

- a. Surfaktan anionik; surfaktan dengan gugus hidrofiliknya bermuatan negatif.

Contoh:  $\text{RCOO}^-\text{Na}^+$  (sabun),  $\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_4^-\text{Na}^+$  (alkil benzena sulfonat)

- b. Surfaktan kationik; surfaktan dengan gugus hidrofiliknya bermuatan positif.

Contoh:  $\text{RNH}_3^+\text{Cl}^-$  (garam amin rantai panjang)

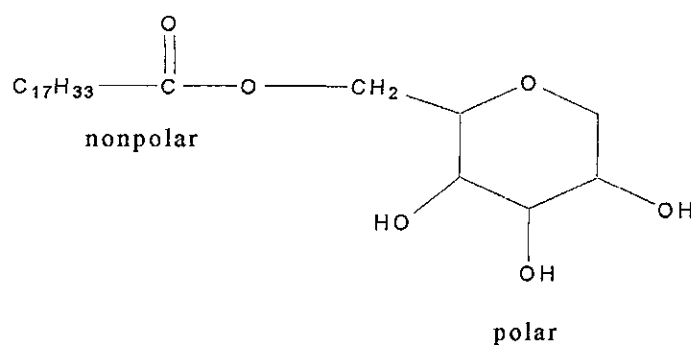
- c. Surfaktan zwiterionik; surfaktan dengan gugus hidrofiliknya bermuatan positif dan negatif. Contoh:  $\text{R}^+\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$

- d. Surfaktan nonionik; surfaktan dengan gugus hidrofiliknya tidak bermuatan.

Contoh: SPAN-80 (Rosen, 1978)

## 2.6 Sorbitan monooleat (SPAN-80)

Surfaktan yang digunakan dalam penelitian ini adalah SPAN-80, senyawa ini memiliki dua gugus yang terpisah, yaitu gugus alkil yang nonpolar dan gugus hidroksil yang polar.



Gambar 2.3 Struktur SPAN-80 (Ariens, 1986)

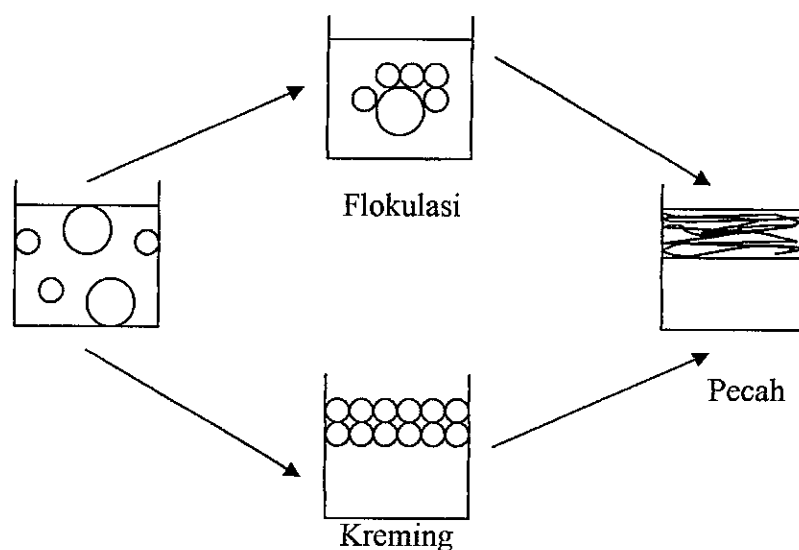


Berdasarkan struktur tersebut, molekul surfaktan berorientasi ke arah dua fasa yang tidak saling bercampur. Ujung nonpolar berinteraksi dengan fasa organik dan ujung polar berinteraksi dengan fasa air (Santoso, 2000).

Salah satu faktor penentu dalam pembuatan emulsi (w/o atau o/w) adalah harga kesetimbangan hidrofilik lipofilik yang disebut dengan HLB (*hydrophil lipophil balance*). HLB dengan nilai rendah untuk emulsi w/o sedangkan HLB dengan nilai tinggi untuk emulsi o/w. SPAN-80 mempunyai nilai HLB 4,3 sehingga cenderung untuk membuat emulsi w/o (Hartomo, 1993).

## 2.7 Kestabilan Emulsi

Masalah utama metode ini adalah kestabilan emulsi. Disatu pihak, emulsi yang dihasilkan harus kuat selama proses pemisahannya, namun di pihak lain, pada waktu pemecahan emulsi untuk mendapatkan fasa internalnya emulsi tersebut harus mudah pecah (Winston, 1996). Dalam pembentukan emulsi, cairan akan terpecah menjadi butiran-butiran yang terdispersi dalam fasa eksternal. Karena tegangan antarmuka kedua cairan selalu bernilai positif dan pendispersian menyebabkan peningkatan antarmuka sistem, maka menyebabkan emulsi menjadi sistem yang tidak stabil. Ketidakstabilan emulsi ditunjukkan oleh gejala berikut: kreming, flokulasi dan pemecahan emulsi akibat butiran yang berkoalesen (Hartomo, 1993).



Gambar 2.4 Tipe ketidakstabilan emulsi (Bundjali, 1984)

Emulsi antara minyak tanah, SPAN-80, dan larutan air cukup kuat dan mudah pula dipecahkan untuk mendapatkan fasa internalnya, melalui perlakuan tertentu seperti pemanasan dan pendinginan yang dilakukan oleh Santoso (2000) dan Djunaidi (2002). Bisa juga dilakukan upaya deemulsifikasi dengan cara penggembungan fasa internal. Larson (1994) melakukan deemulsifikasi dengan pemanasan, deemulsifikasi kimia (penambahan n-butanol), koalesen (penggabungan) dengan listrik. Sedangkan Bromberg (1992) melakukannya dengan proses elektrolisis. Ternyata hasil yang diperoleh cukup baik.

Faktor-faktor yang menentukan kestabilan emulsi adalah

a. keadaan fisik film antar muka

Kekuatan mekanika film antarmuka merupakan faktor utama yang menentukan kestabilan emulsi. Kestabilan mekanika maksimum terjadi jika molekul-molekul surfaktan yang teradsorpsi terkondensasi oleh gaya antarmuka yang kuat dan menghasilkan film antarmuka dengan keelastisan tinggi. Surfaktan

murni pada umumnya menghasilkan film antarmuka yang tidak rapat, sehingga tidak memberikan kekuatan mekanik yang kuat. Pengemulsi yang lebih baik biasanya berupa suatu campuran dari dua atau lebih surfaktan, yaitu yang larut dalam fasa minyak dan dalam fasa air. Misalnya campuran dari suatu sorbitol ester (SPAN) yang larut dalam minyak dan suatu polioksi tere-tilenasi sorbitol ester (Tween) larut dalam air.

b. adanya penghalang sterik (ruang) terhadap koalesen

Adanya muatan pada globula terdispersi menimbulkan suatu penghalang listrik terhadap saling mendekatnya globula-globula tersebut. Hal ini terutama merupakan faktor yang berarti dalam emulsi o/w. Dalam sistem emulsi o/w, sumber muatan pada globula terdispersi ialah surfaktan yang teradsorpsi dengan ujung hidrofil terorientasi ke arah fasa air. Dalam emulsi yang distabilkan oleh surfaktan ionik, tanda muatan pada fasa terdispersi selalu ion amfifatik. Dalam emulsi yang distabilkan surfaktan nonionik, muatan pada fasa terdispersi timbul dari adsorpsi ion dari fasa air atau dari kontak gesekan globula dalam fasa air.

c. viskositas fasa kontinyu (eksternal)

Viskositas fasa eksternal meningkat dengan bertambahnya jumlah globula terdispersi. Ini adalah salah satu alasan bahwa emulsi lebih stabil dalam bentuk pekat daripada encer.

d. distribusi ukuran globula

Semakin sempit distribusi ukuran globula, emulsi yang dihasilkan lebih stabil. Karena globula-globula ukuran besar memiliki luas permukaan persatuan

volume yang lebih kecil daripada globula dengan ukuran yang kecil. Globula terdispersi yang berukuran lebih besar dalam emulsi makro secara termodinamika lebih stabil daripada globula-globula kecil dan cenderung membesar dengan mengorbankan globula yang berukuran kecil. Bila pembesaran ini berlangsung terus maka emulsi akan pecah.

e. angka banding volume fasa

Dengan bertambahnya volume fasa terdispersi dalam emulsi makro, film antarmuka berkembang terus di sekeliling globula terdispersi, sehingga kestabilan sistem akan bertambah. Dengan bertambahnya volume fasa terdispersi, suatu jenis emulsi (o/w atau w/o) menjadikannya relatif lebih tidak stabil terhadap jenis emulsi yang lain. Karena daerah luas antarmuka menjadi lebih tertutup oleh fasa terdispersi daripada oleh fasa eksternal, maka akan terjadi inversi jenis emulsi, jika pengemulsi tidak mampu untuk membentuk hanya satu jenis emulsi.

f. temperatur

Perubahan temperatur menyebabkan perubahan-perubahan dalam tegangan antarmuka kedua fasa, keadaan fisik dan viskositas film antarmuka, kelarutan relatif surfaktan dalam kedua fasa, viskositas fasa terdispersi dan agitasi termal dari globula-globula terdispersi, sehingga perubahan temperatur biasanya menyebabkan perubahan yang berarti terhadap kestabilan emulsi yaitu terjadi inversi atau emulsi akan pecah (Bundjali, 1984).

Pemecahan emulsi diukur dengan mengkontakkan emulsi dengan fasa eksternal berupa air. Variasi pH dari fasa ini dengan waktu adalah suatu indikasi emulsi pecah.

Kecepatan pemecahan "BR (*breaking rate*)" ditentukan oleh persamaan (1) menunjukkan fraksi dalam persen volume fasa internal yang terdifusi ke fasa eksternal dengan volume pemecahan  $V_r$  dan volume fasa internal  $V_{int}$ . Volume  $V_r$  dihitung dari kesetimbangan materi dari pengukuran pH fasa eksternal, sebelum dan sesudah dikontakkan, sehingga

$$BR(\%) = \frac{V_r}{V_{int}} \times 100 \quad (1)$$

dengan

$$V_r = V_{ext} \frac{10^{-pH_0} - 10^{-pH}}{10^{-pH} - [(H^+)_i]} \quad (2)$$

$V_{ext}$  adalah volume fasa eksternal,  $pH_0$  adalah pH fasa eksternal, dan pH adalah pH fasa eksternal yang telah dikontakkan dengan emulsi.  $[(H^+)_i]$  adalah konsentrasi proton dalam fasa internal (Bourenane, 2003).

Kakoi (1993) mengukur kadar logam nikel yang ada di fasa eksternal dari fasa internal, untuk mengetahui pecah tidaknya emulsi pada teknik ELM menggunakan analisis spektrokimia serapan atom.

## 2.8 Spektrofotometri UV-vis

Semua molekul dapat mengabsorpsi radiasi dalam daerah UV-vis karena mengandung elektron, baik sekutu maupun menyendiri, yang dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi. Panjang gelombang dimana absorpsi itu terjadi, bergantung pada berapa kuat elektron itu terikat dalam molekul itu. Elektron dalam suatu ikatan kovalen tunggal terikat dengan kuat dan diperlukan radiasi bere-nergi tinggi atau panjang gelombang pendek untuk eksitasinya (Day, 1998).

Spektrofotometer UV-vis adalah cara analisa dengan menggunakan peralatan spektrofotometer UV-vis. Spektrofotometer UV-vis adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi pada panjang gelombang ultra violet sampai panjang gelombang sinar tampak yaitu pada panjang gelombang 200-800 nm.

Spektrofotometer terdiri atas dua bagian pokok yaitu spektrometer dan fotometer. Spektrometer berfungsi menghasilkan sinar ultra violet atau sinar tampak. Sedangkan fotometer berfungsi mengukur intensitas cahaya/radiasi yang telah diserap atau ditransmisikan (Khopkar, 1990).

## **2.9 Penentuan Fenol dengan Pereaksi 4-Aminoantipirin (4-AAP)**

Senyawa fenol tidak berwarna sehingga sulit ditentukan secara langsung. Oleh karena itu, fenol terlebih dahulu direaksikan dengan menggunakan pereaksi yang dapat membentuk senyawa berwarna dengan fenol. Jika warna yang terbentuk cukup terang maka dapat langsung diukur absorbansinya, tapi jika warna yang terbentuk tidak cukup cerah maka diekstraksi dulu dengan menggunakan pereaksi yang sesuai, setelah itu absorbansinya diukur.

Pereaksi 4-aminoantipirin merupakan pereaksi yang dapat membentuk kompleks berwarna dengan fenol. Reaksi senyawa fenol dengan 4-aminoantipirin terjadi dalam suasana basa. Suasana basa dapat dibuat dengan penambahan natrium karbonat atau amonium hidroksida. pH dikontrol dengan buffer amonium. Dalam suasana basa dengan katalis kalium ferisianida, fenol dengan 4-aminoantipirin akan membentuk senyawa antipirin yang berwarna kuning kemerahan.

Pada kadar 0,1-2 ppm, warna yang terbentuk dapat langsung ditentukan absorbansinya pada panjang gelombang 510 nm. Untuk kadar ppb warna yang terbentuk harus diekstraksi dengan pelarut kloroform atau karbon tetraklorida, kemudian absorbansinya diukur pada panjang gelombang 456,5 nm (Gales, 1976).

## 2.10 Spektroskopi Serapan Atom (AAS)

Metode analisis dengan spektrofotometer serapan atom nyala tergolong metode yang selektif, sebab frekuensi radiasi resonansi yang diserap mempunyai karakteristik untuk setiap atom. Metode spektrofotometri serapan atom nyala didasarkan pada penyerapan radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat dasar atau *groundstate*. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, cahaya pada panjang gelombang tertentu mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom dari keadaan dasar ke tingkat eksitasi.

Atomisasi dapat dilakukan baik dengan nyala maupun dengan tungku. Untuk mengubah struktur metalik uap atau hasil disosiasi diperlukan energi panas. Suhu harus benar-benar terkendali dengan sangat hati-hati agar proses atomisasinya sempurna. Ionisasi harus dihindarkan dan ini dapat terjadi bila suhu terlalu tinggi. Unsur yang dianalisis dan berada dalam keadaan dasarnya disinari dengan sinar yang dipancarkan oleh sumber sinar. Sebagian intensitas radiasi dari sumber sinar itu dengan panjang gelombang tertentu diserap oleh atom di dalam nyala dan sebagian lagi diteruskan. Sinar yang diteruskan dibiarkan melalui monokromator terus ke detektor, amplifier, alat pengukur yang mengubah % transmisi (T) atau absorban (A) sehingga diperoleh konsentrasi atom yang dianalisis. Pengurangan intensitas radiasi yang diberikan sebanding dengan jumlah atom pada tingkat dasar yang menyerap

energi radiasi tersebut. Dengan pengukuran intensitas radiasi yang diteruskan ataupun mengukur radiasi yang diserap, konsentrasi unsur cuplikan dapat ditentukan, yaitu dengan menggunakan kurva kalibrasi (Khopkar, 1990).

## 2.11 Hubungan antara Absorbansi dan Konsentrasi

Hukum Beer menyatakan bahwa absorbansi energi radiasi oleh suatu sampel sebanding terhadap konsentrasi zat pengabsorpsi. Persamaan hukum Beer dinyatakan sebagai persamaan

$$I = I_0 10^{-abc} \quad (4)$$

atau

$$\begin{aligned} -\log \frac{I}{I_0} &= abc \\ A = -\log \frac{I}{I_0} &= abc \\ A = -\log \frac{I}{I_0} &= -\log T \\ A &= abc \end{aligned} \quad (5)$$

Transmitansi larutan  $T$  merupakan bagian dari cahaya yang diteruskan melalui larutan. Absorbansi larutan ( $A$ ) bertambah dengan pengurangan kekuatan sinar. Bila ketebalan benda atau konsentrasi materi yang dilewati cahaya bertambah, maka cahaya akan lebih banyak diserap. Sehingga, absorbansi berbanding lurus dengan ketebalan  $b$  dan konsentrasi  $c$ .  $a$  adalah konstanta absorbtivitas. Harga  $a$  bergantung pada satuan yang digunakan untuk  $b$  dan  $c$ . Bila konsentrasi dinyatakan dalam mol/liter dan panjang sel dalam cm, maka absorbtivitas disebut absorbtivitas molar dan diberi simbol  $\epsilon$ , sehingga persamaannya menjadi

$$A = \epsilon b c \quad (6)$$

dengan satuan  $\epsilon$  adalah  $L \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  (Hendayana, dkk, 1994).