

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit merupakan limbah padat yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar industri dan sisa pembakaran tersebut mengandung banyak kandungan silika. Kandungan silika pada cangkang kelapa sawit sebesar 58,02% (Herman, dkk., 2018). Cangkang digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada penggilingan minyak sawit. Setelah pembakaran dalam katel uap akan dihasilkan 5% abu (*oil palm ash*) dengan ukuran butiran yang halus. Bentuk cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit memiliki beberapa kandungan unsur kimia di dalamnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Kandungan Unsur	Persen (%)
SiO_2	58,02
Al_2O_3	8,7
Fe_2O_3	2,6
CaO	12,65
MgO	4,23
Na_2O	0,41
K_2O	0,72
H_2O	1,97

(Sumber : Herman, dkk., 2018)

Abu cangkang kelapa sawit adalah abu yang telah mengalami proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang pada suhu 300-500 °C. Abu hasil pembakaran ini biasanya hanya dibuang di dekat pabrik sebagai limbah padat dan tidak dimanfaatkan (Rahman, dkk., 2017). Abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan utama silikon oksida (SiO_2) yang memiliki sifat reaktif dan aktivitas pozzolanik yang baik yang dapat beraksi menjadi bahan yang keras dan kaku. Kandungan silika yang tinggi pada abu cangkang kelapa sawit bisa dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan silika gel.

Bentuk abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Abu cangkang kelapa sawit memiliki beberapa komposisi unsur di dalamnya. Data sekunder komposisi unsur abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Data Sekunder Komposisi Unsur pada Abu Cangkang Kelapa Sawit

Komposisi Unsur	Abu Cangkang (%)
Silika (SiO_2)	61
Kalium (K)	7,5
Natrium (Na)	1,1
Kalsium (Ca)	1,5
Klor (Cl)	2,8
Karbonat (CO_3)	1,9
Nitrogen (N)	0,05
Posfat (P)	0,9

(Sumber : Sentosa, 2005)

2.2 Serabut Kelapa Sawit

Serabut kelapa sawit atau sering disebut *fiber* merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit (Wirman, dkk., 2016). *Fiber* diperoleh dari proses pengempaan yang dilakukan di stasiun kempa. Mesocarp kelapa sawit mengalami pengempaan dan pencacahan di *cake breaker conveyer* (CBC) kemudian dihisap menggunakan alat *depericarper* untuk memisahkan *fiber* dengan cangkang kelapa sawit. *Fiber* dibawa dan ditampung di *fiber cyclone*. *Fiber* biasanya pada industri pengolahan kelapa sawit digunakan sebagai bahan bakar boiler. Diketahui untuk 1 ton tandan buah segar (TBS) kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah serabut 13% atau 130 kg (Susanto, dkk., 2017). Bentuk serabut kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Serabut Kelapa Sawit

Abu serabut kelapa sawit merupakan limbah dari sisa pembakaran serabut kelapa sawit di dalam dapur atau tungku pembakaran (boiler) dengan suhu 7000 °C sampai dengan 8000 °C (Elhusna, dkk., 2013). Abu serabut kelapa sawit juga memiliki kandungan SiO_2 yang tinggi sehingga juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan silika gel. Bentuk abu serabut kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Abu Serabut Kelapa Sawit

Data sekunder komposisi unsur abu serabut kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Data Sekunder Komposisi Unsur pada Abu Serabut Kelapa Sawit

Komposisi Unsur	Abu Serabut (%)
Silika (SiO ₂)	59,1
Kalium (K)	9,2
Natrium (Na)	0,5
Kalsium (Ca)	4,9
Klor (Cl)	2,5
Karbonat (CO ₃)	2,6
Nitrogen (N)	0,04
Posfat (P)	1,4

(Sumber : Sentosa, 2005)

2.3 Silika Gel (SiO₂.xH₂O)

Silika gel merupakan sebuah material yang dikenal karena stabilitas termal dan kimianya yang tinggi, selektivitas dan ketahanan yang baik, dan dapat digunakan berulang kali sehingga lebih menguntungkan secara ekonomi. Silika gel bersifat *inert*, tidak beracun, tidak mudah terbakar, dan tidak menimbulkan reaksi kimia ketika menyerap uap air (Yuanita, 2020).

Berikut merupakan sifat fisika dan kimia silika gel, yaitu :

a. Sifat Fisika

Rumus Kimia : SiO

Nama IUPAC : Silikon dioksida

Berat molekul : 60,08 g/mol (+ xH₂O)

Bentuk : Bubuk berwarna putih

pH (rata-rata) : 3-8,5

Titik didih (rata-rata) : 223 °C

Titik lebur (rata-rata) : 161 °C

b. Sifat Kimia

- Reaksi dengan Asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidrofiorida dan asam fosfat.

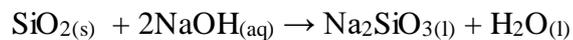
Reaksi Silika dengan Asam Hidrofiorida :



- Reaksi dengan Basa

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

Reaksi Silika dengan Natrium Hidroksida :



Silika gel banyak digunakan pada industri kimia, salah satu kegunaan silika pada industri kimia adalah sebagai adsorben logam yang cukup efektif. Silika gel juga dapat digunakan kembali juga, uap air yang terkandung di dalamnya dapat dihilangkan kembali dengan cara dipanaskan (Yuanita, 2020).

Jenis-jenis silika gel dari cara pembuatannya terdapat 3 jenis, yaitu :

1. Silika Hidrogel, yaitu silika yang struktur porinya terisi oleh air (Wahyudi, dkk., 2020).
2. Silika Xerogel, yaitu jenis silika gel di mana kandungan cairan dihilangkan dengan mengubah struktur gel atau xerogel lebih dikenal sebagai silika gel kering, diperoleh dari proses pengeringan silika gel (Wahyudi, dkk., 2020).
3. Silika Aerogel, yaitu termasuk dalam jenis silika xerogel, namun perbedaannya kandungan cairan dihilangkan tanpa mengubah struktur gel saat cairan dihilangkan (Margareta, dkk., 2017).

Pada umumnya, silika gel digunakan sebagai desikan pada produk makanan dan non makanan (Yuanita, 2020). Desikan merupakan suatu bahan atau zat yang dapat menyerap uap air. Ada beberapa jenis desikan seperti silika gel, zeolit, membran molekuler, alumina aktif, karbon, dan polimer sintetik (Katejanekarn, dkk., 2014).

Silika dapat ditemukan di alam pada beberapa bahan alam, seperti pasir kuarsa, gelas, dan sebagainya. Silika sebagai senyawa yang terdapat di alam berstruktur kristalin, sedangkan sebagai senyawa sintesis adalah berstruktur amorf.

Silika gel merupakan salah satu bahan kimia berbentuk padatan yang banyak dimanfaatkan sebagai adsorben (Sulastri, dkk., 2010).

Potensi sumber daya alam sebagai sumber silika telah banyak diteliti dan diketahui. Contohnya pada abu sekam padi mengandung silika sebesar 80-95 % (Sharifnasab, dkk., 2017), abu vulkanik Sinabung sebesar 45,76 % (Latif, dkk., 2016), dan pasir kuarsa sebanyak 98 % (Boulus, dkk., 2017). Selama ini pasir kuarsa merupakan bahan baku yang selalu digunakan dalam memproduksi silika, tetapi dalam proses pengolahan pasir kuarsa dibutuhkan temperatur yang cukup tinggi, biaya yang mahal, dan proses yang rumit.

Umumnya silika gel ini dapat menyerap kelembapan udara sampai 40% dari berat yang dimiliki silika gel. Kemudian silika gel memiliki porositas sekitar 38-48%. Apabila gel silika jenuh dengan air atau dengan kata lain ketika silika gel sudah mengandung air yang banyak, maka silika harus dikeringkan atau diregenerasi dengan menggunakan pemanasan sampai suhu 150 °C. Silika gel memiliki luas area permukaan sekitar 600 m²/g - 800 m²/g (Nikmawati, 2020).

2.4 Silika Gel Terimobilisasi

Terimobilisasi atau biasa disebut modifikasi artinya yaitu dilekatkan (Sumo, dkk., 1993). Modifikasi permukaan silika gel berhubungan dengan keseluruhan proses yang bertujuan untuk mengubah komposisi kimia pada permukaan. Proses modifikasi adalah dengan mengubah gugus -Si-OH menjadi -Si-OM, di mana M adalah beberapa spesies baik sederhana ataupun kompleks selain H. Modifikasi akan mempengaruhi secara signifikan terhadap proses adsorpsi.

Menurut Sulastri, dkk. (2010), berdasarkan jenis senyawa yang digunakan, modifikasi silika gel dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu organofungsionalisasi jika zat pemodifikasinya adalah gugus organik dan anorganofungsionalisasi jika gugus yang terikat pada permukaan adalah senyawa organologam atau oksida logam. Dinyatakan juga bahwa permukaan silika gel dapat dimodifikasi dengan perlakuan fisik (*physical treatment*) atau dengan perlakuan kimia (*chemical treatment*). Perlakuan fisik dapat berupa proses termal atau hidrotermal, yang bertujuan untuk mengubah perbandingan konsentrasi gugus

silanol dan siloksan. Modifikasi dengan perlakuan kimia bertujuan mengubah karakteristik permukaan silika gel.

Modifikasi gugus fungsi pada permukaan silika gel dapat dilakukan dengan berbagai teknik antara lain (Sulastri, dkk., 2010) :

1. Melalui Impregnasi

Impregnasi berkaitan dengan adanya interaksi fisik antara bahan pemodifikasi dengan permukaan padatan, baik dengan cara memasuki pori padatan atau dengan interaksi adhesif atau elektrostatik. Proses impregnasi ini preparasinya mudah. Namun demikian proses ini bukanlah cara yang sesuai untuk adsorpsi yang dilakukan dalam medium air, terutama jika digunakan molekul organik yang larut dalam proses pelarutan. Pada proses impregnasi ikatan yang terjadi merupakan ikatan fisik sehingga tidak dapat digunakan berulang – ulang karena ligan kurang stabil dan dapat mudah lepas kembali.

2. Modifikasi dengan Pembentukan Ikatan Kovalen

Tekniknya dapat dilakukan dengan berbagai proses, antara lain proses imobilisasi pereaksi silan dan proses sol-gel. Molekul-molekul organik yang akan membentuk khelat dengan ion biasanya terikat pada permukaan silika melalui proses silanisasi yang melibatkan pembentukan ikatan kovalen. Meskipun demikian beberapa gugus pembentuk khelat dengan ion tidak mengandung gugus fungsi yang reaktif dan sesuai untuk proses silanisasi pada permukaan. Apabila dijumpai keadaan ini, maka perlu adanya senyawa pendukung atau penghubung, yaitu pereaksi silan. Proses silanisasi ini dilakukan terhadap silika gel, biasanya dilakukan dalam suasana non air.

2.5 Difenilkarbazon ($C_{13}H_{12}N_4O$)

Difenilkarbazon berperan sebagai ligan yang bersifat polidentat (zat pengkelat) yang dapat menyumbangkan dua atau lebih pasangan elektron bebas dalam pembentukan ikatan dengan logam (Sudiarta, dkk., 2013).

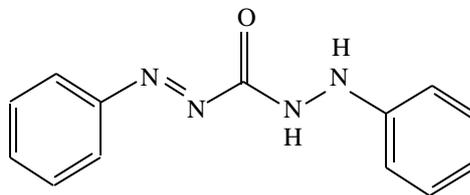
Agen pengkelat (*chelating agent*) adalah suatu komponen yang dapat membentuk kompleks dengan cara bereaksi dengan ion logam atau alkali. Kompleks yang terbentuk terdiri dari ikatan molekul yang tersusun oleh ikatan ion logam tunggal (ligand) (Aini, 2017).

Bentuk padat difenilkarbazon ($C_{13}H_{12}N_4O$) dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk Padat Difenilkarbazon ($C_{13}H_{12}N_4O$)

Struktur molekul difenilkarbazon ($C_{13}H_{12}N_4O$) dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur Molekul Difenilkarbazon ($C_{13}H_{12}N_4O$)

Berikut merupakan sifat fisika dan kimia difenilkarbazon, yaitu :

a. Sifat Fisika

Rumus Kimia : $C_{13}H_{12}N_4O$

Berat molekul : 240,27 g/mol

Titik lebur (rata-rata) : 153 - 158 °C

(Nikmawati, 2020).

Nama lain : 1,5-Difenilkarbazon

Bentuk : Bubuk

Warna : Jingga

Densitas : 380 kg/m³

(Merck Indonesia, 2017).

b. Sifat Kimia

Sifat difenilkarbazon tidak larut dalam air dan asam mineral encer tetapi larut dalam ammonia (Nikmawati, 2020). Difenilkarbazon juga dapat digunakan sebagai reagen untuk analisis (Merck Indonesia, 2017).

2.6 Silika Gel Terimobilisasi Difenilkarbazon

Silika gel umumnya memiliki bentuk silika amorf. Silika amorf ini terbentuk karena adanya globula-globula yang dihasilkan dari silika tetraoksida (SiO_4) yang berbentuk susunan tetrahedral secara teratur dan akan menghasilkan bentuk kerangka tiga dimensi yang lebih besar yaitu sekitar 1 μm sampai 25 μm . Silika gel memiliki rumus kimia yaitu $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ dan umumnya satuan dari mineral silika gel mempunyai struktur yang mengandung kation Si^{4+} . Dari kandungan kation Si inilah yang akan bereaksi secara tetrahedral dengan anion O^{2-} (Sholikha, dkk., 2010).

Silika gel dapat terbentuk dari penggumpalan sol natrium silikat (NaSiO_2). Hal ini disebabkan karena sol yang dihasilkan memiliki bentuk yang mirip dengan agar-agar, selanjutnya sol ini akan didehidrasi sampai bentuk yang tadinya berupa agar-agar berubah menjadi padatan ataupun butiran yang memiliki kemiripan seperti kaca yang bersifat tidak elastis. Sifat inilah yang menyebabkan silika gel dapat dimanfaatkan sebagai pengering, penopang katalis dan zat penyerap. Hal ini disebabkan karena silika gel dapat menjadi produk yang dapat menyerap lembab tanpa mengubah kondisi zat yang dimiliki, sehingga walaupun silika gel ditekan atau dipegang butiran silika gel akan tetap kering (Handayani, dkk., 2015).

Silika gel terimobilisasi difenilkarbazon pada 1 mmol dari hasil uji kualitatif menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), keberhasilan pembuatannya dilihat melalui perubahan serapan pada spektrum yang lebih mendekati bilangan gelombang Si-O-Si yaitu $\pm 1050 \text{ cm}^{-1}$ (Nikmawati, 2020). Menurut Nandiyanto, dkk. (2019), gugus fungsi Si-O-Si terdapat di antara bilangan gelombang 1095-1020 cm^{-1} .

2.7 Metode Sol-Gel

Metode sol-gel merupakan teknik sintesis untuk larutan pada temperatur rendah untuk pembuatan padatan non-kristalin (kaca dan material seperti kaca) dan kristal keramik. Proses sol-gel melibatkan dua tahap, yaitu pembentukan sol dan gel. Sol adalah suspensi koloid partikel padat dalam fasa cair melalui reaksi hidrolisis dan polimerisasi dari prekursor tertentu. Dengan kata lain, sol merupakan dispersi stabil dari partikel koloid atau polimer dalam sebuah pelarut. Partikel bisa

dalam bentuk *amorf* atau kristalin. Gel adalah zat yang memiliki pori yang semi-rigid yang terdiri atas jaringan kontinyu dalam tiga dimensi. Gel dapat terbentuk dari rantai polimer. Interaksinya memiliki sifat kovalen dan tidak dapat balik (*irreversible*). Kristalinitas produk akhir didapat setelah menghilangkan pelarut atau residual lainnya dari porinya melalui proses pengeringan (*drying*) atau kalsinasi (*annealing*). Hal itu tergantung pada kondisi eksperimen yang digunakan (Elma, 2016).

Metode sol-gel didasarkan pada molekul prekursor yang dapat mengalami hidrolisis yang pada umumnya merupakan alkoksida logam atau semi logam. Prinsip dasar metode sol-gel adalah hidrolisis dan kondensasi molekul dari larutan prekursor. Molekul prekursor akan terhidrolisis dengan penambahan sejumlah tertentu air atau pelarut organik seperti metanol atau etanol dan mengalami hidrolisis membentuk gugus silanol Si-OH sebagai intermediet. Gugus silanol ini kemudian terkondensasi membentuk gugus siloksan Si-O-Si (Sholikha, dkk., 2010). Reaksi hidrolisis dan kondensasi ini terus berlanjut sehingga viskositas larutan meningkat dan terbentuk gel (Brinker dan Scherer, 1990).

