

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Silika Gel

Gel (dari bahasa Latin *gelu* yaitu membeku, dingin, es atau gelatus) adalah campuran koloidal antara dua zat berbeda fase, yaitu 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. Pada 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 (Ad-dauzi, 2008)

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 mencegah terbentuknya kelembaban yang berlebihan sebelum terjadi (Hartuti, 2011). Para pabrikan mengetahui hal ini, karena itu mereka selalu memakai silika gel dalam setiap pengiriman barang-barang mereka yang disimpan dalam kotak. Silika gel merupakan produk yang

aman digunakan untuk menjaga kelembaban makanan, obat-obatan, bahan sensitif, elektronik dan film sekalipun. Jangan terlalu mengartikan gel dalam pengertian suatu produk yang bentuknya gel ataupun silicon gel. Produk anti lembab ini menyerap lembab tanpa merubah kondisi zatnya. Walaupun dipegang, butiran-butiran silika gel ini tetap kering. Silika gel penyerap kandungan air bisa diaktifkan sesuai kebutuhan. Unit ini mempunyai indikator khusus yang akan berubah dari warna biru ke merah muda kalau produk mulai mengalami kejenuhan kelembaban, saat itulah alat ini aktif. Setelah udara mengalami kejenuhan/kelembaban, dia bisa diaktifkan kembali lewat oven. Sejak Perang Dunia II, silika gel sudah menjadi pilihan yang terpercaya oleh pemerintah dan pelaku industri. 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. Ketika suatu barang dikeluarkan dari kotak-kotak pengiriman (Welveni, 2010).

Silika gel dapat digolongkan menjadi 3, yaitu :

- a. Hidrogel yaitu silika gel yang pori-porinya terisi oleh air
- b. Serogel yaitu silika gel kering yang dihasilkan dengan mengeringkan air dalam pori-pori melalui proses evaporasi
- c. Aerogel yaitu silika gel yang dihasilkan dengan mengeringkan fase air dalam pori-pori melalui ekstraksi superkritikal.

Anggreany (2005) menjelaskan teori misel yang menyebutkan bahwa silika gel adalah kerangka tiga dimensi partikel yang bersambungan dari koloid silika dan bersifat koheren. Larutan silikat yang direaksikan dengan asam akan menghasilkan asam silikat. Dalam system asam silikat, pembentukan gel dijabarkan sebagai kondensasi dari  $\text{Si(OH)}_4$  menjadi rantai siloksan, yang kemudian bercabang dan selanjutnya berikatan silang membentuk kerangka tiga dimensi.

Gel silika adalah butiran seperti kaca dengan bentuk yang sangat berpori, silika dibuat secara sintesa dari natrium silikat. Walaupun namanya, gel silika padat. Gel silika adalah mineral alami yang dimurnikan dan diolah menjadi

salah satu bentuk butiran atau manik-manik. Ia memiliki ukuran pori rata-rata 2,4 nanometer dan memiliki afinitas yang kuat untuk molekul air.

Fungsi utama gel silika adalah sebagai pengering atau mencegah terbentuknya kelembapan yang berlebihan. Para pabrikan mengetahui hal ini, karena itu mereka selalu memakai gel silika dalam setiap pengiriman barang-barang mereka yang disimpan dalam kotak. Gel Silika merupakan produk yang aman digunakan untuk menjaga kelembapan makanan, obat-obatan, bahan sensitif, elektronik dan film sekalipun. Dalam banyak keadaan, kelembapan mendorong pertumbuhan jamur dan pembusukan. Kondensasi juga dapat merusak barang-barang lainnya seperti elektronik dan dapat mempercepat dekomposisi bahan kimia, seperti dalam pil vitamin. Melalui masuknya paket gel silika, barang-barang tersebut dapat dipertahankan lagi. Produk anti lembap ini menyerap lembap tanpa mengubah kondisi zatnya. Walaupun dipegang, butiran-butiran ini tetap kering. Gel Silika yang siap untuk digunakan berwarna biru, ketika telah menyerap banyak kelembapan, ia akan berubah warnanya menjadi pink (merah muda). Ketika ia berubah menjadi warna pink (merah muda), ia tidak bisa lagi menyerap kelembapan. Ia harus diregenerasi. Hal ini dapat dilakukan dengan menghangatkannya di dalam mesin oven. Panasnya mengeluarkan kelembapan, lalu ia akan berubah warnanya menjadi biru dan kembali bisa digunakan. Silica gel berada dalam eksistensi pada awal tahun 1640 sebagai keingintahuan ilmiah. Digunakan dalam Perang Dunia I untuk adsorpsi uap dan gas dalam tabung masker gas. Rute sintetis untuk memproduksi Gel Silika telah dipatenkan oleh profesor kimia Walter A. Patrick di Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, USA pada tahun 1919. Pada Perang Dunia II, Gel Silika sangat diperlukan dan dipercaya oleh pemerintah dan pelaku industri dalam menjaga penisilin agar tetap kering. Begitu juga sering ditemukan dalam kotak paket dan pengiriman film, kamera, teropong, alat-alat komputer, sepatu kulit, pakaian, makanan dan peralatan lainnya dengan membantu menahan kerusakan pada barang-barang yang mau disimpan.

Gel Silika ini paling sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari, biasanya 2 x 3 cm ( $0,79 \times 1,2$  di dalam) paket kertas. Karena dopan beracun dan penyerapan yang sangat tinggi dari kelembaban, pada paket Gel Silika biasanya tertera peringatan bagi pengguna untuk tidak dimakan isinya. Jika suatu saat ponsel Anda basah terkena air, segera matikan ponsel dan lepaskan baterai beserta kartu SIM-nya, keringkan bagian luar yang basah dengan kain yang kuat menyerap air. Kemudian ambil paket Gel Silika dan tempatkan dalam sebuah kaleng atau wadah dan tutup dengan rapat bersama ponsel didalamnya sekitar 2 x 24 Jam. Gel Silika akan menyedot dan menyerap kelembaban di dalam ponsel. (Cahaya, 2015).

### **2.1.1 Sintesa Silika Gel**

Menurut scott (1993), pembuatan silika gel dapat dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu :

- a. Pembentukan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dari reaksi  $\text{SiO}_2$  dengan NaOH
- b. Reaksi pembentukan silika hydrosol dari reaksi antara  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dengan asam
- c. Reaksi pembentukan silika hidrogel, yaitu polimerisasi asam silikat 4. Pemanasan silika hidrogel menghasilkan silika gel

Pengasaman terhadap larutan natrium silikat akan membentuk silika hydrosol yang apabila didiamkan akan membentuk hidrogel. Pemanasan pada suhu  $100^\circ\text{C}$  mengakibatkan dehidrasi pada hidrogel dan terbentuklah silika gel ( $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ).

### **2.1.2 Silika Amorf**

Silika gel merupakan suatu bentuk dari silika yang dihasilkan melalui penggumpalan sol natrium silika. Silika gel ini berbentuk seperti zat padat yang lunak dan kenyal tetapi rentang suhu tertentu dapat berbentuk seperti fluida. Biasanya gel mempunyai sifat tiksotropi yaitu menjadi cair ketika digoyang dan kembali memadat ketika dibiarkan tenang.

Silika gel dibagi menjadi tiga tipe, yaitu *regular density* gel diproduksi dengan pencampuran di media asam, mempunyai diameter sangat kecil dan *specific surface area* yang sangat tinggi. Jenis yang kedua adalah *Intermedite density* gel yang mempunyai ukuran diameter 12-16 nm dan memiliki SSA 300 – 350 m<sup>2</sup>/g. Jenis yang kedua ini sangat cocok untuk proses adsorpsi karena bentuknya berupa bubuk halus dan ukuran partikel yang kecil dan porositasnya dapat dikontrol. Jenis ketiga adalah *low density* gel. Penggunaan produk ini untuk mencegah timbulnya jamur, bau dan kelembaban (Welveni, 2010).

### 2.1.3 Silika Presipitasi

Silika ini disusun oleh agregat dari partikel-partikel ukuran koloid yang tidak dapat digabungkan kedalam jaringan *irrasive* gel selama proses persiapan. Silika presipitasi salah satunya dibentuk dari fasa uap atau fumed atau dapat dibentuk juga melalui presipitasi dari larutan. Silika presipitasi berbentuk tepung atau bubuk yang mempunyai struktur lebih terbuka dengan volume pori yang lebih tinggi dari gel tepung yang dikeringkan. Silika presipitasi dapat digunakan dalam industri karet, kosmetik dan sebagai agen pembersih dalam industri pasta gigi, agen pencegah kerak dalam industri makanan. Natrium silika hasil ekstraksi kemudian direaksikan dengan HCl atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Proses tersebut lebih dikenal dengan sol atau gel (Welveni, 2010).

Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut :



## 2.2 Ekstraksi

Terdapat dua tipe ekstraksi pelarut yaitu ekstraksi padat-cair (*leaching*) yaitu proses pemisahan bahan dari campuran zat padat dengan cara mengaduk dalam suatu cairan (pelarut) dimana bahan yang diinginkan untuk dipisahkan akan terlarut. Proses ekstraksi cair-cair pada prinsipnya sama, namun dalam hal ini larutan yang mengandung bahan terlarut dicampurkan dan

diaduk dengan cairan (pelarut) yang lain. Jika kedua cairan bersifat tidak dapat bercampur maka akan terbentuk lapisan pemisah antara kedua cairan setelah terbentuknya endapan dalam campuran. Cairan dengan bahan-bahan terlarut didalamnya dinyatakan dengan lapisan jenuh (ekstrak) dan lapisan yang bersisa dinyatakan dengan *rafinat*. Dalam beberapa hal digunakan pelarut air, keadaan ini dikenal dengan ekstraksi akua (*aqueous extraction*). Pelarut-pelarut yang umumnya digunakan bersama-sama dengan air ialah kloroform, karbon tetraklorida, etilen diklorida, benzene, toluene, xilena, dan petroleum eter.

Proses ekstraksi pelarut biasanya diikuti dengan distilasi untuk menghilangkan pelarut dari ekstrak yang diperoleh dan pelarut dapat digunakan kembali. Pencampuran dapat membuat bahan baku dan pelarut bercampur merata, pencampuran dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik. Selain itu juga terdapat ekstraksi bertahap ganda (*multi-stage extraction*) digunakan untuk memperoleh efisiensi yang lebih tinggi, dimana produk yang dihasilkan hampir seluruhnya dapat dipisahkan dari *rafinatnya*. Sistem ekstraksi yang lebih kompleks lagi ialah ekstraksi bertahap ganda berlawanan arah (*counter current multi stage extraction*). Metoda tersebut menggunakan serangkaian alat pencampur dan pengendap yang telah diatur terlebih dahulu sebelumnya. Cairan yang masuk dan pelarut murni melewati sistem dengan arah berlawanan. Pengoperasian hal tersebut secara kontinu dapat dilakukan dengan beberapa peralatan seperti menara penyemprot, menara yang dilengkapi dengan packing (mirip dengan yang dipergunakan dalam distilasi). Metoda yang hampir sama diterapkan untuk ekstraksi bahan padat-cair. Keseluruhan proses didesain untuk memungkinkan pencampuran yang baik antara bahan padat dan pelarut murni. Sistem pencucian (*leaching*), memungkinkan ekstraksi dengan cara *batch*, baik dengan tahap tunggal, berganda maupun berlawanan arah (*counter current*) (Cook, 1980).

### 2.2.1 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 dan laju ekstraksi menjadi turun.

Biasanya, proses "*leaching*" berlangsung dalam tiga tahap, yaitu:

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

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

Proses ekstraksi terjadi karena pelarut NaOH menembus kapiler-kapiler dalam abu dan melarutkan silika. Larutan silika dengan konsentrasi yang tinggi terbentuk dibagian dalam abu. Dengan cara difusi akan terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan silika yang ada dalam abu tersebut dengan larutan NaOH. 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 NaOH dan silika pada abu terbang (Welveni, 2010).

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 :

a. Ukuran partikel

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

b. Lama ekstraksi

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

c. Suhu

Dalam banyak hal, kelarutan zat terlarut (pada partikel yang di ekstraksi) 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 kelarutan ekstrak dalam pelarut.

d. 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.

e. Pengadukan Fluida

Pengadukan pada zat pelarut adalah penting karena akan menaikkan proses

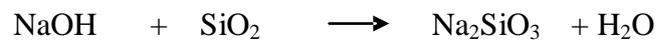
difusi, sehingga menaikkan perpindahan material dari permukaan partikel ke zat pelarut (Ghozali, 1996)

### 2.3 Natrium Silika

Natrium silika merupakan bahan baku industri 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 merk dagang disebut *waterglass*. Natrium silika dengan skala

industri dibuat dengan mengekstraksikan pasir kuarsa dan soda abu pada temperature 1300<sup>0</sup>C sedangkan ekstraksi silika dari abu batubara dilakukan dengan menggunakan pelarut natrium hidroksida (NaOH) untuk mendapatkan natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) (Welveni, 2010).

Adapun reaksi proses pembuatan natrium silika dapat ditulis sebagai berikut:



### 2.4 Adsorpsi

Adsorpsi didefenisikan sebagai proses terserapnya molekul adsorbat pada permukaan padat atau zat cair. Istilah adsorpsi pertama kali diperkenalkan oleh Keyser pada tahun 1881. Dalam adsorpsi, molekul-molekul yang teradsorpsi tersebut akan menahan molekul-molekul lain sehingga akhirnya akan menumpuk membentuk suatu lapisan multimolekul. Gaya yang berperan dalam peristiwa adsorpsi tersebut tergantung pada sifat dasar kimia permukaan dan struktur spesies teradsorpsi. Adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu adsorpsi secara kimia (*chemisorptions*) dan fisik (*physisorption*). Gaya yang terjadi pada adsorpsi fisik relative lemah dan dikenal sebagai gaya van der Waals. Pada adsorpsi kimia molekul-molekul yang teradsorpsi diikat dengan gaya kovalen seperti yang terjadi pada atom-atom dalam molekul. Konsep adsorpsi secara kimia menerangkan bahwa

setelah tertutup dengan lapisan tunggal maka permukaan menjadi jenuh, adsorpsi selanjutnya hanya terjadi diatas lapisan yang ada dan biasanya berupa adsorpsi sisik.

Proses adsorpsi merupakan salah satu perpindahan massa yang melibatkan kontak antara fluida (cair atau gas) dengan fasa padat dengan arah perpindahan massa dari fluida ke permukaan padatan. Proses pengeringan dan leaching merupakan kebalikan proses adsorpsi, yaitu dengan arah perpindahan massa masing-masing dari fasa padat ke fasa gas dan fasa cair. Pada dasarnya, peralatan yang digunakan untuk proses adsorpsi antara fasa gas atau cair dengan fasa padat juga dapat digunakan untuk proses pengeringan dan *leaching*. Sebagai contoh, telah dikembangkan peralatan adsorpsi antara fasa gas atau cair pada permukaan fasa padat yang berlangsung secara kontinu, tetapi masih relative sedikit penggunaannya dalam proses pengeringan. Begitu juga, peralatan *leaching* yang beroperasi secara kontinu antara fasa cair dan fasa padat, jarang digunakan untuk proses adsorpsi cairan.

Mekanisme proses adsorpsi pada dasarnya adalah cukup kompleks. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan berbagai tipe adsorpsi. Berbagai jenis adsorpsi melibatkan peristiwa fisika maupun kimia. Adsorpsi terhadap zat pengotor atau zat organik ke permukaan karbon aktif dapat digolongkan sebagai adsorpsi fisik. Proses adsorpsi kimia, umumnya terbatas pada berbagai ikatan kimia antara atom-atom atau molekul pada permukaan zat padat. Peristiwa tersebut disertai dengan perpindahan ion yang dikenal dengan proses pertukaran ion (*ion exchange*) (Cabe, 1976).

Adsorpsi ada dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisika, adsorpsi disebabkan gaya van der Waals yang ada pada permukaan adsorbens. Panas adsorpsi fisika biasanya rendah dan lapisan yang terjadi pada adsorpsi fisika biasanya rendah dan lapisan yang terjadi pada permukaan adsorbens biasanya lebih dari satu molekul. Pada Adsorpsi kimia, terjadi reaksi antara zat yang diserap dan adsorbens. Lapisan molekul pada permukaan adsorben hanya satu lapis panas adsorpsinya tinggi. Dalam hal-hal

tertentu, gas diserap dalam keadaan utuh pada permukaan adsorben. Dalam keadaan lain, seperti hidrogen pada permukaan Pt hitam, molekulnya terpecah menjadi atom-atom. Akibat dari hal ini ialah hidrogen menjadi aktif sekali, karena itu Pt selalu dipakai sebagai katalisator untuk reaksi-reaksi dengan hidrogen

### **Adsorpsi Fisika**

Berbagai ciri adsorpsi fisika antara lain meliputi hal berikut ini.

- a. Gas terkondensasi pada permukaan padatan pada tekanan relative rendah dan pada temperatur yang bersangkutan.
- b. Panas kondensasi harganya lebih besar bila dibandingkan terhadap panas penguapan (*latent*).
- c. Proses dapat berlangsung secara *reversible* (dapat balik).
4. Temperatur adsorpsi relative rendah.

### **Adsorpsi Kimia**

Berbagai ciri adsorpsi kimia antara lain meliputi hal berikut ini.

- a. Gaya adsorpsi dikenal sebagai *activated adsorption*.
- b. Panas reaksi yang dibebaskan, umumnya relative lebih besar bila dibandingkan terhadap panas adsorpsi fisika.
- c. Proses yang berlangsung tidak *reversible* dan berlaku untuk semua gas.
- d. Gaya adhesif harganya jauh lebih besar bila dibandingkan terhadap adsorpsi fisik.
- e. Laju adsorpsi relative cepat dan digunakan untuk berbagai reaksi kimia yang melibatkan katalis.

### 2.4.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Menurut Orthman (2000), secara umum adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

a. Adsorben

Tiap jenis adsorben mempunyai karakteristik tersendiri. Adsorben yang baik untuk mengadsorpsi zat yang satu belum tentu baik untuk mengadsorpsi zat yang lain.

b. Adsorbat

Adsorbat berupa zat elektrolit maupun non elektrolit. Untuk zat elektrolit adsorpsinya besar, karena mudah mengion sehingga antara molekul-molekul saling tarik-menarik, untuk zat non elektrolit adsorpsinya kecil karena tidak mengalami ionisasi.

c. Luas Permukaan Adsorben

Proses adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan efektif antara partikel itu akan meningkat dengan meningkatnya luas permukaan. Jadi, semakin luas permukaan adsorben maka adsorpsi akan semakin besar sebab kemungkinan adsorbat untuk diadsorpsi juga semakin besar. Jadi semakin halus suatu adsorben maka adsorpsinya akan semakin besar (Ghozali, 1996)

### 2.4.2 Penerapan Proses Adsorpsi

Adsorpsi gas oleh zat padat, digunakan pada gas masker. Alat ini berisi arang halus, yang berfungsi menyerap gas-gas yang tidak diinginkan, misalnya gas racun. Arang halus yang juga dipakai untuk membuat vakum dengan temperatur yang rendah, dapat dibuat vakum sampai  $10^{-4}$  mm.

Zat-zat berwarna yang terdapat dalam gula, cuka dan minyak goreng dihilangkan dengan arang. Proses dekolorisasi ini banyak dipakai di dalam pabrik-pabrik. Adsorpsi cairan gas sangat penting pada pembentukan dan stabilitas busa. Busa adalah gelembung-gelembung gas yang diliputi oleh cairan.

Busa dari CO<sub>2</sub> dengan air dapat distabilkan dengan saponin atau ekstrak kayu manis, dan ini penting untuk pembuatan isi dari pemadam api.

Analisis kromatografi, berdasarkan adsorpsi selektif oleh adsorbens. Bila beberapa zat dapat larut dalam suatu pelarut, komponen-komponen dalam larutan dapat dipisahkan dengan menuangkan larutan ini melalui adsorben tertentu, seperti alumina, magnesium oksida, serbuk gula, arang dan sebagainya. Adsorben dipakai diletakkan dalam kolom dari gelas dan larutan yang akan dipisahkan dituangkan dari atas. Zat yang mudah diserap, akan terdapat di bagian bawah. Dengan pelarut yang cocok, bagian-bagian zat yang diserap adsorben dapat dilarutkan kembali, hingga masing-masing zat dapat dipisahkan.

### 2.4.3 Adsorben

Padatan yang berfungsi untuk mengadsorpsi dikenal sebagai adsorben. Adsorben tersebut dapat berbentuk serbuk (*powder*) atau butiran (*granular*) dan penggunaannya tergantung operasi yang akan dilakukan. Pada umumnya, partikel adsorben tersebut berdiameter antara 0.005 cm hingga 1.27 cm. Pemakaiannya antara lain adalah untuk mengadsorpsi berbagai zat pengotor yang umumnya meliputi zat-zat organik, bau dan warna, koloid dan senyawa nitrit yang berada di dalam fluida cair. Selain itu, juga dapat digunakan untuk mengadsorpsi suatu gas yang tidak dikehendaki yang berada di dalam campuran gas.

Salah satu faktor yang penting dalam proses adsorpsi adalah luas permukaan adsorben per satuan berat adsorben. Bila dibandingkan terhadap ukuran partikel, luas permukaan internal pada pori-pori partikel lebih berpengaruh pada proses adsorpsi. Biasanya, pori-pori berukuran sangat kecil yaitu berdiameter hanya beberapa molekul saja, tetapi menyediakan sejumlah besar luas permukaan adsorpsi. Sebagai contoh, *charcoal* (arang) yang dapat mengadsorpsi gas, mempunyai luas permukaan sekitar 100.000 m<sup>2</sup>/kg adsorben.

Adsorben padat yang baik adalah yang porositasnya tinggi seperti Pt halus, arang dan silika gel. Permukaan zat ini sangat halus sehingga adsorpsi dapat

terjadi pada banyak tempat. Namun demikian, adsorpsi dapat terjadi pada permukaan yang halus seperti gelas atau platina.

Adsorpsi gas oleh zat padat ditandai oleh peristiwa sebagai berikut :

- a. Adsorpsi bersifat selektif, artinya suatu adsorben dapat menyerap banyak sekali suatu gas tetapi tidak menyerap gas-gas tertentu.
- b. Adsorpsi terjadi sangat cepat, hanya kecepatan adsorpsi makin berkurang dengan makin banyaknya gas yang diserap
- c. Jumlah gas diserap tergantung temperatur kritis, makin jauh jarak antara temperatur penyerapan dari temperatur kritis, makin sedikit jumlah gas yang diserap.
- d. Adsorpsi tergantung dari luas permukaan adsorbens, makin porous adsorben makin besar daya adsorpsinya
- e. Adsorpsi tergantung jenis adsorben dan pembuatan adsorbens. Silika gel yang dibuat dengan berbagai cara, mempunyai daya serap yang berbeda pula.
- f. Jumlah gas yang diadsorpsi persatuan berat adsorbens tergantung tekanan parsial gas, makin besar tekanan makin banyak pula gas yang terserap. Namun demikian, bila penyerapan telah jenuh, tekanan tidak berpengaruh
- g. Adsorpsi merupakan proses reversibel. Bila tidak terjadi reaksi kimia, penambahan tekanan menyebabkan penambahan adsorpsi dan pengurangan tekanan menyebabkan pelepasan daya yang diserap.

Beberapa partikel padatan adsorben yang penting dan secara komersial telah banyak digunakan dalam berbagai industry meliputi antara lain seperti berikut ini.

- a. *Fuller earth*, yaitu sejenis tanah liat alam yang merupakan mineral alam dan mengandung aluminium silikat, magnesium silikat. Biasanya, digunakan untuk menghilangkan warna, netralisasi pada industri minyak nabati dan hewani dan pengeringan pada industri petroleum

(*lubricating*), minyak kerosin, diesel dan gasoline). Untuk regenerasi adsorben dapat dilakukan dengan cara pencucian dan pemanasan untuk menghilangkan berbagai senyawa organik yang terakumulasi di permukaan adsorben.

- b. *Activated clay*, yaitu sejenis bentonit atau tanah liat, akan aktif bila sebelum digunakan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Umumnya digunakan untuk menghilangkan warna pada industri petroleum. pemanasan pada temperature antara 450-1500<sup>0</sup>F.
- c. Bouksit, yang membentuk senyawa alumina hidrat, yang diaktifkan dengan Biasanya digunakan untuk penghilangan warna dan pengeringan produk petroleum.
- d. Alumina, yang membentuk senyawa alumina oksida hidrat, dan dapat diaktifkan dengan cara pemanasan dan umumnya digunakan untuk pengeringan gas atau cairan.
- e. *Bone-char*, berbentuk arang yang telah dikeringkan pada suhu 1100-1600<sup>0</sup>F dan digunakan untuk pemurnian gula.
- f. *Decolorizing carbon*, campuran antara bahan-bahan alam dengan campuran senyawa organik dan anorganik seperti CaCl<sub>2</sub>. Seringkali zat ini digunakan untuk menghilangkan zat warna yang berada didalam larutan gula dan industri kimia lainnya.
- g. *Silica gel*, digunakan untuk pengeringan dan pemurnian gas dan pemurnian petroleum distilat. Silika gel merupakan adsorben yang paling banyak dipakai untuk menyerap zat-zat dalam larutan. Zat ini banyak dipakai di pabrik untuk menghilangkan kadar air dalam udara. Penyerapan dari larutan, mirip dengan penyerapan gas oleh zat padat. Penyerapan bersifat selektif, yang diserap hanya zat terlarut dan pelarut. Bila dalam larutan ada dua zat atau lebih, zat yang satu akan terserap lebih kuat dari yang lain.

- h. *Molecular sieve*, yaitu sejenis zeolit sintetis atau logam alumino silikat yang umumnya digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan kadar air (dehidrasi) yang terdapat di berbagai gas atau cairan.

Proses adsorpsi juga dapat digunakan untuk memisahkan campuran yang relative sulit dipisahkan dengan cara distilasi, ekstraksi dan kristalisasi. Pada dasarnya, proses adsorpsi akan melibatkan berbagai tahap sebagai berikut.

- a. Kontak antara fluida dengan padatan adsorben. Pada tahap ini terjadi adsorpsi fluida ke permukaan padatan adsorben, dan fluida yang diadsorpsi disebut sebagai adsorbat.
- b. Pemisahan fluida yang tidak mengalami adsorpsi.
- c. Regenerasi adsorben.

Selain itu, juga diperlukan persyaratan lain, yaitu zat yang mengadsorpsi (adsorben) umumnya berada pada keadaan stationer, sehingga terjadi kontak antara adsorbat dan adsorben. Bila dilihat dari mekanisme peristiwa adsorpsi diatas, proses yang terjadi hamper mendekati proses ekstraksi. Pada ekstraksi, perpindahan massa berlangsung dari fasa padat atau fasa cair ke fasa cair, sedangkan pada adsorpsi, perpindahan massa berlangsung sebaliknya, yaitu dari fasa cair ke permukaan fasa padat. Gas dan uap juga dapat mengalami kebalikan dari proses adsorpsi, yaitu proses desorpsi bila operasi berlangsung dengan mengurangi tekanan dan menaikkan temperature antara adsorben dan adsorbat (Cook, 1980).

## 2.5 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Limbah padat Pabrik dari pembakaran batubara berupa abu mengandung banyak silika. Tabel 1 berikut menyajikan komposisi abu sawit yang berasal dari pembakaran batubara [Pratama Y Dkk, 2007]. Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 1, abu batubara mengandung banyak silika, mencapai  $\pm 60\%$ .

Tabel 1 Komposisi Kimia Abu Terbang (% berat)

Komponen	Bituminous	Subituminous	Lignite
SiO <sub>2</sub>	20 – 60 %	40 – 60 %	15 – 45 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5 – 35 %	20 – 30 %	10 – 25 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10 – 40 %	4 – 10 %	4 – 15 %
CaO	1 – 12 %	5 – 30 %	15 – 40 %
MgO	0 – 5 %	1 – 6 %	3 – 10 %
SO <sub>3</sub>	0 – 4 %	0 – 6 %	0 – 10 %
Na <sub>2</sub> O	0 – 4 %	0 – 2 %	0 – 6 %
K <sub>2</sub> O	0 – 3 %	0 – 4 %	0 – 4 %
LOI	0 – 15 %	0 – 3 %	0 – 5 %

Sumber: Pratama Y Dkk, 2007

### 2.5.1 Abu (*Ash*)

Abu adalah zat anorganik dari sisa hasil pembakaran suatu bahan organik. Penentuan kadar abu ada hubungannya dengan mineral suatu bahan. Mineral yang terdapat dalam bahan pangan terdiri dari 2 jenis garam, yaitu garam organik misalnya asetat, pekat dan mallat. Sedangkan garam anorganik, misalnya karbonat, fosfat, sulfat dan nitrat. Proses untuk menentukan jumlah mineral sisa pembakaran disebut pengabuan.

Kandungan dan komposisi abu atau mineral pada bahan tergantung dari jenis bahan dan cara pengabuan (Sudarmaji, 2003).



Gambar 1. Abu Terbang

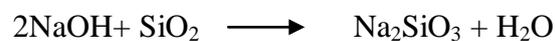
### 2.5.2 Bottom Ash

*Bottom Ash* mempunyai ukuran partikel yang lebih besar dan lebih berat dari *fly ash* akan terpisah dan terkumpul pada penampung debu (ash hopper) lalu dikeluarkan dengan cara disemprot dengan air kemudian dibuang.

## 2.6 Natrium Hidroksida (NaOH)

Sepanjang sejarah industri kimia, persediaan Natrium Hidroksida NaOH, soda kaustik, Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air.

Pada saat silika ( $\text{SiO}_2$ ) bereaksi dengan natrium karbonat akan membentuk reaksi kimia :



Selain itu Natrium Hidroksida memiliki sifat fisika dan kimia antara lain:

Tabel 2. Sifat Fisik dan Kimia NaOH

SIFAT FISIKA dan KIMIA	
Rumus molekul	NaOH
Bentuk	Solid
Penampilan	Putih
Bau	Tidak berbau
Titik Lebur	318 <sup>0</sup>
Titik Didih	1388 <sup>0</sup> C

*Sumber : Citut, 2014*

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 lebih tinggi daripada temperature pembakarannya. Kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. Abu terbang cangkang kelapa sawit terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Abu terbang berwarna abu-abu keputihan dengan ukuran butir sangat halus (Welveni, 2010).

## 2.7 Asam Klorida (HCl)

Seperti disebutkan dalam pendahuluan, asam klorida adalah asam kuat, dan terbuat dari atom hidrogen dan klorin. Atom Hidrogen dan klorin berpartisipasi dalam ikatan kovalen, yang berarti bahwa hidrogen akan berbagi sepasang elektron dengan klorin. Ini ikatan kovalen hadir sampai air ditambahkan ke HCl. Setelah ditambahkan ke dalam air, HCl akan terpisah menjadi ion hidrogen (yang positif dan akan melakat pada molekul air) dan ion klorida (yang negatif).

HCl bening dan tidak berwarna ketika ditambahkan ke air. Namun, asam klorida memiliki bau yang kuat, dan mengandung rasa asam yang khas dari

kebanyakan asam. Asam klorida mudah larut dalam air pada semua konsentrasi, dan memiliki titik didih sekitar 110 derajat Celcius.

Asam klorida bersifat korosif, yang berarti akan merusak dan mengikis jaringan biologis bila tersentuh. Selanjutnya, HCl dapat menyebabkan kerusakan besar internal jika terhirup atau tertelan. Untuk alasan ini, disarankan bahwa seseorang yang menangani HCl harus menggunakan sarung tangan, kacamata, dan masker saat bekerja dengan asam ini.

## 2.8 Silika ( $\text{SiO}_2$ )

Silikon dioksida atau silika adalah salah satu senyawaan kimia yang paling umum. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Dalam kuarsa terdapat heliks sehingga terbentuk kristal enansiomorf. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan-ikatan dan energi pengaktifannya tinggi. Silika relatif tidak reaktif terhadap  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$ , asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu  $25^\circ\text{C}$  atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh  $\text{F}_2$ , HF aqua, hidroksida alkali dan leburan-leburan karbonat (Cotton, 1989)

Bentuk-bentuk silika merupakan beberapa struktur kristal yang penting bukan saja karena silika merupakan zat yang melimpah dan berguna, tetapi karena strukturnya ( $\text{SiO}_4$ ) adalah unit yang mendasar dalam kebanyakan mineral. Kristal silika memiliki dua ciri utama yaitu:

1. Setiap Atom Silikon Berada Pada Pusat Suatu Tetrahedron Yang Terdiri Dari Empat Atom Oksigen.
2. Setiap Atom Oksigen Berada Ditengah-Ditengah Antara Dua Atom Silikon (Keenan, 1992).

Tabel 3. Sifat Fisika Silika

Sifat Fisika	
Nama IUPAC	: Silikon Dioksida
Nama lain	: Kuarsa, silika, silikat dioksida, silicon (IV) oksida
Rumus molekul	: SiO <sub>2</sub>
Massa molar	: 60,08 g mol <sup>-1</sup>
Penampilan	: Kristal Transparan
Titik Lebur	: 1600-1725 °C
Titik didih	: 2230 °C

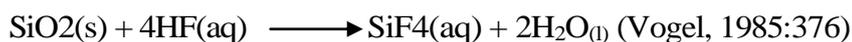
*Sumber : Anonim, 2012*

### Sifat Kimia

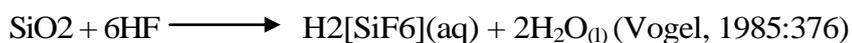
Mineral silika mempunyai berbagai sifat kimia antara lain sebagai berikut :

#### a. Reaksi Asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidroflluorida dan asam fospat.



Dalam asam berlebih reaksinya adalah:



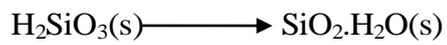
#### b. Reaksi basa

Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama dengan basa kuat, seperti dengan hidroksida alkali.



Secara komersial, silika dibuat dengan mencampur larutan natrium silikat dengan suatu asam mineral. Reaksi ini menghasilkan suatu dispersi pekat yang akhirnya memisahkan partikel dari silika terhidrat, yang dikenal sebagai

silika hidrosol atau asam silikat yang kemudian dikeringkan pada suhu 110°C agar terbentuk silika gel. Reaksi yang terjadi :



Tabel 4. Sifat Fisik HCl

Sifat Fisik	
Rumus molekul	HCl
Bentuk	Cairan
Penampilan	Bening
pH	1
Titik Didih	110 <sup>0</sup> C
Titik Lebur	-27,32 <sup>0</sup> C
Kelarutan	Tercampur Penuh
Densitas	1,18 g/cm <sup>3</sup>
Berat Molekul	36,46 g/mol

Sumber :demoln, 2012

**Spesifikasi Silika Gel**

Sesuai dengan persyaratan standar teknis untuk lembaga inspeksi nasional seperti JIS 0701.

Tabel spesifikasi silika gel

item tes :	spesifikasi :
butir diameter ( mm ) :	2,0-5,0 ( sesuai kebutuhan )
ph :	5.0
pori volume ( ml / g ) :	0.36
av . pori diameter ( mm ) :	22
adsorpsi kelembaban :	
rh = 20%	9.0% - 11.5%
rh = 40%	21.0% - 22.0%
rh = 90%	34.0% - 35.0%