

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

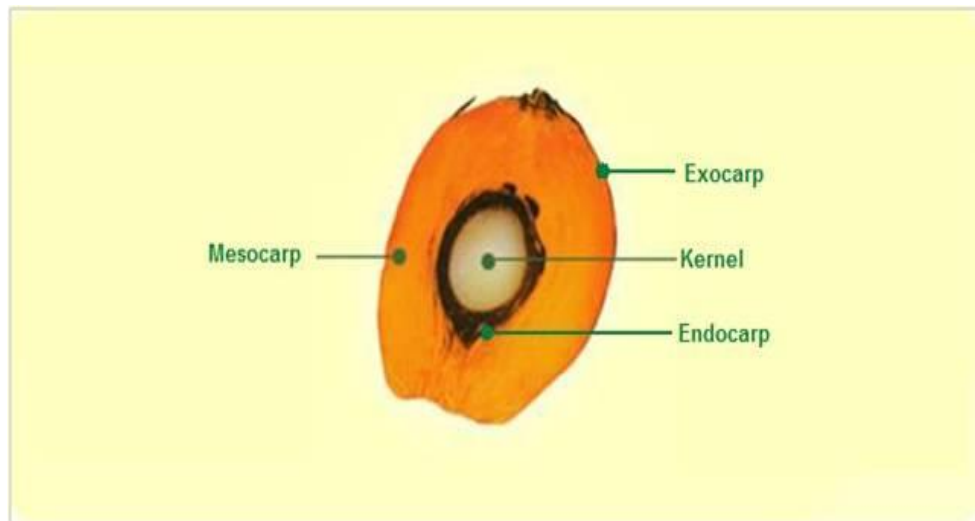
2. 1 Cangkang Kelapa Sawit dan *Fiber* Kelapa Sawit

2.1.1 Kelapa sawit

PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia 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 adalah buah kelapa sawit utuh yang menghasilkan minyak mentah atau *crude palm oil* (CPO), inti sawit (kernel) dan cangkang. Kelapa sawit merupakan salah satu dari beberapa tanaman golongan *palm* dan berkeping satu yang termasuk dalam *family palmae*. 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 Barat.

Kelapa sawit mempunyai daun yang berwarna hijau tua dan pelepah berwarna sedikit lebih muda. Buah sawit mempunyai warna bervariasi dari hitam, ungu, hingga merah tergantung bibit yang digunakan. Buahnya bergerombol dalam tandan yang muncul dari tiap pelepah. Minyak dihasilkan oleh buah. Kandungan minyak bertambah sesuai kematangan buah. Setelah melewati fase matang, kandungan asam lemak bebas (FFA, *free fatty acid*) akan meningkat dan buah akan rontok dengan sendirinya. Bagian-bagian yang terdapat pada buah kelapa sawit dapat terlihat dari gambar dibawah ini, diantaranya sebagai berikut :

1. *Exocarp*
2. *Mesocarp* (daging buah)
3. *Endocarp* (cangkang)
4. *Kernel*



sumber :Ari Edoyanto, 2011.Morphologi Penampang Kelapa Sawit (online)

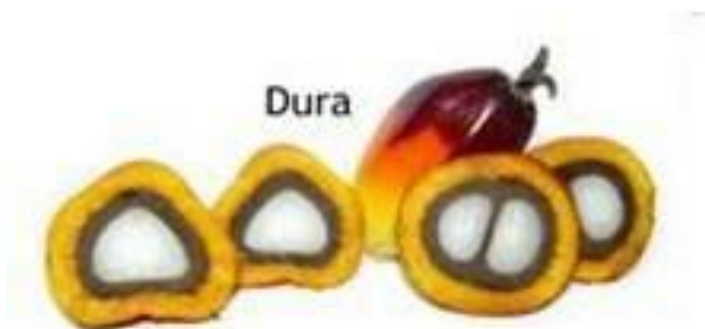
Gambar 1. Penampang Kelapa sawit

Pada saat ini dikenal tiga macam jenis dari buah kelapa sawit, yaitu :

1. *Dura*
2. *Pisifera*
3. *Tenera*

1. *Dura*

Dura merupakan sawit yang buahnya memiliki cangkang yang tebal dan daging yang relatif lebih sedikit jika dibandingkan dengan jenis buah yang lain sehingga dianggap dapat memperpendek umur mesin pengolah namun biasanya tandan buahnya besar-besar dan kandungan minyak per tandannya berkisar 18%.



sumber :Ari Edoyanto, 2011 .Morphologi Penampang Kelapa Sawit (online)

Gambar 2. Kelapa sawit jenis *dura*

2. *Pisifera*

Pisifera buahnya tidak memiliki cangkang, sehingga tidak memiliki inti (*kernel*) yang menghasilkan minyak ekonomis dan bunga betinanya steril sehingga sangat jarang menghasilkan buah. Kelemahan *pisifera* secara umum adalah tandannya kecil-kecil dan mengalami aborsi/gugur pada awal perkembangannya.



sumber :Ari Edoyanto, 2011 .Morphologi Penampang Kelapa Sawit (online)

Gambar 3. Kelapa sawit jenis *pisifera*

3. *Tenera*

Tenera adalah persilangan antara induk *Dura* dan jantan *Pisifera*. Jenis ini dianggap bibit unggul sebab melengkapi kekurangan masing-masing induk dengan sifat cangkang buah tipis namun bunga betinanya tetap fertil. Beberapa *tenera* unggul memiliki persentase daging per buahnya mencapai 90% dan kandungan minyak per tandannya dapat mencapai 28%.



sumber :Ari Edoyanto, 2011 .Morphologi Penampang Kelapa Sawit (online)

Gambar 4. Kelapa sawit jenis *tenera*

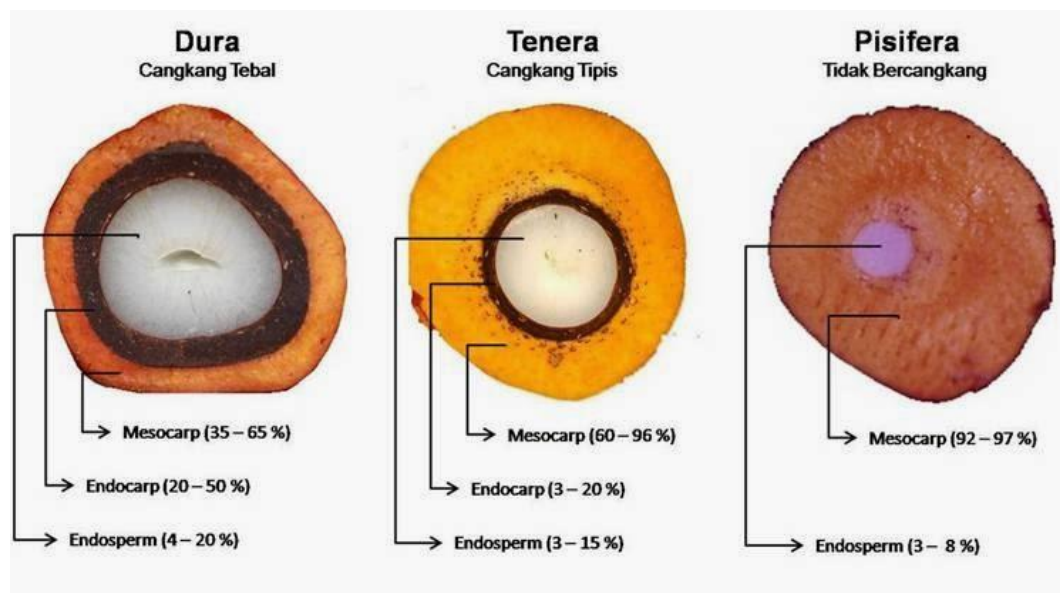
Tabel 1. Perbedaan Cangkang, *Pericarp*, *Mesocarp*, dan inti dari Varietas Kelapa Sawit

Varietas	Cangkang (mm)	<i>Pericarp</i> (mm)	Cangkang (%buah)	<i>Mesocarp</i> (%buah)	Inti (%buah)
<i>Dura</i>	2-5	2-6	25-50	20-65	3-20
<i>Pisifera</i>	-	5-10	-	92-97	3-8
<i>Tenera</i>	1-2,5	3-10	3-20	60-90	3-15

sumber :Ari Edoyanto, 2011 .*Morphologi Penampang Kelapa Sawit (online)*

Panen kelapa sawit dilakukan berdasarkan pada saat kadar minyak *mesocarp* mencapai maksimum dan kandungan asam lemak bebas minimum, yaitu pada saat buah mencapai tingkat kematangan tertentu (*ripe*). Kriteria kematangan yang tepat ini dapat dilihat dari warna kulit buah (warna daging buah adalah putih kuning diwaktu masih muda dan berwarna jingga setelah buah menjadi matang) dan jumlah buah yang rontok pada tiap tandan.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memanen kelapa sawit adalah penentuan tingkat kematangan yang tepat, biaya panen, cara panen, frekuensi panen, dan sistem pengangkutan yang digunakan.



sumber :Ari Edoyanto, 2011 .*Morphologi Penampang Kelapa Sawit (online)*

Gambar 5. Perbedaan Jenis Dari Kelapa Sawit

2.1.2 Sifat Fisika dan Kimia

Sifat Fisik Kelapa sawit:

- Bentuk Granula : bulat
- Ukuran Graniula (μm) : 8,9-29,3
- Rata-rata (μm) : 19,47
- Derajat Putih (% terhadap BaSO_4): 83,02 kejernihan pasta

Sifat Kimia Kelapa sawit:

Komponen Kelapa sawit

- Protein (% bk) :0,96
- Lemak (% bk) :0,37
- Abu (% bk) :0,68
- Karbohidrat *by difference* (%bk) :88,02
- Pati (% bk) :1,78
- Amilosa :96,00
- % Total Pati :28,76 (*Dura*), 36,14 (*Pisifera*), 30,74 (*Tenera*)

Komposisi rata-rata buah kelapa sawit yang matang dan segar dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Konversi Buah Kelapa Sawit

Bagian	Jumlah (%)	Dihitung dari 100%
Daging Buah	58 – 62	Buah sawit1
Biji (<i>nut</i>)	37 – 43	Buah sawit
Daging Buah : air	36 – 40	Daging buah
minyak	46 – 50	Daging buah
ampas	13 – 15	Daging buah
Biji : tempurung	78 – 82	Berat biji
inti (<i>kernel</i>)	13 – 15	Berat biji
Minyak sawit	29	Berat buah matang segar
Air	27	Berat buah matang segar
Ampas	8	Berat buah matang segar
Tempurung	30	Berat buah matang segar
Inti	6	Berat buah matang segar

Sumber : Ketaren, S 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Pangan. Jakarta: UI

2.1.3 Cangkang Kelapa Sawit



Sumber: Lenaria Bakkara, 2015. Pemanfaatan Pohon Kelapa (online)

Gambar 6. 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.

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_3) sebesar 1,9 %, nitrogen (N) sebesar 0,05 % posfat (P) sebesar 0,9 % dan silika (SiO_2) 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 peatikel pijar. (Lenaria Bakkara, 2014).

2.1.4 Fiber Kelapa Sawit



Sumber: Lenaria Bakkara, 2015. Pemanfaatan Pohon Kelapa (online)

Gambar 7. 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 (CO_3) sebesar 2,6 %, nitrogen (N) sebesar 0,04 % posfat (P) sebesar 1,4 % dan silika (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 peatikel pijar. (Lenaria Bakkara, 2014).

Limbah padat Pabrik Kelapa Sawit berupa abu dari Cangkang mengandung banyak silika. Tabel 1 berikut menyajikan komposisi abu sawit yang berasal dari pembakaran. Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 1 abu cangkang dan *Fiber* sawit mengandung banyak silika, mencapai $\pm 60\%$. Selain itu, abu sawit juga mengandung ion alkali (kalium dan natrium).

2.2 Abu (Ash)

Abu merupakan zat organik sisa dari pembakaran bahan organik. Limbah padat PT. Sriwijaya Palm Oil terdiri dari cangkang, serabut (*fiber*) dan abu boiler hasil pembakaran cangkang dan fiber yang dibakar dengan suhu 1000°C sampai 2000°C .

Penentuan kadar abu berhubungan dengan mineral suatu bahan. Mineral yang terdapat dalam bahan pangan terdiri dari dua jenis garam, yaitu garam organik misalnya karbonat, fosfat, sulfat dan nitrat. Proses untuk menentukan jumlah mineral sisa pembakaran disebut pengabuan. Kandungan dan komposisi abu atau mineral pada bahan tergantung pada jenis bahan dan cara pengabuannya (Okta Virandi, 2012).

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*). Di bawah ini merupakan spesifikasi dari boiler di PT. Sriwijaya Palm Oil.

Tabel 3. Spesifikasi Boiler PT. Sriwijaya Palm Oil

Jenis	<i>Water Tube</i>
Kapasitas	20 ton/jam
Tekanan	Maksimal 25 kg/cm ²
Temperatur	<i>Steam Temperature</i> 250°C

Sumber : PT. Sriwijaya Palm Oil, 2014

2.2.1 *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.

2.2.2 *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. Di bawah ini merupakan sifat dari abu cangkang dan *fiber* hasil pembakaran boiler.

– 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 (Okta Virandi, 2012).

– 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 (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3) (Okta Virandi, 2012).

2.3 Silika Gel

Silika Gel merupakan produk penyerap kelembapan udara yang sangat cocok untuk diaplikasikan untuk menjaga kualitas produk dalam kemasan tertutup. Silika Gel bekerja efektif tanpa mengubah produk, bentuk zatnya, silika gel apabila disentuh tetap kering walaupun dia sudah bereaksi menyerap kelembapan udara. Walaupun namanya gel tapi tetap tergolong dalam silika padat. Silika gel merupakan suatu bentuk dari silika yang dihasilkan melalui penggumpalan sol natrium silikat (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.

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. Beberapa gel juga menunjukkan gejala histeresis. 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. Pada 2005 sebuah efek *sound induced gelation* didemonstrasikan. 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.

2.3.1 Jenis Silika Gel

Terdapat beberapa jenis dari silika gel baik dari segi proses ataupun bahan pembuatannya. Pada penelitian ini peneliti memasukkan jenis silika gel berdasarkan cara pembuatannya yang 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* (SiO_3). Dalam perkembangannya silika gel sintetis ada dua yaitu :

– Silika Gel Putih (*White*)

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



Sumber : E.Wahono, 2014. *Jenis-Jenis Silika Gel (online)*

Gambar 8. Silika Gel Putih (*White*)

– **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 : E.Wahono, 2014. *Jenis-Jenis Silika Gel (online)*

Gambar 9. Silika Gel Biru (*Blue*)

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 : E.Wahono, 2014. *Jenis-Jenis Silika Gel* (online)

Gambar 10. Silika Gel Alami (*Natural*)

Berikut ini adalah manfaat dari silika gel, yaitu :

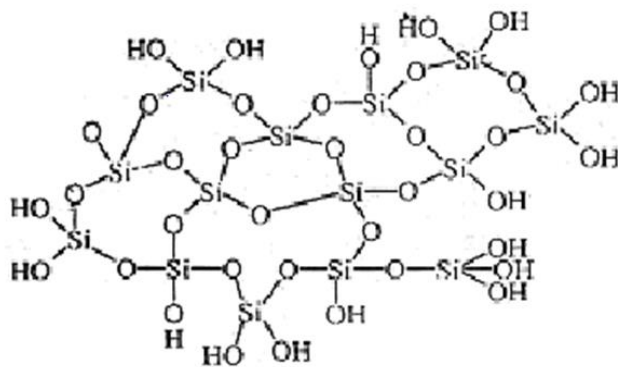
1. Silika gel mencegah terbentuknya kelembapan yang berlebihan sebelum terjadi. Silika gel merupakan produk yang aman digunakan untuk menjaga kelembapan pada kemasan produk makanan, obat-obatan, bahan sensitif, elektronik dan film sekalipun. Silika gel sering ditemukan dalam kotak paket dan pengiriman 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 kelembapan 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.

2.3.2 Sifat Silika Gel

Silika gel adalah senyawa kimia yang tersusun dari silikon dan oksigen yang membentuk globula- globula SiO_4^{4-} tetrahedral dalam suatu pola secara acak dan membentuk kerangka tiga dimensi yang ukurannya lebih besar, dengan ukuran partikel $1,25\mu\text{m}$ (E Wahono, 2014).

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 SiO_2 dengan porositas tinggi sekitar $800 \text{ m}^2/\text{g}$, yang berguna menyerap air setiap saat, yang membuat silika gel berfungsi sebagai pengering (drying agent), dan ketika jenuh dengan air silika gel dapat diregenerasi (dikeringkan) dengan pemanasan sampai 150°C (300°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 $300\text{-}1000 \text{ m}^2/\text{g}^{-1}$, volume lubang $0,3\text{-}2,0 \text{ cm}^3/\text{g}^{-1}$ dan rata-rata pori lubang 2-2,5 (E Wahono, 2014).



Sumber :Sofie Sofia,2014. Silika Gel (online)

Gambar 11. Penataan SiO_4 Tetrahedral Silika Gel (E Wahono, 2014).

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 $-\text{OH}$ 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.

a. Sifat Kimia dari Silika Gel

Simbol	:	Si
Radius Atom	:	1.32 Å
Volume Atom	:	12.1 cm ³ /mol
Massa Atom	:	28.0856
Titik Didih	:	2630 K
Radius Kovalensi	:	1.11 Å
Struktur Kristal	:	fcc
Massa Jenis	:	2.33 g/cm ³
Elektronegativitas	:	1.9
Konfigurasi Elektron	:	[Ne]3s ² 2p ²
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 ⁻¹ K ⁻¹
Konduktivitas Panas	:	148 Wm ⁻¹ K ⁻¹
Konduktivitas Listrik	:	4 x 10 ⁶ ohm ⁻¹ cm ⁻¹

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.

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. (E Wahono, 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 (E Wahono, 2014). Silika gel yang memiliki gugus silanol dan siloksan tanpa modifikasi terlebih dahulu hanya dapat digunakan untuk adsorpsi ion logam keras seperti Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , dan Fe^{3+} (E Wahono, 2014). 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 (E Wahono, 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. Organofungsionalisasi merupakan

pengimobilisasian senyawa organik yang memiliki afinitas yang baik terhadap atom Si maupun atom O (E Wahono, 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 (E Wahono, 2014).

2.3.3 Standar Silika Gel

Berikut ini adalah tabel spesifikasi silica gel desiccant sesuai standar JISS-0701.

Tabel 4. 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 ² / 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	24 %

Sumber: (Badan Standardisasi Nasional, 2015)

Silika gel memiliki standar teknis untuk lembaga inspeksi nasional seperti MIL-D3464E, JISS-0701, DIN 55473 dan sebagainya, maka dari itu pada penelitian ini kami melengkapi dengan data standar dari silika gel.

2.4 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. (Okta Virandi, 2012)

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.

2.4.1 Ekstraksi Cair -Cair

Ekstraksi cair-cair (*liquid extraction, solvent extraction*): yaitu pemisahan *solute* dari cairan pembawa (diluen) menggunakan solven cair. Campuran diluen dan solven tersebut bersifat heterogen (immiscible, tidak saling campur), dan jika dipisahkan terdapat 2 fase, yaitu fase diluen (rafinat) dan fase solven (ekstrak).

- Fase rafinat = fase residu, berisi diluen dan sisa solut.
- Fase ekstrak = fase yang berisi solut dan solven.

Pemilihan solven menjadi sangat penting. Dipilih solven yang memiliki sifat antara lain:

- a. Solut mempunyai kelarutan yang besar dalam solven, tetapi solven sedikit atau tidak melarutkan diluen,

- b. Tidak mudah menguap pada saat ekstraksi,
- c. Mudah dipisahkan dari solut, sehingga dapat dipergunakan kembali,
- d. Tersedia dan tidak mahal.

Pada ekstraksi cair-cair, satu komponen bahan atau lebih dari suatu campuran dipisahkan dengan bantuan pelarut. Proses ini digunakan secara teknis dalam skala besar misalnya untuk memperoleh vitamin, antibiotika, bahan-bahan penyedap, produk-produk minyak bumi dan garam-garam. logam. Proses inipun digunakan untuk membersihkan air limbah dan larutan ekstrak hasil ekstraksi padat cair.

Ekstraksi cair-cair terutama digunakan, bila pemisahan campuran dengan cara distilasi tidak mungkin dilakukan (misalnya karena pembentukan azeotrop atau karena kepekaannya terhadap panas) atau tidak ekonomis. Seperti ekstraksi padat-cair, ekstraksi cair-cair selalu terdiri atas sedikitnya dua tahap, yaitu pencampuran secara intensif bahan ekstraksi dengan pelarut, dan pemisahan kedua fasa cair itu sesempurna mungkin.

Pada saat pencampuran terjadi perpindahan massa, yaitu ekstrak meninggalkan pelarut yang pertama (media pembawa) dan masuk ke dalam pelarut kedua (media ekstraksi). Sebagai syarat ekstraksi ini, bahan ekstraksi dan pelarut tidak saling melarut (atau hanya dalam daerah yang sempit). Agar terjadi perpindahan masa yang baik yang berarti performansi ekstraksi yang besar haruslah diusahakan agar terjadi bidang kontak yang seluas mungkin di antara kedua cairan tersebut. Untuk itu salah satu cairan distribusikan menjadi tetes-tetes kecil (misalnya dengan bantuan perkakas pengaduk).

Tentu saja pendistribusian ini tidak boleh terlalu jauh, karena akan menyebabkan terbentuknya emulsi yang tidak dapat lagi atau sukar sekali dipisah. Turbulensi pada saat mencampur tidak perlu terlalu besar. Yang penting perbedaan konsentrasi sebagai gaya penggerak pada bidang batas tetap ada. Hal ini berarti bahwa bahan yang telah terlarutkan sedapat mungkin segera disingkirkan dari bidang batas. Pada saat pemisahan, cairan yang telah terdistribusi menjadi tetes-tetes halus menyatu kembali menjadi sebuah fasa

homogen dan berdasarkan perbedaan kerapatan yang cukup besar dapat dipisahkan dari cairan yang lain.

Berbagai jenis metode pemisahan yang ada, ekstraksi pelarut atau juga disebut juga ekstraksi air merupakan metode pemisahan yang paling baik dan populer. Pemisahan ini dilakukan baik dalam tingkat makro maupun mikro. Prinsip distribusi ini didasarkan pada distribusi zat terlarut dengan perbandingan tertentu antara dua zat pelarut yang tidak saling bercampur. Batasannya adalah zat terlarut dapat ditransfer pada jumlah yang berbeda dalam kedua fase terlarut. Teknik ini dapat digunakan untuk kegunaan preparatif, pemurnian, pemisahan serta analisis pada semua kerja.

Berbeda dengan proses retriifikasi, pada ekstraksi tidak terjadi pemisahan segera dari bahan-bahan yang akan diperoleh (ekstrak), melainkan mula-mula hanya terjadi pengumpulan ekstrak (dalam pelarut). Suatu proses ekstraksi biasanya melibatkan tahap-tahap berikut:

1. Mencampurkan bahan ekstrak dengan pelarut dan membiarkannya saling kontak. Dalam hal ini terjadi perpindahan massa dengan cara difusi pada bidang antar muka bahan ekstraksi dan pelarut. Dengan demikian terjadi ekstraksi yang sebenarnya, yaitu pelarut ekstrak.
2. Memisahkan larutan ekstrak dari refinat, kebanyakan dengan cara penjernihan atau filtrasi.
3. Mengisolasi ekstrak dari larutan ekstrak dan mendapatkan kembali pelarut. Umumnya dilakukan dengan mendapatkan kembali pelarut. Larutan ekstrak langsung dapat diolah lebih lanjut atau diolah setelah dipekatkan.

2.4.2 Ekstraksi Padat-Cair

Ekstraksi padat-cair merupakan proses ekstraksi bahan baku yang dapat larut dari suatu padatan dengan menggunakan pelarut. Proses ini biasanya digunakan untuk menghasilkan larutan dari material padatan yang tidak dapat larut, juga untuk mengeluarkan zat terlarut dari suatu padatan atau untuk memurnikan padatan dari cairan yang membuat padatan terkontaminasi, seperti

pigmen. Metode yang digunakan pada ekstraksi ini ditentukan oleh kandungan partikel yang dapat larut yang ada, penyebarannya dalam padatan, sifat bahan padat dan ukuran partikel. Jika zat terlarut menyebar merata di dalam padatan, material yang dekat permukaan akan pertama kali larut terlebih dahulu. Pelarut kemudian akan menangkap bagian pada lapisan luar ini sebelum mencapai zat terlarut selanjutnya dan proses akan menjadi lebih sulit serta laju ekstraksi menjadi turun.

Biasanya, proses berlangsung dalam tiga tahap, yaitu:

1. Pertama perubahan fasa dari zat terlarut yang diambil pada saat zat pelarut meresap masuk.
2. Kedua terjadi proses difusi pada cairan dalam partikel padat menuju keluar.
3. Ketiga perpindahan zat terlarut dari padatan ke zat pelarut.

Ekstraksi silika dari abu boiler kelapa sawit dilakukan dengan mencampurkan abu dengan pelarut Na_2CO_3 . Pelarut Na_2CO_3 digunakan pada penelitian ini karena silika larut dalam larutan alkali terutama Na_2CO_3 . Untuk mempercepat pencampuran antara Na_2CO_3 dan abu maka dilakukan pengadukan selama ekstraksi.

Proses ekstraksi terjadi karena pelarut Na_2CO_3 menembus kapiler-kapiler dalam abu dan melarutkan silika. Larutan silika dengan konsentrasi yang tinggi terbentuk di bagian dalam abu. Dengan cara difusi akan terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan silika yang ada dalam abu tersebut dengan larutan Na_2CO_3 . Karena gaya adhesi, terjadi pemisahan larutan yang mengandung silika dalam kuantitas tertentu didalam abu. Larutan silika yang terbentuk ini adalah natrium silika yang merupakan reaksi antara Na_2CO_3 dan silika pada abu terbang (Okta Virandi, 2012)

Untuk memperoleh efisiensi yang tinggi pada tiap tahap ekstraksi, perlu diusahakan agar kuantitas cairan yang tertinggal sedikit mungkin. Sedangkan untuk mencapai kecepatan ekstraksi yang tinggi pada ekstraksi padat-cair, syarat berikut harus dipenuhi :

1. Ukuran Partikel

Semakin kecil ukuran bahan maka luas permukaan bahan akan meningkatkan laju ekstraksi. Dalam hal ini lintasan kapiler yang harus dilewati dengan cara difusi menjadi lebih pendek sehingga mengurangi tahanannya.

2. Lama Ekstraksi

Semakin lama waktu ekstraksi maka jumlah bahan yang terekstrak akan semakin besar.

3. Suhu

Dalam banyak hal kelarutan zat terlarut (pada partikel yang di ekstrak) di dalam pelarut akan naik bersamaan dengan kenaikan temperatur untuk memberikan laju ekstraksi yang lebih tinggi. Semakin tinggi suhu ekstraksi maka semakin viskositas fasa cair dan semakin besar kelaruta ekstrak dalam pelarut.

4. Zat Pelarut

Larutan yang akan dipakai sebagai zat pelarut seharusnya merupakan larutan pilihan yang terbaik dan viskositasnya harus cukup rendah agar dapat bersirkulasi dengan mudah. Biasanya, zat pelarut murni akan dipakai pada awalnya, tetapi setelah proses ekstraksi berakhir, konsentrasi zat terlarut akan naik dan laju ekstraksinya turun, pertama karena gradient konsentrasi akan berkurang dan kedua karena zat terlarutnya menjadi lebih kental.

5. Pengadukan Fluida

Pengadukan pada zat pelarut adalah karena akan menaikkan proses difusi, sehingga menaikkan perpindahan material dari permukaan partikel ke zat pelarut (Ghozali, 1996).

2.5 Pelarut Natrium Karbonat (Na_2CO_3)

Sepanjang sejarah industri kimia, persediaan natrium karbonat Na_2CO_3 , soda, sangat penting. Natrium karbonat merupakan garam natrium yang berasal dari asam karbonat yang mudah larut dalam air. Natrium karbonat juga dikenal

dengan nama lain yaitu soda abu yang merupakan bahan dasar penting bukan hanya untuk keperluan sehari-hari tetapi juga untuk produk industri yang lebih canggih. Natrium karbonat larut dalam air dan terjadi secara alami di daerah kering terutama daerah endapan material yang terbentuk ketika danau musiman menguap.

Natrium Karbonat memiliki nama lain seperti natrium karbonat, sodium karbonat. Selain itu Natrium Karbonat memiliki sifat fisika dan kimia antara lain :

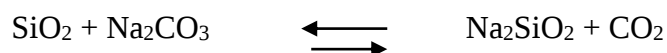
Tabel 5. Sifat Fisik Natrium karbonat

Sifat Fisika	
Rumus molekul	Na_2CO_3
Bentuk	Solid
Penampilan	Putih
Bau	Tidak berbau
Ph	11,6
Titik Didih	400°C
Titik Lebur	851°C
Dekomposisi Suhu	400°C
Kelarutan	Larut dalam air
Densitas	1,55
Berat Molekul	105.9778

Sumber : wikipedia, 2015. *Caustic Soda (online)*.

Pada saat silika (SiO_2) bereaksi dengan natrium karbonat akan membentuk reaksi kimia :

Reaksi kimia:

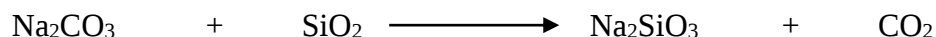


2. 6 Natrium Silika

Natrium Silika merupakan bahan baku industry yang banyak diperlukan sebagai bahan baku pembuatan filter untuk produk deterjen, sabun, pasta gigi dan lain-lain. Natrium silika berupa dalam bentuk cairan jernih yang sangat kental sehingga dalam merek dagang disebut *waterglass*. Natrium silika dengan silika industri dibuat dengan mengekstraksikan pasir kwarsa dan soda abu pada

temperatur 1300°C sedangkan ekstraksi silika dari abu boiler dilakukan dengan menggunakan pelarut natrium karbonat untuk mendapatkan natrium silikat (Welveni, 2010).

Adapun reaksi proses pembuatan natrium silika dapat ditulis sebagai berikut :



2.7 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)

2.7.1 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.

2.7.2 Adsorpsi kimia

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.

2.7.3 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.

2.8 Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme adsorpsi adalah agitasi, karakteristik karbon aktif, ukuran molekul adsorbat, pH larutan, temperatur dan waktu kontak (Okta Virandi, 2012).

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 (Okta Virandi, 2012). 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. pH optimum untuk proses adsorpsi harus didapat dari tes laboratorium.

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

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. 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.