

BAB III

DASAR TEORI

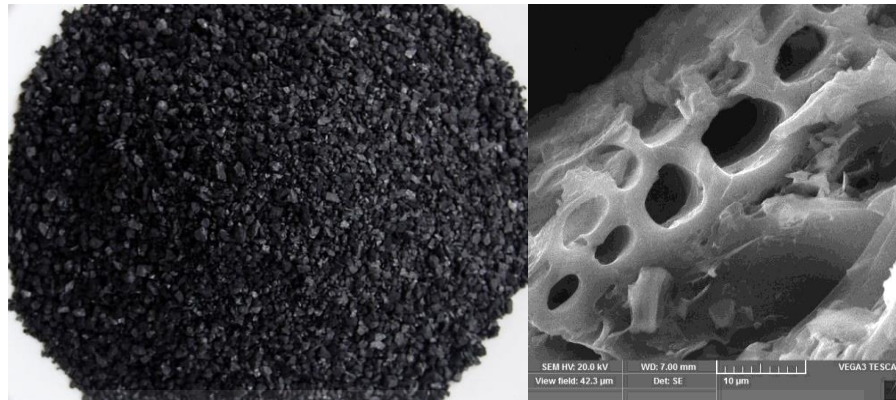
3.1 Adsorben

Adsorben atau kebanyakan zat pengadsorpsi adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada daerah tertentu di dalam partikel itu. Karena pori-pori adsorben biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalamnya menjadi beberapa kali lebih luas dari permukaan luar. Adsorben yang telah jenuh dapat diregenerasi agar dapat digunakan kembali untuk proses adsorpsi. Suatu adsorben dipandang sebagai suatu adsorben yang baik untuk adsorpsi dilihat dari sisi waktu. Lama operasi terbagi terbagi menjadi dua, yaitu waktu penyerapan hingga komposisi diinginkan dan waktu regenerasi/pengeringan adsorben. Makin cepat dua variable tersebut, maka semakin baik unjuk kerja adsorben tersebut (Jauhan *et al*, 2007).

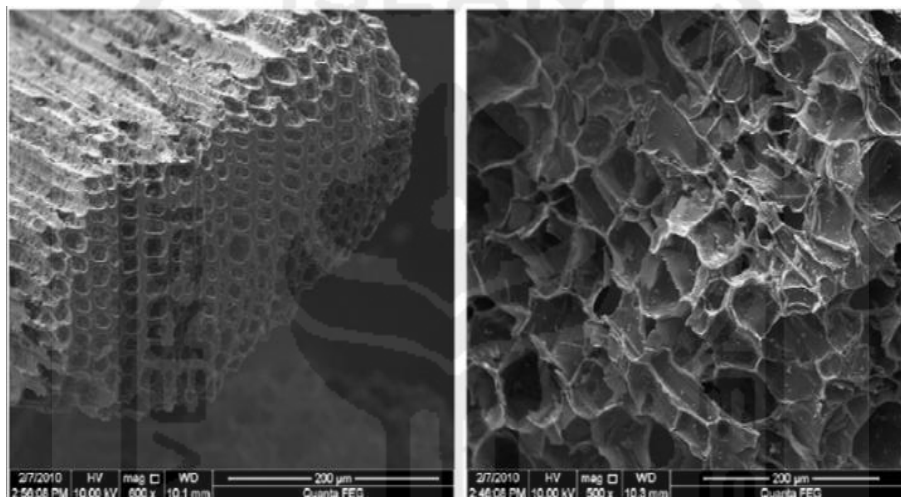
3.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif. (Darmawan, A. D. 2008).

Karbon aktif berdasarkan pada pola strukturnya adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam, sehingga memiliki daya serap tinggi (Girun Alfathoni, 2002).



(A)

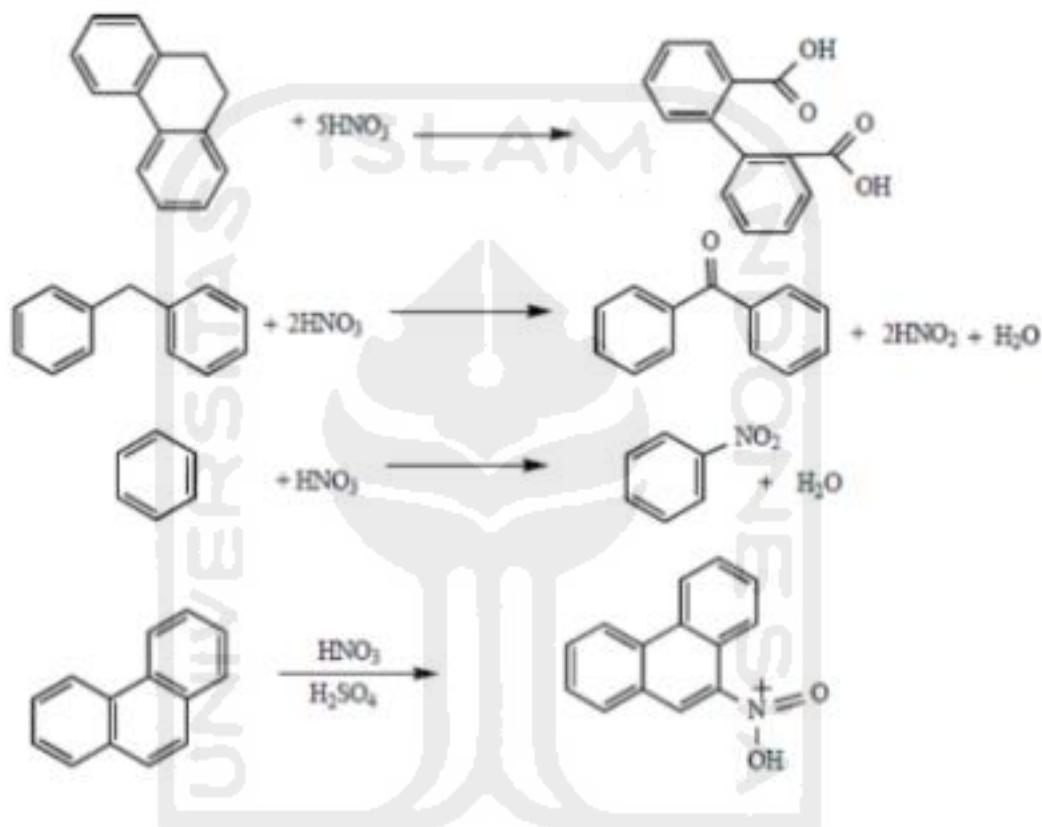


(B)

Gambar 2. Contoh karbon aktif dan pori-pori karbon aktif: (A) tempurung kelapa, (B) Tandan pisang

Proses aktivasi merupakan hal yang paling penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisik maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

Modifikasi kimia tergantung pada adanya gugus fungsional yang diinginkan. Sifat dan konsentrasi permukaan gugus fungsional pada permukaan karbon aktif dapat dimodifikasi dengan termal atau dengan zat kimia. Reaksi yang terjadi pada saat karbon aktif ditambah dengan asam nitrat yaitu sebagai berikut.



Gambar 3. Reaksi Asam Nitrat dengan Karbon Aktif (Shen, 2008)

Selain terdiri dari karbon, karbon aktif mengandung sejumlah kecil hydrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi, misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif. Selain itu, gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi oleh karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer, gugus fungsi

ini menjadikan permukaan karbon aktif reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Murti, 2008).

Karbon aktif adalah jaringan karbon seperti arang dengan luas permukaan sebesar 500-3000 m²/g. (Siregar, 2009). Karena sangat tingginya luas permukaan terhadap volume, maka bentuk-bentuk tertentu dari karbon aktif menunjukkan sifat permukaan yang kuat, terutama kemampuan untuk menyerap senyawa-senyawa dari larutan cair atau dari keadaan gas (Petrucci, 1987).

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang digunakan dalam industry pengolahan air dan industry pengolahan air limbah untuk menghilangkan warna, bau, dan polusi zat-zat organik (Abassi dan Sreat, 1994). Namun dapat juga untuk memisahkan kontaminan zat-zat anorganik (Ismandji dan Bhatia, 2001). Struktur kimia pada permukaan karbon dan distribusi ukuran pori sangat tergantung dari bahan baku dan metode pembuatan yang digunakan. Perbedaan struktur kimia dan distribusi ukuran pori akan memberikan sifat dan mekanisme adsorpsi yang berbeda pula (Wibowo, dkk., 2004).

3.3 Adsorpsi

Adsorpsi (penyerapan) adalah suatu proses pemisahan dimana komponen dari satu fase fluida berpindah ke permukaan zat pada yang menyerap (adsorben). Factor-faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut:

a. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat penting dalam proses adsorpsi.

Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

b. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif.

c. Kelarutan adsorbat

Agar adsorpsi terjadi, suatu molekul harus terpisah dari larutan. Senyawa yang mudah larut mempunyai afinitas yang kuat untuk larutannya dan karenanya lebih sukar untuk teradsorpsi dibandingkan senyawa yang sukar larut.

d. Ukuran model adsorbat

Tingkat adsorpsi pada alifatik, aldehyd, atau alkohol biasanya naik diikuti dengan kenaikan ukuran molekul. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa gaya tarik antara karbon dengan molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin mendekati ukuran pori karbon.

e. pH

Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

f. Suhu

Tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan suhu dan turun dengan penurunan suhu.

Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena itu, pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai

2000 m/g. adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan kelompok non polar. (Saragih, 2008).

- *Adsorben Polar* disebut juga hidropilik. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah silica gel, alumina aktif, dan zeolite.
- *Adsorben non Polar* disebut juga hidropobik. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah polimer adsorben dan karbon aktif.

Menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemical*) ada beberapa klasifikasi pori-pori, yaitu:

- a. Mikropori : diameter < 2 nm
- b. Mesopori : diameter 2-50 nm
- c. Makropori : diameter >50 nm

Adsorbat adalah substansi dalam bentuk cair atau gas yang terkonsentrasi pada permukaan adsorben. Adsorbat terdiri dari dua kelompok polar seperti air dan non polar seperti methanol, etanol dan kelompok hidrokarbon (Suzuki, 1990 dalam Saragih, 2008).

3.4 Fenol

Fenol atau asam karbolat atau benzenol adalah zat kristas yang tidak berwarna yang memiliki bau khas dan memiliki rumus empiris C_6H_5OH dan strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan cincin fenil.

Fenol memiliki kelarutan terbatas dalam air, yakni 8,3 gram/100 mL. fenol memiliki sifat yang cenderung asam, artinya ia dapat melepaskan ion tersebut menjadikan anion fenoksida $C_6H_5O^-$ yang dapat dilarutkan dalam air.

Fenol mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Mempunyai gugus hidroksi tetapi bukan termasuk golongan alkohol dan bukan pula basa
- b. Termasuk asam karbolat yang bersifat asam lemah
- c. Tidak berwarna dengan wujud padat tetapi mudah mencair dengan titik lebur 42°C
- d. Bersifat korosif, dapat mengkoagulasikan protein dan sebagai bahan baku zat warna, obat-obatan, pembuatan plastic.

3.5 Isoterm Adsorpsi

3.5.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Model kinetika adsorpsi Langmuir ini berdasarkan pada asumsi sebagai berikut, laju adsorpsi akan bergantung pada factor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi terjadi secara monolayer. Proses adsorpsi heterogen memiliki dua tahap yaitu:

- a) Perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben
- b) Adsorpsi pada permukaan adsorben.

Tahap pertama akan bergantung pada sifat pelarut dan adsorbat yang terkontrol (Oscik,1982).

Bagian yang terpenting dalam proses adsorpsi yaitu situs yang dimiliki oleh adsorben yang terletak pada permukaan, akan tetapi jumlah situs-situs ini akan berkurang jika permukaan yang tertutup semakin bertambah jika permukaan yang tertutup semakin bertambah (Husin and Rosnelly,2005). Persamaan isotherm asorpsi Langmuir tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan linier:

$$\frac{C}{q} = \frac{K}{q_0} + \frac{1}{q_0} + C \quad (1)$$

Dimana C adalah konsentrasi zat terlarut pada saat kesetimbangan, q adalah jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben, q_0 adalah daya adsorpsi maksimum dan K adalah tetapan kesetimbangan adsorpsi. Dari kurva linier hubungan antara C/m versus C maka dapat ditentukan nilai b dari kemiringan (slop) dan K dari intersep kurva.

3.5.2 Isoterm Adsorpsi Freudlich

Metode isotherm Freudlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isotherm Freudlich menunjukkan lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben adalah *multilayer*. Hal tersebut berkaitan dengan ciri-ciri dari adsorpsi secara fisika dimana adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan (*multilayer*) (Husin and Rosnelly, 2005). Bentuk persamaan Freudlich adalah sebagai berikut.

$$\frac{x}{m} = k C^{1/n} \quad (2)$$

dimana X adalah jumlah adsorbat yang terserap tiap satuan berat adsorben (mg/g), C adalah konsentrasi zat setelah adsorpsi (mg/L), k dan n adalah konstanta empiris yang tergantung pada sifat padatan, adsorben dan suhu (Soeprijanto *et al.*, 2006). Penentuan konstanta k dan n dapat dilakukan dengan linearisasi persamaan (sebelumnya).

$$\log \left(\frac{x}{m} \right) = \frac{1}{n} \log c + \log k \quad (3)$$

3.6 Instrumentasi

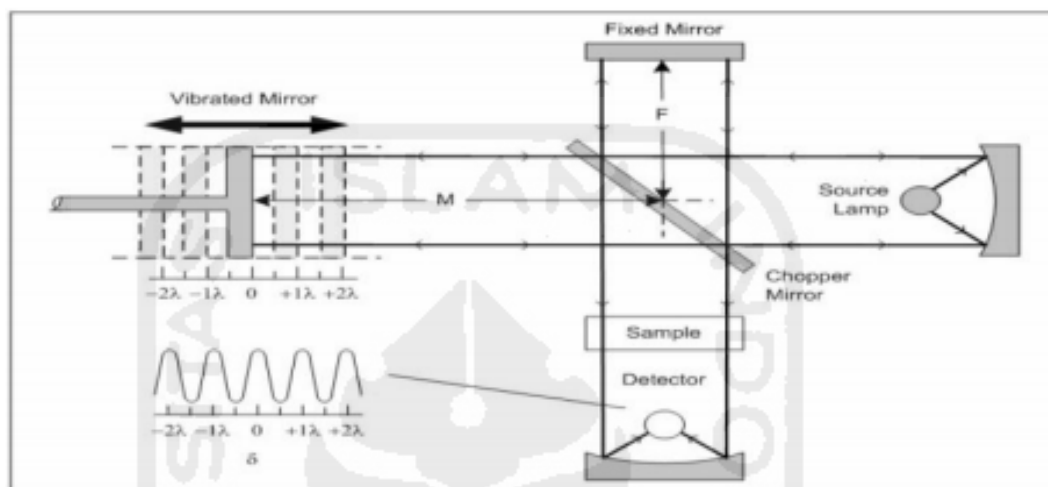
3.6.1 Spektrofotometer FTIR

Fourier Transform InfraRed atau yang dikenal dengan FTIR merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menganalisa komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, *coating* atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral. FTIR mampu menganalisa suatu material baik secara keseluruhan, lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, serbuk, serat, dan bentuk yang lain dari suatu material.

Prinsip kerja spektrofotometer infra merah adalah sama dengan spektrofotometer yang lainnya yakni interaksi energi dengan suatu materi. Spektrofotometri infra merah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang 400-4000 cm^{-1} . Untuk menghasilkan detektor infra merah, radiasi yang mengandung semua frekuensi di wilayah IR dilewatkan melalui sampel. Frekuensi yang diserap muncul sebagai penurunan sinyal yang terdeteksi. Informasi ini ditampilkan sebagai detektor radiasi dari % ditransmisikan dengan bilangan gelombang. Atom-atom didalam suatu molekul tidak diam melainkan bervibrasi (bergerak). Bila radiasi infra merah dilewatkan melalui suatu cuplikan maka molekul-molekulnya dapat mengadsorpsi energi dan terjadilah transisi diantara tingkat vibrasi dan eksitasi. Pengadsorpsian energi pada frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer infra merah yang mem-plot jumlah radiasi inframerah yang akan memberikan informasi tentang gugus fungsional suatu molekul (Blanchard, 1986).

Fourier Transform InfraRed (FTIR) merupakan suatu metode spektroskopi IR. Spektroskopi InfraRed (IR) dapat mengidentifikasi kandungan gugus kompleks dalam senyawa tetapi tidak dapat menentukan molecular unsur penyusunnya. Pada spektroskopi IR, radiasi IR dilewatkan pada sampel. Sebagian deari radiasi IR diserap oleh sampel dan

sebagian lainnya diteruskan. Jika frekuensi dari suatu fibrasi spesifik sama dari frekuensi radiasi IR yang langsung menuju molekul, molekul akan menyerap radiasi tersebut. Detektor yang dihasilkan menggambarkan adsorpsi dan transmisi molecular, membentuk sidik jari molecular suatu sampel.(Kencana, 2009).



Gambar 4. Skema Alat Spektrofotometer InfraRed

Sistem optik FTIR digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi infra merah agar sinyal radiasi infra merah yang diterima oleh detector secara utuh dan lebih baik. Detektor yang digunakan dalam Spektrofotometer FTIR adalah TGS (*Tetra Glycerine Sulphate*) atau MCT (*Mercury Cadmium Telluride*).

Untuk mengetahui senyawa yang belum diketahui perlu dibandingkan dengan detektor standar yang dibuat pada kondisi sama. Daerah adsorpsi yang terletak pada daerah radiasi $4000-1400 \text{ cm}^{-1}$ disebut daerah frekuensi gugus fungsional. Daerah sidik jari (*fingerprint*) yaitu daerah yang terletak pada $1400-400 \text{ cm}^{-1}$.

3.6.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran $10 - 3000000x$, *depth of field* $4 - 0.4$ mm dan resolusi sebesar $1 - 10$ nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri.

Prinsip kerja SEM, dengan cara mengalirkan arus pada kawat filament tersebut dan perlakuan pemanasan, sehingga dihasilkan electron. Electron tersebut dikumpulkan dengan tegangan tinggi dan berkas electron difokuskan dengan sederetan lensa elektromagnetik. Ketika berkas electron mengenai target, informasi dikumpulkan melalui tabung sinar katoda yang mengatur intensitasnya. Setiap jumlah sinar yang dihasilkan dari tabung sinar katoda dihubungkan dengan jumlah target, jika terkena berkas electron dengan energi tinggi dan menembus permukaan target, electron kehilangan energi, karena terjadi ionisasi atom dari cuplikan padatan. Electron bebas ini tersebar keluar dari aliran sinar utama, sehingga tercipta lebih banyak electron bebas, dengan demikian energi yang dihasilkan akan habis kemudian melepaskan diri dari target. Electron ini kemudian dialirkan ke unit demagnifikasi dan dideteksi oleh detector dan selanjutnya dicatat sebagai suatu foto (Wagiyo dan Handayani, 1997).

Pada EDX analisis kualitatif dilakukan dengan cara menentukan energi dari puncak yang ada dalam detektor dan membandingkan dengan tabel energi emisi sinar-x dari unsur-

unsur yang sudah diketahui. Analisa kuantitatif tidak hanya menjawab unsur apa yang ada dalam sampel tetapi juga konsentrasi unsur tersebut (Larry,2001).

3.6.3 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri merupakan instrument yang dapat digunakan untuk menganalisis konsentrasi suatu zat didalam larutan berdasarkan adsorbansi terhadap warna dari larutan pada panjang gelombang tertentu. Metode spektrofotometri merupakan larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Larutan standar terdiri dari beberapa tingkat konsentrasi mulai yang rendah sampai dengan yang berkonsentrasi tinggi. (Khopkar, 2003).

Spektrofotometri merupakan suatu metode analisa yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar makromatis oleh suatu jalur larutan berwarna pada panjang gelombang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dengan detector *Fototube* (Underwood, 2001).

Tabel 1. Daftar panjang gelombang

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400-435	Violet	Kuning-Hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Orange
490-500	Biru-Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning-Hijau	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-610	Orange	Hijau-Biru
610-750	Merah	Biru-Hijau

Spektrofotometri merupakan metode analisis yang didasarkan pada absorpsi radiasi elektromagnetik. Cahaya terdiri dari radiasi terhadap mana mata manusia peka, gelombang

dengan panjang berlainan akan menimbulkan cahaya yang berlainan sedangkan campuran cahaya dengan panjang gelombang ini akan menyusun cahaya putih. Cahaya putih meliputi seluruh detektor nampak 400-760 nm. Spektrofotometri ini hanya terjadi bila ada perpindahan electron dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Ali, 2005).

Keuntungan utama pemilihan metode spektrofotometri ini adalah bahwa metode ini memberikan metode yang sangat sederhana untuk menentukan kuantitas zat yang sangat kecil. Spektrofotometri menyiratkan pengukuran jauhnya penyerapan energi cahaya oleh suatu system kimia itu sebagai suatu fungsi dari panjang gelombang radiasi, demikian pula pengukuran penyerapan yang menyendiri pada suatu gelombang tertentu. Analisis spektrofotometri digunakan suatu sumber radiasi yang menyorok kedalam daerah ultraviolet detektor tersebut. Dari detektor ini, dipilih panjang gelombang tertentu dengan lebarpita kurang dari 1 nm (Sastrohamidjojo, 1999).

Spektrofotometer UV-Vis merupakan salah satu teknik analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380) dan sinar tampak (380-780) dengan memakai instrument spektrofotometer. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif ketimbang kualitatif ((Muljan, 1995).

Spektrofotometer terdiri atas spectrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari detektor dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang di adsorpsi. Spektrofotometer tersusun atas sumber detektor yang kontinyu, monokromator sel

pengadsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan adsorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembandingan .(Khopkar, 1990).

Spektrofotometer UV-Vis dapat melakukan penentuan terhadap sampel yang berupa larutan, gas, atau uap. untuk sampel yang berupa larutan perlu diperhatikan pelarut yang dipakai antara lain:

1. Pelarut yang digunakan tidak mengandung system rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya dan tidak berwarna.
2. Tidak terjadi interaksi dengan melakukan senyawa yang dianalisis.
3. Kemurniannya harus tinggi atau derajat untuk analisis. (Muljan, 1995)

Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer meliputi:

1. Sumber tenaga radiasi yang stabil, sumber yang biasa digunakan adalah lampu wolfram.
2. Monokromator untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis.
3. Sel adsorpsi, pada pergerakan didaerah visible menggunakan kuvet kaca atau kuvet kaca corex, tetapi untuk pengukuran pada UV menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini.
4. Detector radiasi yang dihubungkan dengan system meter atau pencatat. Peranan detector penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang (Khopkar, 1990)

Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum ultraviolet dan visible dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik. Disebabkan karena hal ini, maka serapan radiasi ultraviolet atau terlihat

sering dikenal spektroskopi elektronik. Transisi tersebut biasanya antara orbital ikatan antara orbital pasangan bebas dan orbital non ikatan tak jenuh atau orbital anti ikatan. Detektor ultraviolet adalah gambar antara panjang gelombang atau frekuensi serapan lawan intensitas serapan (transmitasi atau absorbansi). Sering juga data ditunjukkan sebagai gambar grafik atau tabel yang menyatakan panjang gelombang lawan serapan molar, E_{max} atau $\log E_{max}$ (Sastrohamidjojo, 2001).

Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang maksimum, dimana pada panjang gelombang tersebut absorbansinya maksimum. Secara matematis bila system ideal akan diperoleh garis lurus antara absorbansi dengan konsentrasi menurut hukum Lambert-Beer yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$-\log T = A \epsilon b c \quad (5)$$

Dengan:

ϵ = koefisien ekstingsi molar

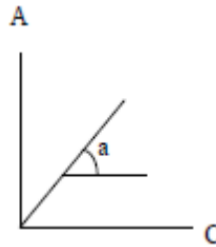
T = Transmitasi

b = panjang jalan sinar

A = Absorbansi

c = konsentrasi

Grafik hubungan absorbansi (A) dengan konsentrasi (C), dimana a merupakan kemiringan (slope) diperlihatkan pada gambar 6.



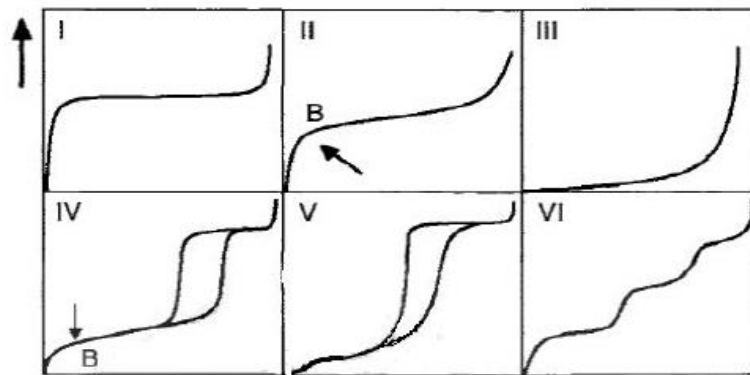
Gambar 5. Grafik hubungan antara Absorbansi dengan Konsentrasi

Konsentrasi suatu analit dapat ditentukan melalui pengukuran absorbansi. Syarat utama analit harus larut sempurna dan larutannya berwarna atau dibuat berwarna.

3.7 Metode Adsorpsi

Isotherm adsorpsi merupakan hubungan antara jumlah substansi yang diserap oleh adsorben pada kesetimbangan pada suhu konstan. Isotherm adsorpsi biasanya digambarkan dalam bentuk kurva plot distribusi kesetimbangan adsorbat antara fase padat dengan fase gas atau cair pada suhu konstan. Adsorpsi terjadi secara fisika dan kimia. Adsorpsi secara fisika terjadi tanpa adanya reaksi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben melainkan terikat secara lemah karena adanya gaya van der Waals. Adsorpsi secara kimia terjadi karena adanya reaksi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Bersifat sulit untuk regenerasi karena adanya ikatan kimia.

Penggambaran kurva antara jumlah gas yang teradsorpsi terhadap tekanan (P/P_0) pada keadaan isothermal dapat dibagi menjadi enam jenis seperti pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 6. Jenis-jenis kurva adsorpsi

Isotherm tipe I disebut juga isotherm Langmuir yang menggambarkan adsorpsi monolayer. Isotherm tipe I menggambarkan adsorpsi yang terjadi pada tekanan relative yang rendah, biasanya diperoleh dari adsorben berpori kecil (mikropori) kurang dari 2 nm dan luas permukaan sangat sedikit seperti karbon aktif dan zeolite. Isotherm tipe II diperoleh dari percobaan Brauner, Emmet dan Teller (1938). Kurva jenis ini ditemukan pada adsorben berpori atau padatan berpori besar (maksropori). Isotherm tipe III menunjukkan kuantitas adsorben semakin tinggi saat tekanan bertambah. Tipe ini jarang terlihat dalam eksperimen adsorpsi, dimana gaya tarik molekul gas lebih besar dibandingkan gaya ikat serapan.

Adsorpsi pada permukaan mesopori memberikan kecenderungan terjadi melalui pembentukan multilayer diikuti dengan kondensasi kapiler (isotherm tipe IV dan V). Pada tekanan relative rendah, pola adsorpsi menyerupai yang terjadi pada makropori, namun pada tekanan relative yang tinggi jumlah gas teradsorpsi meningkat tajam oleh adanya kondensasi kapiler dalam mesopori. Kondensasi dan evaporasi kapiler terjadi pada tekanan relative (P/P_0) yang berbeda sehingga akan menunjukkan adanya *hysteresis loops*.

Adsorpsi tipe IV ini umumnya terjadi pada lempung terpillar yang dipreparasi melalui jalur pembentukan sol-gel dimana mesopori dalam material akan dominan terbentuk. Tipe V hampir sama dengan tipe III, dihasilkan interaksi rendah antara adsorben dengan adsorbat. Sedangkan tipe VI menunjukkan interaksi adsorbat dengan permukaannya yang terlalu homogeny (*pyrolitic graphite*) yang berinteraksi dengan adsorben seperti argon dan metan (Fatimah, 2014).

