

**PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI DALAM
PEMBUATAN SILIKA GEL**

SKRIPSI

Oleh

AJI PRIOMBODO
0404060055



**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI DALAM
PEMBUATAN SILIKA GEL**

SKRIPSI

Oleh

AJI PRIOMBODO
0404060055



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul,

PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN SILIKA GEL

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 11 Juli 2008

Aji Priombodo

0404060055

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul,

PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN SILIKA GEL

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi.

Depok, 11 Juli 2008

Dosen Pembimbing,

Ir. Tilani H.S., M.Si.

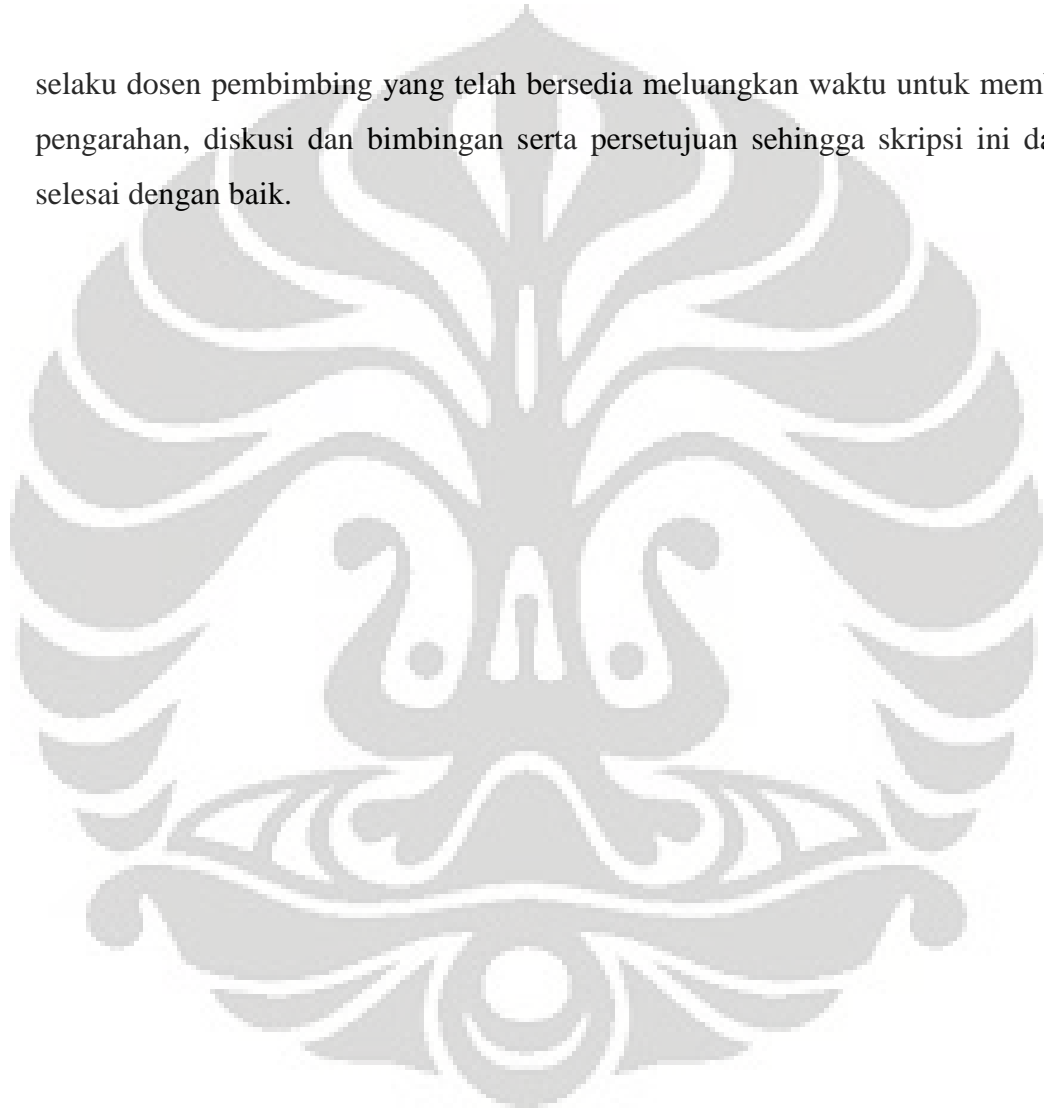
NIP 130 700 698

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Ir. Tilani H.S., M.Si.

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



ABSTRAK

Aji Priombodo
0404060055

Dosen Pembimbing :
Ir. Tilani H.S., M.Si.

Departemen Teknik Kimia

PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN SILIKA GEL

Silika (SiO_2) adalah material yang berdaya guna tinggi, aplikasinya sangat luas baik dalam kegiatan industri maupun kehidupan sehari – hari. Salah satunya sebagai silika gel yaitu untuk mengurangi kelembaban udara. Pada umumnya silika gel dibuat dengan melebur pasir kuarsa dengan sodium karbonat pada suhu $1300\text{ }^\circ\text{C}$. Proses ini sangat boros energi dan menimbulkan masalah lingkungan akibat eksploitasi pasir kuarsa yang terus – menerus karena tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu diperlukan sumber silika baru yang mudah didapat dan dapat diperbaharui. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa abu sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi (berada pada kisaran 90 %). Hal ini memungkinkan sekam padi untuk menjadi sumber silika baru pengganti kuarsa. Indonesia memiliki potensi besar dengan alternatif ini, karena pada tahun 2006 produksi gabah kering giling Indonesia mencapai lebih dari 54,4 juta ton. Dari sini setidaknya Indonesia memproduksi paling sedikit 10 juta ton sekam padi per tahun. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memperoleh proses produksi silika gel yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi.

Penelitian ini bertujuan memproduksi silika gel dari sekam padi. Pengabuan sekam padi dilakukan dengan *furnace* pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Silika dari abu sekam padi diekstrak dengan cara mereaksikannya dengan larutan NaOH 1M. Larutan hasil ekstraksi kemudian disaring dan dititrasi dengan HCl sampai pH tertentu (4 sampai dengan 9) dan diinkubasi untuk membentuk *hydrogel*. *Hydrogel* yang terbentuk kemudian dikeringkan pada suhu $60\text{ }^\circ\text{C}$ dan $80\text{ }^\circ\text{C}$ hingga membentuk *xerogel*. *Xerogel* merupakan produk silika gel yang diinginkan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pH yang menghasilkan silika gel dengan kemampuan terbaik dalam menyerap kelembaban udara adalah pH 6 yaitu sebesar 47.48 % ($60\text{ }^\circ\text{C}$) dan 48.28 % ($80\text{ }^\circ\text{C}$). Adapun selisih kemampuan silika gel pH 6 dengan silika gel komersial yaitu sebesar 23.11 % ($60\text{ }^\circ\text{C}$) dan 23.90 % ($80\text{ }^\circ\text{C}$). Dari uji BET diperoleh luas area permukaan silika gel pH 6 yaitu sebesar $344.6\text{ m}^2/\text{g}$ ($60\text{ }^\circ\text{C}$) dan $361.4\text{ m}^2/\text{g}$ ($80\text{ }^\circ\text{C}$).

Kata kunci : Sekam Padi, Silika Gel, *Hydrogel*, *Xerogel*.

ABSTRACT

Aji Priombodo

0404060055

Chemical Engineering Department

Counsellor:

Ir. Tilani H.S., M.Si.

THE USAGE OF RICE HULL WASTE IN SILICA GEL PRODUCTION

Silica is a valuable material, it is widely used in industry or in our daily lifes. One of its uses is to reduce air moisture. Usually silica gel is made by melting of quartz sand along with sodium carbonate at 1300 °C. So the process need large amount of energy and also harmful to the environment because quartz sand mining is unrenewable. Henceforth, we need a new source of silica that easy to find and renewable. Based on the research that has been done, it is discovered that rice hull ash contain a high amount of silica (about 90 %). So that, the rice hull is a potential new source of silica to replace quartz sand mining. With this alternatives Indonesia has a big potential, because in the 2006 Indonesia produce dry milled rice of more than 54,4 million tonnes. From this number, at least Indonesia produces 10 million tonnes of rice hull each year. Therefore, this research was intended to get a new process of silica gel production which more environment friendly and use less energy.

This research is intended to produce silica gel from rice hull. To convert rice hull into ashes, the rice hull is burndt in a furnace at 600 °C for 1 hour. Silica was extracted from the ashes by reacting it with 1M NaOH solution. The resulted solution then filtered and titrated with HCl until reach certain pH (4 to 9). The solution then incubated to form hydrogel. The hydrogel then dried at temperature of 60 °C and 80 °C to produce xerogel. Xerogel is the form of silica gel we want.

The result of this research showed that the best silica gel to adsorb moisture is the silica gel that made at pH 6 which are 47.48 % (60 °C) and 48.28 % (80 °C). This silica gel gives a better performance than commercial silica gel, their differences are 23.11 % (60 °C) and 23.90 % (80 °C). The result of BET test showed that the silica gel pH 6 have the specific surface area of 344.6 m²/g (60 °C) and 361.4 m²/g (80 °C).

Keywords : Rice Hull, Silica Gel, Hydrogel, Xerogel.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	i
PENGESAHAN.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Batasan Masalah	4
I.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Silika.....	5
II.1.1 Bentuk – Bentuk Silika.....	5
II.1.2 Aplikasi	11
II.2 Silika Amorf	12
II.2.1 Jenis Silika Amorf.....	13
II.2.2 Kelarutan	14
II.2.3 Polimerisasi	15
II.3 Silika Gel.....	18
II.3.1 Jenis	19
II.3.2 Aplikasi	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
III.1 Diagram Alir Penelitian	21
III.2 Alat.....	22
III.3 Bahan Habis Pakai.	22

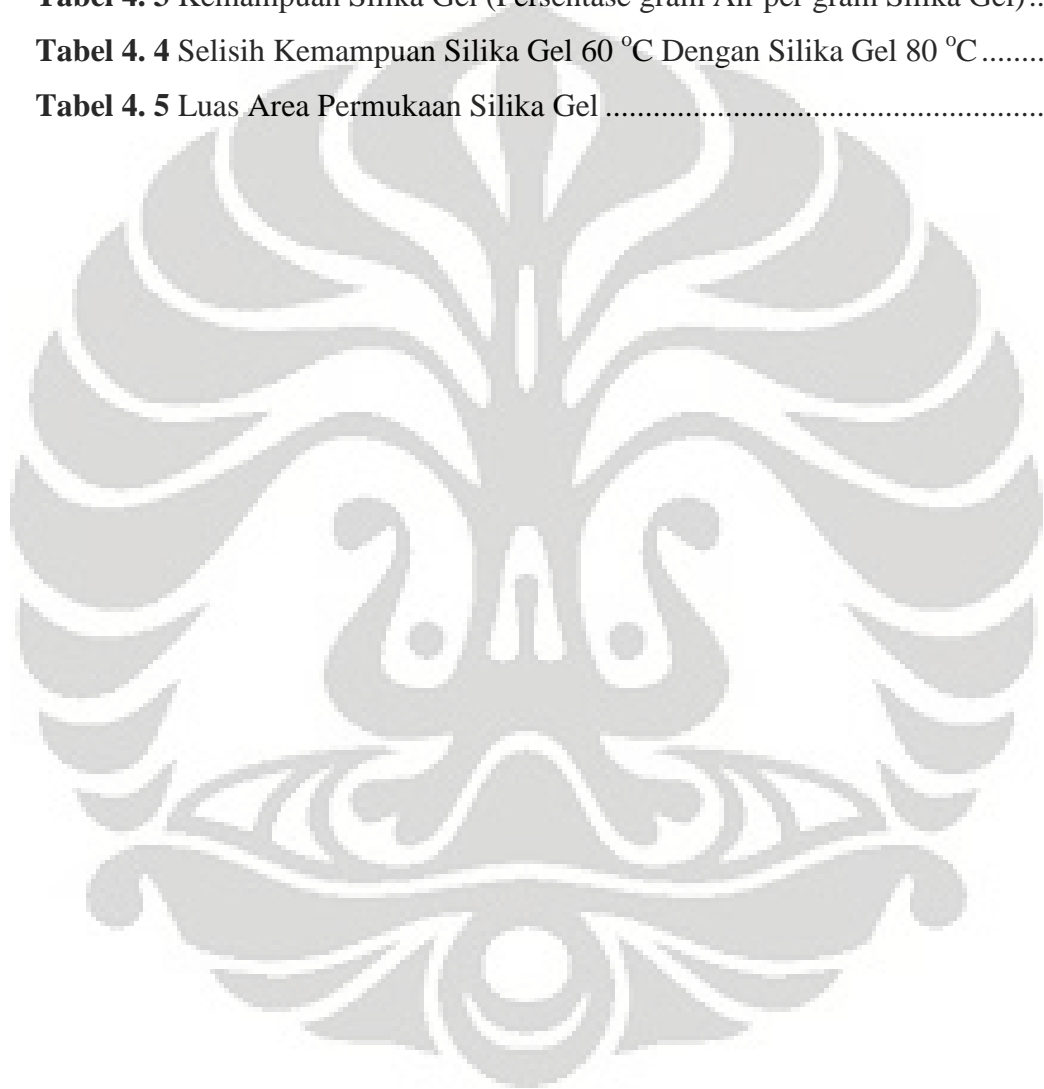
III.4	Prosedur Pembuatan Abu Sekam Padi.....	22
III.5	Prosedur Pembuatan Larutan Natrium Silikat	22
III.6	Prosedur Polimerisasi Silika gel.....	23
III.7	Karakterisasi.....	23
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
IV.I	Analisis Percobaan	25
IV.1.1	Analisis Pada Tahap Pembuatan Abu Sekam Padi.....	25
IV.1.2	Analisis Pada Tahap Pembuatan Larutan Natrium Silikat	25
IV.1.3	Analisis Pada Tahap Polimerisasi Silika Gel.....	26
IV.2	Hasil Pengujian Kemampuan Silika Gel.....	32
IV.3	Perbandingan Kemampuan dengan Silika Gel Komersial.....	34
IV.4	Pengaruh Suhu Pengeringan <i>Hydrogel</i> terhadap Kemampuan Silika Gel	35
IV.5	Pengaruh pH Pembentukan Silika Gel terhadap Kemampuan Silika Gel	37
IV.5.1	Pengaruh pH terhadap Kemampuan Silika Gel dengan Suhu Pengeringan 60 °C	38
IV.5.2	Pengaruh pH terhadap Kemampuan Silika Gel dengan Suhu Pengeringan 80 °C	39
IV.5.3	Analisis Pengaruh pH terhadap Kemampuan Silika Gel.....	40
IV.6	Hasil Uji BET	41
BAB V	KESIMPULAN	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kristalografi silika pada tekanan atmosfer. ^[10]	6
Gambar 2. 2 Grafik stabilitas kristal silika. ^[10]	7
Gambar 2. 3 Struktur kristal (a) β -kuarsa (b) α -kuarsa. ^[10]	8
Gambar 2. 4 Penampang kristal <i>Trydimite</i> . ^[11]	8
Gambar 2. 5 Penampang kristal <i>Crystobalite</i> . ^[11]	9
Gambar 2. 6 Penampang kristal <i>Stishovite</i> . ^[11]	9
Gambar 2. 7 Penampang kristal <i>Coesite</i> . ^[11]	10
Gambar 2. 8 Fasa kristal SiO_2 . ^[11]	10
Gambar 2. 9 Struktur gugus silanol (a) terisolasi, (b) vicinal, (c) geminal. ^[13] ...	12
Gambar 2. 10 Jenis silika amorf. ^[10]	14
Gambar 2. 11 Polimerisasi asam silikat ^[9]	15
Gambar 2. 12 Skema pengaruh pH dan keberadaan garam pada hasil polimerisasi silika ^[13]	17
Gambar 2. 13 Pengaruh pH dan garam pada laju polimerisasi. ^[13]	17
Gambar 2. 14 Skema pengaruh keberadaan ion pada polimerisasi silika ^[13]	18
Gambar 2. 15 Jenis silika gel ^[10]	19
Gambar 2. 16 Perbandingan warna silika gel ^[15]	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4. 1 <i>Hydrogel</i> yang diperoleh.	29
Gambar 4. 2 <i>Xerogel</i> yang diperoleh.....	32
Gambar 4. 3 Perubahan Warna Silika Gel.....	33
Gambar 4. 4 Grafik Selisih Kemampuan dengan Silika Gel Komersial	34
Gambar 4. 5 Grafik Kemampuan Silika Gel	36
Gambar 4. 6 Grafik Kemampuan Silika Gel 60 °C	38
Gambar 4. 7 Grafik Kemampuan Silika Gel 80 °C	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Produksi Gabah Kering Giling Indonesia.....	1
Tabel 1. 2 Hasil Penelitian Kandungan Silika Dalam Abu Sekam Padi ^[5,6,7,8]	2
Tabel 4. 1 Perubahan Massa Pengeringan <i>Hydrogel</i> Menjadi <i>Xerogel</i>	31
Tabel 4. 2 Konversi Pengeringan <i>Hydrogel</i> Menjadi <i>Xerogel</i>	31
Tabel 4. 3 Kemampuan Silika Gel (Persentase gram Air per gram Silika Gel)...	33
Tabel 4. 4 Selisih Kemampuan Silika Gel 60 °C Dengan Silika Gel 80 °C	36
Tabel 4. 5 Luas Area Permukaan Silika Gel	42



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data dan Perhitungan Hasil Penelitian	47
Lampiran 2 Hasil Uji BET Silika Gel pH 6 @ 60 °C.....	49
Lampiran 3 Hasil Uji BET Silika Gel pH 6 @ 80 °C.....	50



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Dikenal sebagai negara agraris, sebagian besar penduduk Indonesia masih mengutamakan pencaharian dari produk pertanian. Dengan komoditas utamanya adalah padi. Selain itu, hingga saat ini Indonesia masih menjadi salah satu negara terbesar pengonsumsi beras. Hal ini disebabkan oleh kenyataan bahwa beras yang merupakan hasil olahan dari padi merupakan bahan makanan pokok.

Pada tahun 2006, produksi gabah kering giling Indonesia mencapai lebih dari 54,4 juta ton ^[1,2]. Nilai ini setidaknya akan menghasilkan sekitar 31 juta ton beras dan dari nilai ini setidaknya Indonesia memproduksi paling sedikit 10 juta ton sekam padi per tahun ^[3]. Sehingga potensi limbah sekam padi sangat besar per tahunnya. Berikut data produksi gabah kering giling Indonesia :

Tabel 1. 1 Data Produksi Gabah Kering Giling Indonesia

Tahun	Produksi (Juta Ton)
2006	54.4 ^[1]
2007	57.03 ^[2]
2008 (proyeksi BPS)	58.2 ^[2]

Sekam padi yang merupakan salah satu produk sampingan dari proses penggilingan padi, selama ini hanya menjadi limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal. Sekam padi lebih sering hanya dibuang begitu saja, dibakar untuk dijadikan abu gosok, digunakan sebagai bahan pembakar bata merah atau bahan pakan ternak. Dengan kata lain, sekam padi bernilai ekonomi rendah padahal harga 1 kg silika 99 % sekitar Rp. 600,000.00 ^[3].

Berbeda dengan tanaman pada umumnya, padi lebih tahan terhadap penetrasi air atau kelembaban dan dekomposisi oleh jamur. Selain dapat menyerap air, sekam padi merupakan penghantar panas yang buruk dan sulit terbakar, tidak berbau atau menghasilkan gas dan tidak korosif pada aluminium, tembaga dan besi ^[4]. Dengan sifat – sifat tersebut prospek pemanfaatan serbuk

silika sebagai insulator untuk memperpanjang masa simpan bahan cukup besar, terutama di daerah yang kelembaban udaranya cukup tinggi seperti di Indonesia.

Keunikan sifat sekam padi ini ternyata disebabkan oleh kandungan silika yang tinggi. Hal ini tidak lazim karena silika merupakan zat anorganik yang umumnya hanya terdapat dalam jumlah sedikit pada tumbuhan. Tingginya kandungan silika dalam sekam ini kemudian dibuktikan melalui beberapa penelitian yang telah dilakukan yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. 2 Hasil Penelitian Kandungan Silika Dalam Abu Sekam Padi [5,6,7,8].

Peneliti	Kandungan silika dalam abu sekam
Hamdan Y.M. (<i>Preparasi Silika Murni dari Sekam Padi</i>), 2005	99.81 %
Shinohara Y. <i>et al.</i> (<i>Quantitative analysis of tridymite and cristobalite crystallized in rice husk ash by heating</i>), 2004	93 %
Heru Harsono (<i>Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi</i>), 2002	83.15 % dan 89.46 %
Yuanita I. (<i>Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Dalam Sintesis Zeolit Y Tanpa Template</i>), 1997	86.9 % dan 94.7 %

Silika atau silikon dioksida (SiO_2) ditemukan di alam paling banyak dalam bentuk kristalnya (terutama kuarsa) walaupun ada bentuk amorfnya dalam jumlah yang tidak terlalu besar. Dalam bentuk kristalnya (kristalin), silika ditemukan sebagai kuarsa, stishovit, keatit, koesit, tridimit dan kristobalit [9]. Silika amorf adalah silika yang tidak mempunyai struktur kristal yang teratur.

Silika amorf yang paling luas penggunaannya adalah silika gel karena bersifat hidrofilik (menyerap air). Hal ini disebabkan karena silika amorf ini sangat berpori dimana memiliki luas permukaan pori serapan sekitar 200 – 800 m^2/g . Struktur dalam silika amorf ini terdiri atas dua gugus yaitu : gugus siloksan

($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$) dan gugus silanol ($-\text{Si}-\text{O}-\text{H}$). Keberadaan gugus silanol ini menyebabkan silika gel lebih selektif menyerap molekul polar seperti air.

Pada saat ini sumber utama bahan baku silika dalam industri silika gel berasal dari tanah diatomae dan pasir kuarsa. Setidaknya 1.500.000 metrik ton tanah diatomae digunakan tiap tahunnya^[10]. Untuk itu eksploitasi tanah diatome dan pasir kuarsa sebagai sumber silika pada masa mendatang tidak lagi relevan karena tanah diatomae dan pasir kuarsa tidak dapat diperbaharui (*non-renewable resources*) dan pemanfaatan besar-besaran ini cenderung merusak alam.

Metode pengolahan pasir kuarsa menjadi silika saat ini dilakukan dengan membentuk sodium silikat (Na_2SiO_3) lebih dulu. Sodium silikat diperoleh dengan melebur kuarsa dengan sodium karbonat (NaCO_3) pada suhu $1300\text{ }^\circ\text{C}$ ^[11]. Proses ini membutuhkan energi yang sangat besar.

Untuk itu diperlukan alternatif metode pembuatan silika gel yang sederhana dan lebih hemat energi. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkan alternatif sumber silika lain yaitu sekam padi yang tersedia dalam jumlah melimpah dan dapat diperbaharui.

I.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana menentukan cara terbaik dalam memanfaatkan sekam padi sebagai sumber silika pada pembuatan silika gel.

I.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan silika gel dari sekam padi.
2. Mengetahui pengaruh suhu pengeringan *hydrogel* terhadap produk silika gel.
3. Mengetahui pengaruh pH pada proses pembentukan produk silika gel.

I.4 BATASAN MASALAH

Pada penelitian ini, penulis membatasi masalah sebagai berikut :

1. Sumber bahan baku silika yang digunakan berasal dari sekam padi dari penggilingan padi di Karawang.
2. Objek yang diamati adalah produk silika gel yang dihasilkan dari sekam padi.

I.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan makalah skripsi ini adalah sebagai berikut,

BAB I PENDAHULUAN

Berisi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi penjelasan mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini seperti informasi tentang sekam padi, silika, silika amorf dan silika gel.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan, bahan dan prosedur yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil penelitian dan analisis terhadap hasil penelitian tersebut.

BAB V KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 SILIKA

Silika adalah nama yang umum digunakan untuk menyebutkan silikon dioksida, SiO₂. Silika merupakan senyawa biner yang terdiri atas silikon (Si) dan oksigen (O), dimana keduanya merupakan unsur yang paling banyak ditemukan di alam. Silika merupakan senyawa yang dapat ditemukan dimana – mana, setidaknya 60 % dari kerak bumi tersusun oleh silika, yang dapat ditemukan di bumi dalam keadaan mandiri atau berupa silikat (silika yang berikatan dengan oksida lain terutama oksida logam)^[12]. Oleh karena jumlahnya yang banyak dan mudah didapat, silika menjadi sumber utama untuk mendapatkan silikon.

II.1.1 Bentuk – Bentuk Silika

Silika terdiri atas berbagai bentuk yaitu : silika kristalin (contoh : kuarsa), silika mikrokristalin (contoh : tanah diatomeae), silika *vitreous (supercooled liquid glasses)*, silika amorf. Akan tetapi berdasarkan struktur molekulnya silika dibagi menjadi dua bagian saja yaitu silika kristalin dan silika amorf. Silika kristalin adalah silika yang susunan molekulnya membentuk pola tertentu (kristal) sedangkan silika amorf adalah silika yang susunan molekulnya tidak teratur dengan kata lain tidak memiliki pola susunan. Silika kristalin juga disebut polimorf silika karena struktur kristal silika bermacam – macam, yaitu : kuarsa, *Trydimite* dan *Crystobalite*.

II.1.1.1 Silika kristalin

Jumlah bentuk kristal silika ada banyak akan tetapi beberapa bentuk kristal silika masih diperdebatkan. Secara umum ada tiga bentuk utama dari kristal silika yang dapat ditemukan pada tekanan atmosferik, yaitu : kuarsa, stabil pada suhu dibawah 870 °C; *trydimite*, stabil pada suhu 870 – 1470 °C; *crystobalite*, stabil pada suhu diatas 1470 °C sampai titik leleh silika, 1723 °C.^[12]

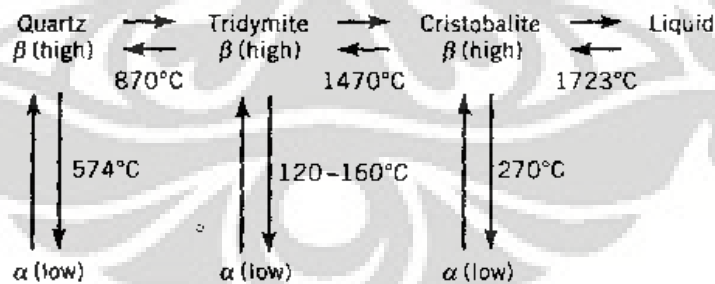
Pada semua bentuk kristal tersebut, dasar struktur kristalnya tersusun oleh molekul SiO₄ (tetrahedral) yang saling berkaitan, dimana setiap atom oksigen

berikatan dengan dua atom silikon. Akan tetapi walaupun dasarnya sama, setiap kristal silika akan memiliki konfigurasi kristal yang berbeda – beda. Pada kristal silika yang tidak stabil pada tekanan atmosfer seperti *stishovite*, silikon tidak lagi berkaki empat tetapi menjadi berkaki enam.

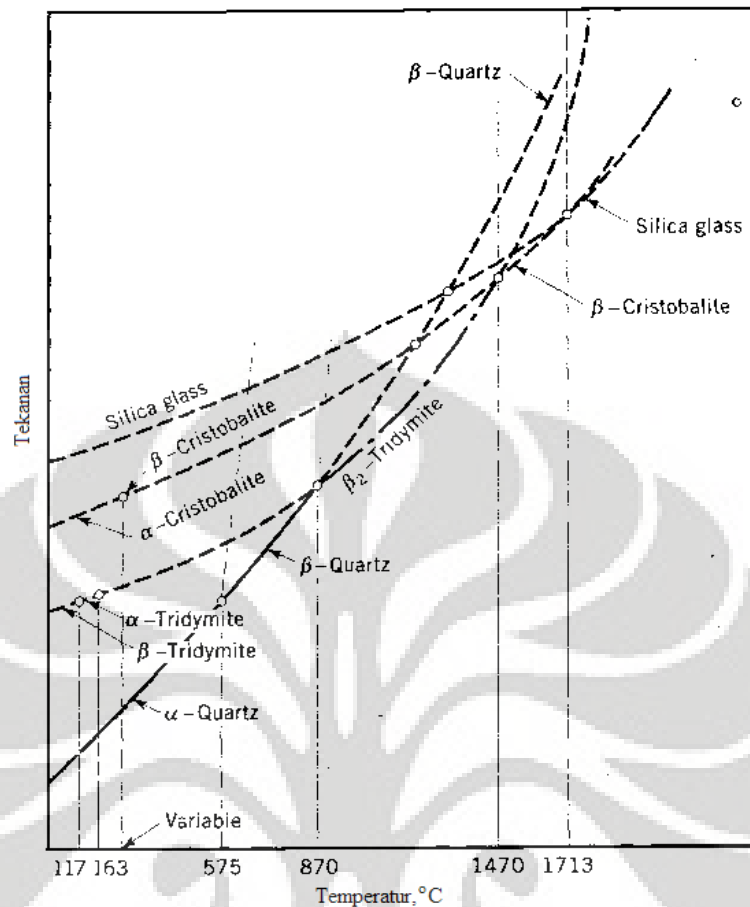
Pada batas temperatur stabilnya, bentuk kristal tersebut saling berubah. Transformasi bentuk kristal ini melibatkan pemutusan dan penyusunan ulang ikatan Si-O. Transformasi ini dinamakan transformasi polimorfik rekonstruktif. Proses ini berjalan lambat bahkan pada polimorf suhu tinggi dapat bertahan diatas temperatur stabilnya. Untuk mempercepat proses transformasi ini biasanya ditambahkan bahan aditif seperti oksida logam alkali. Pembentukan kristal sangat sulit dilakukan tanpa menggunakan aditif.

Selain transformasi rekonstruktif, strukturnya juga berubah terhadap kenaikan suhu dalam rentang suhu stabilnya yang disebut transformasi martensitik. Transformasi ini melibatkan perubahan relatif sedikit pada struktur kristal seperti putaran gugus tetrahedral tanpa melibatkan pemutusan ikatan dan bersifat reversibel. Untuk membedakan struktur tersebut, penamaannya diberikan awalan yang berbeda. Awalan α untuk kristal yang terbentuk pada suhu lebih rendah dan β untuk suhu yang lebih tinggi.

Berikut gambaran transformasi struktur kristal silika :



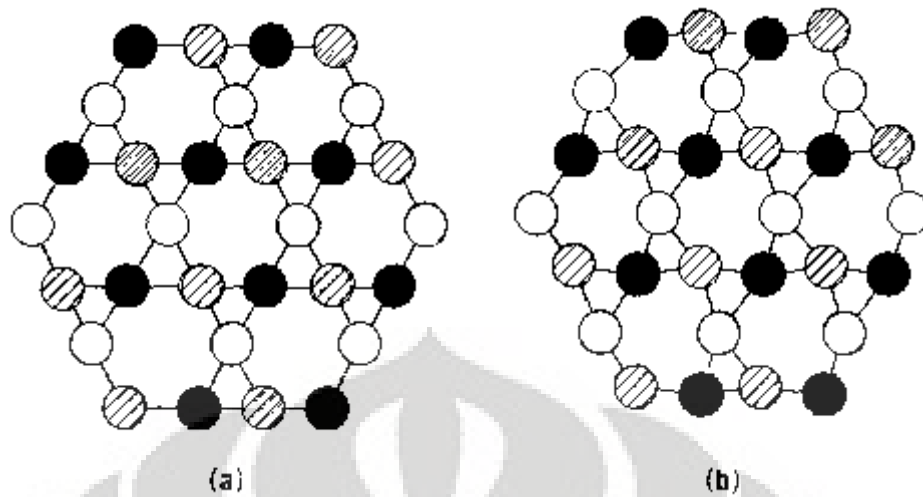
Gambar 2. 1 Kristalografi silika pada tekanan atmosfer.^[12]



Gambar 2. 2 Grafik stabilitas kristal silika.^[12]

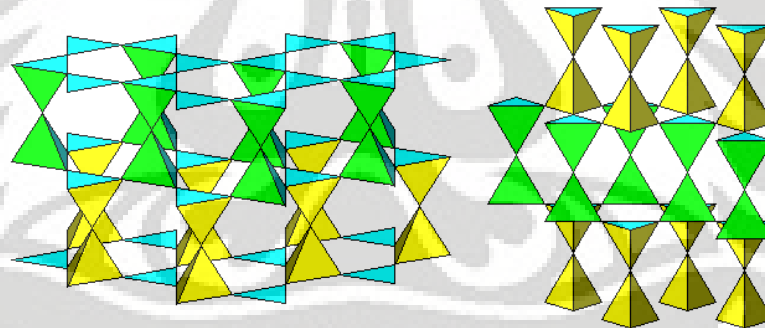
Selain ketiga kristal utama diatas yang terbentuk pada tekanan atmosfer, terdapat tiga kristal utama yang terbentuk pada tekanan tinggi, yaitu: *keatite*, *coesite* dan *stishovite*. Berikut penjelasan tiap struktur kristal silika :

Kuarsa. α -kuarsa ditemukan di alam berupa pasir kuarsa. Strukturnya berupa jaringan heksagonal 6 tetrahedral. Pada β -kuarsa heksagonalnya membentuk segi enam sama sisi sedangkan pada α -kuarsa segi enam yang terbentuk tidak simetris. Panjang ikatan Si-O pada α -kuarsa = 159.7 dan 161.7 pm sedangkan pada β -kuarsa = 162 pm. Kuarsa bersifat optis aktif, dengan sudut dekstro atau levorotatornya $\alpha = 21.71$ °/mm.



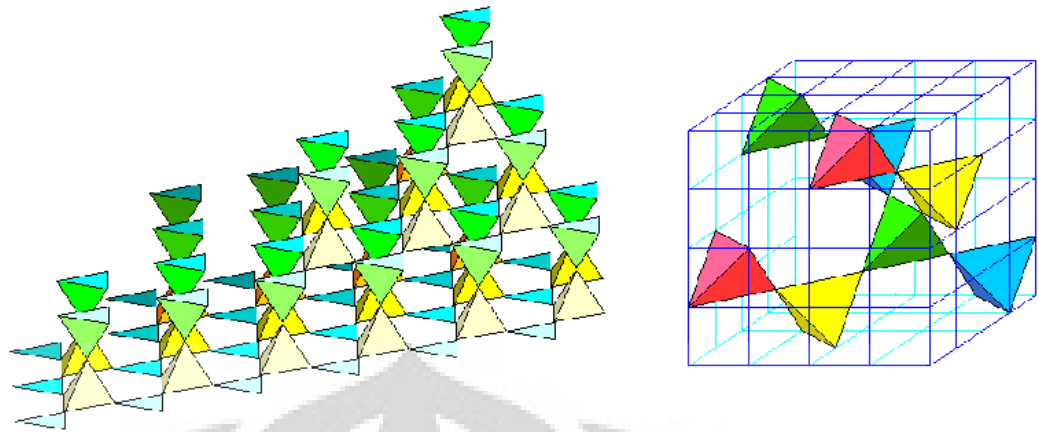
Gambar 2. 3 Struktur kristal (a) β -kuarsa (b) α -kuarsa.^[12]

Trydimite. Konversi *trydimite*-kuarsa memerlukan zat tambahan seperti sodium tungsten, oksida logam alkali, dan air bertekanan tinggi. Pada tekanan atmosfer, stabil pada suhu 870 – 1470 °C tetapi pada temperatur atmosfer dia berada pada kondisi metastabil dan bertransformasi menjadi kuarsa.



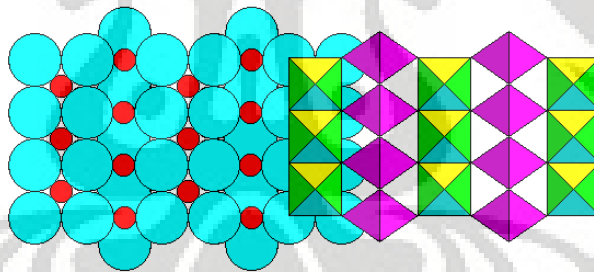
Gambar 2. 4 Penampang kristal *Trydimite*.^[13]

Crystobalite. Stabil pada suhu diatas 1470 °C sampai titik leleh silika, 1723 °C. Ditemukan pada batuan vulkanik. Strukturnya lebih terbuka.



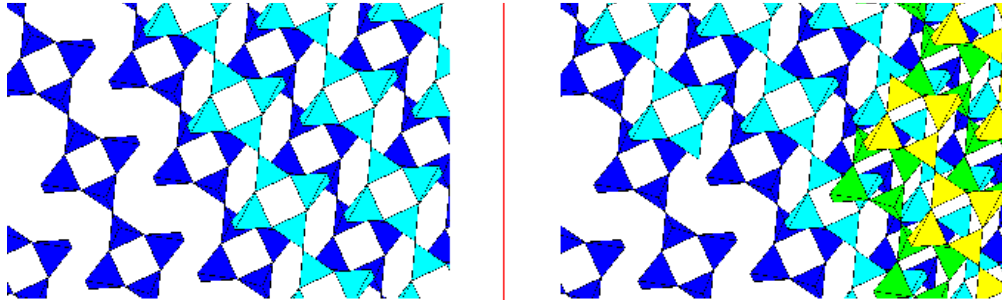
Gambar 2. 5 Penampang kristal *Crystobalite*.^[13]

Stishovite. Dibuat pertama kali tahun 1961 pada temperatur 1200 – 1400 °C dengan tekanan lebih dari 16 GPa (158.000 atm). Merupakan indikator geologis yang menunjukkan adanya tumbukan meteor. Merupakan fasa silika dengan densitas tertinggi ($\rho = 4.35 \text{ gr/cm}^3$). Struktur kristalnya mirip dengan rutil (TiO_2) dimana atom Si membentuk gugus oktahedral dengan 6 atom O. merupakan fasa silika yang paling kurang reaktif.



Gambar 2. 6 Penampang kristal *Stishovite*.^[13]

Coesite. Merupakan fasa silika dengan densitas tertinggi kedua ($\rho = 3.01 \text{ gr/cm}^3$). Dibuat dengan memanaskan campuran sodium metasilikat dan diamonium hidrogen fosfat atau mineral lain pada suhu 500 – 800 °C dan tekanan 1.5 – 3.5 GPa (14.800 – 34.450 atm).

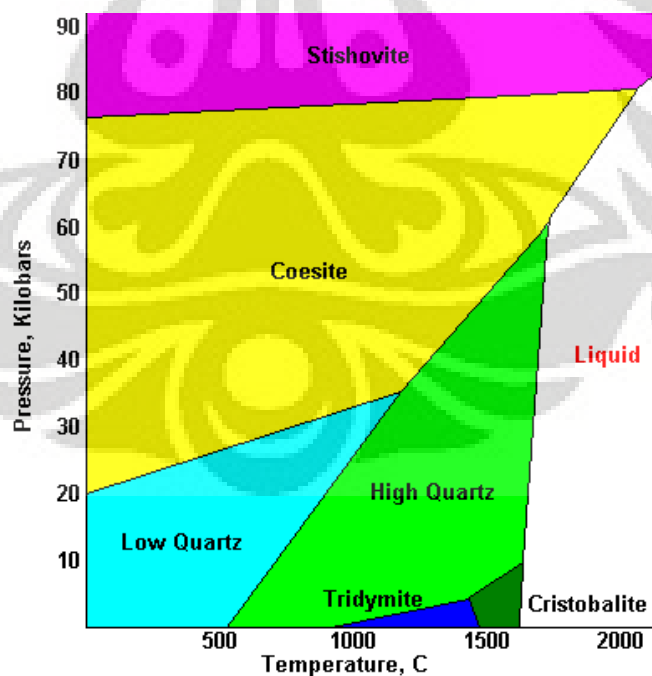


Gambar 2. 7 Penampang kristal Coesite.^[13]

Struktur *coesite* terdiri atas 4 tetrahedral yang membentuk cincin, tiap cincin tersebut berikatan kemudian membentuk rantai. Rantai yang terbentuk kemudian membentuk lapisan. Pada gambar diatas perbedaan warna menunjukkan lapisan yang berbeda.

Keatite. Dibuat melalui kristalisasi silika amorf dalam pelarut hidroksida alkali atau larutan karbonat pada temperatur 380 – 585 °C dan tekanan 35 – 120 MPa. Pemanasan pada suhu 1100 °C tidak menyebabkan perubahan struktur tetapi pemanasan selama 3 jam pada 1620 °C akan merubahnya menjadi kristobalit.

Berikut gambaran fasa kristal SiO₂ terhadap tekanan dan temperatur :



Gambar 2. 8 Fasa kristal SiO₂.^[13]

II.1.1.2 Silika non-kristalin

Secara umum silika non kristalin dibagi menjadi silika *vitreous* dan silika dengan berbagai bentuk amorfnya. Berikut penjelasannya.

Silika vitreous. Biasa disebut kaca. Di alam terbentuk akibat sambaran petir pada pasir kuarsa. Biasanya dibuat dari peleburan pasir kuarsa atau kristal silika pada suhu 1700 °C, silika cair yang terbentuk sangat viskos. Cara pembuatan yang lain adalah melalui hidrolisis plasma pada SiCl_4 dan dekomposisi termal ester silikat.

Silika *vitreous* yang berkulitas bagus memiliki sifat sebagai berikut : tahan bahan kimia, koefisiensi ekspansi termal rendah, tahan panas, tidak menghantarkan listrik dan transmisi optis yang baik terutama ultraviolet.

Silika Amorf. Terdiri atas silika sol, silika gel, silika endapan dan silika pirogenik. Sifat umum silika amorf adalah ukuran partikel yang kecil dan luas permukaan yang besar. Pada permukaan biasanya terdapat gugus silanol, $-\text{SiOH}$ yang merupakan hasil polimerisasi kondensasi dari asam silikat $\text{Si}(\text{OH})_4$. Lebih jelasnya pada pembahasan bagian berikutnya.

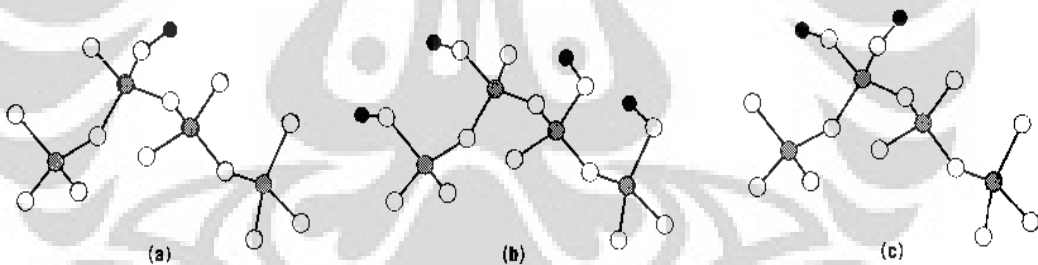
II.1.2 Aplikasi

Aplikasi silika dalam industri cukup luas terutama dalam industri elektronika. Ditemukannya silikon sebagai bahan semi konduktor merupakan suatu sejarah besar dalam perkembangan dunia elektronika karena dengan menggunakan silikon, ukuran semikonduktor berubah dari orde meter menjadi orde nanometer^[14]. Dalam bentuk amorfnya biasa digunakan sebagai *desiccant* (penjaga kelembaban udara), adsorben, agen penguat, *filler* dan komponen katalis. Dalam bentuk silika *vitreous* banyak digunakan sebagai alat optik dan bahan baku kaca^[12]. Silika juga banyak digunakan pada penyulingan minyak nabati, produk farmasi, deterjen, perekat, *packing* kolom kromatografi dan keramik^[11].

II.2 SILIKA AMORF

Silika mikroamorf merupakan polimer anorganik dengan rumus $(\text{SiO}_2)_n$. Disini atom silikon membentuk ikatan kovalen dengan empat atom oksigen dimana membentuk struktur tetrahedral. Setiap atom oksigen tersebut setidaknya membentuk ikatan kovalen dengan satu atom silikon untuk membentuk gugus siloksan ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$) dan gugus silanol ($-\text{Si}-\text{O}-\text{H}$). Jarak ikatan Si-O sekitar 0.16 nm dan sudut ikatan $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$ sekitar 148° ^[10].

Dalam polimer silika gugus siloksan biasanya terdapat pada bagian dalam (tubuh) silika sedangkan gugus silanol merupakan gugus di permukaan. Gugus silanol dapat membentuk ikatan hidrogen karena memiliki gugus $-\text{OH}$. Berdasarkan ada tidaknya ikatan hidrogen dengan gugus silanol lain, gugus silanol terbagi menjadi gugus silanol terisolasi, *vicinal*, *geminal*. Silanol terisolasi jika ikatan hidrogen tidak terbentuk karena tidak terdapat gugus silanol lain. Gugus silanol *vicinal*, jika terbentuk ikatan hidrogen antara gugus $-\text{OH}$ yang berasal dari atom Si berbeda. Sedangkan silanol *geminal* adalah jika ikatan hidrogen terbentuk antara gugus $-\text{OH}$ yang berasal dari atom Si yang sama.



Gambar 2. 9 Struktur gugus silanol (a) terisolasi, (b) vicinal, (c) geminal. ^[10]

Berdasarkan cara pembuatannya silika amorf terdiri atas dua bagian yaitu silika tipe proses basah dan silika tipe pirogenik. Silika amorf yang dibuat melalui proses basah meliputi silika endapan dan silika gel. Sedangkan yang silika amorf tipe pirogenik dibuat pada temperatur tinggi daripada melalui pembuatan larutan, biasa disebut juga sebagai *fumed silica*.

II.2.1 Jenis Silika Amorf

Berdasarkan bentuk ukuran partikel serta atas metode pembuatannya, silika amorf terdiri atas silika sol, silika endapan, silika pirogenik dan silika gel. Berikut penjelasan tiga jenis silika amorf dimana silika gel akan dibahas pada bagian berikutnya pada skripsi ini.

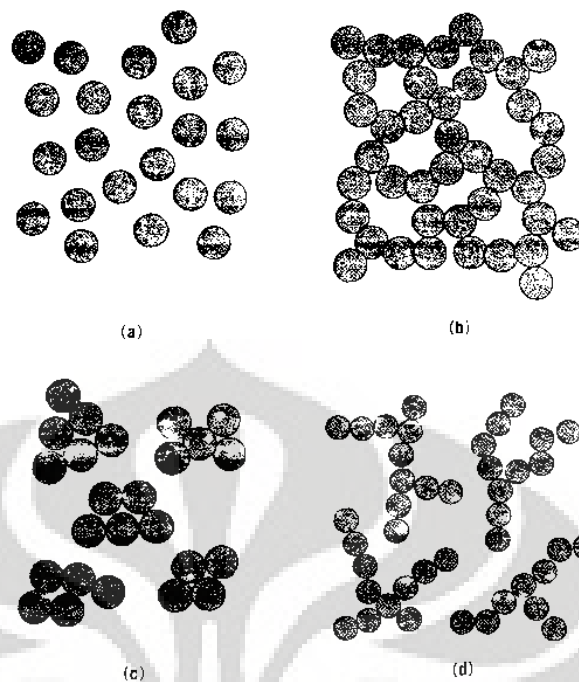
Silika Sol. Disebut silika koloidal, oleh karena itu memiliki sifat – sifat koloid seperti Gerak Brown. Merupakan partikel silika amorf yang terdispersi dalam cairan, terutama air. Memiliki ukuran diameter partikel 3 – 100 nm, luas permukaan spesifik 50 – 270 m²/g. Produk silika sol komersil biasanya mengandung 15 – 50 % berat silika serta kurang dari 1 % berat *stabilizer*, yang berguna untuk mencegah pengendapan. Biasanya dibuat dengan mengalirkan sodium silikat ke dalam resin penukar ion hidrogen untuk menghilangkan sodium kemudian polimerisasi terbentuk.

Silika Endapan. Adalah bubuk yang diperoleh dari pengendapan partikel silika dalam larutan medium (biasanya larutan sodium silikat), dengan konsentrasi garam yang tinggi. Prinsip metode pembuatannya berlawanan dengan silika sol.

Jalur pembuatan lainnya yaitu dari silikon tetraflorida yang merupakan produk samping dari industri pupuk. Reaksinya :



Silika Pirogenik. Selain itu disebut juga *fumed silica*, sedangkan nama produk komersilnya Aerosil (Degussa), Cab-O-Sil (Cabot). Dibuat dengan menghidrolisis uap SiCl₄ pada temperatur 1000 °C. walaupun dibentuk pada suhu dimana silika kristal stabil, tetapi hasil analisa difraksi X-Ray menunjukkan kalau silika pirogenik adalah amorf.

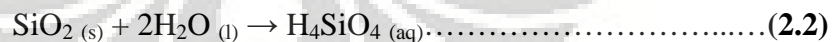


Gambar 2. 10 Jenis silika amorf. ^[12]

Gambar 10.(a) menunjukkan silika sol, 10.(b) menunjukkan silika gel, 10.(c) menunjukkan silika endapan, 10.(d) menunjukkan silika pirogenik.

II.2.2 Kelarutan

Karena bersifat amfoter dalam air, silika juga dapat melarut dengan membentuk $\text{Si}(\text{OH})_4$. Selain H_4SiO_4 , bentuk asamnya ketika melarut ialah H_2SiO_3 . Dalam air silika amorf melarut dengan reaksi :

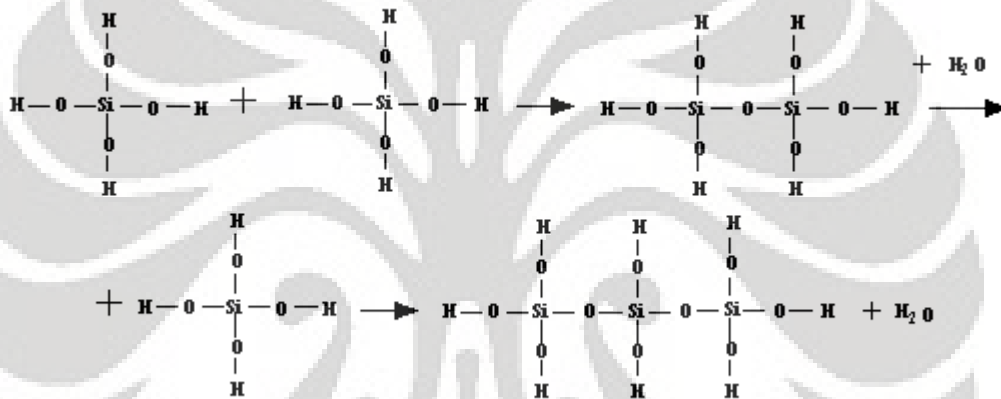


Kelarutan silika amorf dalam air sekitar 70 – 150 ppm SiO_2 (1.2 – 2.2 mmol/kg) pada suhu 25 °C. Kelarutan silika dipengaruhi oleh ukuran partikel, suhu, tekanan, derajat hidrasi dan jumlah pengotor. Partikel dengan diameter 5 nm akan lebih mudah melarut, partikel < 3 nm sangat larut dalam air. Bentuk partikel juga berpengaruh, partikel dengan permukaan cembung akan lebih cepat larut daripada partikel cekung. Kelarutan silika amorf bertambah seiring dengan kenaikan suhu dan tekanan. Silika amorf hidrat lebih mudah larut daripada

anhidratnya. Keberadaan pengotor seperti logam terutama aluminium dan besi akan mengurangi kelarutan.

II.2.3 Polimerisasi

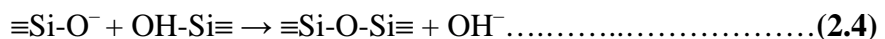
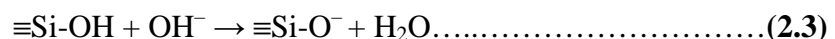
Ketika konsentrasi silika sudah melebihi batas jenuhnya maka silika terlarut (Si(OH)_4) mulai membentuk dimer dan seterusnya membentuk molekul yang lebih berat. Polimerisasi ini memutuskan gugus hidroksil dan menghasilkan air. Kecenderungan polimerisasi ini adalah memperbanyak gugus siloksan ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$). Partikel yang terbentuk akan memiliki jaringan siloksan pada bagian internal (tubuh) sedangkan gugus silanol ($\text{Si}-\text{OH}$) akan berada di permukaan.



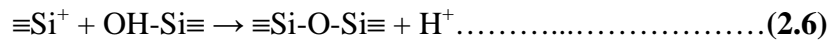
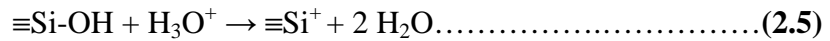
Gambar 2. 11 Polimerisasi asam silikat ^[9]

Tahap utama dalam polimerisasi adalah pembentukan partikel monomer, pertumbuhan ukuran partikel dan ikatan partikel untuk membentuk rantai kemudian membentuk jaringan. Laju polimerisasi sebanding dengan konsentrasi ion OH^- pada pH diatas 2 dan jika $\text{pH} < 2$ maka lajunya sebanding dengan konsentrasi ion H^+ .

Adapun reaksi polimerisasi yang terjadi untuk pH diatas 2 adalah :



Sedangkan reaksi polimerisasi yang terjadi untuk pH dibawah 2 adalah :

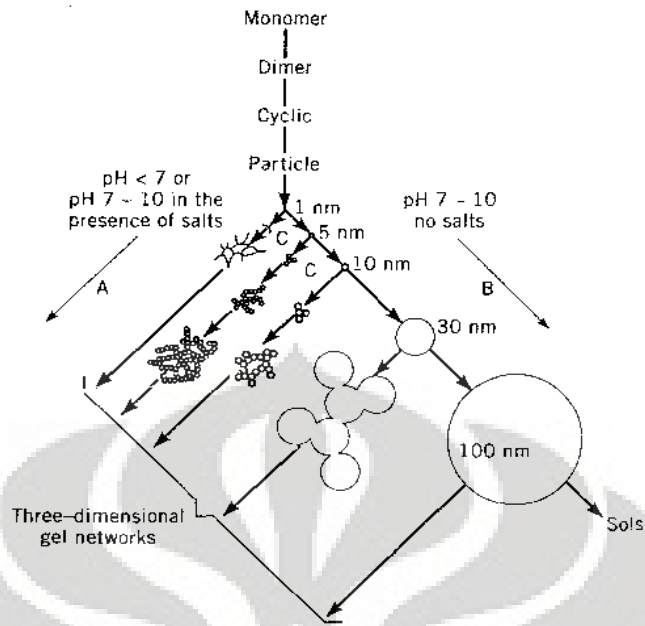


Nilai pH dan keberadaan garam terlarut akan mempengaruhi hasil polimerisasi, apakah menghasilkan gel atau sol. Pada kondisi netral sampai basa dan tanpa garam akan menghasilkan partikel berukuran besar berupa sol. Sedangkan pada kondisi asam atau pada pH 7 – 10 dengan keberadaan garam akan memberikan jaringan partikel berukuran kecil berupa gel. Selain dapat mempengaruhi produk hasil polimerisasi, pH dan garam juga mempengaruhi laju reaksi. Laju reaksi ini ditunjukkan dengan laju terbentuknya agregat atau pertumbuhan partikel.

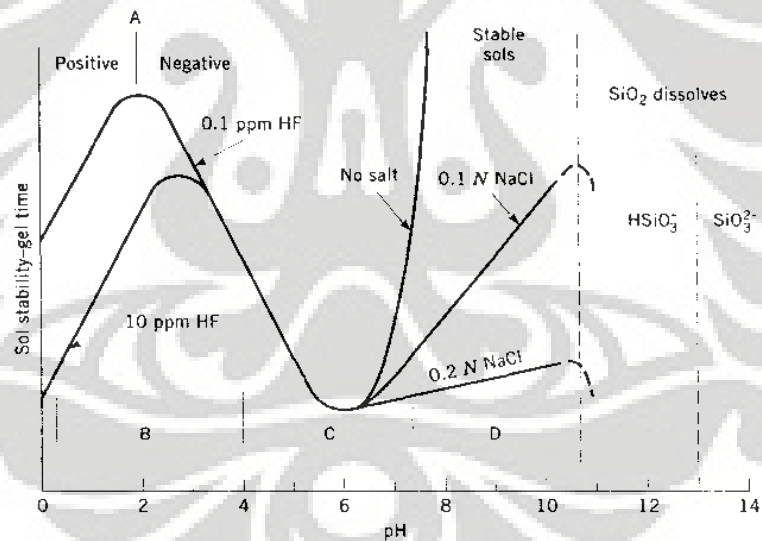
Untuk mempermudah reaksi pembentukan gel biasanya polimerisasi tidak dimulai dengan melarutkan silika (SiO₂) langsung tetapi dengan mereaksikan sodium silikat dengan asam. Reaksi ini langsung menghasilkan garam sehingga bentuk gel terjaga dari awal reaksi sampai akhir. Berikut reaksi yang terjadi :



Sodium silikat



Gambar 2. 12 Skema pengaruh pH dan keberadaan garam pada hasil polimerisasi silika [10]

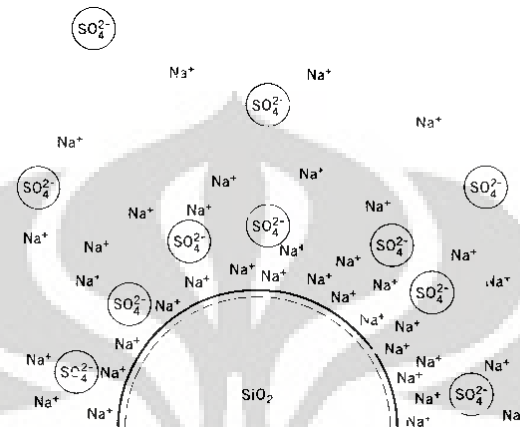


Gambar 2. 13 Pengaruh pH dan garam pada laju polimerisasi. [10]

Pada gambar diatas, titik A menunjukkan titik muatan netral di permukaan partikel. Kemudian titik B,C,D menunjukkan daerah gel metastabil dengan laju pertumbuhan partikel dan agregasi yang cepat. Sedangkan keterangan “Positive” dan “Negative” menunjukkan muatan permukaan partikel.

Keberadaan garam akan menghasilkan kation dan anion. Kation dan anion ini nantinya akan menjaga netralitas muatan permukaan partikel koloid silika. Hal

ini mencegah pertumbuhan molekul yang semakin besar karena muatan negatif partikel silika oleh gugus hidroksil pada silanol akan dinetralkan oleh kation garam. Karena itu polimerisasi terhambat karena gugus hidroksil tidak lagi dapat diputus untuk melanjutkan polimerisasi



Gambar 2. 14 Skema pengaruh keberadaan ion pada polimerisasi silika [10]

II.3 SILIKA GEL

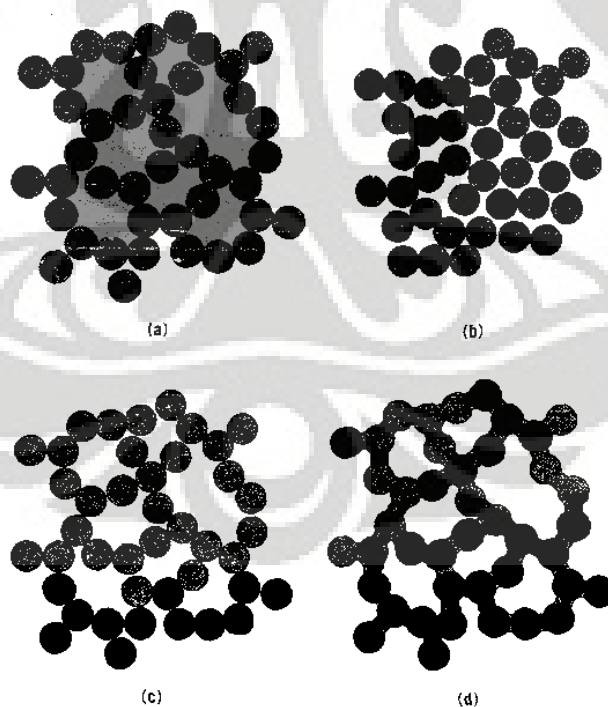
Adalah salah bentuk koloidal silika yang memiliki jaringan partikel tiga dimensi yang berkesinambungan (kontinyu). Dalam struktur silika gel terdapat dua gugus ikatan utama yaitu gugus siloksan ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$) dan gugus silanol ($-\text{Si}-\text{O}-\text{H}$). Keberadaan gugus $-\text{OH}$ ini menyebabkan silika gel mudah menyerap molekul polar terutama air. Hal ini disebabkan karena gugus $-\text{OH}$ tersebut membentuk ikatan hidrogen dengan air.

Walaupun namanya gel tetapi silika gel merupakan benda padat yang rigid. Silika gel sangat berpori, dengan jaringan pori – pori mikro berukuran 2 – 22 nm dan luas permukaan pori serapan sekitar 200 – 800 m^2/g . Berdasarkan medium yang mengisi pori –pori tersebut silika gel dibagi menjadi tiga yaitu : *Hydrogel*, *Xerogel* dan *Aerogel*. *Hydrogel* adalah gel yang pori – porinya terisi air. *Xerogel* adalah gel dimana medium cair dalam porinya sudah dikeluarkan sehingga terjadi pengerutan. Sedangkan *aerogel* adalah gel yang pori – porinya terisi oleh gas. Jenis silika gel yang menjadi perhatian utama (produk) pada penelitian ini adalah silika *xerogel*.

II.3.1 Jenis

Berdasarkan densitasnya silika gel terbagi atas tiga tipe yaitu regular, intermediet dan rendah. Tipe regular terbentuk pada medium asam sehingga memiliki ukuran partikel kecil. Tipe regular memiliki luas permukaan yang besar (setidaknya $750 \text{ m}^2/\text{g}$) dengan diameter pori rata – rata $2.2 - 2.6 \text{ nm}$ serta volum pori sekitar $0.37 - 0.40 \text{ mL/g}$. Tipe regular memiliki kemampuan besar dalam mengadsorpsi air dan molekul polar lain dimana air dapat diserap sampai konsentrasi 6 % berat ^[10].

Tipe intermediet memiliki ukuran partikel yang lebih besar, luas permukaan yang lebih kecil ($300 - 350 \text{ m}^2/\text{g}$), volum pori yang lebih besar ($0.9 - 1.1 \text{ mL/g}$) dan diameter pori rata – rata yang lebih besar ($12 - 16 \text{ nm}$). Besarnya ukuran pori menyebabkan tipe intermediet cocok untuk adsorpsi air pada kelembaban tinggi. Sedangkan silika gel berdensitas rendah memiliki luas permukaan kecil ($100 - 200 \text{ m}^2/\text{g}$), diameter pori rata – rata ($18 - 29 \text{ nm}$) dan volum pori yang besar ($1.4 - 2.0 \text{ mL/g}$) ^[10].



Gambar 2. 15 Jenis silika gel^[12]

Gambar diatas menunjukkan struktur mikro silika gel. Gambar 15.(a) menunjukkan *hydrogel*, daerah yang diarsir merupakan air. Gambar 15.(b)

menunjukkan *xerogel* regular. Gambar 15.(c) menunjukkan *aerogel*. Gambar 15.(d) menunjukkan *xerogel* intermediet.

II.3.2 Aplikasi

Sebagai *desiccant* (agen pengering), silika gel mampu mengurangi kelembaban udara sekitar 10 – 40 %. Untuk mengetahui kandungan air dalam silika gel biasanya ditambahkan dopan, biasanya ditambahkan kobalt(II) klorida – CoCl_2 . Dengan penambahan dopan ini jika silika gel belum jenuh oleh air akan berwarna biru sedangkan ketika sudah jenuh air akan berwarna merah muda. Silika yang sudah jenuh dipakai dapat diregenerasi dengan memanaskannya pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1.5 jam per liter silika gel. ^[15]



Sebelum jenuh



Sudah jenuh

Gambar 2. 16 Perbandingan warna silika gel ^[16].

Silika gel sudah digunakan sejak Perang Dunia I, yaitu sebagai adsorben pada topeng gas sekutu. Kemudian pada Perang Dunia II digunakan untuk menjaga obat – obatan dan peralatan tetap kering dan bebas jamur. Silika gel dipatenkan oleh Walter A. Patrick dari Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland pada tahun 1919. Silika gel juga digunakan sebagai katalis *fluid cracking* pada pembuatan bensin beroktan tinggi. Pendukung katalis pada pembuatan butadiena dari etanol ^[15].

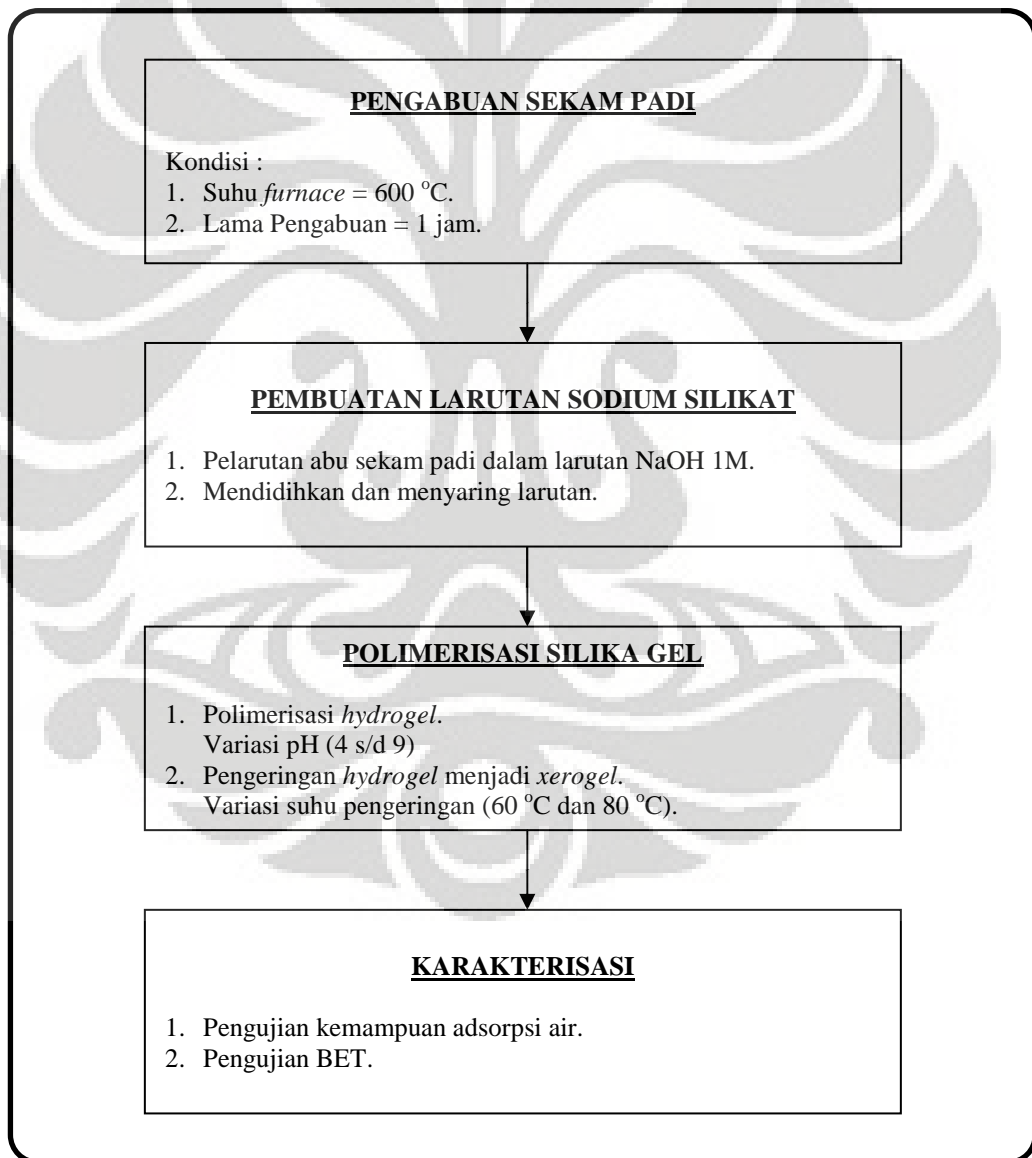
Pengembangan lebih lanjut dari silika gel adalah silika *aerogel*. Silika *aerogel* adalah zat padat dengan densitas terendah yaitu 1 mg/cm^3 , sekitar 1/1000 densitas air. Silika *aerogel* juga merupakan insulator yang sangat baik ^[17].

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Secara umum, penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap pembuatan abu dari sekam padi, tahap pembuatan larutan sodium silikat, tahap polimerisasi silika gel serta tahap karakterisasi. Alur penelitian ditunjukkan pada gambar di bawah ini,



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

III.2 ALAT

1. Labu Erlenmeyer 500 ml.
2. Oven.
3. Furnace.
4. Gelas Beaker 500 ml.
5. Kertas saring Whatman no. 41.
6. Saringan.
7. Pompa vakum.
8. Biuret.
9. Penjepit dan klem.
10. pH meter / kertas pH.
11. Timbangan.
12. Cawan.
13. Batang pengaduk.
14. Pengaduk magnetik

III.3 BAHAN HABIS PAKAI.

1. Sekam padi.
2. HCl pekat.
3. NaOH 1M.
4. Air distilat/demineralisasi

III.4 PROSEDUR PEMBUATAN ABU SEKAM PADI

1. Pencucian
Sekam padi dicuci dengan air. Bertujuan untuk membersihkan sekam dari impuritas akibat kotoran. Lalu dijemur selama 1 hari.
2. Penimbangan
Mengukur massa sekam padi yang diperlukan. Sebanyak 10 g per pengabuan.
3. Pengabuan
Sekam padi langsung dibakar dalam *furnace* pada suhu 600 °C selama 1 jam hingga yang tersisa hanya endapan silika (SiO₂) berwarna putih.

III.5 PROSEDUR PEMBUATAN LARUTAN SODIUM SILIKAT

1. Pada bejana 500 ml (erlenmeyer) dimasukkan 300 ml NaOH 1M dan ditambahkan dengan 10 gram abu sekam.
2. Kemudian dididihkan selama 1 jam sambil terus diaduk agar silika melarut dan menghasilkan larutan sodium silikat.
3. Kemudian larutan ini disaring dengan kertas saring Whatman no.41.
4. Mendinginkan filtrat sampai pada suhu ruang.

III.6 PROSEDUR POLIMERISASI SILIKA GEL

1. Polimerisasi *hydrogel* dilakukan dengan mentitrasi larutan sodium silikat.

Adapun metode titrasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Titrasi untuk pH 4 s/d 8

- Membuat larutan HCl 2 M sebanyak 500 ml
- Membuat larutan bahan baku

Larutan bahan baku dibuat dengan menambahkan 100 ml larutan sodium silikat ke dalam 60 ml larutan HCl 2 M.

– Pengaturan pH (titrasi)

Dilakukan dengan mentitrasikan NaOH 0.5 M ke dalam larutan bahan baku sampai pH yang diinginkan (pH 4 s/d 8).

b. Titrasi untuk pH 9

- Membuat larutan HCl 1 M sebanyak 500 ml
- Pengaturan pH (titrasi)

Dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 1 M ke dalam 100 ml larutan sodium silikat sampai pH yang diinginkan (pH 9).

2. Menginkubasi larutan diatas untuk membentuk *hydrogel*.

3. Mencuci *hydrogel* dengan cara berikut :

- a. Menambahkan air demin sebanyak 100 mL pada *hydrogel* yang terbentuk.
- b. Kemudian diaduk – aduk sampai *hydrogel* hancur sampai seperti bubur.
- c. Selanjutnya disaring dengan bantuan *vacum pump* untuk menghilangkan garam yang terlarut dalam air. Kertas saring yang digunakan kertas saring Whatman 41.

4. Mengulangi pencucian sebanyak 2 – 3 kali.

5. Mengeringkan *hydrogel* dalam oven pada suhu 60 °C dan 80 °C selama 11–13 jam. Produk pengeringan adalah *xerogel* yang merupakan silika gel yang diinginkan.

III.7 KARAKTERISASI

1. Menghitung daya adsorpsi air silika gel

- a. Memanaskan silika gel dalam oven pada suhu 130 °C selama 1 jam.
Menimbang massa silika gel.

- b. Menginkubasi silika gel dalam desikator. Dalam desikator tersebut diletakkan juga gelas beaker 400 ml yang berisi 300 ml aquades.
- c. Menimbang massa silika gel selama dalam desikator dengan selang waktu 1 hari. Inkubasi dihentikan ketika massa silika gel tidak lagi berubah.
- d. Mengukur perubahan massa sebelum dan sesudah inkubasi. Perubahan massa silika gel adalah massa air yang diserap oleh silika gel.

Kemampuan adsorpsi silika gel diukur dengan membandingkan massa air yang mampu diserap tiap gram silika gel.

Kemampuan silika gel (%) = (massa air teradsorpsi / massa silika gel) x 100 %

2. Karakterisasi sifat silika gel dengan menggunakan BET (Brunauer, Emmett, Teller) untuk mengetahui luas area permukaan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.I ANALISIS PERCOBAAN

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh silika gel dari sekam padi. Serta untuk mengetahui pengaruh variasi pH titrasi *hydrogel* dan temperatur pengeringan *hydrogel* terhadap produk silika gel. Adapun hal yang perlu diperhatikan dalam produk silika gel yang dihasilkan adalah kemampuannya dalam menyerap kelembaban di udara serta sifat – sifatnya antara lain luas area permukaan, volume pori dan diameter pori.

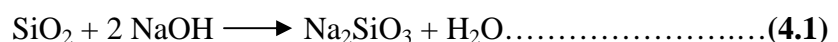
IV.1.1 Analisis Pada Tahap Pembuatan Abu Sekam Padi

Preparasi sekam padi dilakukan dengan memisahkan sekam padi dari batang padi, daun padi, batu atau pengotor lainnya. Kemudian dilakukan pencucian dengan air untuk menghilangkan debu – debu yang menempel. Selanjutnya dikeringkan dengan cara dijemur selama 1 hari.

Selanjutnya sekam padi yang sudah kering dipanggang dalam *furnace* selama 1 jam pada suhu 600 °C. Abu yang didapatkan berwarna putih, hal ini menunjukkan abu yang didapatkan adalah abu silika bukan abu karbon yang berwarna hitam. Total sekam padi yang dikalsinasi adalah 1553.47 gram dan abu yang didapatkan sebesar 332.44 gram maka persentase abu yang dihasilkan sebesar 21.40 %.

IV.1.2 Analisis Pada Tahap Pembuatan Larutan Sodium Silikat

Tahap ini bertujuan untuk mereaksikan silika dengan sodium hidroksida agar menghasilkan sodium silikat. Sodium silikat ini akan menjadi bahan dasar pembuatan silika gel. Sodium silikat terbentuk melalui reaksi berikut :



Larutan sodium silikat dibuat dengan melarutkan 10 gram abu dalam 300 ml NaOH. Kemudian larutan dipanaskan dalam labu erlenmeyer 500 ml dalam

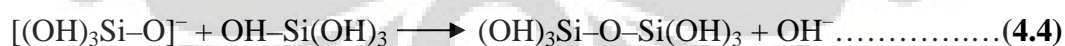
keadaan tertutup pada suhu 78 – 80 °C selama 1 jam. Suhu tersebut dipilih karena pada suhu tersebut larutan mulai menguap yang terlihat dari terbentuknya embun pada dinding labu. Hal ini untuk mencegah penguapan yang berlebihan.

Setelah 1 jam, tampak adanya endapan coklat dalam larutan. Endapan yang terjadi diperkirakan merupakan residu karbon yang tidak bereaksi dengan sodium hidroksida. Selanjutnya larutan didinginkan pada suhu ruang lalu disaring untuk memisahkan endapan yang terbentuk dengan larutan. Filtrat yang diperoleh merupakan larutan sodium silikat sebanyak 284 ml sedangkan endapan yang dihasilkan sebesar 15.7 gram.

IV.1.3 Analisis Pada Tahap Polimerisasi Silika Gel

Tahap ini terdiri atas tahap pembentukan silika gel melalui titrasi larutan sodium silikat, pencucian *hydrogel* yang terbentuk dan pengeringan *hydrogel* agar menjadi *xerogel* yang merupakan produk silika gel yang diinginkan. Titrasi larutan sodium silikat bertujuan untuk membentuk *hydrogel*. Pencucian *hydrogel* bertujuan untuk memurnikan dari pengotor juga kontaminan seperti garam dan mineral lain. Pengeringan *hydrogel* bertujuan untuk mengeluarkan kandungan air dari silika gel.

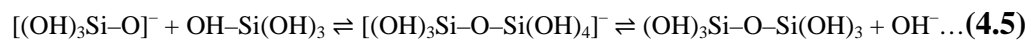
Tahap titrasi larutan sodium silikat dilakukan untuk membentuk *hydrogel* melalui polimerisasi asam silisik [Si(OH)₄] untuk membentuk jaringan Si–O–Si. Adapun reaksinya sebagai berikut :



Reaksi 4.2 dan 4.3 adalah tahap inisiasi polimerisasi. Kedua reaksi ini berjalan relatif cepat. Reaksi 4.4 merupakan tahap propagasi polimerisasi dimana reaksi ini berjalan lebih lambat sehingga menjadi penentu laju reaksi secara keseluruhan^[11]. Reaksi polimerisasi berhenti ketika tidak ada lagi gugus Si–OH yang dapat diserang.

Reaksi 4.4 terjadi melalui mekanisme reaksi S_N2 (substitusi nukleofilik bimolekuler) dimana akan selalu membentuk keadaan transisi untuk

menyelesaikan reaksi^[18]. Adapun keadaan transisi yang terbentuk adalah $[(\text{OH})_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{OH})_4]^-$ ^[11]. Berikut reaksi propagasi secara keseluruhan :

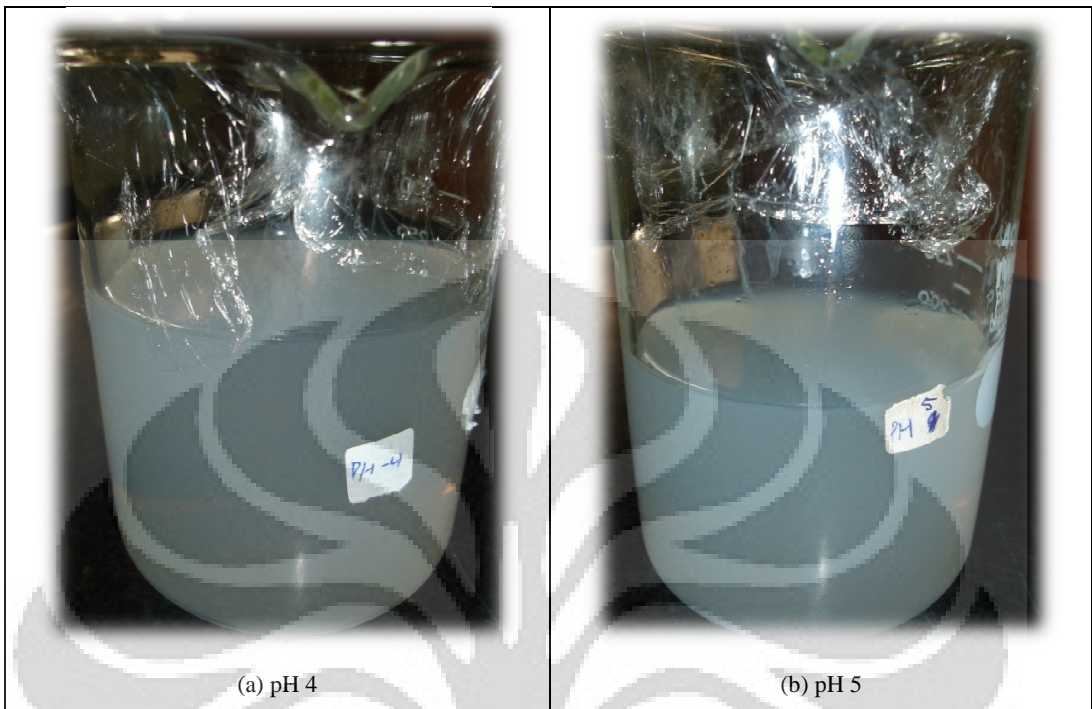


Prosedur titrasi yang dilakukan ada dua macam. Hal ini karena terbatasnya pH titrasi akibat larutan sodium silikat sudah terlebih dahulu menjadi gel sebelum mencapai pH yang diinginkan. Pembentukan *hydrogel* yang terlalu cepat ini terjadi pada pH 8 – 9. Jika larutan sudah berupa gel basah (*hydrogel*) maka titrasi tidak dapat dilanjutkan, karena pH pembentukan *hydrogel* yang terdeteksi pada pH Meter menjadi tidak valid.

Sebelum melakukan titrasi untuk pH 4 sampai dengan 8, larutan sodium silikat harus diturunkan dari pH awalnya yaitu 13. Hal ini dilakukan dengan menambahkan 100 ml larutan sodium silikat dengan 60 ml larutan HCl 2M sehingga pH menjadi 0.6. Penurunan pH larutan sodium silikat dari 13 menjadi 0.6 perlu dilakukan karena tidak mungkin mendapatkan larutan sodium silikat pH 4 sampai 8 dengan memulai titrasi pada pH 13 menuju pH target karena pada pH 9 larutan sodium silikat sudah berubah menjadi *hydrogel*. Pentitrasi yang digunakan adalah NaOH 0.5 M. Untuk pembentukan silika gel pada pH 9, larutan sodium silikat langsung dititrasi dengan HCl 1 M.

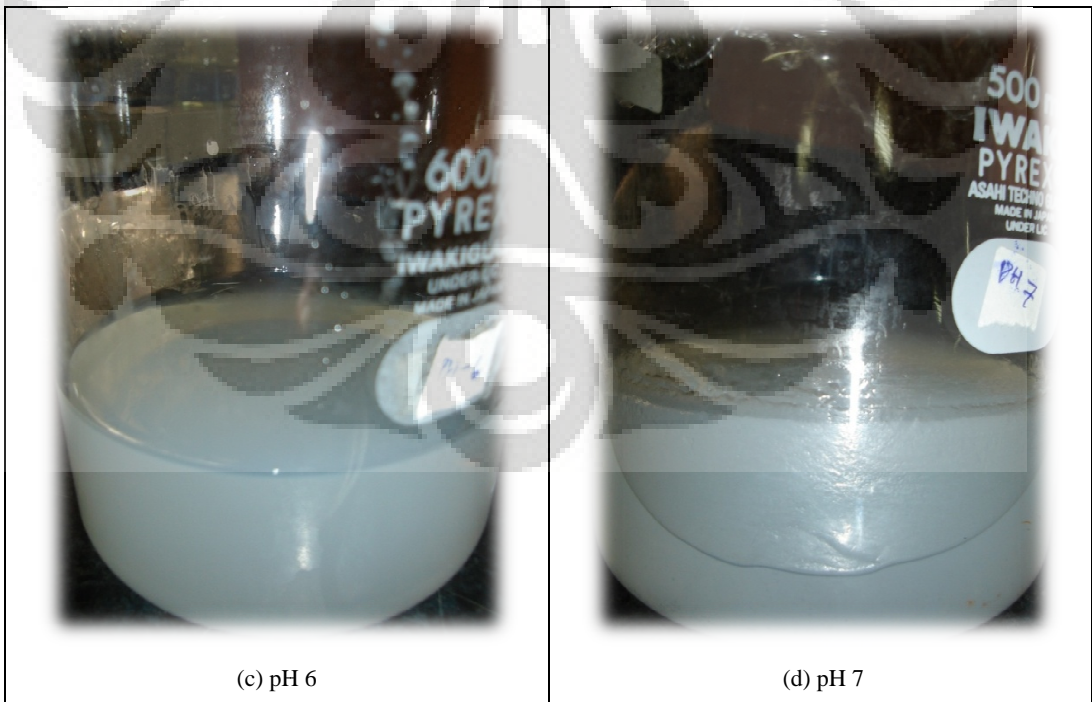
Hydrogel yang dihasilkan dari tiap variasi pH pembentukan silika gel jika dilihat dari wujud fisiknya saja tidak tampak perbedaan. Semuanya berwarna putih agak kecoklatan dan jika diberi tekanan akan mudah hancur. Tingkat kekerasannya kurang lebih seperti agar – agar.

Berikut foto – foto dari *hydrogel* yang diperoleh :



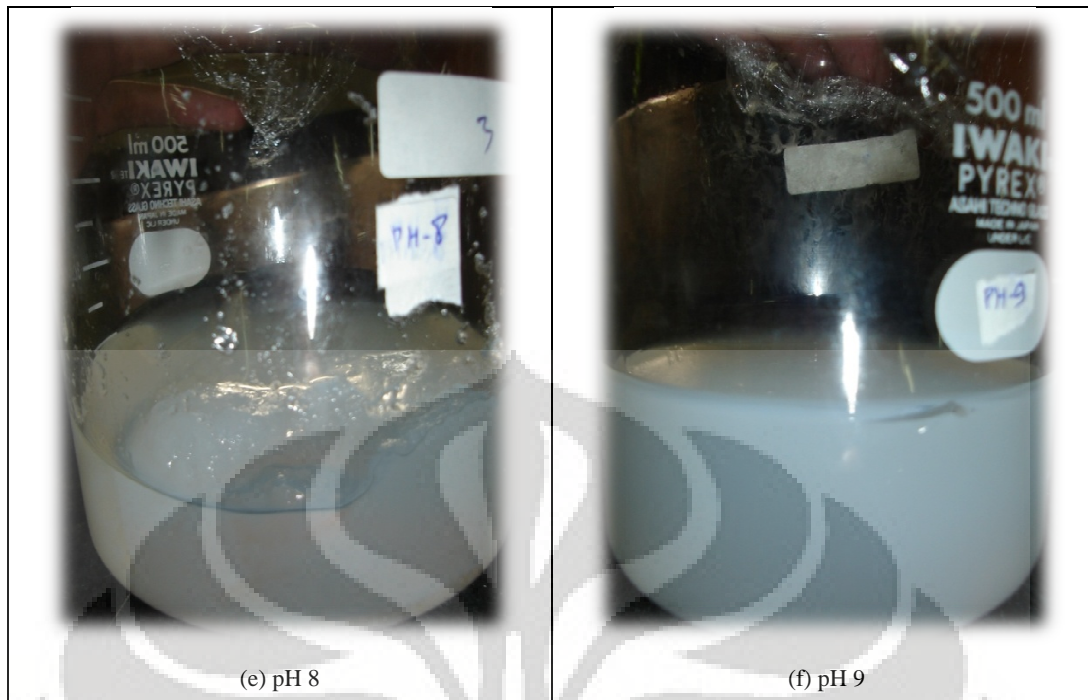
(a) pH 4

(b) pH 5



(c) pH 6

(d) pH 7



Gambar 4. 1 *Hydrogel* yang diperoleh.

Hal yang membedakan dari tiap variasi pH pembentukan silika gel adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk berubah dari larutan sodium silikat menjadi *hydrogel*. Untuk larutan sodium silikat pH 4 membutuhkan waktu sekitar 1 hari untuk berubah menjadi gel. Larutan sodium silikat pH 5 butuh waktu 10 – 15 menit. Larutan sodium silikat pH 6 dan 7 sekitar 1 – 2 menit. Sedangkan larutan sodium silikat pH 8 dan 9 membutuhkan waktu beberapa detik saja.

Perbedaan waktu pembentukan *hydrogel* tersebut disebabkan oleh perbedaan muatan permukaan dari partikel SiO_2 yang terbentuk. Partikel SiO_2 yang terbentuk akan diselubungi oleh ion – ion. Ion – ion ini akan mencegah partikel SiO_2 berdekatan satu sama lain karena ada gaya tolak menolak akibat memiliki muatan permukaan yang sama. Karena saling menjauhi maka peluang untuk bertemu dan membentuk gel (presipitasi) semakin kecil. Semakin banyak ion dalam larutan sodium silikat maka partikel SiO_2 menjadi stabil dan larutan sodium silikat ini dapat ditinjau sebagai sistem koloid dimana partikel SiO_2 merupakan zat terdispersinya.

Pada senyawa SiO_2 , atom Si berikatan rangkap dengan masing – masing atom O. Pada saat pembentukan (presipitasi) gel, atom Si melepaskan satu ikatannya dengan masing – masing atom O. Maka atom Si kini memiliki 2 tangan

bebas, 2 tangan ini nantinya akan berikatan dengan masing – masing 1 tangan bebas atom O dari molekul SiO₂ lain. Dan seterusnya hal ini berlanjut sampai membentuk jaringan – O – Si – O – . Jaringan tersebut merupakan silika gel yang dihasilkan.

Hydrogel yang terbentuk kemudian dicuci dengan prosesnya sebagai berikut. Pencucian dilakukan dengan menambahkan 100 ml air demin pada *hydrogel*, lalu diaduk – aduk sampai gel hancur menjadi seperti bubur. Selanjutnya disaring dengan bantuan *vacuum pump* untuk menghilangkan garam yang terlarut dalam air. Penyaringan dihentikan ketika gel berubah menjadi bentuk yang lebih padat dan tidak lagi meneteskan air. Pencucian ini diulang dua kali lagi agar lebih optimal.

Pada proses pencucian ini terjadi penurunan volume dari *hydrogel*. Sebelum proses pencucian volume *hydrogel* sekitar 250 ml tetapi setelah proses pencucian menjadi sekitar 50 ml. Hal ini menunjukkan bahwa banyak air yang terjebak dalam *hydrogel*. Air ini kemudian dapat terbebas ketika *hydrogel* dihancurkan. Sistem koloid yang semula berupa padatan (partikel SiO₂) yang terdispersi dalam cair berubah menjadi zat cair yang terdispersi dalam padatan (*hydrogel*). Setelah proses pencucian ini warna *hydrogel* menjadi putih kebiru – biruan.

Selanjutnya *hydrogel* tersebut dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1 jam pada suhu 60 °C dan 80 °C. Pada tahap ini *hydrogel* yang masih mengandung air akan dihilangkan kandungannya sehingga menjadi *xerogel* yang bersifat higroskopis. *Xerogel* ini merupakan produk silika gel yang diinginkan dan selanjutnya akan disebut silika gel saja. Pada proses ini juga terjadi pengerutan volume sebelum dan sesudah pengeringan. Hal ini disebabkan karena ketika air keluar dari *hydrogel* akan terjadi keruntuhan struktur silika gel akibat kekosongan ruang pori yang semula diisi oleh air.

Data perubahan massa saat pengeringan *hydrogel* menjadi *xerogel*, sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Perubahan Massa Pengeringan *Hydrogel* Menjadi *Xerogel*.

pH	Massa <i>Hydrogel</i> (gram)		Massa <i>Xerogel</i> (gram)		Massa yang hilang (gram)	
	60 °C	80 °C	60 °C	80 °C	60 °C	80 °C
4	21.94	21.95	1.52	1.42	20.42	20.53
5	28.07	28.193	1.51	1.45	26.56	26.743
6	24.91	25	1.42	1.44	23.49	23.56
7	40.76	40.99	1.6	1.6	39.16	39.39
8	30.24	30.1	1.79	1.21	28.45	28.89
9	27.38	27.52	1.53	1.54	25.85	25.98

Kemudian dari data tersebut diatas dapat dihitung pula konversi dari *hydrogel* menjadi *xerogel*. Untuk menghitung konversi digunakan rumus sebagai berikut :

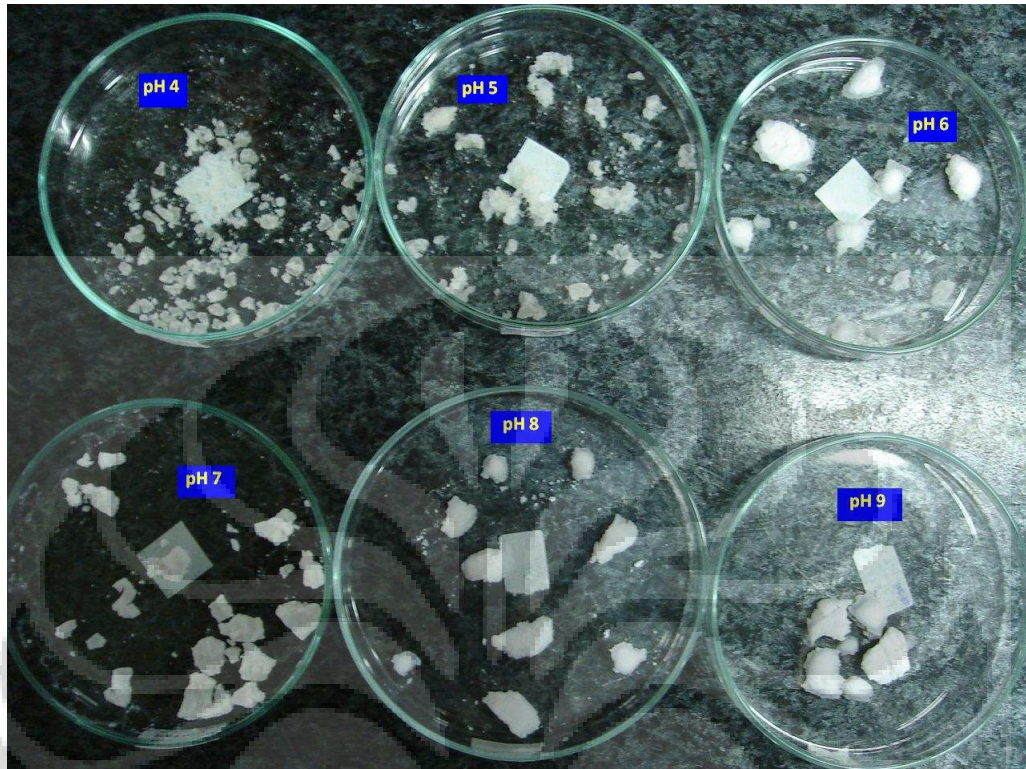
$$\text{Konversi} = \text{massa } xerogel / \text{massa } hydrogel.$$

Berikut konversi yang dihasilkan dari *hydrogel* menjadi *xerogel* :

Tabel 4. 2 Konversi Pengeringan *Hydrogel* Menjadi *Xerogel*.

pH	60 °C	80 °C
4	6.93%	6.47%
5	5.38%	5.14%
6	5.70%	5.76%
7	3.93%	3.90%
8	5.92%	4.02%
9	5.59%	5.60%

Berikut foto *xerogel* yang dihasilkan :



Gambar 4. 2 Xerogel yang diperoleh

IV.2 HASIL PENGUJIAN KEMAMPUAN SILIKA GEL

Pada tahap ini silika gel yang telah dihasilkan kemudian diuji kemampuannya dalam menyerap kelembaban udara. Silika gel diuji kemampuan menyerap kelembababan di udara hingga mencapai kondisi jenuhnya. Kondisi jenuh tersebut ditandai oleh tidak adanya lagi pertambahan massa silika gel. Hal ini disebabkan karena massa air yang diserap tidak lagi bertambah. Prosedur pengujian bisa dilihat pada sub bab 3.7.

Pada saat sebelum diuji, silika gel dikeringkan dahulu dengan memanaskannya dalam oven selama 1 jam pada suhu 130 °C. Setelah dikeringkan wujud silika gel berupa kristal padat berwarna putih susu. Kemudian setelah silika gel dilakukan pengujian dan telah jenuh dengan uap air, wujud silika gel berubah menjadi kristal padat berwarna bening dengan sedikit nuansa coklat. Adapun gambarnya adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 3 Perubahan Warna Silika Gel

Kemampuan silika gel dalam menyerap kelembaban udara diukur dari banyaknya massa air yang mampu diserap per gram silika gel. Kemampuan silika gel menyerap air biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase yang dihitung melalui rumus :

$$\text{Persentase kemampuan silika gel (\%)} = (\text{gram air yang diserap} / \text{gram silika gel}) \times 100 \%$$

Persentase gram air per gram silika gel yang diperoleh dari tiap variasi pH dan suhu pengeringan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Kemampuan Silika Gel (Persentase gram Air per gram Silika Gel)

Suhu	pH					
	4	5	6	7	8	9
60 °C	30.14 %	43.84 %	47.48 %	46.20 %	19.21 %	15.33 %
80 °C	25.17 %	40.82 %	48.28 %	45.91 %	18.55 %	17.20 %

Dari semua silika gel yang diperoleh, silika gel yang memberikan kemampuan paling baik adalah silika gel yang dibuat pada pH 6 dengan suhu pengeringan 80 °C yang mampu menyerap 0.4828 gram air per gram silika gel. Sedangkan kemampuan silika gel yang paling rendah diberikan oleh silika gel yang dibuat pada pH 9 dengan suhu pengeringan 60 °C yang hanya mampu menyerap 0.1533 gram air per gram silika gel.

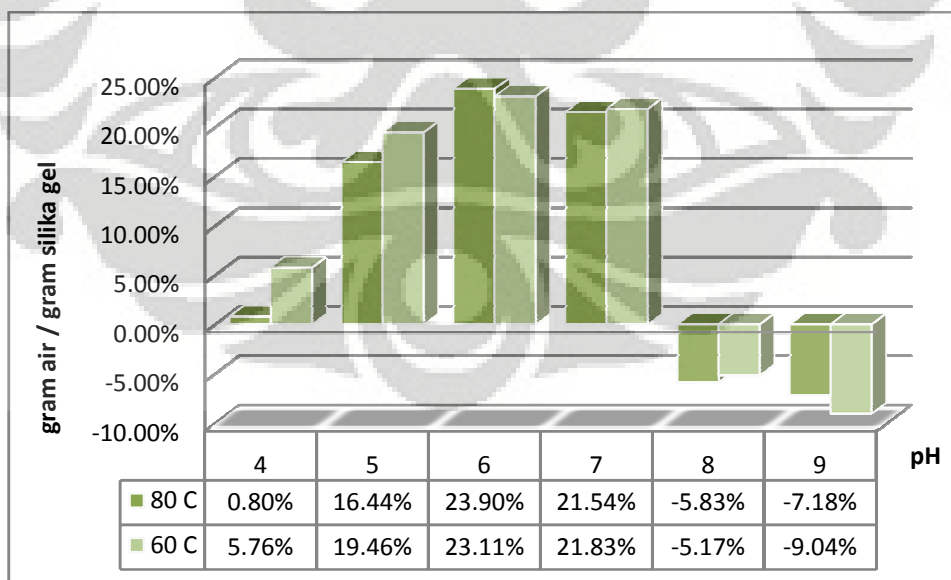
IV.3 PERBANDINGAN KEMAMPUAN DENGAN SILIKA GEL KOMERSIAL

Adapun tujuan perbandingan ini adalah untuk mengetahui apakah silika gel yang dihasilkan memiliki kemampuan yang lebih baik atau tidak jika dibandingkan dengan silika gel yang dijual di pasaran. Untuk dapat melakukan perbandingan maka silika gel komersial juga diuji kemampuannya dalam menyerap kelembaban udara. Metode pengujian yang digunakan juga serupa dengan metode pengujian yang digunakan untuk menguji silika gel yang dibuat pada penelitian ini.

Adapun hasil pengujian yang didapatkan, bahwa silika gel komersial memiliki kemampuan untuk menyerap 0.2563 gram air per gram silika gel atau jika dinyatakan dalam persentase maka diperoleh 25.63 %. Perbandingan dilakukan dengan menghitung selisih persentase kemampuan silika gel menyerap kelembaban (gram air / gram silika gel) antara silika gel yang dibuat selama penelitian dengan kemampuan silika gel komersial. Jika dirumuskan :

$$\text{Selisih kemampuan} = \text{Persentase kemampuan silika gel hasil penelitian} - \text{Persentase kemampuan silika gel komersial.}$$

Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Grafik Selisih Kemampuan dengan Silika Gel Komersial

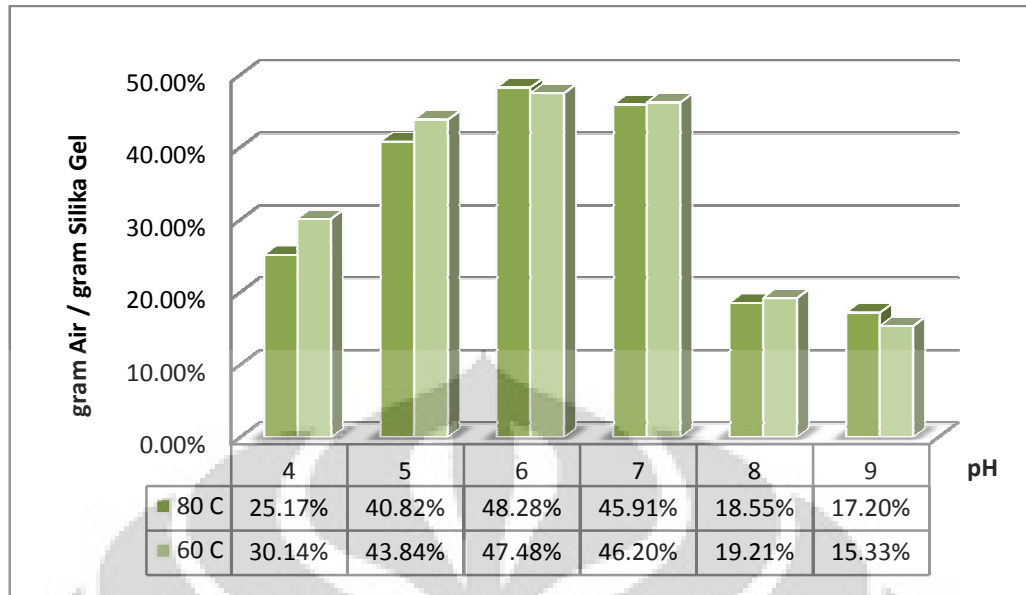
Dari grafik tersebut, terlihat bahwa mayoritas silika gel yang dihasilkan dalam penelitian ini pada umumnya memberikan kemampuan yang lebih baik daripada silika gel komersial. Silika gel yang memberikan kemampuan lebih baik daripada silika gel komersial adalah silika gel yang dibuat pada pH 4 sampai dengan pH 7. Selisih kinerja yang dihasilkan sebesar 0.008 sampai dengan 0.2311 gram air per gram silika gel lebih besar daripada silika gel komersial. Kemampuan yang lebih buruk dari silika gel komersial dihasilkan oleh silika gel yang dihasilkan pada pH 8 dan pH 9. Selisih kinerja yang dihasilkan sebesar 0.0517 sampai dengan 0.0904 gram air per gram silika gel lebih kecil daripada silika gel komersial.

IV.4 PENGARUH SUHU PENDINGINAN *HYDROGEL* TERHADAP KEMAMPUAN SILIKA GEL

Variasi suhu pendinginan dilakukan untuk mengetahui pengaruh kecepatan penguapan terhadap struktur pori dari silika gel produk. Perbedaan struktur pori silika gel yang dihasilkan nantinya berujung pada perbedaan kemampuan silika gel dalam menyerap kelembaban udara.

Seperti yang telah diketahui bahwa air adalah medium yang mengisi pori pada *hydrogel*. Jika air menguap maka ada kekosongan pada pori yang menyebabkan keruntuhan struktur pori. Keruntuhan struktur pori ditunjukkan oleh mengerutnya silika gel sesudah proses pendinginan *hydrogel*. Keruntuhan struktur pori menyebabkan penurunan jumlah pori, diameter pori dan volume pori yang pada akhirnya menurunkan luas permukaan kontak (*surface area*). Berkurangnya luas area permukaan ditunjukkan oleh penurunan kemampuan silika gel menyerap kelembaban.

Berikut data yang diperoleh :



Gambar 4. 5 Grafik Kemampuan Silika Gel

Untuk dapat melakukan perbandingan, kemudian dihitung selisih kemampuan silika gel dengan suhu pengeringan 60 °C dengan kemampuan silika gel dengan suhu pengeringan 80 °C.

Tabel 4. 4 Selisih Kemampuan Silika Gel 60 °C Dengan Silika Gel 80 °C

pH	Selisih kemampuan
4	4.97%
5	3.02%
6	-0.79%
7	0.29%
8	0.66%
9	-1.86%

Terlihat diatas bahwa perbedaan suhu pengeringan tidak memberikan perbedaan kemampuan silika gel yang signifikan. Dengan selisih kinerja terbesar yang tidak lebih besar dari 5 % maka dapat dikatakan seimbang. Kemampuan yang relatif berimbang ini menunjukkan bahwa perbedaan suhu pengeringan sebesar 20 °C tidak memberikan sesuatu yang berarti pada proses pengeringan ini. Dengan kata lain, antara kedua suhu tersebut laju penguapan air kurang lebih sama sehingga laju pengerutan silika gel juga sama.

Hal ini terjadi karena kedua suhu yang dipilih bedanya tidak terlalu jauh. Selain itu kedua suhu yang dipilih berada di bawah titik didih air pada tekanan atmosfer yaitu 100 °C sehingga air menguap dengan laju yang lambat. Karena suhu pengeringan berada di bawah titik didih maka air menguap melalui mekanisme kesetimbangan uap jenuh dengan udara lingkungan. Mekanisme penguapan seperti ini sangat lambat jika dibandingkan dengan laju penguapan pada suhu diatas titik didihnya.

Walaupun begitu laju penguapan pada suhu 60 °C dan 80 °C pada dasarnya berbeda. Akan tetapi laju penguapan ini tidak dapat diimbangi oleh laju pengerutan struktur silika gel. Yang pada akhirnya kedua suhu pengeringan ini memberikan struktur silika gel yang sama dan kinerja yang tidak berbeda.

Hal yang berbeda mungkin didapat dengan mengeringkan *hydrogel* dengan cara pemanasan yang tiba – tiba. *Hydrogel* dimasukkan dengan cepat ke dalam oven yang telah bersuhu tinggi sehingga air dalam *hydrogel* akan seketika menguap. Air yang tiba – tiba berubah menjadi uap akan mampu mempertahankan struktur pori silika gel. Hal lain yang disarankan mungkin dengan mengganti air sebagai medium dengan menggunakan medium lain yang lebih mudah menguap (*volatile*). Jika hal ini dilakukan maka tidak diperlukan suhu tinggi untuk menguapkan medium karena dengan suhu yang tinggi akan memiliki kemungkinan akan merusak silika gel atau merubah struktur kristalnya.

IV.5 PENGARUH PH PEMBENTUKAN SILIKA GEL TERHADAP KEMAMPUAN SILIKA GEL

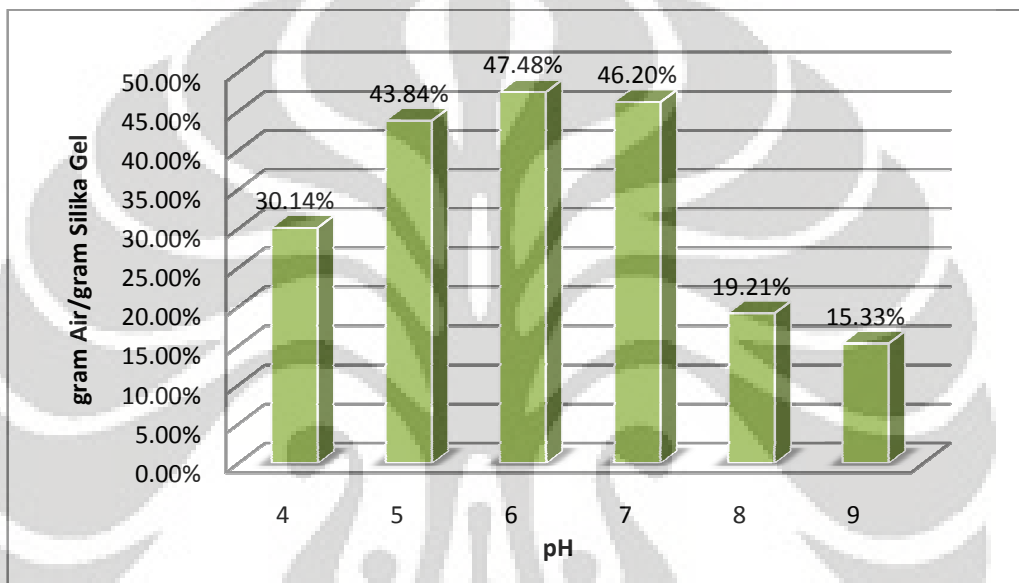
Variasi pH pembentukan silika gel dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap struktur pori dari silika gel produk. Perbedaan struktur pori silika gel yang dihasilkan nantinya berujung pada perbedaan kemampuan silika gel dalam menyerap kelembaban udara.

Karena pada penelitian ini dilakukan dua metode pengeringan maka analisis hasil pengaruh pH terhadap kemampuan silika gel menyerap kelembaban udara dibagi menjadi dua yaitu untuk silika gel dengan suhu pengeringan 60 °C

dan untuk silika gel dengan suhu pengeringan 80 °C. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

IV.5.1 Pengaruh pH terhadap Kemampuan Silika Gel dengan Suhu Pengeringan 60 °C

Berikut grafik kemampuan silika gel dengan suhu pengeringan 60 °C :



Gambar 4. 6 Grafik Kemampuan Silika Gel 60 °C

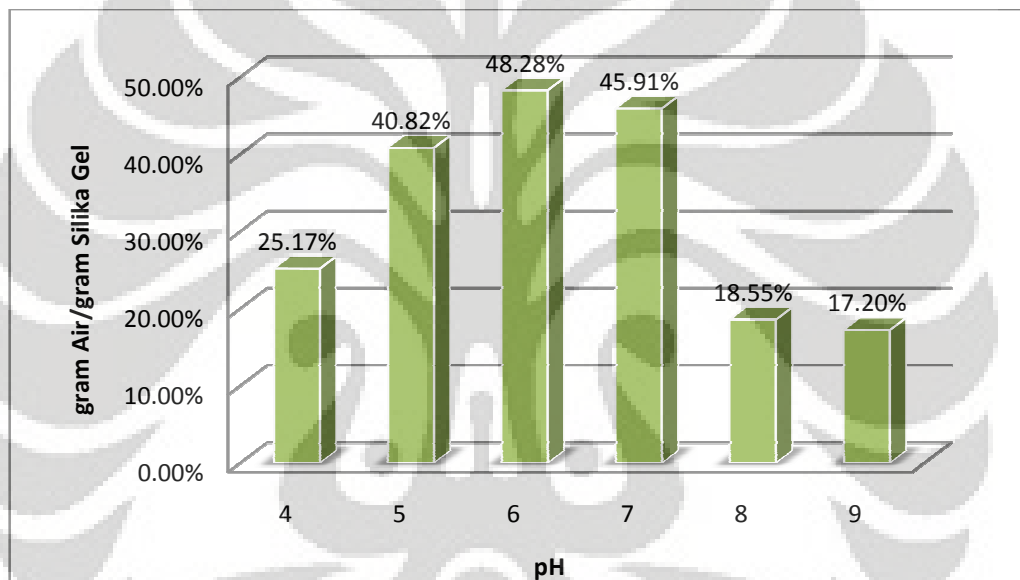
Untuk silika gel dengan suhu pengeringan 60 °C, kemampuan dalam menyerap kelembaban udara berkisar antara 0.1533 sampai dengan 0.4748 gram air per gram silika gel. Silika gel dengan kemampuan tertinggi diberikan oleh silika gel yang terbentuk pada pH 6 yaitu sebesar 0.4748 gram air per gram silika gel. Sedangkan silika gel dengan kemampuan terendah diberikan oleh silika gel yang terbentuk pada pH 9 yaitu sebesar 0.1533 gram air per gram silika gel.

Silika gel yang terbentuk pada pH 7 sebenarnya juga memberikan kemampuan yang relatif berimbang dengan pH 6 yaitu dengan kemampuannya menyerap 0.4620 gram air per gram silika gel. Mayoritas variasi pH pada suhu pengeringan 60 °C memberikan kemampuan silika gel diatas 30 % kecuali untuk pH 9 yang menduduki posisi terendah dengan 15.33 % dan pH 8 dengan kemampuan sebesar 19.21 %.

Jika dikelompokkan maka pH 6 dan 7 merupakan pH terbaik untuk membuat silika gel. Sementara pH 4 dan 5 memberikan silika gel dengan kemampuan menengah. Sedangkan pH 8 dan 9 sebaiknya tidak dipilih untuk membuat silika gel karena memberikan silika gel dengan kemampuan yang jauh lebih rendah jika dibandingkan variasi pH yang lain.

IV.5.2 Pengaruh pH terhadap Kemampuan Silika Gel dengan Suhu Pengeringan 80 °C

Berikut grafik kemampuan silika gel dengan suhu pengeringan 80 °C :



Gambar 4. 7 Grafik Kemampuan Silika Gel 80 °C

Kemudian untuk silika gel dengan suhu pengeringan 80 °C juga memberikan hasil yang tidak jauh berbeda dan pola yang relatif sama dengan silika gel yang dihasilkan dengan suhu pengeringan 60 °C.

Untuk kemampuan dalam menyerap kelembaban udara silika gel dengan suhu pengeringan 80 °C memberikan kemampuan yang berkisar antara 0.1720 sampai dengan 0.4828 gram air per gram silika gel. Silika gel dengan kemampuan tertinggi diberikan oleh silika gel yang terbentuk pada pH 6 yaitu sebesar 0.4828 gram air per gram silika gel. Sedangkan silika gel dengan kemampuan terendah diberikan oleh silika gel yang terbentuk pada pH 9 yaitu sebesar 0.1720 gram air per gram silika gel.

Silika gel yang terbentuk pada pH 7 sebenarnya juga memberikan kemampuan yang relatif berimbang dengan pH 6 yaitu dengan kemampuannya menyerap 0.4591 gram air per gram silika gel. Mayoritas variasi pH pada suhu pengeringan 80 °C memberikan kemampuan silika gel diatas 25 % kecuali untuk pH 9 yang menduduki posisi terendah dengan 17.20 % dan pH 8 dengan kemampuan sebesar 18.55 %.

Seperti halnya silika gel dengan suhu pengeringan 60 °C, jika dikelompokkan berdasarkan kemampuannya maka pH 6 dan 7 merupakan pH terbaik untuk membuat silika gel. Sementara pH 4 dan 5 memberikan silika gel dengan kemampuan menengah. Sedangkan pH 8 dan 9 sebaiknya kembali tidak dipilih untuk membuat silika gel karena memberikan silika gel dengan kemampuan yang jauh lebih rendah jika dibandingkan variasi pH yang lain.

IV.5.3 Analisis Pengaruh pH terhadap Kemampuan Silika Gel.

Sebelum dititrasi, larutan sodium silikat merupakan sebuah sistem koloid. Jenis sistem koloidnya adalah sol cair dimana partikel padat SiO_2 terdispersi dalam zat cair dalam hal ini air. Pada partikel SiO_2 masing – masing atom O memiliki dua pasangan elektron bebas maka totalnya satu molekul SiO_2 memiliki empat pasangan elektron bebas. Pasangan elektron bebas ini memberikan tendensi muatan negatif pada molekul SiO_2 .

Dari kedua grafik tersebut diatas terlihat bahwa kinerja silika gel yang baik adalah gel yang terbentuk pada suasana yang relatif netral dan kinerjanya semakin menurun dengan menjauhnya pH dari kondisi netral. Pada suasana netral, gaya tolak menolak antar molekul SiO_2 kecil. Gaya tolak menolak yang kecil ini menyebabkan polimerisasi yang terjadi cenderung menghasilkan ukuran partikel yang lebih besar. Ukuran partikel yang besar ini akan memberikan diameter pori yang lebih besar. Diameter pori yang lebih besar ini akan memungkinkan penetrasi air yang jauh lebih ke dalam jaringan pori silika gel. Karena penetrasi yang lebih dalam maka lebih banyak air yang dapat teradsorpsi pada permukaan silika gel. Hal inilah yang menyebabkan kinerja silika gel pada pH 6 dan 7 lebih besar daripada kinerja silika gel pada pH lain.

Pada suasana asam atau basa, akan terdapat lebih anion atau kation. Adanya ion – ion ini akan membentuk semacam lapisan ion yang saling bergantian antara kation dan anion pada permukaan molekul silika gel. Ilustrasinya bisa dilihat pada gambar 2.14. Karena SiO₂ cenderung memiliki muatan negatif maka pertama kali ia akan dilapisi oleh lapisan ion positif. Selanjutnya lapisan ion positif ini akan diselubungi oleh lapisan ion negatif yang kemudian akan dilapisi kembali oleh lapisan ion positif dan begitu seterusnya.

Muatan pada molekul SiO₂ hanya diberikan oleh pasangan elektron bebas sedangkan pada ion, muatan diberikan oleh kekurangan atau kelebihan beberapa elektron. Oleh karena itu muatan yang diberikan oleh ion – ion ini lebih besar daripada muatan yang dimiliki oleh muatan molekul SiO₂. Hal ini menyebabkan gaya tolak menolak antar molekul SiO₂ yang telah dilapisi ion menjadi lebih besar.

Pada proses polimerisasi, gaya tolak menolak yang besar ini menyebabkan kecenderungan menghasilkan ukuran partikel yang lebih kecil. Ukuran partikel yang kecil ini akan memberikan diameter pori yang lebih sempit. Diameter pori yang lebih sempit ini akan menyulitkan penetrasi air ke dalam jaringan pori silika gel sehingga lebih sedikit air yang dapat teradsorpsi pada permukaan silika gel.

IV.6 HASIL UJI BET

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari silika gel yang dihasilkan yaitu luas area permukaan. Analisis dilakukan dengan menggunakan alat “Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorbtion System” yang tersedia pada laboratorium RPKA DTK-FTUI.

Sampel yang dilakukan uji BET adalah sampel silika gel yang memiliki kemampuan terbaik dari masing – masing variasi suhu pengeringan *hydrogel*. Sampel tersebut adalah sampel silika gel yang terbentuk pada pH 6 baik untuk suhu pengeringan 60 °C dan 80 °C. Adapun karakteristik silika gel yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Luas Area Permukaan Silika Gel

Suhu Pengeringan	Luas Area Permukaan Silika Gel
60 °C	344.6 m ² /g
80 °C	361.4 m ² /g

Dari ketiga tabel diatas tampak bahwa luas area permukaan silika gel yang dikeringkan pada suhu 80 °C lebih besar daripada karakteristik silika gel dengan suhu pengeringan 60 °C. Dengan luas area permukaan yang lebih besar maka lebih banyak molekul air yang dapat kontak dengan permukaan silika gel. Hal ini tentunya menjelaskan keunggulan kemampuan penyerapan air yang dimiliki silika gel yang dihasilkan pada suhu pengeringan 80 °C (sebesar 48.28 %) dibandingkan dengan kemampuan silika gel dengan suhu pengeringan 60 °C (sebesar 47.48 %).

BAB V

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

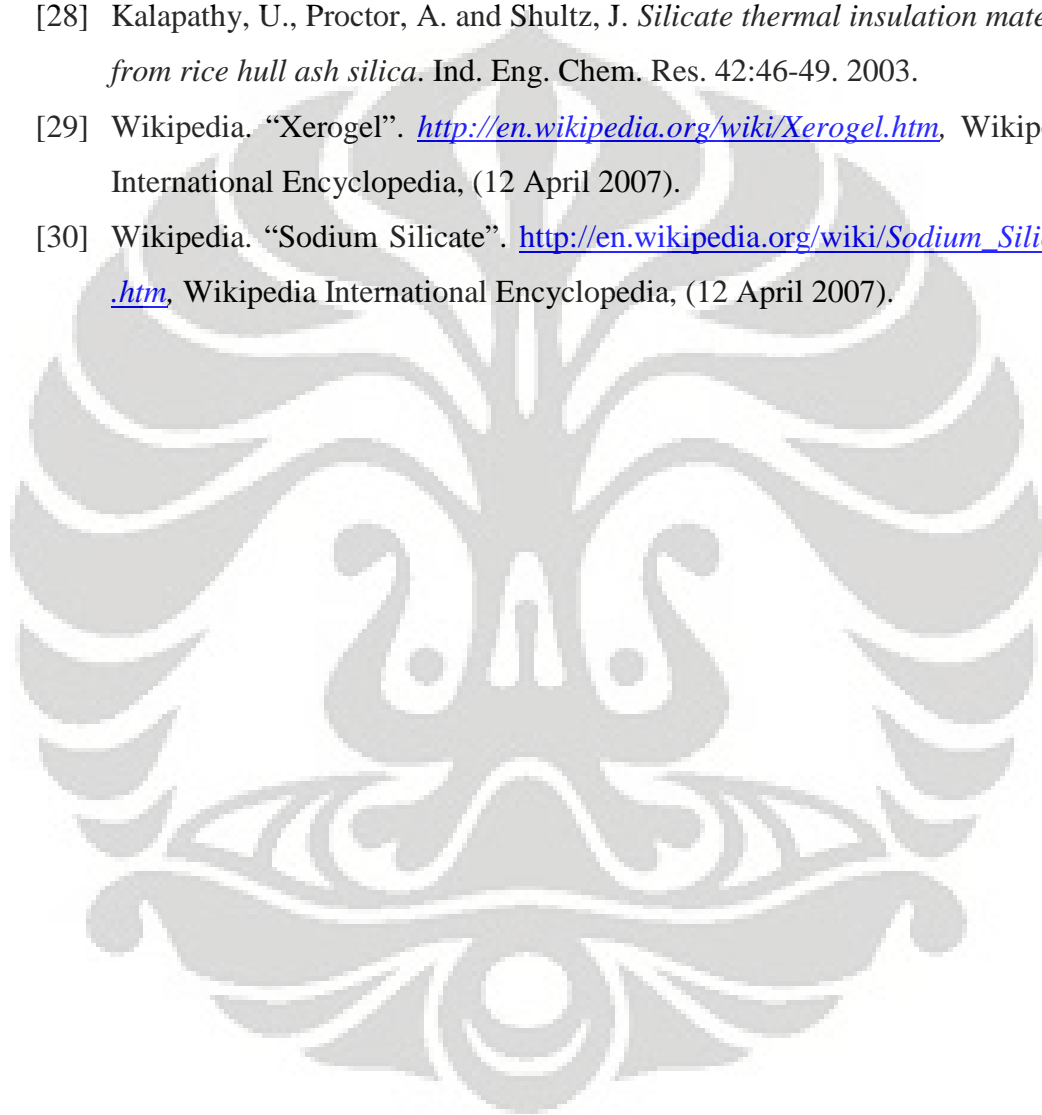
1. Silika gel yang dibuat pada pH 6 menghasilkan kemampuan yang paling baik dalam menyerap kelembaban udara dibandingkan dengan variasi pH yang lain (4, 5, 7, 8, 9). Hal ini berlaku pada kedua variasi suhu pengeringan *hydrogel* yaitu 60 °C dan 80 °C. Adapun kemampuan yang dihasilkan oleh silika gel pH 6 dengan suhu pengeringan 60 °C adalah 47.48 % sedangkan untuk silika gel pH 6 dengan suhu pengeringan 80 °C mempunyai kemampuan sebesar 48.28 %.
2. Silika gel yang dibuat pada pH 6 menghasilkan kemampuan yang lebih baik daripada silika gel komersial. Hal ini berlaku pada kedua variasi suhu pengeringan *hydrogel* yaitu 60 °C dan 80 °C. Adapun selisih kemampuan dengan silika gel komersial yang dihasilkan oleh silika gel pH 6 dengan suhu pengeringan 60 °C adalah 23.11 % sedangkan untuk silika gel pH 6 dengan suhu pengeringan 80 °C mempunyai selisih kemampuan sebesar 23.90 %.
3. Silika gel yang dibuat pada pH 6 dengan suhu pengeringan 60 °C memiliki luas area permukaan sebesar 344.6 m²/g dan untuk silika gel yang dibuat pada pH 6 dengan suhu pengeringan 80 °C memiliki luas area permukaan sebesar 361.4 m²/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim (2007). “Produksi Padi Tidak Tercapai”. http://www.beritaindonesia.co.id/data/arsip/2007/03/01/produksi_padi_tidak_tercapai.php. (5 April 2007)
- [2] Anonim (2008). “Ketahanan Pangan Pemerintah Dinilai Tidak Terbuka”. <http://groups.yahoo.com/group/ekonomi-nasional/message/10825.htm>. (25 Juni 2008)
- [3] Irma, Dewi. “Dari Sekam Padi Jadi Silika”. <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2006/122006/28/kampus/sains.htm>. (5 April 2007)
- [4] Olivier, Paul A. “The Rice Hull House”. <http://www.thelaststraw.org/backissues/articles/Rice%20Hull%20House.pdf>. (22 Februari 2007).
- [5] Indriasari, Yuanita. *Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Sumber Silika dalam Sintesis Zeolit Y Tanpa Template*. Skripsi. Depok: Departemen Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 1997.
- [6] Harsono, Heru. *Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi*. Jurnal ILMU DASAR, Vol. 3 No.2: 98-103. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. 2002.
- [7] Y, Shinohara., N, Kohyama. *Quantitative Analysis of Tridymite and Cristobalite Crystallized in Rice Husk Ash by Heating*. National Institute of Industrial Health. 2004
- [8] M, Hamdan Y. *Preparasi Silika Murni dari Sekam Padi*. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung. 2005
- [9] Scott, R.P.W. “The Preparation of Silica Gel”. <http://www.chromatography-online.org/Retention/Exclusion/Silica-Gel-Preparation/rs59.html>. (5 April 2007).
- [10] Waddel, Walter H., Evans, Larry R. “Silica (Amorphous)”. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 21, pp 1005–1032. New York: Wiley – Interscience Publication. 1997.
- [11] Brinker, C.J., Scherer, G.W., *Sol–Gel Science : The Physics and Chemistry of Sol–Gel Processing*. (Academic Press, Inc., San Diego, CA, 1990), hal. 103, 147, 839–880.

- [12] Patterson, Robert E.(ed). “Silica (Introduction)”. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 21, pp 977–1022. New York: Wiley – Interscience Publication. 1997.
- [13] Dutch, Steven. “Silica Polymorph”. <http://www.uwgb.edu/dutchs/PETROLOGY/Silica%20Poly.HTM>. (22 Februari 2007).
- [14] Mutiarawati, Fadilla. “Cara Merancang dan Memproduksi Sebuah Proessor”. *PC Media*,02/2005, pp 79-82. Jakarta: PinPoint Publication. 2005
- [15] Wikipedia. “Silica_gel”. http://en.wikipedia.org/wiki/Silica_gel.htm, Wikipedia International Encyclopedia, (12 April 2007).
- [16] Anonim. “Science Activity #8 – Silica Gel”. http://nobel.scas.bcit.ca/debeck_pt/science/silicaGel/gel_p1.htm#. (16 Maret 2007).
- [17] Wikipedia. “Aerogel”. <http://en.wikipedia.org/wiki/Aerogel.htm>, Wikipedia International Encyclopedia, (12 April 2007).
- [18] Fessenden, R.J.,Fessenden,J.S., *Kimia Organik*. Jilid 1 edisi ketiga. Jakarta : Erlangga.1986
- [19] Proctor, Andrew. “The Potential of Renewable Materials in USA – Arkansas”. *Abstracts of Oral Presentations*.
- [20] Lewis, L.N. et al. *Sand to Silicones*. GE Global Research. 2002
- [21] Tang, Qi., Wang, Tao. “Preparation of Silica Aerogel from Rice Hull Ash by Supercritical Carbon Dioxide Drying”. *Science Direct: The Journal of Supercritical Fluids*. 2004
- [22] Kim, Moonjung., Yoon, Suk Hoo., Choi, Eunsoo., Gil, Bogim. *Comparison of the Adsorbent Performance between Rice Hull Ash and Rice Hull Silica Gel According to Their Structural Differences*. International Union of Food Science and Technology. 2007.
- [23] Anonim. “Silica Gel FAQ”. <http://www.dehumidify.com/FAQ.html>. (5 April 2007).
- [24] Anonim. “Silica Dessicant” . http://en.wikipedia.org/wiki/Silica_gel. (12 April 2007).
- [25] Anonim. “Silica Gel Dessicant”. <http://www.zettapac.com/silica-gel.html>. (12 April 2007).

- [26] Kalapathy, U. Proctor, A. and Shultz, J. *Production and properties of flexible sodium silicate films from rice hull ash*. Bioresource Tech. 73:99-106. 2000.
- [27] Kalapathy, U. and Proctor, A. *A new method for free fatty acid reduction in frying oils using silicate films produced from rice hull ash*. J. Am. Oil Chem. Soc. 77:593-598. 2000.
- [28] Kalapathy, U., Proctor, A. and Shultz, J. *Silicate thermal insulation material from rice hull ash silica*. Ind. Eng. Chem. Res. 42:46-49. 2003.
- [29] Wikipedia. "Xerogel". <http://en.wikipedia.org/wiki/Xerogel.htm>, Wikipedia International Encyclopedia, (12 April 2007).
- [30] Wikipedia. "Sodium Silicate". http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_Silicate.htm, Wikipedia International Encyclopedia, (12 April 2007).



LAMPIRAN

Lampiran 1 Data dan Perhitungan Hasil Penelitian

Data Proses Pengabuan

Total massa sekam padi yang diabukan = 1553.74 gram

Total massa abu sekam padi yang dihasilkan = 332.44 gram

$$\begin{aligned}\text{Konversi proses pengabuan} &= \frac{\text{Total massa abu sekam padi yang dihasilkan}}{\text{Total massa sekam padi yang diabukan}} \times 100 \% \\ &= \frac{332.44}{1553.74} \times 100 \% = 21.40 \%\end{aligned}$$

Data Proses Pembuatan Sodium Silikat (Ekstraksi Silika)

Larutan sodium silikat dibuat dengan mereaksikan 10 gram abu sekam padi dengan 300 ml NaOH 1 M. sambil dipanaskan. Hasil reaksi kemudian disaring:

Hasil Penyaringan :

Massa residu basah = 15.7 gram

Massa residu kering = 5.26 gram

Massa filtrat (larutan sodium silikat) = 277.54 gram

Volum filtrat (larutan sodium silikat) = 284 ml

Densitas Filtrat (larutan sodium silikat) = 277.54 gram / 284 ml = 0.977 gram/ml

Data Proses Pembuatan Silika Gel

Untuk titrasi pH 4 s/d 8

pH larutan sodium silikat = 13.1

pH larutan HCl 2M = 0.3

pH 100 ml larutan sodium silikat + 60 ml larutan HCl 2M = 0.5

Untuk titrasi pH 9

pH 100 ml larutan sodium silikat = 13.5

pH larutan HCl 1M = 0.5

Data massa gel yang diperoleh dan data massa yang hilang setelah proses pengeringan :

pH	Massa <i>Hydrogel</i> (gram)		Massa <i>Xerogel</i> (gram)		Massa yang hilang (gram)	
	60 °C	80 °C	60 °C	80 °C	60 °C	80 °C
4	21.94	21.95	1.52	1.42	20.42	20.53
5	28.07	28.193	1.51	1.45	26.56	26.743
6	24.91	25	1.42	1.44	23.49	23.56
7	40.76	40.99	1.6	1.6	39.16	39.39
8	30.24	30.1	1.79	1.21	28.45	28.89
9	27.38	27.52	1.53	1.54	25.85	25.98

Konversi Dari Abu Menjadi *Xerogel*.

$$\text{Konversi Abu} = \left(\frac{\text{Massa } xerogel}{\text{Volum sodium silikat saat titrasi}} \right) \times \left(\frac{\text{Volum sodium silikat hasil ekstraksi}}{\text{Massa abu yang diekstraksi}} \right) \times 100 \%$$

$$\text{Konversi abu} = \left(\frac{\text{Massa } xerogel}{100 \text{ ml}} \right) \times \left(\frac{284 \text{ ml}}{10 \text{ gr}} \right) \times 100 \%$$

Konversi Dari Sekam Menjadi *Xerogel*.

$$\text{Konversi Sekam} = \text{Konversi Abu} \times \text{Konversi Pengabuan}$$

$$\text{Konversi Sekam} = \text{Konversi Abu} \times (21.40 \%)$$

Konversi Massa			
pH	Massa <i>Xerogel</i> Total (gram)	Konversi Abu	Konversi Sekam
4	2.94	83.50%	17.87%
5	2.96	84.06%	17.99%
6	2.86	81.22%	17.38%
7	3.20	90.88%	19.45%
8	3.00	85.20%	18.23%
9	3.07	87.19%	18.66%
Rata – rata		85.34%	18.26%

Lampiran 2 Hasil Uji BET Silika Gel pH 6 @ 60 °C

Date: 05/21/2008

Page 1

Quantachrome Corporation
Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
Autosorb for Windows® for AS-3 and AS-6 Version 1.23

Sample ID Silica gel pH 6 (60 C)
Description aji
Comments
Sample Weight 0.4629 g
Adsorbate NITROGEN
Cross-Sec Area 16.2 Å²/molecule
NonIdeality 6.580E-05
Molecular Wt 28.0134 g/mol
Station # 5
Outgas Temp 250.0 °C
Outgas Time 2.0 hrs
P/Po Toler 3
Equil Time 2
Bath Temp. 77.40
Operator Jajat
Analysis Time 80.2 min
End of Run 05/16/2008 12:35
File Name A8516035.RAW
PC SW Version Pre-1.20

AREA-VOLUME-PORE SIZE SUMMARY

SURFACE AREA DATA

Multipoint BET.....	3.446E+02	m ² /g
Langmuir Surface Area.....	5.402E+02	m ² /g
t-Method External Surface Area.....	3.421E+02	m ² /g
t-Method Micro Pore Surface Area.....	2.506E+00	m ² /g
DR Method Micro Pore Area.....	4.616E+02	m ² /g

PORE VOLUME DATA

t-Method Micro Pore Volume.....	-6.892E-04	cc/g
DR Method Micro Pore Volume.....	1.640E-01	cc/g
HK Method Cumulative Pore Volume.....	1.384E-01	cc/g
SF Method Cumulative Pore Volume.....	1.417E-01	cc/g

PORE SIZE DATA

DR Method Micro Pore Width	1.080E+02	Å
DA Method Pore Diameter (Mode).....	1.840E+01	Å
HK Method Pore Width (Mode).....	1.383E+01	Å
SF Method Pore Diameter (Mode).....	2.593E+01	Å

DATA REDUCTION PARAMETERS

Thermal Transpiration : OFF
Last Po Acquired 770.05 mm Hg
Additional Initialization Information Not Recorded.

BJH/DH Moving Average Size : 1

Interaction Constant (K) 2.9600 nm³ x kJ/mol

Lampiran 3 Hasil Uji BET Silika Gel pH 6 @ 80 °C

Date: 06/12/2008

Page 1

Quantachrome Corporation
Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
Autosorb for Windows® for AS-3 and AS-6 Version 1.23

Sample ID	Silika Gel 80 C				
Description	aji				
Comments					
Sample Weight	0.4970 g	Outgas Temp	150.0 °C	Operator	Jajat
Adsorbate	Nitrogen	Outgas Time	2.0 hrs	Analysis Time	84.8 min
Cross-Sec Area	16.2 Å ² /molecule	P/Po Toler	3	End of Run	06/11/2008 15:55
NonIdeality	6.580E-05	Equil Time	2	File Name	A8611026.RAW
Molecular Wt	28.0134 g/mol	Bath Temp.	77.40	PC SW Version	Pre-1.20
Station #	6				

AREA-VOLUME-PORE SIZE SUMMARY

SURFACE AREA DATA

Multipoint BET.....	3.614E+02	m ² /g
Langmuir Surface Area.....	5.681E+02	m ² /g
t-Method External Surface Area.....	3.614E+02	m ² /g
t-Method Micro Pore Surface Area.....	0.000E+00	m ² /g
DR Method Micro Pore Area.....	4.839E+02	m ² /g

PORE VOLUME DATA

t-Method Micro Pore Volume.....	0.000E+00	cc/g
DR Method Micro Pore Volume.....	1.720E-01	cc/g
HK Method Cumulative Pore Volume.....	1.446E-01	cc/g
SF Method Cumulative Pore Volume.....	1.481E-01	cc/g

PORE SIZE DATA

DR Method Micro Pore Width	1.089E+02	Å
DA Method Pore Diameter (Mode).....	1.800E+01	Å
HK Method Pore Width (Mode).....	1.392E+01	Å
SF Method Pore Diameter (Mode).....	2.611E+01	Å

DATA REDUCTION PARAMETERS

Thermal Transpiration : ON
Effective Molecule Diameter (D) 3.5400 Å
Effective Cell Stem Inner Diameter (d) 4.0000 mm
Last Po Acquired 760.96 mm Hg
Additional Initialization Information Not Recorded.

BJH/DH Moving Average Size : 1

Interaction Constant (K) 2.9600 nm³ x kJ/mol

ADSORBATE MODEL PARAMETERS

Adsorbate Type = Nitrogen
Adsorbate Temp. = 77.3500 K
Molecular Weight = 28.0134 g/mol
Cross-Sect. Area = 16.2000 Å²/molecule
Liquid Density = 0.8080 g/cc
Critical Temp. = 126.2000 K
Critical Pressure = 33.5000 atm
Average Diameter = 0.3000 nm
Polarizability = 1.4600 (cc/molec) x 1e-24
Magnetic Suscept. = 2.0000 (cc/molec) x 1e-29
Molecular Density = 6.7000 (molec/cm²) x 1e14
Surface Tension = 8.8500 erg/cm²
Contact Angle = 0.0000 degrees
Supercritical Ads. Constant K = 1.0000