

BAB III

DASAR TEORI

1.1 Kayu Manis

Tanaman kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees ex BI) sudah lama dikenal di Indonesia, karena merupakan komoditas ekspor terutama kulitnya. Dalam Lokakarya Nasional Penelitian dan Pengembangan Jenis-Jenis Pohon Serbaguna pada tahun 1991, tanaman ini telah ditetapkan sebagai pohon serbaguna yang diprioritaskan untuk dikembangkan (Ginting et al, 1992).

Kayu manis adalah salah satu jenis tanaman rempah yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Kayu manis dibudidayakan untuk diambil kulit kayunya untuk digunakan sebagai bumbu masakan. Tanaman kayu manis dapat tumbuh di daerah pegunungan sampai ketinggian 1.500 m dengan tinggi 1-12m, daun lonjong atau bulat telur, warna hijau, dan daun muda berwarna merah. Di Indonesia terdapat beberapa jenis kayu manis antara lain *Cinnamomum burmannii*. Jenis kayu manis yang berbeda dengan *Cinnamomum zeylanicum* dan *Cinnamomum cassia* dan beberapa jenis tanaman kayu manis asli Indonesia. (Rismunandar, 2001)

Kayu Manis (*cinnamomum burmannii*) adalah salah satu jenis dari famili Lauraceae yang dipilih untuk penelitian ini. Tumbuhan ini banyak terdapat di daerah sub tropis dan tropis. Penelitian terhadap minyak atsiri dari *Cinnamomum Burmannii* yang berasal dari Guangzhou, China yang dilakukan oleh Wang, dkk (2009) melaporkan bahwa komponen mayor minyak atsiri yang terkandung adalah *trans* sinamaldehyd (60,72%), eugenol (17,62%) dan kumarin (13,39%). Penggunaan kayu manis dapat diperluas dengan cara memanfaatkan batangnya menjadi karbon aktif. Komarayati dan Gusmailina (1994) melakukan penelitian tentang pembuatan arang serta briket arang dari kayu manis dan melaporkan bahwa randemen dari arang kayu manis yang diperoleh sebesar 24,74 %.

Tabel 2. Sifat kimia pada kandungan kayu manis

Komponen kimia %	Umur pohon		
	<5 tahun	5-10 tahun	>10 tahun
Hemiselulosa	18,22	21,33	22,66
Holoselulosa	44,00	44,00	57,33
Selulosa	25,78	30,00	34,67
Lignin	19,67	23,67	27,00

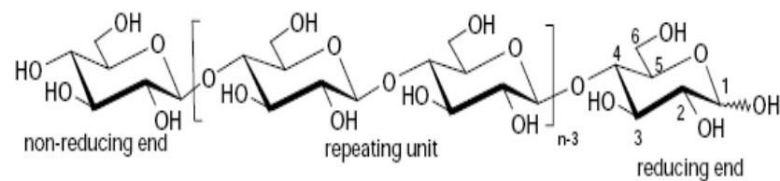
(Sumber: Dirjen Kehutanan, 1967)

Sifat kimia yang terkandung di dalam kayu manis merupakan dasar untuk membuat adsorben karbon aktif dari limbah kayu manis, dengan menggunakan KOH sebagai aktivator sebagai pembuatan karbon aktif.

3.2 Selulosa

Selulosa adalah suatu komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman mempunyai tingkat yang sangat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Saha, 2004). Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai lurus. Bangun dasar selulosa menjadi suatu selobiosa yaitu dimer dari glukosa. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen dan gaya van der Waals (Perez et al. 2002).

Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian dari berkrystal dan sisanya bagian amorf (Aziz et al., 2002). Selulosa jarang ditemui dalam keadaan murni di alam, tetapi selulosa selalu berikatan dengan bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa. Selulosa dapat ditemui dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel dan serat tumbuhan. Molekul selulosa adalah mikrofibril dari glukosa yang terikat satu dengan yang lainnya membentuk rantai polimer yang sangat panjang. Adanya lignin serta hemiselulosa di sekeliling selulosa merupakan hambatan utama untuk menghidrolisis selulosa (Sjostrom, 1995).



Gambar 1. Struktur Kimia Selulosa (Sixta, 2006).

Ikatan β -1,4 glukosida pada serat selulosa dapat dipecah menjadi monomer glukosa dengan cara dihidrolisis asam atau enzimatis. Kesempurnaan pemecahan selulosa pada saluran pencernaan ternak tergantung pada ketersediaan enzim pemecah selulosa yaitu selulase. Saluran pencernaan manusia dan ternak non ruminansia tidak mempunyai enzim yang dapat memecah ikatan β -1,4 glukosida sehingga tidak dapat memanfaatkan selulosa. Ternak ruminansia dengan bantuan enzim yang dihasilkan mikroba rumen dapat memanfaatkan selulosa sebagai sumber energi.

3.3 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif bersifat 7 hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Karbon aktif diperoleh dengan cara aktivasi. Aktivasi adalah proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Luas permukaan (surface area) adalah salah satu sifat fisik dari karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap adsorbat dalam jumlah banyak. Semakin luas permukaan dan pori-pori dari karbon aktif, maka semakin tinggi daya serapnya (Allport, 1997).

Aplikasi karbon aktif dapat digunakan sebagai penghilang bau dan resin, pemurnian air limbah, penjernih air, dan dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi bahan yang berasal dari cairan maupun fasa gas (Kvech et al., 1998 dan Worch, 2012). Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika karbon

aktif dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, karbon aktif akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia.

3.4 Aktivasi

Aktivasi adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan bahan kimia (aktivator) sebagai agen pengaktivasi. Aktivator merupakan zat atau bahan kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif pada adsorben karbon aktif sehingga dapat menyebabkan daya serapnya menjadi lebih baik. Zat activator memiliki sifat mengikat air dan menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi lepas. Selanjutnya zat aktivator akan memasuki pori dan membuka permukaan karbon aktif yang masih tertutup. Aktivasi karbon aktif dilakukan dengan merendam arang ke dalam larutan kimia yang bersifat asam (H_3PO_4 dan H_2SO_4), basa (KOH dan NaOH), dan bersifat garam ($ZnCl_2$ dan NaCl) (Dabrowski et al., 2005)

Dari dua jenis proses aktivasi yang ada, menurut Suhendra dan Gunawan (2010), aktivasi kimia memiliki berbagai keunggulan tertentu dibandingkan dengan aktivasi fisika, diantaranya adalah:

1. Dalam proses aktivasi kimia, zat kimia pengaktif sudah terdapat dalam tahap penyiapannya sehingga proses karbonisasi dan proses aktivasi karbon terakumulasi dalam satu langkah yang umumnya disebut one-step activation atau metode aktivasi satu langkah.
2. Dalam proses aktivasi kimia, suhu yang digunakan biasanya lebih rendah dibanding pada aktivasi fisika.
3. Produk yang dihasilkan dalam aktivasi kimia lebih banyak dibandingkan dengan aktivasi fisika.

3.5 Zinc Oxide (ZnO)

ZnO (Zinc Oxide) merupakan material yang unik karena memiliki energi gap sebesar 3,37 eV dan energi ikat eksitasi 60 meV. Salah satu ciri khas dari ZnO adalah senyawa kimianya yang dapat berpadu dengan senyawa lain. ZnO adalah kristal yang banyak dipakai dalam berbagai keperluan, sebagai katalis atau pendukung katalis, atau sebagai semikonduktor. Karakteristik kristal ZnO tergantung pada ukuran dan metode preparasinya (Cicik, 2012). Material ZnO banyak dikembangkan untuk evaluasi sifat listrik, sifat fisis, struktur kristal dan struktur mikro (Nugroho, 2004). ZnO juga banyak digunakan sebagai aditif ke dalam berbagai bahan dan produk termasuk plastik, keramik, kaca, semen, karet (contohnya ban mobil), pelumas (Hernandezbattez dkk., 2008).



Gambar 2. Zinc oxide (ZnO)

3.6 Komposit

Komposit adalah suatu materi yang terdiri dari dua elemen penyusunnya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda, dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994). Penjelasan lain tentang komposit juga diutarakan Van Rijswijk, M.Sc, dkk (2002), Komposit adalah

bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik.

Kelebihan dari komposit dibandingkan dengan material lainnya, yaitu memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, (Bishop dan Smallman, 2000).

3.7 Metode Hidrotermal

Sintesis secara hidrotermal biasanya terjadi dalam pelarut air dengan kondisi tekanan dan suhu yang tinggi (Cejka et al., 2007). Reaksi hidrotermal dilakukan pada suhu tinggi (lebih dari 100°C) dalam autoklaf yang bertujuan menjaga laju penguapan sama dengan laju kondensasi. Campuran larutan akan mengalami reaksi kondensasi yaitu reaksi pemutusan dan pembentukan ikatan baru Si, Al-O-Si, Al yang dikatalisis oleh ion hidroksil menghasilkan ikatan penyusun material kristalin (Cundy dan Cox, 2003). Keadaan hidrotermal memiliki sifat fisik yang spesifik, solvasi dan tekanan tinggi, serta transport massa pelarut yang tinggi.



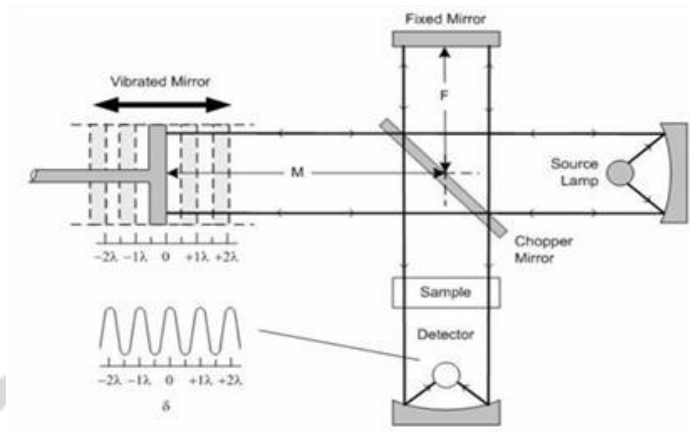
Gambar 3. Autoklaf
(alat sintesis secara
hidrotermal)

Metode hidrotermal telah banyak dikembangkan tidak hanya untuk sintesis material berpori seperti zeolit tetapi juga untuk material anorganik penting seperti superionik konduktor, sensor kimia, keramik oksida kompleks, dan material magnetik (Cejka et al., 2007). Alat sintesis hidrotermal dapat dilihat pada Gambar . Metoda hidrotermal sebelumnya telah diterapkan dalam sintesis zeolit analsim diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Aisyah (2015) mensintesis zeolit analsim dari sumber silika abu ampas tebu (bagasse) pada suhu 170 °C dengan waktu 72 jam secara hidrotermal (Aisyah, 2015). Selain itu juga telah dilakukan penelitian terkait pengaplikasian hidrotermal sintesis dalam memproduksi kristal analsim menggunakan sumber silika alam (Sandoval, et al., 2009), (Atta et al., 2012).

3.8 Teknik karakterisasi komposit ZnO/KA

3.8.1 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

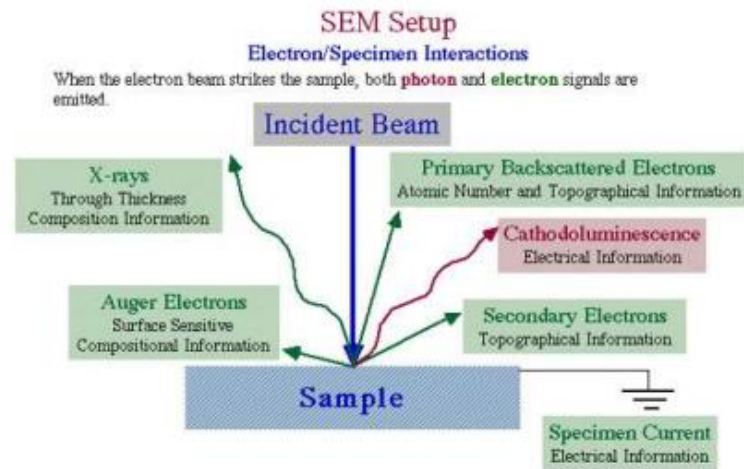
Spektrofotometer FTIR merupakan salah satu alat yang digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Sedangkan analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa standar yang dibuat spektrumnya pada berbagai variasi konsentrasi. Bila radiasi inframerah dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi dan terjadilah transisi diantara tingkat vibrasi (ground state) dan tingkat vibrasi tereksitasi (excited state). Sebagian radiasi sinar infra merah tersebut diserap (diadsorpsi) oleh molekul dan sebagian lagi diteruskan (ditransmisikan) melalui molekul tersebut. Pengabsorpsian energi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer inframerah yang memplot jumlah radiasi inframerah yang diteruskan melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi. Plot tersebut adalah spektrum inframerah yang memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul (Kristianingrum, 2014).



Gambar 4. Cara Kerja FTIR

3.8.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan suatu bahan. Karakteristik bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butir, cacat struktural, dan komposisi pencemaran suatu bahan. Hasil yang diperoleh berupa scanning electron macrograph yang menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar atau foto. Ada beberapa sinyal penting yang dihasilkan oleh SEM. Dari pantulan inelastis didapatkan sinyal elektron sekunder dan karakteristik sinar X sedangkan dari pantulan elastis didapatkan sinyal backscattered electron. Sinyal -sinyal tersebut dijelaskan pada gambar di bawah ini.

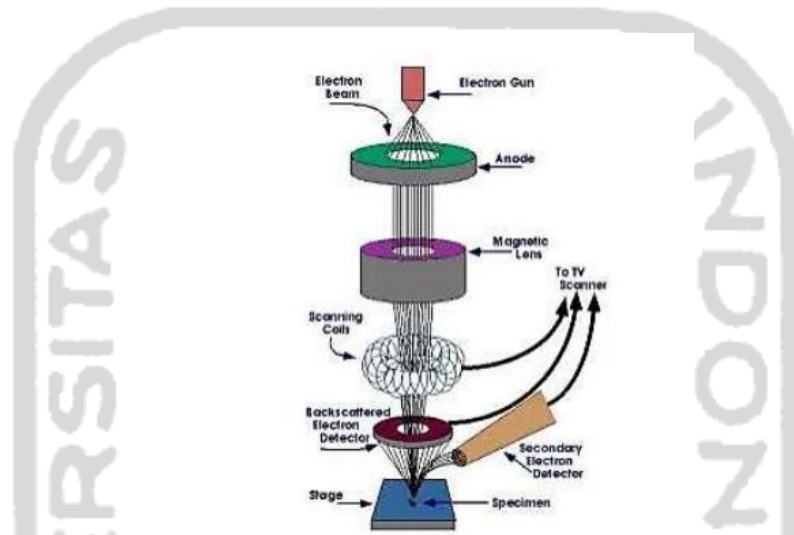


Gambar 5. Sinyal karakteristik yang dihasilkan SEM (Goldstein *et al.*, 2007).

Gambar menunjukkan bahwa elektron sekunder menghasilkan topografi dari benda yang dianalisa dengan permukaan yang tinggi berwarna lebih cerah dari permukaan rendah. Sedangkan primary backscattered elektron memberikan perbedaan berat molekul dari atom-atom yang menyusun permukaan. Atom dengan berat molekul tinggi akan berwarna lebih cerah daripada atom dengan berat molekul rendah (Goldstein *et al.*, 2007).

Pada sebuah alat SEM terdapat beberapa peralatan utama antara lain: pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron misal tungsten, lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet., dan sistem vakum untuk menghilangkan molekul udara. Prinsip kerja dari SEM berupa suatu sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Tungsten biasanya digunakan pada elektron gun karena memiliki titik lebur tertinggi dan tekanan uap terendah dari semua logam sehingga memungkinkan dipanaskan untuk emisi elektron. Berkas elektron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke titik yang diameternya sekitar 0,4 nm sampai 5 nm. Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Scanning pada permukaan bahan yang

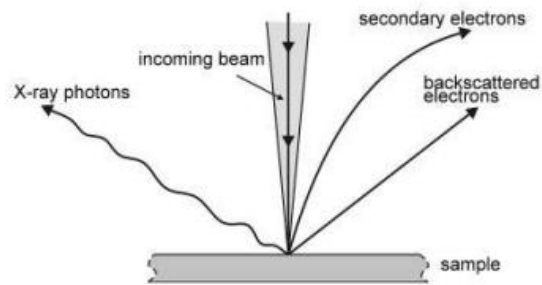
dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur scanning generator dan scanning coils. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan spesimen ditangkap oleh detektor secondary electron (SE) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh amplifier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (Havancsak, 2016). Skema dasar SEM disajikan pada gambar .



Gambar 6. Skema dasar SEM (Havancsak, 2016)

3.8.3 *Energy Dispersive X-Ray (EDX)*

EDX biasanya digunakan untuk menentukan komposisi kimia suatu bahan. EDX bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak bisa bekerja tanpa SEM. Prinsip kerja dari EDX yaitu menangkap dan mengolah sinyal fluoresensi sinar-X yang keluar apabila berkas elektron mengenai daerah tertentu pada bahan. Sinar-X tersebut dapat dideteksi dengan detektor zat padat yang dapat menghasilkan pulsa intensitas sebanding dengan panjang gelombang sinar-X. Gambar memperlihatkan hamburan elektron-elektron apabila mengenai spesimen. Interaksi antara elektron dengan atom pada sampel akan menghasilkan pelepasan elektron energi rendah, foton sinar-X, dan elektron Auger yang semuanya dapat digunakan untuk mengkarakterisasi material (Havancsak, 2016).

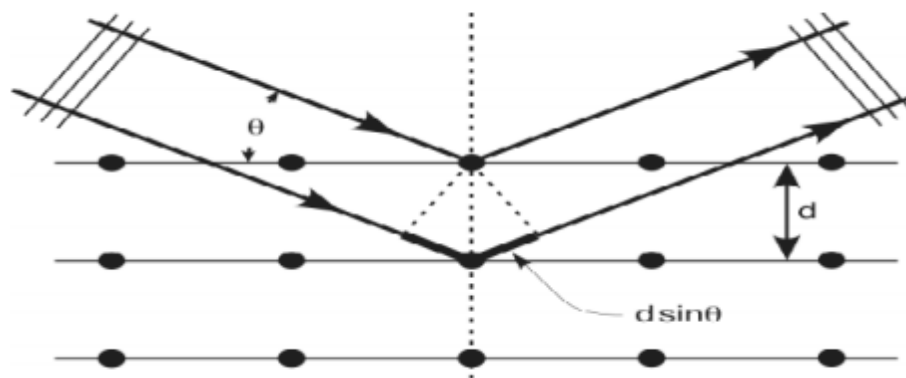


Gambar 7. Hamburan dari electron yang jatuh pada lembaran tipis (Havancsak, 2016)

Elektron sekunder adalah elektron yang dipancarkan dari permukaan kulit atom terluar yang dihasilkan dari interaksi berkas elektron jatuh dengan padatan sehingga mengakibatkan terjadinya loncatan elektron yang terikat lemah dari pita konduksi.

3.8.4 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD ditemukan pertama kali oleh Max von Laue tahun 1913 dan dikembangkan oleh Bragg. Difraksi sinar-X merupakan salah satu metode baku yang penting untuk mengkarakterisasi material. Sampai saat ini, metode difraksi sinar-X digunakan untuk mengetahui informasi struktur kristal material logam maupun padatan, mineral, polimer, material organik, dan superkonduktor (Suharyana, 2012). XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut 2θ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012).



Gambar 8. Skematik Dasar Perhitungan Bragg

3.8.5 Spektroskopi Serapan Atom (AAS)

Spektrometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektrometri ialah Spektroskopi Serapan Atom (AAS), merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog *et. Al.*, 2000).

Cara kerja spektrofotometri serapan atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (Hollow Cathode Lamp) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya.



Gambar 9. Spektroskopi Serapan Atom

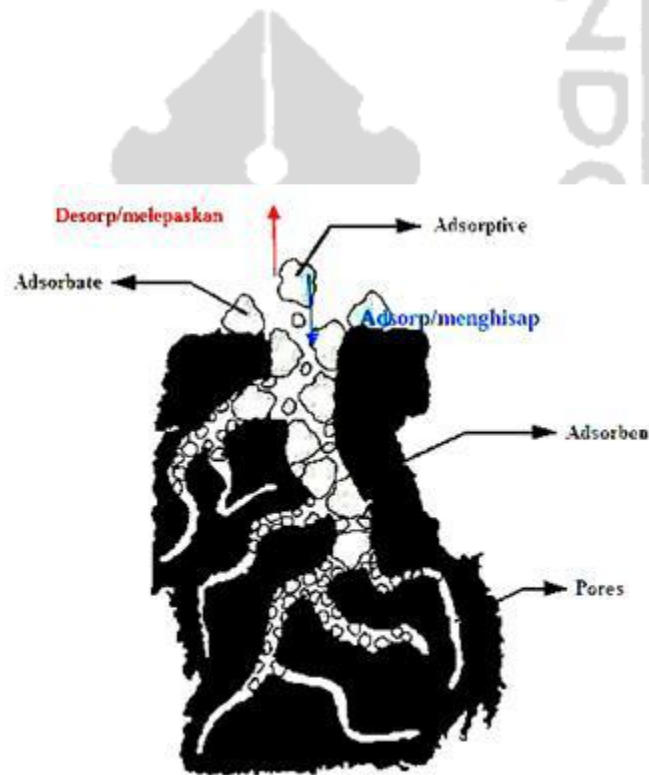
Teknik SSA merupakan alat yang canggih dalam analisis, ini disebabkan oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya sampai tingkat runtu, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan kedua adalah kemungkinan untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu, sebelum pengukuran tidak selalu perlu memisahkan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan asalkan ada katoda berongga. (Khopkar, 1990. Konsep Dasar Kimia Analitik, Universitas Indonesia, Jakarta. h. 283).

3.9 Adsorpsi Dan Kinetika Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Interaksi yang terjadi dapat menyebabkan sifat-sifat senyawa akan mengalami modifikasi atau perubahan. Adsorpsi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat dapat dibedakan dengan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Jika adsorbat dan permukaan adsorben berinteraksi hanya dengan gaya Van der Waals, maka yang terjadi adalah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel molekulnya pada permukaan dan membentuk ikatan kimia kovalen (Mc Cash, 2001).

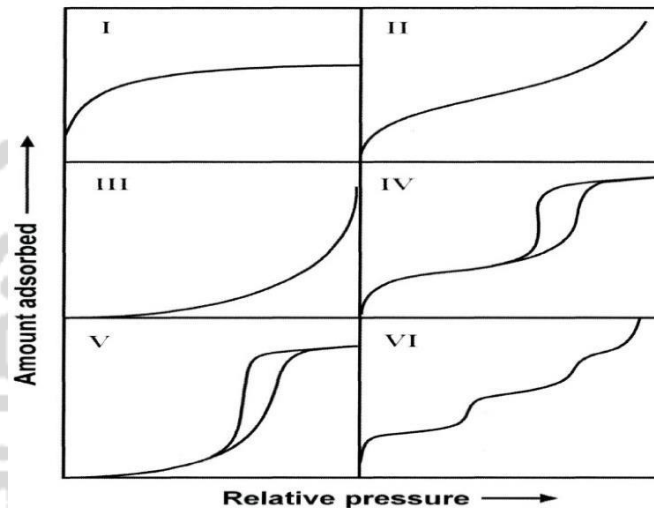
Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Dengan adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan

padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy, 2012). Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dapat dibedakan menjadi dua jenis gaya, yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Dalam proses adsorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya Van der Waals, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen (Martell and Hancock, 1996).



Gambar 10. Proses Adsorpsi

Menurut Montgomery (1985) isotherm Adsorpsi menjelaskan konsentrasi kesetimbangan adsorbat pada permukaan adsorben sebagai fungsi konsentrasi adsorbat di dalam larutan. Menurut IUPAC terdapat 6 jenis grafik isotherm adsorpsi yaitu :



Gambar 11. Kurva Isotherm Adsorpsi

1. Tipe I : Padatan mikropori (Isotherm Langmuir)
2. Tipe II : Adsorpsi multilayer pada padatan mesopori
3. Tipe III : Padatan makropori dengan adsorpsi lemah
4. Tipe IV : Padatan berpori meso dengan loop histeris (desorpsi)
5. Tipe V : Padatan berpori meso dengan interaksi adsorbat dan yang lemah serta terjadi desorpsi (loop histeris)
6. Tipe VI : Padatan makropori dengan interaksi adsorpsi

(Alothman, 2012).

Kinetika Adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Pada umumnya untuk menentukan kinetika adsorpsi digunakan orde kinetik satu (Lagergren Pseudo orde satu) dan dua (Lagergren Pseudo orde dua) (Ho, 1999). Lagergren Pseudo orde satu adalah model kinetik mekanistik pertama untuk sistem liquid-solid yang berbasis kepada kapasitas solid dan laju reaksi dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi.

Misal: $A \rightarrow B$, maka laju reaksi,

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

$$r = K[A]^1$$

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

$$\frac{dq}{dt} = -K[A]$$

$$\int_{\text{awal}}^{\text{akhir}} \frac{dq}{dt} = \int_{\text{awal}}^{\text{akhir}} K (q_e - qt)$$

Sehingga dapat diturunkan menjadi persamaan:

$$\log(q_e - qt) = \log(q_e) - \frac{K_1}{2,303} t$$

Dimana qt merupakan jumlah adsorbat yang teradsorp pada waktu t (mg/g), dan K_1 adalah konstanta laju orde pertama (per satuan waktu), dengan memplot $\text{Log}(q_e - qt)$ terhadap t maka didapatkan garis linier (Susanti, 2014).

Misal: $A \rightarrow B$, maka laju reaksi dinyatakan:

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

$$r = K[A]^2$$

$$-\frac{d[A]}{dt} = K[A]^2$$

$$\frac{dq}{dt} = -K[A]^2$$

$$\int_{\text{awal}}^{\text{akhir}} \frac{dq}{dt} = \int_{\text{awal}}^{\text{akhir}} K (q_e - qt)^2$$

Sehingga dapat diturunkan menjadi persamaan:

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{K_2(q_e)^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Dimana qt merupakan jumlah adsorbat yang teradsorp pada waktu t (mg/g), dan K_2 adalah konstanta laju orde kedua (per satuan waktu), dengan memplot t/qt terhadap t akan memberikan garis linier (Susanti, 2014).

3.10 Isotherm Adsorpsi Langmuir Dan Isotherm Freundlich

Menurut Oscik (1982), teori Langmuir ini didasarkan pada asumsi bahwa laju adsorpsi akan bergantung pada faktor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi terjadi secara monolayer. Proses adsorpsi memiliki dua tahap, yaitu perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben dan adsorpsi pada permukaan adsorben. Tahap pertama akan bergantung pada sifat pelarut dan adsorbat yang terkontrol.

Bagian 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 (Husin and Rosnelly, 2007).

Model isotherm adsorpsi Langmuir dapat dinyatakan dalam persamaan:

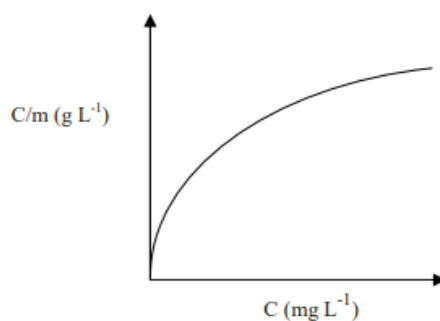
$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b}$$

Dimana C merupakan konsentrasi kesetimbangan (mg L^{-1}), m merupakan jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben pada konsentrasi C (mmol g^{-1}), b merupakan jumlah zat yang teradsorpsi saat keadaan jenuh (kapasitas adsorpsi) (mg g^{-1}) dan k merupakan konstanta kesetimbangan adsorpsi (L mol^{-1}). Dari kurva linier hubungan antara C/m versus C maka dapat ditentukan nilai b dari kemiringan (slop) dan k dari intersep kurva. Energi adsorpsi (E_{ads}) yang didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan apabila satu mol zat teradsorpsi dalam adsorben dan nilainya ekuivalen dengan nilai negatif dari perubahan energi Gibbs standar, ΔG° , dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E_{\text{ads}} = -\Delta G^\circ_{\text{ads}} = RT \ln k$$

Dengan R adalah tetapan gas umum ($8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}$), T adalah temperatur (K) dan k adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh dari persamaan Langmuir, sehingga energi total adsorpsi E harganya sama dengan negatif energi bebas Gibbs (Oscik, 1982).

Adapun grafik isoterm adsorpsi Langmuir diperlihatkan pada Gambar berikut ini:



Gambar 12. Model isotherm adsorpsi Langmuir
(Husin and Rosnelly, 2005).

Berdasarkan energi adsorpsinya, fenomena adsorpsi dapat terjadi akibat adanya gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas antar permukaan, sehingga dapat mengakibatkan perubahan jumlah molekul, atom atau ion. Proses adsorpsi melibatkan berbagai gaya yaitu: gaya Van der Waals, ikatan hidrogen, gaya elektrostatis (ikatan ionik), dan ikatan kovalen koordinasi, maka dapat diperkirakan jenis adsorpsi yang terjadi. Jika energi adsorpsinya kurang dari 20 kJ mol^{-1} , maka jenis adsorpsinya adalah adsorpsi fisika. Sedangkan jika energi adsorpsinya melebihi $20,92 \text{ kJ mol}^{-1}$, maka jenis adsorpsinya adalah adsorpsi kimia (Adamson and Gast, 1997).

Isoterm Freundlich digunakan pada energi permukaan yang heterogen dengan konsentrasi yang berbeda-beda mempengaruhi kapasitas adsorpsi dan dapat menentukan jenis interaksi pada proses adsorbat melekat pada permukaan adsorben. Persamaan umum Freundlich dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

Keterangan:

C_e : konsentrasi analit pada saat kesetimbangan (mg/L)

q_e :kapasitas adsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g)

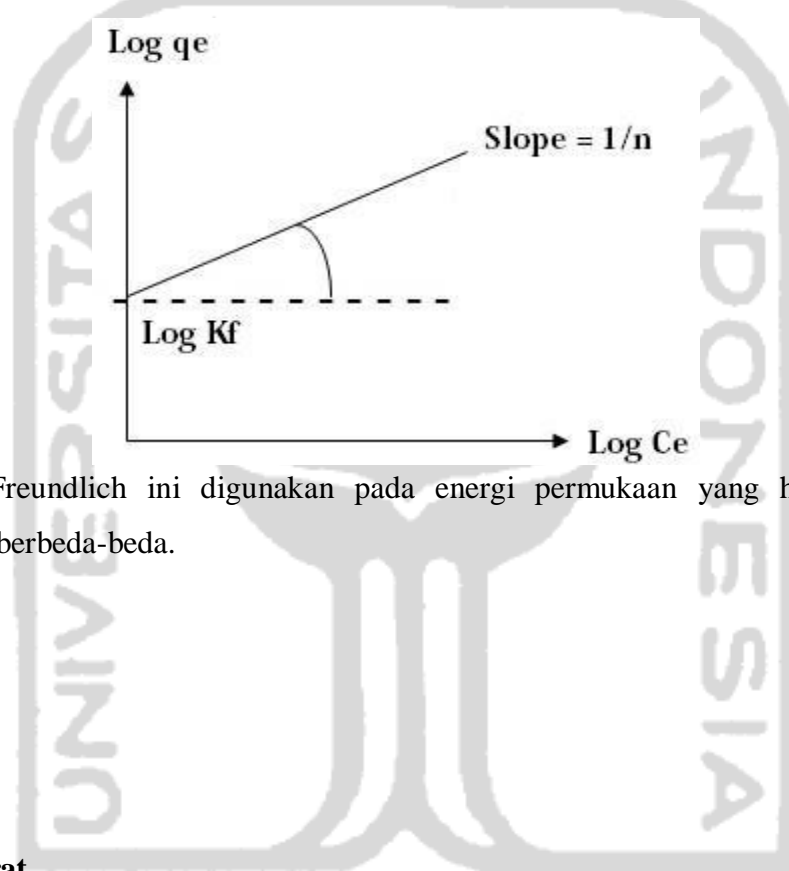
K_f dan $1/n$:menunjukkan konstanta freundlich dan faktor heteronitas

K_f :kapasitas adsorpsi adsorben

n :ukuran penyimpangan linearitas adsorpsi

Nilai K_f dan $1/n$ dapat diperoleh melalui plot $\log C_e$ dan $\log q_e$ (Zakaria, 2009).

Gambar 13. Kurva Isotherm Freundlich



Isotermal Freundlich ini digunakan pada energi permukaan yang heterogen dengan konsentrasi yang berbeda-beda.

3.11 Logam Berat

Logam berat adalah kelompok logam yang memiliki densitas lebih besar dari 5 g/cm^3 . Logam berat dalam perairan dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik maupun anorganik, sedangkan logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi (Razak, 1998). Logam berat pada umumnya mempunyai sifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Beberapa logam berat banyak digunakan dalam berbagai kehidupan sehari-hari. Secara langsung maupun tidak langsung

toksisitas dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Apabila kadar logam berat sudah melebihi ambang batas yang ditentukan dapat membahayakan bagi kehidupan (Koestoer,1995).

Logam berat dalam konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan kematian beberapa jenis biota perairan, sedangkan jika konsentrasi logam berat rendah juga dapat membunuh organisme hidup dan proses ini diawali dengan penumpukan logam berat dalam tubuh biota air. Ikan adalah biota air yang dapat digunakan sebagai bioindikator tingkat pencemaran air, ikan teri dapat digunakan sebagai indikator yang baik dalam memonitor suatu pencemaran lingkungan disebabkan oleh sifatnya menetap dalam suatu habitat tertentu. Ikan Teri sendiri hidup bergerombol, biasanya dapat dijumpai di daerah perairan yang dangkal, air payau yang berdasar lumpur, seperti daerah muara dan teluk. Jika di dalam ikan teri tersebut telah terkandung kadar logam yang tinggi dan melebihi batas normal (ambang batas) yang telah ditentukan oleh Badan Standarisasi Nasional atau BPOM maka dapat dijadikan indikator terjadinya suatu pencemaran dalam lingkungan tersebut. Banyaknya logam berat yang terserap dan terdistribusi pada ikan bergantung pada bentuk senyawa dan konsentrasi polutan (Darmono, 1995).

3.11.1 Logam Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, biasa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal adalah logam yang lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi +2 (Sunarya, 2007). Timbal mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Titik leleh timbal adalah 1740oC dan memiliki massa jenis 11,34 g/cm³ (Widowati, 2008). Palar (1994) mengungkapkan bahwa logam Pb pada suhu 500 - 600oC dapat menguap dan membentuk oksigen di udara dalam bentuk timbal oksida (PbO).

Penggunaan timbal (Pb) dalam kehidupan sehari-hari, antara lain (Ferdiaz, 1992) Timbal digunakan untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa, dan solder, bahan kimia, pewarna (cat), dan lain-lain. Produk-produk yang harus tahan karat, timbal (Pb) digunakan dalam bentuk alloy, seperti pipa-pipa yang digunakan untuk mengalirkan bahan kimia yang korosif. Menurut Widowati (2008), logam Timbal (Pb) dalam pertambangan berbentuk industri

baterai, kabel, penyepuhan, pestisida, sebagai zat antiletup pada bensin, bahan untuk penyolderan, sebagai formulasi penyambung pipa. Menurut ATSDR (2005), industri yang paling banyak menggunakan Timbal (Pb) untuk produksi adalah industri pembuatan baterai. Penggunaan Timbal (Pb) lainnya untuk pembuatan benda-benda yang disolder, untuk mesin x- ray dan pencegahan korosi pada peralatan dan bangunan gedung.

Timbal (Pb) adalah logam yang bersifat neurotoksin yang dapat masuk kedalam tubuh manusia ataupun hewan, sehingga bahayanya terhadap tubuh semakin meningkat (Kusnoputranto, 2006). Menurut Underwood dan Shuttle (1999), Pb biasanya dianggap sebagai racun yang bersifat akumulatif dan akumulasinya tergantung levelnya. Hal itu menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada ikan jika terdapat pada jumlah di atas batas ambang, menurut Badan Standarisasi Nasional (SNI 7387.2009) yaitu 0,3 ppm. Efek yang ditimbulkan jika keracunan timbal yaitu gangguan sistem pencernaan, gangguan system saraf pusat dan anemia. Gejala awal biasanya ditandai dengan kehilangan nafsu makan, berat badan menurun, konstipasi, lesu, muntah, mudah lelah, dan sakit kepala. (Dreisbach dan Robertson, 1994)

