

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses dimana suatu komponen bergerak dari suatu fasa menuju permukaan yang lain sehingga terjadi perubahan konsentrasi pada permukaan. Zat yang diserap disebut adsorbat sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Pada umumnya adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi kimia (kemisorpsi) dan adsorpsi fisika (fisorpsi) (Parker, 1993).

1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika disebabkan oleh interaksi antara adsorben dan adsorbat karena adanya gaya tarik Van der Waals, adsorpsi ini biasanya bersifat reversibel karena terjadi melalui interaksi yang lemah antara adsorben dan adsorbat, tidak melalui ikatan kovalen. Panas adsorpsi fisika tidak lebih dari 15-20 kkal/mol atau 63-84 kJ/mol. Contoh: Adsorpsi oleh karbon aktif. Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang diaktifkan dengan cara membuat pori pada struktur karbon tersebut. Aktivasi karbon aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang melibatkan interaksi yang lebih kuat antara adsorben dan adsorbat sehingga adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain. Proses ini bersifat irreversibel sehingga adsorben harus dipanaskan pada temperatur tinggi untuk memisahkan adsorbat. Panas adsorpsi kimia biasanya lebih besar dari 20-30 kkal/mol atau 84-126 kJ/mol. Contoh : *ion exchange*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut (Sawyer, 1987):

a. Sifat Adsorbat

Besarnya adsorpsi zat terlarut tergantung pada kelarutannya pada pelarut. Kenaikan kelarutan menunjukkan ikatan yang kuat antara zat terlarut dengan pelarut. Apabila adsorbat memiliki kelarutan yang besar, maka ikatan antara zat terlarut dan pelarut makin kuat sehingga adsorpsi akan semakin kecil karena sebelum adsorpsi terjadi diperlukan energi yang besar untuk memecahkan ikatan zat terlarut dengan pelarut.

a. Konsentrasi Adsorbat

Adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Adsorpsi akan konstan jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang terserap dengan konsentrasi yang tersisa dalam larutan.

b. Sifat Adsorben

Adsorpsi secara umum terjadi pada semua permukaan, namun besarnya ditentukan oleh luas permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat. Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu kejadian permukaan sehingga besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaan. Semakin banyak permukaan yang kontak dengan adsorbat maka akan semakin besar pula adsorpsi yang terjadi.

c. Temperatur

Reaksi yang terjadi pada adsorpsi biasanya eksotermis, oleh karena itu adsorpsi akan besar jika temperatur rendah.

d. Waktu Kontak dan Pengocokan

Waktu kontak yang cukup diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Jika fasa cair berisi adsorben diam, maka difusi adsorbat melalui permukaan adsorben akan lambat. Oleh karena itu, diperlukan pengocokan untuk mempercepat proses adsorpsi.

e. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan dengan penambahan asam-asam mineral. Hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut, sebaliknya bila pH

asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

Adsorben ialah zat yang melakukan penyerapan terhadap zat lain (baik cairan maupun gas) pada proses adsorpsi (Atkins, 1999). Umumnya adsorben bersifat spesifik, hanya menyerap zat tertentu. Dalam memilih jenis adsorben pada proses adsorpsi, disesuaikan dengan sifat dan keadaan zat yang akan diadsorpsi. Adsorben yang paling banyak dipakai untuk menyerap zat-zat dalam larutan adalah arang. Karbon aktif yang merupakan contoh dari adsorpsi, yang biasanya dibuat dengan cara membakar tempurung kelapa atau kayu dengan persediaan udara (oksigen) yang terbatas. Tiap partikel adsorben dikelilingi oleh molekul yang diserap karena terjadi interaksi tarik menarik. Zat ini banyak dipakai di pabrik untuk menghilangkan zat-zat warna dalam larutan. Penyerapan bersifat selektif, yang diserap hanya zat terlarut atau pelarut sangat mirip dengan penyerapan gas oleh zat padat. Karakteristik adsorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi yaitu (Effendi, 2006):

1. Luas permukaannya besar. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya, karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben.
2. Jenis/gugus fungsi atom yang ada pada permukaan adsorben. Sifat-sifat atom di permukaan berkaitan dengan interaksi molekuler antara adsorbat dan adsorben yang lebih besar pada adsorbat tertentu.
3. Tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi dan desorpsi.
4. Kemurnian adsorben. Adsorben yang memiliki tingkat kemurnian tinggi daya adsorpsinya lebih baik.

Beberapa jenis adsorben yang biasa digunakan yaitu (Effendi, 2006):

1. Karbon Aktif / Arang Aktif / Norit
Arang aktif adalah bahan berupa karbon bebas yang masing-masing berikatan secara kovalen atau arang yang telah dibuat dan diolah secara khusus melalui proses aktivasi, sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian mempunyai daya serap yang besar terhadap zat-zat lainnya, baik dalam fase

cair maupun dalam fase gas. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non-polar. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, dimana semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan menggunakan arang aktif yang telah dihaluskan. Karbon aktif ini cocok digunakan untuk mengadsorpsi zat-zat organik. Komposisi arang aktif terdiri dari silika (SiO_2), karbon, kadar air dan kadar debu. Unsur silika merupakan kadar bahan yang keras dan tidak mudah larut dalam air, maka khususnya silika yang bersifat sebagai pembersih partikel yang terkandung dalam air keruh dapat dibersihkan sehingga diperoleh air yang jernih.

2. *Silica Gel*

Merupakan bahan yang terbuat dari *add treatment* dari larutan sodium silikat yang dikeringkan. Luas permukaannya $600\text{-}800\text{ m}^2/\text{g}$ dengan diameter pori antara $20\text{-}50\text{ \AA}$. Gel silika cocok digunakan untuk mengadsorpsi gas dehidrat dan untuk memisahkan hidrokarbon.

3. Alumina Aktif

Alumina aktif cocok digunakan untuk mengadsorpsi gas kering dan liquid. Luas permukaannya $200\text{-}500\text{ m}^2/\text{g}$ dan diameter porinya $20\text{-}140\text{ \AA}$.

Adsorpsi isoterm adalah hubungan kesetimbangan antara konsentrasi dalam fase fluida dan konsentrasi di dalam partikel adsorben pada suhu tertentu. ada beberapa isoterm adsorpsi yang diketahui seperti model isoterm Langmuir dan Freundlich.

1. Isoterm Langmuir

Pada isoterm ini secara teoritis menganggap bahwa hanya sebuah monolayer gas yang teradsorpsi, selain itu adsorpsi molekul zat terlarut terlokalisasi, yaitu sekali adsorpsi, molekul-molekul ini tidak dapat bergerak disekeliling permukaan padatan. Selain pernyataan di atas, isoterm ini juga mengasumsikan bahwa panas adsorpsi, ΔH adsorpsi, tidak bergantung pada luas permukaan yang ditutupi gas. Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir :

$$\frac{C}{q} = \frac{k}{q_0} + \frac{1}{q_0} C \quad \dots\dots\dots(2.1.)$$

Dimana : C = konsentrasi zat terlarut pada saat kesetimbangan

q = masa zat terlarut diadsorbsi per masa adsorben

k = konstanta adsorbsi yang didapat dari percobaan (*intercept*)

q₀ = daya adsorpsi maksimum

2. Isoterm Freundlich

Pada isoterm ini persamaan diturunkan secara empirik, dengan asumsi bahwa penyerapan terjadi multicomponent. Persamaan dapat diturunkan dari adsorpsi zat padat dalam air atau *solid-aquos system*. Bentuk persamaannya yaitu:

$$\frac{x}{m} = k C^{1/n} \quad \dots\dots\dots(2.2.)$$

Dimana : x = jumlah zat yang diserap

m = berat adsorben

C = konsentrasi zat setelah adsorbsi

n dan k = konstanta yang diperoleh dari percobaan

Jika persamaan tersebut dialogartmakan, maka:

$$\log \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \log C + \log k \quad \dots\dots\dots(2.3.)$$

2.2. Tanaman Matoa

Matoa (*Pometia pinnata*) merupakan tumbuhan daerah tropis yang banyak terdapat di hutan-hutan pedalaman Pulau Irian (sekarang Papua). Secara umum diketahui terdapat 3 jenis spesies pometia, yaitu *P. pinnata*, *P. coreaceae*, dan *P. accuminata*. Secara taksonomis klasifikasi matoa adalah:

Kingdom	: <i>Plantae</i> (tumbuhan)
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i> (berpembuluh)
Superdivisi	: <i>Spermatophyta</i> (menghasilkan biji)
Divisio	: <i>Magnoliophyta</i> (berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (berkeping dua / dikotil)
Sub-kelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Sapindales</i>

Familia : *Sapindaceae*
 Genus : *Pometia*
 Species : *Pometia pinnata*

Di Indonesia matoa (*Pometia pinnata*) tumbuh menyebar di Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Sumbawa (Nusa Tenggara Barat), Maluku, dan Papua. Daerah penyebaran matoa di Papua antara lain di Dataran Sekoli (Jayapura), Wandoswaar – P. Meoswaar, Anjai – Kebar, Warmare, Armina, Bintuni, Ransiki (Manokwari), dan lain-lain. Tumbuh pada tanah yang kadang-kadang tergenang air tawar, pada tanah berpasir, berlempung, berkarang dan berbatu cadas. Keadaan lapangan datar, bergelombang ringan – berat dengan lereng landai sampai curam pada ketinggian sampai 120 m di atas permukaan air laut (Dinas Kehutanan DATI I Irian Jaya, 1976).



Sumber : dokumen pribadi

Gambar 2.1. Gambar Pohon Matoa

Matoa merupakan pohon dengan tinggi 20 – 40 m, dan ukuran diameter batang dapat mencapai 1,8 meter. Batang silindris, tegak, warna kulit batang coklat keputih-putihan, permukaan kasar. Bercabang banyak sehingga membentuk pohon yang rindang, percabangan simpodial, arah cabang miring hingga datar. Akar tunggang, coklat kotor. Matoa berdaun majemuk, tersusun berseling, 4 – 12 pasang anak daun. Saat muda daunnya berwarna merah cerah, setelah dewasa menjadi hijau, bentuk jorong, panjang 30 – 40 cm, lebar 8 – 15 cm. Helai daun

tebal dan kaku, ujung meruncing (*acuminatus*), pangkal tumpul (*obtusus*), tepi rata. Pertulangan daun menyirip (*pinnate*) dengan permukaan atas dan bawah halus, berlekuk pada bagian pertulangan (Dinas Kehutanan DATI I Irian Jaya, 1976).

Bunga majemuk, bentuk corong, di ujung batang. Tangkai bunga bulat, pendek, hijau, dengan kelopak berambut, hijau. Benang sari pendek, jumlah banyak, putih. Putik bertangkai, pangkal membulat, putih dengan mahkota terdiri 3 – 4 helai berbentuk pita, kuning. Buah bulat atau lonjong sepanjang 5 – 6 cm, berwarna hijau kadang merah atau hitam (tergantung varietas). Daging buah lembek, berwarna putih kekuningan. Bentuk biji bulat, berwarna coklat muda sampai kehitam-hitaman.

Daun matoa merupakan daun majemuk berseling, bersirip genap. Panjang tangkai utama daun dalam satu pohon bervariasi mulai kurang dari 50 cm sampai lebih dari 1 m. Warna tangkai utama daun bagian atas coklat kehijauan, dan bagian bawah hijau kecoklatan. Semakin tua daun, warna tangkai utama semakin coklat keabu-abuan. Anak daun bervariasi dari 6 hingga 13 pasang. Anak daun berbentuk jorong dengan tepi bergerigi. Anak daun pada pasangan terbawah menyerupai telinga, berbentuk elips. Daun muda berwarna merah dengan tingkat kemerahan bervariasi dari merah kehijauan sampai merah tua. Daun tua berwarna hijau gelap di bagian atas dan hijau cerah di bagian bawah. Semakin tua warna daun semakin hijau tua. Permukaan daun halus mengkilap, berlekuk di pertulangan daun.

2.3. Logam Timbal (Pb)

Timbal merupakan salah satu unsur kimia yang terdapat dalam unsur periodik, unsur logam ini memiliki simbol Pb yang berasal dari bahasa latin Plumbum. Dalam bahasa Indonesia lead biasa disebut dengan timbal. Timbal memiliki sifat fisik, lembut dan mudah di bentuk namun juga berat dan beracun. Timbal akan berwarna putih jika langsung di potong namun akan tidak berwarna sampai ke abu-abuan jika terkena udara. Timbal juga terdapat dari sisa berbagai kegiatan seperti pertambangan, industri dan transportasi merupakan limbah yang

tergolong dalam kelompok B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang sering ditemukan dalam air, tanah dan udara. Unsur ini juga logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat neurotoxin, yaitu racun yang menyerang saraf dan bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka waktu yang lama dan toksisitasnya yang tidak berubah.

Timbal adalah logam lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Pb meleleh pada suhu 328°C (662°F), titik didih 1.740°C (3.164°F), berbentuk sulfid dan memiliki gravitasi 11,34 dengan berat atom 207,20 (Widowati, 2008). Timbal termasuk ke dalam logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia dan mempunyai nomor atom (NA) 82 (Palar, 2004).

Logam timbal mempunyai sifat-sifat yang khusus seperti berikut:

- a. Merupakan logam lunak sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan dan dapat dibentuk dengan mudah.
- b. Merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga logam timbal sering digunakan sebagai bahan coating.
- c. Mempunyai titik lebur rendah hanya $327,5^{\circ}\text{C}$.
- d. Mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam, kecuali emas dan merkuri.
- e. Merupakan penghantar listrik yang baik. (Palar, 2004)

Timbal (Pb) dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Pb yang masuk ke dalam perairan sebagai dampak aktivitas kehidupan manusia diantaranya adalah air buangan dari pertambangan bijih timah hitam, buangan sisa industri baterai dan bahan bakar angkutan air. Selain itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang akan masuk dalam badan perairan. Pb yang masuk ke badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia. Senyawa Pb yang ada dalam badan perairan dapat ditemukan dalam bentuk ion-ion divalent atau ion-ion tetravalen (Pb^{2+} , Pb^{4+}). Badan perairan yang telah kemasukan senyawa atau ion-ion Pb, sehingga jumlah Pb yang ada dalam badan perairan melebihi konsentrasi

yang semestinya, dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan (Palar, 2004). Konsentrasi logam toksik salah satunya Pb dalam lingkungan perairan secara alamiah biasanya sangat kecil sekali. Konsentrasi logam Pb secara alamiah dalam air laut 0,03 µg/L dan air sungai 3 µg/L serta standar konsentrasi logam Pb dalam air yang direkomendasikan yaitu 0,10 mg/L (Anonymous, 2001).

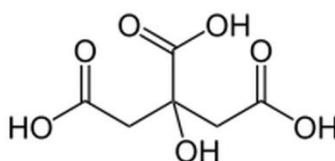
Logam Pb banyak digunakan dalam accu yang dipakai dalam bidang otomotif, dipakai dalam industri plastik PVC untuk menutup kawat listrik, digunakan untuk solder untuk industri elektronik. Dalam bentuk oksida timbal digunakan sebagai pigmen / zat warna dalam industri kosmetik dan *glace* serta industri keramik. Dalam bentuk aerosol anorganik dapat masuk ke tubuh manusia melalui udara yang dihirup atau melalui makanan seperti sayuran dan buah-buahan. Dalam bentuk Tetra Etil Lead atau TEL digunakan dalam bahan bakar kendaraan bermotor. Untuk menghasilkan pembakaran yang baik dan meningkatkan efisiensi bahan bakar motor, bensin diberi zat tambahan berupa Tetra Etil Lead. Setiap liter bensin dalam angka oktan 87 dan 98 mengandung 0,07 gram senyawa Pb Tetretil dan 0,84 gram Tetrametil Pb. Setelah mengalami pembakaran di motor, timbal dilepas ke udara dalam bentuk oksida timbal sebanyak 0,56 gram Pb (Librawati, 2005). Secara alamiah, **Pb** dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan.

Masuknya Pb ke dalam tubuh manusia melalui air minum, makanan atau udara dapat menyebabkan gangguan pada organ seperti gangguan neurologi (syaraf), ginjal, sistem reproduksi, sistem hemopoitik serta sistem syaraf pusat (otak) terutama pada anak yang dapat menurunkan tingkat kecerdasan. Sumber masuknya timbal di perairan yang paling utama berasal dari Pb di udara yang terbawa oleh angin dan hujan, serta limbah buangan Industri (Ahmad, 2001).

2.4. Asam Sitrat (C₆H₈O₇)

Asam sitrat merupakan asam organik yang larut dalam air yang sering digunakan dalam industri pangan, kosmetik, farmasi dan lain-lain. Asam sitrat terdapat pada berbagai jenis buah dan sayuran, namun ditemukan pada konsentrasi tinggi, yang dapat mencapai 8 % bobot kering, pada jeruk lemon dan

limau (misalnya jeruk nipis dan jeruk purut). Rumus kimia asam sitrat adalah $C_6H_8O_7$ atau $CH_2(COOH)-COH(COOH)-CH_2(COOH)$, struktur asam ini tercermin pada nama IUPAC-nya, asam *2-hidroksi-1,2,3-propanetricarboxylic acid*. Keasaman asam sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil $COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan. Jika hal ini terjadi, ion yang dihasilkan adalah ion sitrat. Asam sitrat memiliki rumus struktur seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur molekul Asam Sitrat

Asam sitrat mempunyai sifat kimia maupun sifat fisik, berikut sifat-sifat yang dimiliki oleh asam sitrat (Othmer, 1987):

A. Sifat Kimia

1. Kontak langsung (paparan) terhadap asam sitrat kering atau larutan dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata.
2. Mampu mengikat ion-ion logam sehingga dapat digunakan sebagai pengawet dan penghilang kesadahan dalam air.
3. Pada pemanasan $175^{\circ}C$, asam sitrat berubah menjadi *aconitic acid*. *Aconitic acid* jika ditambah dengan hydrogen berubah menjadi *tricarballic acid*.
4. Pada pemanasan $175^{\circ}C$, asam sitrat jika dieliminasi dengan oksigen dan menghilangkan karbondioksida berubah menjadi *acetonedicarboxylic acid*. *Acetonedicarboxylic acid* jika diuapkan karbondioksidanya berubah menjadi *acetone*.
5. Pada pemanasan $175^{\circ}C$, asam sitrat jika dihilangkan karbondioksida berubah menjadi *itaconic acid*.
6. Larutan asam sitrat bila dicampur dengan asam sulfat atau oksidasi dengan larutan *potassium permanganate* menghasilkan asam *acetonedicarboxylic*.
7. Pada suhu $35^{\circ}C$, jika asam sitrat dioksidasi dengan *potassium permanganate* menghasilkan asam oksalat.

8. Asam sitrat terdekomposisi menjadi asam oksalat dan asam asetat jika dibakar dengan *potassium hydroxide* atau dioksidasi dengan asam nitrit.

B. Sifat Fisik

Tabel 2.1. Sifat Fisik Asam Sitrat

Parameter	<i>Anhydrous</i>	<i>Monohydrate</i>
Rumus Molekul	$C_6H_8O_7$	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
Berat Molekul	192,12	210,14
Bentuk	Kristal tidak berwarna	Kristal tidak berwarna
Specific Gravity	1,665 (20° C)	1,542 (20° C)
Melting Point	153° C	70-75° C
Boiling Point	Terdekomposisi pada 175° C	Terdekomposisi pada 175° C
Proses Pembentukan	Kristalisasi dari larutan panas (>36,6° C)	Kristalisasi dari larutan dingin (<36,6° C)
Kelarutan	Larut dalam air, agak larut dalam alkohol dan diethyl eter, tidak larut dalam karbon disulfida, karbon tetra klorida, kloroform, benzene dan toluene.	Larut dalam air, agak larut dalam alkohol dan diethyl eter, tidak larut dalam karbon disulfida, karbon tetra klorida, kloroform, benzene dan toluene.
Kelarutan di Air pada 30° C	64,3%	64,3%
Kelarutan di Air pada 70° C	76,2%	76,2%
Struktur Kristal	Orthorombic	Orthorombic
Panas Pembakaran	468,5 kcal/mol	466,6 kcal/mol

2.5. *Scanning Electron Microscope (SEM) / Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)*

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. SEM terdiri dari sebuah senapan elektron yang memproduksi berkas elektron pada tegangan dipercepat sebesar 2 – 30 kV. Berkas elektron tersebut dilewatkan pada beberapa lensa elektromagnetik untuk menghasilkan image berukuran <10 nm pada sampel yang ditampilkan dalam bentuk film fotografi atau ke dalam tabung layar (Tucker, 1988).

Pemeriksaan dengan SEM pada dasarnya merupakan pemeriksaan dan data analisis permukaan. Tampilan yang diperoleh adalah data dari permukaan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan (Siswosuwarno, 1996). Gambar

permukaan yang diperoleh merupakan gambar topografi dari penangkapan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Pada prinsipnya cara kerja SEM dimulai dari berkas elektron berinteraksi dengan sampel yang akan menghasilkan Secondary Electron (SE) yang didalam detektor SE tersebut diubah menjadi sinyal listrik seterusnya akan menghasilkan gambar pada monitor. Sinyal yang keluar dari detektor ini berpengaruh terhadap intensitas cahaya di dalam tabung monitor, karena jumlah cahaya yang dipancarkan oleh monitor sebanding dengan jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel. Apabila jumlah elektron yang dipancarkan semakin banyak maka gambar yang dihasilkan semakin terang dan demikian sebaliknya (WhanRe, 1992).

Untuk menganalisis komposisi unsur pada permukaan suatu spesimen dapat dilakukan dengan menangkap dan mengolah sinyal dari fluoresensi sinar-X yang dikeluarkan oleh suatu volume kecil dari permukaan spesimen. Teknik yang biasa dipakai adalah *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) ataupun *Wavelength Dispersive Spectroscopy* (WDS) yang akan menghasilkan kandungan unsur secara kualitatif ataupun semi kualitatif terhadap suatu daerah kecil dari permukaan spesimen. Oleh karena itu pemeriksaan dengan SEM yang digabung dengan EDS akan dapat mengidentifikasi unsur-unsur yang dimiliki oleh fase yang terlihat pada gambar mikrostruktur. Bila ada seberkas elektron berinteraksi dengan bahan maka kebolehjadian adalah elektron tersebut dihamburkan oleh elektron lain yang mengelilingi inti atom. Elektron yang terhambur disebut elektron primer (*primary electron*) dan elektron yang berada di orbit akan terpental akan keluar dari sistem sehingga terjadi kekosongan yang akan diisi oleh elektron kulit diluarnya. Karena elektron yang diluarnya mempunyai energi yang lebih besar, maka pada waktu berpindah orbit ke energi yang lebih rendah akan melepaskan energi dalam bentuk photon dikenal sebagai sinar-X. Spektrum energi sinar-X yang dipancarkan tersebut mempunyai energi spesifik tergantung nomor atom dari bahan. Dengan mengetahui energi sinar-X yang dipancarkan, dapat diketahui nomor atom dari bahan yang memancarkan sinar-X tersebut dan kandungan relatif bahan tersebut di dalam paduan berdasar sinar-X yang dipancarkan (WhanRe, 1992).

2.6. *Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy (FTIR)*

Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy atau yang dikenal dengan FTIR merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menganalisa 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 lainnya dari suatu material. Spektroskopi FTIR tidak hanya mempunyai kemampuan untuk analisa kualitatif, namun juga bisa untuk analisa kuantitatif. Dasar lahirnya spektroskopi FTIR adalah dengan mengansumsikan semua molekul menyerap sinar inframerah, kecuali molekul-molekul monoatom (He, Ne, Ar, dll) dan molekul-molekul homopolar diatomik (H_2 , N_2 , O_2 , dll). Molekul akan menyerap sinar inframerah pada frekuensi tertentu yang mempengaruhi momen dipolar atau ikatan dari suatu molekul. Supaya terjadi penyerapan radiasi inframerah, maka ada beberapa hal yang perlu dipenuhi, yaitu:

1. Absorpsi terhadap radiasi inframerah dapat menyebabkan eksitasi molekul ke tingkat energi vibrasi yang lebih tinggi dan besarnya absorpsi adalah terkuantitasi.
2. Vibrasi yang normal mempunyai frekuensi sama dengan frekuensi radiasi elektromagnetik yang diserap.
3. Proses absorpsi (spektra IR) hanya dapat terjadi apabila terdapat perubahan baik nilai maupun arah dari momen dua kutub ikatan.

Spektroskopi inframerah dilakukan pada daerah inframerah yaitu dari panjang gelombang 0,78 sampai 1000 μm atau pada kisaran frekuensi 12800 – 10 cm^{-1} . Teknik spektroskopi inframerah terutama untuk mengetahui gugus fungsional suatu senyawa, juga untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan (Fernandes, 2011).