

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kelapa sawit**

##### **2.1.1 Sejarah dan Perkembangan Kelapa Sawit**

Kelapa sawit didatangkan ke Indonesia oleh pemerintah Hindia Belanda pada tahun 1848. Beberapa bijinya ditanam di Kebun Raya Bogor, sementara sisa benihnya ditanam di tepi-tepi jalan sebagai tanaman hias di Deli, Sumatera Utara pada tahun 1870-an. Pada saat yang bersamaan meningkatlah permintaan minyak nabati akibat Revolusi Industri pertengahan abad ke-19. Dari sini kemudian muncul ide membuat perkebunan kelapa sawit berdasarkan tumbuhan seleksi dari Bogor dan Deli, maka dikenallah jenis sawit "Deli Dura".

Pada tahun 1911, kelapa sawit mulai diusahakan dan dibudidayakan secara komersial dengan perintisnya di Hindia Belanda adalah Adrien Hallet, seorang Belgia, yang lalu diikuti oleh K. Schadt. Perkebunan kelapa sawit pertama berlokasi di Pantai Timur Sumatera (Deli) dan Aceh. Luas areal perkebunan mencapai 5.123 ha. Pusat pemuliaan dan penangkaran kemudian didirikan di Marihat (terkenal sebagai AVROS), Sumatera Utara dan di Rantau Panjang, Kuala Selangor, Malaya pada 1911-1912. Di Malaya, perkebunan pertama dibuka pada tahun 1917 di Ladang Tenmaran, Kuala Selangor menggunakan benih dura Deli dari Rantau Panjang. Di Afrika Barat sendiri penanaman kelapa sawit besar-besaran baru dimulai tahun 1911.

Hingga menjelang pendudukan Jepang, Hindia Belanda merupakan pemasok utama minyak sawit dunia. Semenjak pendudukan Jepang, produksi merosot hingga tinggal seperlima dari angka tahun 1940.

Usaha peningkatan pada masa Republik dilakukan dengan program Bumil (buruh-militer) yang tidak berhasil meningkatkan hasil, dan pemasok utama kemudian diambil alih Malaya (lalu Malaysia).

Baru semenjak era Orde Baru perluasan areal penanaman digalakkan, dipadukan dengan sistem PIR Perkebunan. Perluasan areal perkebunan kelapa

sawit terus berlanjut akibat meningkatnya harga minyak bumi sehingga peran minyak nabati meningkat sebagai energi alternatif.

Beberapa pohon kelapa sawit yang ditanam di Kebun Botani Bogor hingga sekarang masih hidup, dengan ketinggian sekitar 12m, dan merupakan kelapa sawit tertua di Asia Tenggara yang berasal dari Afrika.

### 2.1.2 Morfologi Bagian-Bagian Kelapa sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu dari beberapa tanaman golongan *palm* dan berkeping satu yang termasuk dalam *family palmae*. Kelapa Sawit (*elaeis*) adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (*biodiesel*). Nama *genus elaeis* berasal dari bahasa Yunani *elatlori* atau minyak, sedangkan nama spesies *guineensis* berasal dari kata *guinea*, yaitu tempat dimana seorang ahli bernama Jacquin menemukan tanaman kelapa sawit pertama kali di Guinea, Afrika Selatan.



Sumber: <http://www.pajak.go.id/content/article/implikasi-putusan-mahkamah-agung-ri-nomor-70-tahun-2013-terhadap-petani-kelapa-sawit>

#### Gambar 1. Kelapa sawit

Bagian-bagian dari kelapa sawit:

##### a. Daun (Folium)

Daun kelapa sawit terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

1. Kumpulan anak daun (*leaflets*) yang mempunyai helaian (*lamina*) dan tulang anak daun (*midrib*).
2. Rachis yang merupakan tempat anak daun melekat.

3. Tangkai daun (*petiole*) yang merupakan bagian antara daun dan batang.
4. Seludang daun (*sheath*) yang berfungsi sebagai perlindungan dari kuncup dan memberi kekuatan pada batang.

Bentuk seludang daun yang terlihat pada daun dewasa sudah tidak lengkap dan merupakan sisa dari perkembangan yang ada. Pada daun yang sedang berkembang, seludang berbentuk pipa dan membungkus daun muda secara sempurna. Namun, karena daun berkembang terus-menerus, sedangkan seludang sudah tidak berkembang lagi, serabut-serabut seludang menjadi robek dan tercerai membentuk baris duri (*spine*) sepanjang tepi *petiole* yang merupakan pangkal dari tepi serabut tersebut.

Pada anak daun yang gagal, terbentuk helai daun (*lamina*), tulang anak daun yang pendek membentuk duri tipe kedua. Duri ini dapat dibedakan secara jelas dengan duri pada seludang daun di *petiole*. Bentuk anak daun panjang dan sempit (*pinnate*) dengan sebuah tulang daun dan sejumlah pembuluh yang sejajar dengan tulang daun tersebut. Stomata terletak pada permukaan bawah anak daun. (A. Razak, 2002 ).

#### **b. Batang (*Caulis*)**

Batang kelapa sawit terdiri dari pembuluh-pembuluh yang terikat secara diskrit dalam jaringan parenkim. Maristem pucuk terletak dekat ujung batang. Aktivitas maristem pucuk hanya memberikan sedikit kontribusi terhadap jaringan batang karena fungsi utamanya menghasilkan daun dan infloresen bunga. Pada batang tidak terjadi penebalan sekunder.

Penebalan dan pembesaran batang terjadi karena aktivitas penebalan maristem primer yang terletak di bawah maristem pucuk dan ketiak daun. Pada tahun pertama atau kedua pertumbuhan kelapa sawit, pertumbuhan membesar terlihat sekali pada bagian pangkal, diameter batang bisa mencapai 60 cm. Setelah itu, batang akan mengecil, tetapi pertumbuhan tingginya menjadi lebih cepat. Umumnya pertambahan tinggi batang mencapai 35-75 cm per tahun, tergantung pada keadaan lingkungan tumbuh dan keragaman genetik.

Batang diselimuti oleh pangkal pelepah daun tua sampai kira-kira umur 11-15 tahun. Setelah itu, bekas pelepah daun mulai terlepas dari batang, biasanya mulai dari bagian tengah batang kemudian meluas ke atas dan ke bawah.

Batang mempunyai tiga fungsi utama, yaitu 1) sebagai struktur yang mendukung daun, bunga, dan buah, 2) sebagai sistem pembuluh yang mengangkut air dan hara mineral dari akar ke atas serta hasil fotosintesis (fitosintat) dari daun ke bawah, 3) sebagai organ penimbun zat makanan.

Fungsi batang sebagai organ penimbun zat makanan belum diketahui dengan jelas, tetapi umumnya batang mengandung sejumlah besar karbohidrat dan mineral, seperti kalium dan nitrogen. (A. Razak, 2002).

### **c. Akar (*Radix*)**

Akar terutama sekali berfungsi untuk (1) menunjang struktur batang di atas permukaan tanah, (2) menyerap air dan unsur-unsur hara dalam tanah.

Secara umum, sistem perakaran kelapa sawit lebih banyak berada dekat dengan permukaan tanah, tetapi pada keadaan tertentu akar juga bisa menjelajah lebih dalam.

Sistem perakaran kelapa sawit merupakan sistem akar serabut, terdiri dari akar primer, sekunder, tersier, dan kuarter. Akar primer umumnya berdiameter 6-10 mm, keluar dari pangkal batang dan menyebar secara horizontal dan menghujam ke dalam tanah dengan sudut yang beragam. Akar primer bercabang membentuk akar sekunder yang diameternya 2-4 mm. Akar sekunder bercabang membentuk akar tersier yang berdiameter 0,7-1,2 mm dan umumnya bercabang lagi membentuk akar-akar kuarter. (A. Razak, 2002)

### **d. Bunga (*Flos*)**

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman *monoecious* (berumah satu). Artinya, bunga jantan dan bunga betina terdapat pada satu pohon, tetapi tidak pada satu tandan yang sama. Tetapi sering juga dijumpai bunga jantan dan betina terdapat pada satu tandan (*hermafrodit*). Bunga terdapat pada ketiak daun

(*flos lateralis* atau *flos axillaries*), berupa satu rangkaian pada tandan dan merupakan bunga majemuk (*infloresen*).

Bagian-bagian bunga yang bersifat sebagai batang atau cabang yaitu:

1. Ibu tangkai bunga (*peduncullus* atau *rachis*), yaitu bagian yang biasanya merupakan terusan batang yang mendukung bunga majemuk
2. Tangkai bunga (*pedicellus*), merupakan cabang dari ibu tangkai bunga yang mendukung bunga
3. Dasar bunga (*receptacullum*) yaitu ujung dari tangkai bunga yang mendukung bagian-bagian bunga lainnya. Sedangkan bagian-bagian bunga yang bersifat daun, yaitu daun-daun pelindung (*bractea*).

Bunga kelapa sawit merupakan bunga majemuk yang terdiri atas kumpulan *spikelet* dan tersusun dalam *infloresen* yang berbentuk spiral. Bunga jantan maupun bunga betina mempunyai ibu tangkai bunga yang merupakan struktur pendukung *spikelet*. Umumnya, dari pangkal rachis muncul sepasang daun pelindung yang membungkus infloresen sampai dengan saat-saat menjelang terjadinya anthesis. Dari rachis ini, terbentuk struktur triangular bract yang kemudian membentuk tangkai-tangkai bunga (*spikelet*). (A. Razak, 2002).

#### **e. Buah (Fructus)**

Jika penyerbukan pada bunga telah terjadi dan kemudian diikuti dengan pembuahan, maka bakal buah berkembang menjadi buah dan bakal biji menjadi biji. Buah kelapa sawit digolongkan sebagai buah drupe, terdiri dari *exocarp* (kulit buah), *mesocarp* (daging buah), dan *endocarp* (cangkang) yang membungkus kernel. Inti memiliki *testa* (kulit), *endosperm*, dan *embrio*.

Terdapat tiga tipe tanaman kelapa sawit berdasarkan ketebalan cangkang yang diidentifikasi oleh Beirnaert dan Vanderweyen (1941) yaitu:

- (1) Tipe pisifera yang mempunyai alel homosigot resesif (*sh-sh-*) sehingga tidak membentuk cangkang.
- (2) Tipe dura, mempunyai alel homosigot dominant (*sh+sh+*) yang menghasilkan cangkang tebal (tebal cangkang 2-8 mm, *mesocarp* berisi 35-55%).

- (3) Tipe tenera yang merupakan hybrid dari dura x pisifera yang mempunyai alel heterosigot (sh+sh-), tebal cangkang 0,5-4 mm dan dikelilingi oleh cincin-cincin serat pada mesocarpnya, dan mesocarp berisi 60-96%.

Buah kelapa sawit yang tidak normal (abnormal) disebut poissoni dan diwakkawakka yang mempunyai dua lapisan daging buah yang menyelimuti buah utama.

Berdasarkan warna buah, kelapa sawit dikelompokkan menjadi 3 tipe yaitu *nigrescens*, *virescens*, dan *albescens*,

- a) *Nigrescens*, berwarna ungu sampai hitam pada waktu muda dan berubah menjadi jingga kehitam-hitaman pada waktu masak.
- b) *Virescens*, pada waktu muda buah berwarna hijau dan berwarna jingga kemerahan pada waktu masak, tetapi ujungnya tetap kehijau-hijauan.
- c) *Albescens*, pada waktu muda buah berwarna keputih-putihan dan berwarna kekuning-kuningan dengan ujung berwarna ungu kehitam-hitaman pada waktu masak. (Husein, 2010)

Buah kelapa sawit terdiri dari empat bagian penting, diantaranya:

- a. *Eksocarp*, bagian kulit buah berwarna kemerahan dan licin
- b. *Mesocarp*, serabut buah yang mengandung banyak minyak
- c. *Endocarp*, cangkang pelindung inti
- d. Inti sawit (*kernel*), sebetulnya adalah biji yang merupakan bagian dalam perbanyak generatif tanaman

### 2.1.3 Cangkang Kelapa Sawit



Sumber: <http://belajarsawit.blogspot.com/2012/12/ketel-uap-boiler-di-pabrik-kelapa-sawit.html>

**Gambar 2. Cangkang kelapa sawit**

Cangkang adalah sejenis bahan bakar padat yang berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut. (A. Razak, 2002).

Pada bahan bakar cangkang ini terdapat berbagai kandungan antara lain : Dimana kandungan yang terkandung pada cangkang mempunyai persentase (%) yang berbeda jumlahnya. Antara lain : kalium (K) sebesar 7,5 %, natrium (Na) sebesar 1,1, kalsium (Ca) 1,5 %, klor (Cl) sebesar 2,8 %, karbonat (CO<sub>3</sub>) sebesar 1,9 %, nitrogen (N) sebesar 0,05 % posfat (P) sebesar 0,9 % dan silika (SiO<sub>2</sub>) sebesar 61 %. bahan bakar cangkang ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi arang, kemudian arang tersebut dengan adanya udara pada dapur akan terbang sebagai ukuran partikel kecil yang dinamakan partikel pijar.

#### 2.1.4 *Fiber Kelapa Sawit*



Sumber: <http://belajarsawit.blogspot.com/2012/12/ketel-uap-boiler-di-pabrik-kelapa-sawit.html>

**Gambar 3. *Fiber kelapa sawit***

Serabut adalah bahan bakar padat yang berbentuk seperti rambut, apabila telah mengalami proses pengolahan berwarna coklat muda, serabut ini terdapat dibagian kedua dari buah kelapa sawit setelah kulit buah kelapa sawit. didalam serabut dan daging buah sawitlah minyak CPO terkandung.

Panas yang dihasilkan serabut jumlahnya lebih kecil dari yang dihasilkan oleh cangkang, oleh karena itu perbandingan lebih besar serabut dari pada cangkang. disamping serabut lebih cepat habis menjadi abu apabila dibakar, pemakaian serabut yang berlebihan akan berdampak buruk pada proses pembakaran karena dapat menghambat proses perambatan panas pada pipa water

wall, akibat abu hasil pembakaran beterbangan dalam ruang dapur dan menutupi pipa water wall, disamping mempersulit pembuangan dari pintu ekspansi door (Pintu keluar untuk abu dan arang) akibat terjadinya penumpukan yang berlebihan.

Pada *fiber* terdapat kandungan antara lain kalium (K) sebesar 9,2 %, natrium (Na) sebesar 0,5 %, kalsium (Ca) 4,9 %, klor (Cl) sebesar 2,5 %, karbonat ( $\text{CO}_3$ ) sebesar 2,6 %, nitrogen (N) sebesar 0,04 % posfat (P) sebesar 1,4 % dan silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebesar 59,1 %. Bahan bakar cangkang ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi arang, kemudian arang tersebut dengan adanya udara pada dapur akan terbang sebagai ukuran partikel kecil yang dinamakan partikel pijar. (Ares, 2012).

#### **2.1.5 Abu Cangkang dan *Fiber* Kelapa Sawit dari PT. SPOI**

PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia (PT. SPOI) merupakan pabrik pengolahan kelapa sawit menjadi minyak mentah atau yang biasa dikenal dengan istilah *crude palm oil* (CPO). Bahan baku yang digunakan pada pabrik kelapa sawit PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia (PT. SPOI) adalah buah kelapa sawit utuh yang menghasilkan minyak mentah atau *crude palm oil* (CPO), inti sawit (*kernel*) dan cangkang.

PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia memiliki sebuah stasiun boiler. Pada stasiun ini, *boiler* yang digunakan adalah jenis boiler pipa air (*water tube*). Gas panas berada diluar pipa (diruang dapur atau *furnace*) memanaskan pipa yang berisi air. Spesifikasi dari boiler ini yaitu memiliki kapasitas sebesar 20 ton/jam dengan tekanan maksimal  $25 \text{ kg/cm}^2$  dan steam temperature  $250^\circ\text{C}$ . Bahan bakar yang digunakan pada boiler ini berupa limbah cangkang dan sabut (*fiber*) kelapa sawit dari hasil pengolahan pabrik ini sendiri.

Temperatur yang digunakan pada stasiun boiler ini cukup tinggi, yaitu sekitar  $200\text{-}300^\circ\text{C}$ . Pembakaran yang terjadi berlangsung secara *continyu* sehingga dihasilkan abu dari hasil pembakaran cangkang dan *fiber* kelapa sawit pada boiler.

Pembakaran cangkang dan *fiber* kelapa sawit PT. Sriwijaya Palm Oil menghasilkan abu dalam 2 jenis yaitu abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*).

**a. Bottom Ash**

*Bottom Ash* merupakan abu hasil pembakaran boiler yang tidak tertampung pada *dust collector*. *Bottom Ash* merupakan fraksi lebih kasar dibanding *fly ash* dan memiliki warna abu gelap. Abu dasar tertinggal pada oven pembakar sebagai butiran abu padat atau leburan kerak yang memadat. Ukuran *bottom ash* relatif besar sehingga terlalu berat untuk dibawa oleh gas buang dan umumnya terkumpul pada dasar ataupun disekitar oven pembakar. Abu ini dimanfaatkan untuk menimbun jalan di sekitar perkebunan dan pabrik.

**b. Fly Ash**

*Fly Ash* merupakan limbah padat utama hasil pembakaran boiler PT. Sriwijaya Palm Oil. Diperkirakan kurang lebih 2 ton per hari *fly ash* ini dihasilkan oleh PT. Sriwijaya Palm Oil. Bila keadaan tersebut dibiarkan saja maka semakin lama pabrik mungkin menyebabkan pencemaran lingkungan. Dengan demikian diperlukan adanya upaya untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya dengan memanfaatkan limbah tersebut.

– **Sifat Fisik**

Sifat-sifat abu ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral-mineral pengotor dalam cangkang kelapa sawit serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran cangkang kelapa sawit, titik leleh abu cangkang dan *fiber* lebih tinggi daripada temperatur pembakarannya. Kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. Abu terbang (*fly ash*) cangkang dan *fiber* kelapa sawit terdiri dari butiran halus berbentuk bola padat atau berongga, abu ini berwarna abu-abu keputihan (Welveni, 2010).

– **Sifat Kimia**

Sifat kimia dari abu terbang cangkang dan *fiber* kelapa sawit dipengaruhi oleh yang dibakar, teknik penyimpanan serta penanganannya. Hasil pembakaran ini memiliki kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (Welveni, 2010).

## 2.2 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan dari bahan padat maupun cair dengan bantuan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. Ekstraksi padat cair atau leaching adalah transfer difusi komponen terlarut dari padatan inert ke dalam pelarutnya. Proses ini merupakan proses yang bersifat fisik karena komponen terlarut kemudian dikembalikan lagi ke keadaan semula tanpa mengalami perubahan kimiawi. Ekstraksi dari bahan padat dapat dilakukan jika bahan yang diinginkan dapat larut dalam solven pengestraksi. Ekstraksi berkelanjutan diperlukan apabila padatan hanya sedikit larut dalam pelarut. Namun sering juga digunakan pada padatan yang larut karena efektivitasnya. (Erri Kurniawan)

Ekstrak adalah sediaan pekat yang diperoleh dengan mengekstraksi zat aktif dari simplisia nabati atau simplisia hewani menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlakukan sedemikian rupa hingga memenuhi standar baku yang ditetapkan. Proses ekstraksi bahan alami dapat dilakukan berdasarkan teori tentang penyarian. Penyarian merupakan peristiwa pemindahan massa. Zat aktif yang semula berada di dalam sel, ditarik oleh cairan penyari sehingga terjadi larutan zat aktif dalam cairan penyari tersebut.

Ekstraksi dengan pelarut dapat dilakukan dengan cara dingin dan cara panas. Jenis-jenis ekstraksi tersebut sebagai berikut:

### 1. Ekstraksi secara dingin

**Maserasi**, merupakan cara penyarian sederhana yang dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisia dalam cairan penyari selama beberapa hari pada temperatur kamar dan terlindung dari cahaya.

Metode maserasi digunakan untuk menyari simplisia yang mengandung komponen kimia yang mudah larut dalam cairan penyari, tidak mengandung benzoin, tiraks dan lilin. (Sudjadi, 1988 dalam Erri Kurniawan 2012).

Keuntungan dari metode ini adalah peralatannya sederhana. Sedang kerugiannya antara lain waktu yang diperlukan untuk mengekstraksi sampel

cukup lama, cairan penyari yang digunakan lebih banyak, tidak dapat digunakan untuk bahan-bahan yang mempunyai tekstur keras seperti benzoin, tiraks dan lilin. Metode maserasi dapat dilakukan dengan modifikasi sebagai berikut :

- a. Modifikasi maserasi melingkar
- b. Modifikasi maserasi digesti
- c. Modifikasi Maserasi Melingkar Bertingkat
- d. Modifikasi remaserasi
- e. Modifikasi dengan mesin pengaduk (Sudjadi, 1988 dalam Erri Kurniawan, 2012).

**Soxhletasi** merupakan penyarian simplisia secara berkesinambungan, cairan penyari dipanaskan sehingga menguap, uap cairan penyari terkondensasi menjadi molekul-molekul air oleh pendingin balik dan turun menyari simplisia dalam klongsong dan selanjutnya masuk kembali ke dalam labu alas bulat setelah melewati pipa sifon (Sudjadi, 1988 dalam Erri Kurniawan, 2012).

Keuntungan metode ini adalah :

- a. Dapat digunakan untuk sampel dengan tekstur yang lunak dan tidak tahan terhadap pemanasan secara langsung.
- b. Digunakan pelarut yang lebih sedikit
- c. Pemanasannya dapat diatur (Sudjadi, 1988 dalam Erri Kurniawan, 2012).

Kerugian dari metode ini :

- a. Karena pelarut didaur ulang, ekstrak yang terkumpul pada wadah di sebelah bawah terus-menerus dipanaskan sehingga dapat menyebabkan reaksi peruraian oleh panas.
- b. Jumlah total senyawa-senyawa yang diekstraksi akan melampaui kelarutannya dalam pelarut tertentu sehingga dapat mengendap dalam wadah dan membutuhkan volume pelarut yang lebih banyak untuk melarutkannya.
- c. Bila dilakukan dalam skala besar, mungkin tidak cocok untuk menggunakan pelarut dengan titik didih yang terlalu tinggi, seperti metanol atau air, karena seluruh alat yang berada di bawah komdensor perlu berada pada temperatur ini untuk pergerakan uap pelarut yang efektif (Sudjadi, 1988 dalam Erri Kurniawan, 2012).

Metode ini terbatas pada ekstraksi dengan pelarut murni atau campuran azeotropik dan tidak dapat digunakan untuk ekstraksi dengan campuran pelarut, misalnya heksan : diklormetan = 1 : 1, atau pelarut yang diasamkan atau dibasakan, karena uapnya akan mempunyai komposisi yang berbeda dalam pelarut cair di dalam wadah (Sudjadi, 1988 dalam Erri Kurniawan, 2012).

**Perkolasi** adalah cara penyarian dengan mengalirkan penyari melalui serbuk simplisia yang telah dibasahi. Keuntungan metode ini adalah tidak memerlukan langkah tambahan yaitu sampel padat (marc) telah terpisah dari ekstrak. Kerugiannya adalah kontak antara sampel padat tidak merata atau terbatas dibandingkan dengan metode refluks, dan pelarut menjadi dingin selama proses perkolasi sehingga tidak melarutkan komponen secara efisien (Sutriani, L . 2008 dalam Erri Kurniawan, 2012).

## **2. Ekstraksi secara panas**

### **– Metode refluks**

Keuntungan dari metode ini adalah digunakan untuk mengekstraksi sampel-sampel yang mempunyai tekstur kasar dan tahan pemanasan langsung..

Kerugiannya adalah membutuhkan volume total pelarut yang besar dan sejumlah manipulasi dari operator (Sutriani, L . 2008 dalam Erri Kurniawan, 2012).

### **– Metode destilasi uap**

Destilasi uap adalah metode yang populer untuk ekstraksi minyak-minyak menguap (esensial) dari sampel tanaman. Metode destilasi uap air diperuntukkan untuk menyari simplisia yang mengandung minyak menguap atau mengandung komponen kimia yang mempunyai titik didih tinggi pada tekanan udara normal (Sutriani, L . 2008 dalam Erri Kurniawan, 2012).

Pelarut yang baik untuk ekstraksi adalah pelarut yang mempunyai daya melarutkan yang tinggi terhadap zat yang diekstraksi. Daya melarutkan yang tinggi ini berhubungan dengan kepolaran pelarut dan kepolaran senyawa yang diekstraksi. Terdapat kecenderungan kuat bagi senyawa polar larut dalam pelarut polar dan sebaliknya (Sutriani, L . 2008 dalam Erri Kurniawan, 2012).

### 3. Pemilihan Pelarut

Pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi oleh:

- a. Selektivitas, pelarut hanya boleh melarutkan ekstrak yang diinginkan.
- b. Kelarutan, pelarut sedapat mungkin memiliki kemampuan melarutkan ekstrak yang besar.
- c. Kemampuan tidak saling bercampur, pada ekstraksi cair, pelarut tidak boleh larut dalam bahan ekstraksi.
- d. Kerapatan, sedapat mungkin terdapat perbedaan kerapatan yang besar antara pelarut dengan bahan ekstraksi.
- e. Reaktivitas, pelarut tidak boleh menyebabkan perubahan secara kimia pada komponen bahan ekstraksi.
- f. Titik didih, titik didih kedua bahan tidak boleh terlalu dekat karena ekstrak dan pelarut dipisahkan dengan cara penguapan, distilasi dan rektifikasi.
- g. Kriteria lain, sedapat mungkin murah, tersedia dalam jumlah besar, tidak beracun, tidak mudah terbakar, tidak eksplosif bila bercampur udara, tidak korosif, buaka emulsifier, viskositas rendah dan stabil secara kimia dan fisik (Sutriani,L . 2008 dalam Erri Kurniawan, 2012).

#### 2.2.1 Ekstraksi Padat-Cair (*Leaching*)

Ekstraksi merupakan proses pemisahan, penarikan atau pengeluaran suatu komponen cairan/campuran dari campurannya. Biasanya menggunakan pelarut yang sesuai dengan kompenen yang diinginkan. Cairan dipisahkan dan kemudian diuapkan sampai pada kepekatan tertentu. Ekstraksi memanfaatkan pembagian suatu zat terlarut antar dua pelarut yang tidak saling tercampur untuk mengambil zat terlarut tersebut dari satu pelarut ke pelarut lain. Ekstraksi memegang peranan penting baik di laboratorium maupun industri. Tujuan ekstraksi ialah memisahkan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan pelarut.

Leaching adalah peristiwa pelarutan terarah dari satu atau lebih senyawaan dari suatu campuran padatan dengan cara mengontakkan dengan pelarut cair. Pelarut akan melarutkan sebagian bahan padatan sehingga bahan terlarut yang diinginkan dapat diperoleh. Metode ini memiliki 3 variabel penting, yaitu

temperatur, area kontak dan jenis pelarut. Istilah leaching sering dirancukan dengan sebutan ekstraksi, demikian pula alatnya sering dirancukan sebagai ekstraktor.

Secara umum leaching dapat dibagi 2, yaitu:

1. *Percolation (liquid added into solids)*. Pada metode ini pelarut dikontakkan dengan padatan melalui proses tunak ataupun tak tunak. Metode ini lebih banyak digunakan untuk pemisahan campuran padat-cair di mana jumlah padatan jauh lebih besar daripada fasa cair.
2. *Dispersed Solids (Solids added into liquid)*. Pada metode ini padatan dihancurkan terlebih dulu menjadi pecahan kecil sebelum dikontakkan dengan pelarut. Metode ini begitu populer karena tingkat kemurnian hasil yang tinggi sehingga dapat mengimbangi biaya operasi pemisahan yang juga tinggi.

### **2.2.2 Prinsip Kerja *Leaching***

Operasi *leaching* bisa dilakukan dengan sistem *batch*, *semibatch* ataupun *continue*. Operasi ini biasanya dilakukan pada suhu tinggi untuk meningkatkan kelarutan solut di dalam pelarut. Untuk meningkatkan *performance*, sistem aliran dapat dibuat secara *co-current* ataupun *counter current*.

Setelah operasi *leaching* selesai, pemisahan fasa padat dari fasa cair dapat dilakukan dengan operasi sedimentasi, *filtrasi* atau *sentrifugasi*. Pemisahan sempurna hampir tidak mungkin dilakukan karena adanya kesetimbangan fasa, di samping secara mekanis sangat sulit untuk mencapainya. Oleh karena itu akan selalu ada bagian yang basah atau air yang terperangkap di dalam padatan.

Perhitungan dalam operasi ini melibatkan 3 komponen, yaitu padatan, pelarut dan solut. Asupan umumnya berupa padatan yang terdiri dari bahan pembawa tak larut dan senyawa dapat larut. senyawa dapat larut inilah yang biasanya merupakan bahan atau mengandung bahan yang diinginkan.

Bahan yang diinginkan akan larut sampai titik tertentu dan keluar dari ekstraktor pada aliran atas, sementara padatan keluar pada aliran bawah. Sebagaimana disebutkan di atas, aliran bawah biasanya basah karena campuran

pelarut/solut masih terbawa juga. Bagian atau persentase solut yang dapat dipisahkan dari padatan basah/kering disebut sebagai rendemen.

### 2.2.3 Faktor-Faktor yang Berpengaruh dalam Proses Ekstraksi

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi agar mendapatkan hasil yang maksimal, antara lain:

#### 1. Jenis pelarut

Jenis pelarut mempengaruhi senyawa yang tersari, jumlah solut yang terekstrak dan kecepatan ekstraksi.

#### 2. Temperatur

Secara umum, kenaikan temperatur akan meningkatkan jumlah zat terlarut ke dalam pelarut. Temperatur pada proses ekstraksi memang terbatas hingga suhu titik didih pelarut yang digunakan.

#### 3. Rasio pelarut dan bahan baku

Jika rasio pelarut bahan baku besar maka akan memperbesar pula jumlah senyawa yang terlarut. Akibatnya laju ekstraksi akan semakin meningkat.

#### 4. Ukuran partikel

Laju ekstraksi juga meningkat apabila ukuran partikel bahan baku semakin kecil. Dalam arti lain, rendemen ekstrak akan semakin besar bila ukuran partikel semakin kecil.

### 2.3. Silika gel

*Gel* (dari bahasa Latin *gelu* — membeku, dingin, es atau *gelatus* — membeku) adalah campuran koloidal antara dua zat berbeda fase: padat dan cair. Penampilan gel seperti zat padat yang lunak dan kenyal (seperti jelly), namun pada rentang suhu tertentu dapat berperilaku seperti fluida (mengalir). Berdasarkan berat, kebanyakan gel seharusnya tergolong zat cair, namun mereka juga memiliki sifat seperti benda padat. Contoh gel adalah gelatin, agar-agar, dan gel rambut. Biasanya gel memiliki sifat *tiksotropi* (Ing.: *thixotropy*) : menjadi cairan ketika digoyang, tetapi kembali memadat ketika dibiarkan tenang. Dengan

mengganti cairan dengan gas dimungkinkan pula untuk membentuk *aerogel* ('gel udara'), yang merupakan bahan dengan sifat-sifat yang khusus, seperti massa jenis rendah, luas permukaan yang sangat besar, dan isolator panas yang sangat baik. Banyak zat dapat membentuk gel apabila ditambah bahan pembentuk gel (*gelling agent*) yang sesuai. Teknik ini umum digunakan dalam produksi berbagai macam produk industri, dari makanan sampai cat serta perekat.

Sedangkan silika gel adalah mineral alami yang dimurnikan dan diolah menjadi salah satu bentuk butiran atau manik-manik. Sebagai pengering, ia memiliki ukuran pori rata-rata 2,4 nanometer dan memiliki afinitas (memiliki link kekerabatan) yang kuat untuk molekul air.

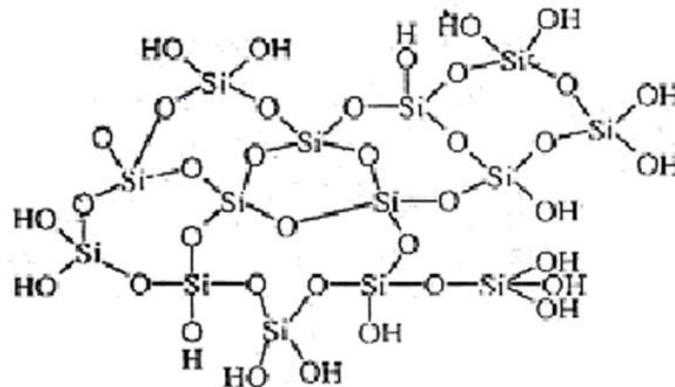
Silika gel merupakan suatu bentuk dari silika yang dihasilkan melalui penggumpalan sol natrium silikat ( $\text{NaSiO}_2$ ). Sol mirip agar – agar ini dapat didehidrasi sehingga berubah menjadi padatan atau butiran mirip kaca yang bersifat tidak elastis. Sifat ini menjadikan silika gel dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering dan penopang katalis. Garam – garam kobalt dapat diabsorpsi oleh gel ini.

Silika gel adalah senyawa kimia yang tersusun dari silikon dan oksigen yang membentuk globula- globula  $\text{SiO}_4^{4-}$  tetrahedral dalam suatu pola secara acak dan membentuk kerangka tiga dimensi yang ukurannya lebih besar, dengan ukuran partikel  $1,25\mu\text{m}$  (Osick, 1982 ).

Grace Davison adalah ilmuwan yang menjadi pelopor dalam studi silika. Silika gel dipatenkan pada tahun 1919. Tahun 1923 Davidson memulai produksi komersial yang pertama. Sejak saat itu, Davidson menggunakan teknologi dan inovasi untuk memperluas kegunaan dari silika gel sintetik.

Rumus kimia silika gel secara umum adalah  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Silika gel mempunyai struktur yang berlubang, tidak berbentuk (amorf) yang tersusun dari  $\text{SiO}_2$  dengan porositas tinggi sekitar  $800 \text{ m}^2/\text{g}$ , yang berguna menyerap airsetiap saat, yang membuat silika gel berfungsi sebagai pengering (*drying agent*), dan ketika jenuh dengan air silika gel dapat diregenerasi (dikeringkan) dengan pemanasan sampai  $150^\circ\text{C}$  ( $300^\circ\text{F}$ ). Porositas silika gel akan mengalami peningkatan dengan naiknya luas permukaan pada silika gel.

Partikel silika gel seperti bola dengan diameter bervariasi yaitu antara 2-10 nm. Area luas permukaan spesifik silika gel antara 300-1000 m<sup>2</sup>/g<sup>-1</sup>, volume lubang 0,3- 2,0 cm<sup>3</sup>/g<sup>-1</sup> dan rata-rata pori lubang 2-2,5 (Thompson, 2008).



(Sumber: Kaim dan Schwederski, 1994)

**Gambar 4. Penataan SiO<sub>4</sub> tetrahedral silika gel**

Matriks dari partikel silika gel primer adalah inti yang terdiri dari atom silikon yang terikat bersama silikon lain oleh adanya oksigen dengan ikatan siloksan (ikatan silikon-oksigen-silikon), sehingga pada permukaan tiap partikel primer terdapat gugus -OH yang tidak terkondensasi yang berasal dari monomer asam silikat. Gugus -OH yang dikenal sebagai gugus silanol inilah yang memberikan sifat polar pada silika gel dan merupakan sisi aktif dari silika gel.

### 2.3.1 Sifat-Sifat Silika Gel

#### a. Sifat Kimia dari Silika Gel

Simbol	:	Si
Radius Atom	:	1.32 Å
Volume Atom	:	12.1 cm <sup>3</sup> /mol
Massa Atom	:	28.0856
Titik Didih	:	2630 K
Radius Kovalensi	:	1.11 Å
Struktur Kristal	:	fcc
Massa Jenis	:	2.33 g/cm <sup>3</sup>

Elektronegativitas	:	1.9
Konfigurasi Elektron	:	[Ne]3s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>
Formasi Entalpi	:	50.2 kJ/mol
Potensial Ionisasi	:	8.151 V
Titik Lebur	:	1683 K
Bilangan Oksidasi	:	4,2
Entalpi Penguapan	:	359 kJ/mol

#### **b. Sifat Fisika dari Silika Gel**

Kapasitas Panas	:	0.7 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Konduktivitas Panas	:	148 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Konduktivitas Listrik	:	4 x 10 <sup>6</sup> ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>

(Mohsin, silicon).

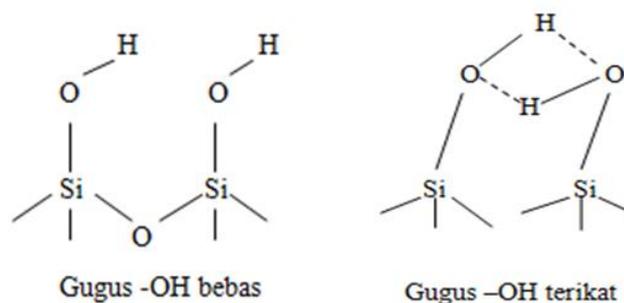
#### **c. Sifat Mekanik Silika Gel**

- Kenyal
- Tahan terhadap keausan
- Tahan terhadap gaya tekan yang rendah

#### **d. Sifat Permukaan Silika Gel**

Terdapat dua jenis gugus hidroksil pada permukaan silika gel, yakni:

- a. Gugus –OH bebas, disebut tipe A memiliki jarak antara gugus –OH dengan gugus –OH lainnya 0,5-0,52 nm.
- b. Gugus –OH terikat, disebut tipe B, tipe ini dapat berinteraksi melalui ikatan hidrogen dan memiliki jarak antara gugus –OH dengan gugus –OH lainnya 0,25-0,26 nm.

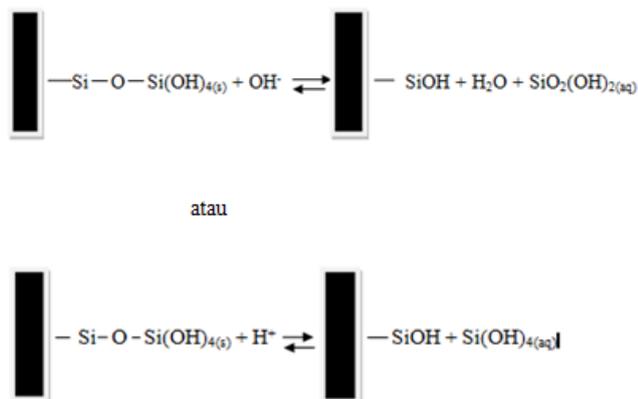


(Sumber: Kaim dan Schwederski, 1994)

### Gambar 5. Gugus -OH bebas dan -OH terikat pada silika gel

Gugus silanol bebas berfungsi sebagai donor maupun akseptor elektron, sedangkan gugus siloksan berperan dalam proses adsorpsi molekul. Permukaan silika gel bersifat hidrofilik, pada permukaan silika gel yang kurang hidrofilik maka dibutuhkan modifikasi jika akan digunakan untuk adsorpsi, pemisahan senyawa polar dan nonpolar, dan apabila digunakan untuk pencampuran silika dengan bahan hidrofobik. Modifikasi gugus silanol bebas pada silika gel lebih mudah dilakukan melalui substitusi gugus OH dengan gugus lain. (Kondo, 1996 dalam Sofie A, 2014).

Kelarutan silika gel dipengaruhi oleh pH, dimana pada pH 2-9 kelarutan silika gel relatif rendah yaitu sekitar 100-140 mg/L dan akan meningkat drastis pada pH di atas 9, selain itu juga harga pH larutan pada lingkungan silika gel dapat mempengaruhi keadaan muatan listrik permukaan silika gel. Secara umum, pada keadaan lingkungan asam, permukaan silika gel memiliki muatan netto positif, pada keadaan lingkungan basa, permukaannya memiliki muatan netto negatif (Kaim dan Schwederski, 1994; Tan, 1991 dalam Sofie A, 2014). Pada pH larutan di atas 9 silika gel larut menurut reaksi di bawah ini (Ishizaqi, 1998 dalam Sofie A, 2014)



Silika gel yang memiliki gugus silanol dan siloksan tanpa modifikasi terlebih dahulu hanya dapat digunakan untuk adsorpsi ion logam keras seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{Fe}^{3+}$  (Jansen, 1992). Keterbatasan silika gel dalam proses adsorpsi dapat diatasi melalui modifikasi pada permukaannya dengan impregnasi dan organofungsionalisasi molekul- molekul organik yang memiliki gugus yang dapat berikatan dengan golongan logam lunak. Impregnasi dan organofungsionalisasi molekul- molekul organik pada permukaan silika gel dua proses yang berbeda. Impregnasi melibatkan interaksi secara fisik, sedangkan organofungsionalisasi molekul terikat secara kimia (Filho dkk, 1995 dalam Sofie A, 2014).

Modifikasi permukaan silika gel lebih tepat dilakukan dengan proses organofungsionalisasi, karena melalui ikatan kimia dan kovalen yang terjadi antara gugus organik dengan silika gel. Organifungsionalisasi merupakan pengimobilisasian senyawa organik yang memiliki afinitas yang baik terhadap atom Si maupun atom O (Ishizaki, 1998 dalam Sofie A, 2014).

Pemilihan silika gel sebagai padatan pendukung untuk proses adsorpsi karena silika gel memiliki beberapa sifat unik yang tidak dimiliki oleh senyawa anorganik lainnya, seperti inert, hidrofilik, sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, kestabilan mekanika dan termal tinggi, tidak mengembang dalam larutan organik maupun anorganik, dapat digunakan kembali, tidak reaktif terhadap pelarut organik, serta adanya gugus silanol dan siloksan yang terdapat pada permukaannya memungkinkan silika gel dimodifikasi permukaannya secara kimia

melalui reaksi dengan kedua gugus aktif tersebut (Mahan dan Helcombe, 1992 dalam Sofie A, 2014).

### 2.3.2 Jenis-Jenis Silika Gel

Berdasarkan cara pembuatannya silika gel dibagi menjadi dua macam, diantaranya adalah :

#### a. Silika Gel Sintetis

Silika Gel Sintetis, dibuat dengan melalui proses dan pengolahan menggunakan mesin. Yang mana terdapat perubahan bentuk dan jenis dari bahan menjadi barang jadi. Dengan bahan dasar Pasir kwarsa dan Soda Ash dijadikan *Silica Gel* ( $\text{SiO}_3$ ). Dalam perkembangannya silica gel sintetis ada dua yaitu :

##### – Silika Gel Biru (*Blue*)

Silika Gel *Blue* merupakan silika gel sintetis yang dimodifikasi dengan penambahan indikator warna biru. Indikator warna berubah menjadi merah bata pada kondisi jenuh. Bahan ini mengandung kobalt klorida yang memiliki efek samping bersifat karsinogenik dan menyebabkan iritasi pernapasan. Sebaiknya silika gel *blue* dihindari penggunaannya dari produk makanan.



Sumber : (<http://www.silicagelSURabaya.blogspot.com>)

**Gambar 6. Silika gel biru (*blue*)**

– **Silika Gel Putih (*White*)**

Silika Gel Putih merupakan silika gel sintetis berupa butiran berwarna putih/bening.



Sumber : (<http://www.silicagelsurabaya.blogspot.com>)

**Gambar 7. Silika gel putih (*white*)**

**b. Silika Gel Alami (*Natural*)**

Silika Gel *Natural* merupakan silika gel berbahan alami/*natural* seperti batu zeolite dan zat lain yang terkandung senyawa silika didalamnya seperti halnya abu cangkang dan fiber kelapa sawit yang diolah melalui proses aktivasi dan screening.



Sumber : (<http://www.silicagelsurabaya.blogspot.com>)

**Gambar 8. Silika Gel Alami (*Natural*)**

### 2.3.3. Manfaat Silika Gel

Berikut ini adalah manfaat dari silika gel, yaitu :

1. Silika gel mencegah terbentuknya kelembapan yang berlebihan sebelum terjadi. Silika gel merupakan produk yang aman digunakan untuk menjaga kelembapan pada kemasan produk makanan, obat-obatan, bahan sensitif, elektronik dan film sekalipun. Silika gel sering ditemukan dalam kotak paket dan pengiriman film, kamera, teropong, alat-alat komputer, sepatu kulit, pakaian, makanan, obat-obatan, dan peralatan - peralatan lainnya.
2. Produk anti lembap ini menyerap lembap tanpa merubah kondisi zatnya. Walaupun dipegang, butiran-butiran silika gel ini tetap kering. Silika gel adalah substansi-substansi yang digunakan untuk menyerap kelembapan dan cairan partikel dari ruang yang berudara/bersuhu. Silika gel juga membantu menahan kerusakan pada barang-barang yang mau disimpan.
3. Silika Gel selain berfungsi untuk absorpsi kelembaban udara, fungi-jamuran dan bau-bauan serta ion-ion lainnya dan untuk menjaga kualitas produk terutama untuk barang-barang yang diekspor, misalnya untuk *garment, textile, computer, pharmaceutical, electronic*, tas kulit, sepatu, *dry food*, buku, karet, ban, plastik, alat-alat laboratorium, dll.

### 2.3.4. Standar Silika Gel

Silika gel memiliki standar teknis untuk lembaga inspeksi nasional seperti MIL-D3464E, JISS-0701, DIN 55473 dan sebagainya. Berikut ini adalah tabel spesifikasi silica gel desiccant sesuai standar JISS-0701

**Tabel 1. Spesifikasi Silika Gel Standar JISS-0701**

ITEM TEST	Standar JISS-0701
Butir Diameter ( mm )	2,0-5,0 ( sesuai kebutuhan )
Kerugian Pengeringan pada 180 °C ( % )	5.0 max.
pH	4.0 – 8.0
Kadar Air (%)	2,5 max.
Jelas Density ( g / ml )	0.73
Luas Permukaan ( m <sup>2</sup> / g)	650
Pori Volume ( ml / g)	0.36
Av . Pori Diameter ( mm )	22
Bahan Jenis ( kcal / Kg . C )	0.22
Konduktivitas Termal ( kcal / m . Hr . C )	0.15
Spesific Resistance (Ω/cm)	3000 min.
Penyerapan Kadar Air	41% min.

*Sumber: (Badan Standardisasi Nasional, 2015)*

#### **2.4. Adsorpsi**

Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap, adsorbat) pada permukaannya. Berbeda dengan absorpsi yang merupakan penyerapan fluida oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan.

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, di mana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya. Definisi lain menyatakan adsorpsi sebagai suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, di mana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben.

Adsorpsi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisika (disebabkan oleh gaya Van Der Waals (penyebab terjadinya kondensasi gas untuk membentuk cairan) yang ada pada permukaan adsorbens) dan adsorpsi kimia (terjadi reaksi antara zat yang diserap dengan adsorben, banyaknya zat yang teradsorpsi tergantung pada sifat khas zat padatnya yang merupakan fungsi tekanan dan suhu)

### **2.4.1 Adsorpsi Fisika**

Berhubungan dengan gaya Van der Waals. Apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben. Adsorpsi ini mirip dengan proses kondensasi dan biasanya terjadi pada temperatur rendah. Pada proses ini gaya yang menahan molekul fluida pada permukaan solid relatif lemah, dan besarnya sama dengan gaya kohesi molekul pada fase cair (gaya van der waals) mempunyai derajat yang sama dengan panas kondensasi dari gas menjadi cair, yaitu sekitar 2.19-21.9 kJ/mol. Keseimbangan antara permukaan solid dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel. Adsorpsi dapat memurnikan suatu larutan dari zat-zat pengotornya.

### **2.4.2 Adsorpsi Kimia**

Yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dengan zat terlarut yang teradsorpsi. Adsorpsi ini bersifat spesifik dan melibatkan gaya yang jauh lebih besar daripada adsorpsi fisika. Panas yang dilibatkan adalah sama dengan panas reaksi kimia. Menurut Langmuir, molekul teradsorpsi ditahan pada permukaan oleh gaya valensi yang tipenya sama dengan yang terjadi antara atom-atom dalam molekul. Karena adanya ikatan kimia maka pada permukaan adsorben akan terbentuk suatu lapisan, di mana terbentuknya lapisan tersebut akan menghambat proses penyerapan selanjutnya oleh bantuan adsorben sehingga efektifitasnya berkurang.

### **2.4.3 Kinetika Adsorpsi**

Seperti halnya kinetika kimia, kinetika adsorpsi juga berhubungan dengan laju reaksi. Hanya saja, kinetika adsorpsi lebih khusus, yang hanya membahas sifat penting dari permukaan zat. Kinetika adsorpsi yaitu laju penyerapan suatu fluida oleh adsorben dalam suatu jangka waktu tertentu. Kinetika adsorpsi suatu zat dapat diketahui dengan mengukur perubahan konsentrasi zat teradsorpsi tersebut, dan menganalisis nilai  $k$  (berupa slope/kemiringan) serta memplotkannya pada grafik. Kinetika adsorpsi dipengaruhi oleh kecepatan adsorpsi. Kecepatan adsorpsi dapat didefinisikan sebagai banyaknya zat yang teradsorpsi per satuan

waktu. Seperti halnya laju reaksi, banyak faktor yang mempengaruhi kinetika adsorpsi atau cepat atau lambatnya penyerapan terjadi.

#### 2.4.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Adsorpsi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme adsorpsi, diantaranya:

##### 1. Agitasi

Jika agitasi yang terjadi antara partikel karbon dengan cairan relatif kecil, permukaan film dari *liquid* sekitar partikel akan menjadi tebal dan difusi film akan terbatas.

##### 2. Ukuran molekul Adsorbat

Tingkat adsorpsi biasanya meningkat seiring dengan semakin besarnya ukuran molekul dari adsorbat.

##### 4. pH

pH mempunyai pengaruh yang sangat besar pada proses adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Asam organik dapat diadsorpsi dengan mudah pada pH rendah, sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi. Pada umumnya, adsorpsi bahan organik dari air limbah meningkat seiring dengan menurunnya pH (Culp,RL dan Culp, GL, 1986). Pada pH rendah, jumlah ion  $H^+$  lebih besar; dimana ion  $H^+$  tersebut akan menetralkan permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif, sehingga dapat mengurangi halangan untuk terjadinya difusi organik pada pH yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada pH tinggi, jumlah ion  $OH^-$  berlimpah, sehingga menyebabkan proses difusi bahan-bahan organik menjadi terhalang.

##### 5. Suhu

Tingkat adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya suhu dan akan menurun dengan menurunnya suhu. Tapi jika reaksi-reaksi adsorpsi yang terjadi adalah eksoterm, maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat sejalan dengan menurunnya suhu.

## 6. Waktu Kontak

Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik. (Benefield, 1982 dalam Okta Virandi 2012)