



Sintesis dan Karakterisasi *Silica Gel* dari Tetraetilortosilikat (TEOS) Menggunakan Surfaktan *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 dalam Kondisi Basa

Agus Salim Purwanto^a, Taslimah^{a*}, Sriatun^a

^a Inorganic Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

* Corresponding author: taslimah@live.undip.ac.id

Article Info	Abstract
<p>Keywords: synthesis of silica gel, surfactant, polyethylene glycol (PEG) 6000, pore</p>	<p>Research on the synthesis of silica gel from tetraethylortosilicate (TEOS) using polyethylene glycol (PEG) 6000 surfactant under basic conditions has been conducted. This study aims were to determine the optimum pH of the fastest gel formation for synthesis of silica gel and determine the character of synthesized silica gel. The synthesis of silica gel was performed by mixing tetraethylortosilicate (TEOS), ethanol, aquadest, NH₄OH and polyethylene glycol (PEG) 6000. In this study the pH was varied to pH 8-10 and variation of PEG 6000 concentration of 0.01 g/100 mL; 0.03 g/100 mL; 0.06 g/100 mL. The synthesized silica gel was characterized by infrared spectrophotometer (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and BET surface area analyzer. It was found that pH 9 was the optimum pH for gel formation. The results of X-ray diffraction analysis (XRD) showed that the silica gel was amorphous while the BET surface area analyzer displayed that the silica gel was mesopori. The highest total pore volume and specific silica gel surface area obtained at pH 9 and with PEG 6000 concentration of 03 g/100 mL were 124,574 cm³/g and 285.46 m²/g respectively.</p>
<p>Kata kunci: sintesis <i>silica gel</i>, surfaktan, <i>polyethylene glicol</i> (PEG) 6000, pori</p>	<p>Abstrak</p> <p>Penelitian tentang sintesis silika gel dari tetraetilortosilikat (TEOS) menggunakan surfaktan polyethylene glicol (PEG) 6000 dalam kondisi basa telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pH optimum pembentukan gel tercepat untuk sintesis silika gel dan menentukan karakter silika gel hasil sintesis. Sintesis silika gel dilakukan dengan mencampurkan tetraetilortosilikat (TEOS), etanol, aquades, NH₄OH dan polietilen glikol (PEG) 6000. Penelitian ini dilakukan variasi pH 8-10 dan variasi konsentrasi PEG 6000 yaitu 0,01 g/100 mL; 0,03 g/100 mL; 0,06 g/100 mL. Silika gel hasil sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometer inframerah (FTIR), difraksi sinar-X (XRD) dan BET surface area analyzer. Diperoleh bahwa pH 9 sebagai pH optimum untuk pembentukan gel. Hasil analisis difraksi sinar-X (XRD) menunjukkan bahwa silika gel adalah amorf sedangkan hasil BET surface area analyzer menunjukkan bahwa silika gel termasuk dalam mesopori dengan volume total pori dan luas permukaan spesifik silika gel tertinggi diperoleh pada pH 9 dan dengan konsentrasi PEG 6000 0,03 g/100 mL yaitu masing-masing 124,574 cm³/g dan 285,456 m²/g.</p>

1. Pendahuluan

Silikon dioksida (silika) dapat berupa silika alami maupun sintetik, berbentuk kristal atau amorf [1]. Silika

merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya sangat luas, mulai bidang elektronik, kimia, medis, hingga bidang-bidang lainnya. *Silica gel* termasuk silika sintetik yang tidak berbentuk kristal tetapi amorf

[2]. *Silica gel* merupakan suatu bahan yang penggunaannya secara luas sebagai adsorben air (*desiccant*) karena kapasitas adsorpsi yang besar untuk air dan mudah untuk diregenerasi. *Silica gel* yang memiliki ukuran diameter pori $> 20 \text{ \AA}$ memiliki nilai ekonomi yang tinggi [2].

Penelitian tentang sintesis *silica gel* telah banyak dilakukan, baik dengan menggunakan sumber silika alami maupun sintetik telah mensintesis *silica gel* menggunakan Na_2SiO_3 dan HNO_3 dengan metode sol-gel. Hasil yang diperoleh memiliki luas permukaan sebesar $155 \text{ m}^2/\text{g}$, diameter pori termasuk mikropori ($< 20 \text{ \AA}$), dan volume pori $0,049 \text{ cm}^3/\text{g}$. *Silica gel* yang dibuat dari silikon alkoksida umumnya menggunakan tetraetilortosilikat (TEOS) atau tetraetilortosilikat (TEOS) sebagai sumber silika [3]. Keuntungan sintesis *silica gel* dari bahan baku TEOS adalah tidak terbentuk pengotor seperti garam sebagai hasil samping sehingga tidak memerlukan pencucian yang lama.

Boonamnuayvitaya *dkk.* [4] telah melakukan sintesis dan karakterisasi *silica gel* dari tetraethoxysilane (TEOS), etanol, akuades, dan etanol dengan metode sol-gel menggunakan surfaktan *cetyltrimethyl ammonium bromide* (CTABr), *sodium dodecyl sulfate* (SDS), dan *polyoxyethylene cetyl ether* sebagai pencetak pori. *Silica gel* yang diperoleh dengan menggunakan surfaktan *cetyltrimethyl ammonium bromide* (CTABr) ukuran diameter pori $26,3 \text{ \AA}$, volume pori $0,723 \text{ cm}^3/\text{g}$, dan luas permukaan yang tinggi $1282 \text{ m}^2/\text{g}$.

Venkathri [5] melakukan riset tentang sintesis *silica gel nanosphere* pada sistem homogen yaitu larutan dapat bercampur dengan baik antara TEOS dengan air dan sistem heterogen yaitu larutan tidak dapat bercampur dengan baik antara TEOS dengan air. Sistem heterogen terdiri dari TEOS dan air tanpa adanya penambahan etanol sedangkan sistem homogen terdiri dari TEOS dan air serta adanya etanol. Sintesis dilakukan dengan menggunakan TEOS sebagai sumber silika, larutan ammonia (katalis basa), akuades, etanol dan *cetyltrimethyl ammonium bromide* (CTABr) sebagai surfaktan. Kondisi sistem homogen tanpa penambahan CTABr dihasilkan ukuran partikel 100 dan 300 nanometer dengan rendemen rendah (77%). Kondisi sistem homogen dengan penambahan CTABr dihasilkan ukuran partikel 100–500 nanometer, dan rendemen tinggi (100%) sedangkan pada kondisi sistem heterogen dengan penambahan CTABr dihasilkan ukuran partikel 200 nanometer dan rendemen sebesar 94% serta luas permukaan *silica gel* $> 1000 \text{ m}^2/\text{g}$.

Vong *dkk.* [6] telah mensintesis *silica gel* menggunakan TEOS, air, etanol, NH_4OH serta *Polyethylene Glycol* (PEG). Penelitian dilakukan dengan ratio molar TEOS: H_2O : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$: NH_4OH yaitu 1: 4: 37: 0,001. *Polyethylene Glycol* (PEG) yang digunakan yaitu PEG 200, PEG 400, PEG 600, dan PEG 1000. *Polyethylene Glycol* ditambahkan dengan berbagai variasi konsentrasi yaitu 1–10%.

2. Metode Penelitian

Alat & Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pemanasan (oven ARISTON type F-16-EM-IN-02, *furnace*), peralatan gelas, neraca analitis, perlengkapan stirrer, krus porselain, spektrofotometer infra merah (FTIR merk SHIMADZU) dan BET (*Braunauer-Emmet-Teller*) *surface area analyzer*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tetraetilortosilikat (TEOS) p.a. (Merck), polietilen glikol 6000 p.a. (Merck), amonium hidroksida p.a. (Merck), etanol p.a. (Merck), dan akuades.

Sintesis *Silica Gel* Tanpa Penambahan NH_4OH

Sebanyak 20 mL larutan tetraetilortosilikat (TEOS) p.a. ditambah 25 mL etanol p.a. diaduk dengan menggunakan *stirrer*. Setelah itu, ke dalam larutan ditambahkan 6,4 mL akuades kemudian larutan diaduk hingga homogen. Selanjutnya larutan didiamkan pada temperatur kamar sehingga diperoleh gel padat transparan. Gel padat transparan dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C selama 18 jam untuk proses *aging*. Selanjutnya *silica gel* dicuci dengan akuades hingga pH netral dan dipanaskan kembali pada suhu 100°C selama 2 jam kemudian dihaluskan.

Sintesis *Silica Gel* dengan Penambahan NH_4OH

Sebanyak 20 mL larutan tetraetilortosilikat (TEOS) p.a. ditambah 25 mL etanol p.a. diaduk dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ke dalam larutan ditambahkan 6,4 mL akuades. Larutan ditambah NH_4OH hingga pH 8. Perlakuan sama untuk sintesis *Silica Gel* pH 9 dan 10. Larutan diaduk hingga homogen. Selanjutnya larutan didiamkan pada temperatur kamar sehingga diperoleh gel padat transparan. Gel padat transparan dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C selama 18 jam untuk proses *aging*. *Silica gel* dicuci dengan akuades hingga pH netral. Setelah itu dipanaskan kembali pada suhu 100°C selama 2 jam kemudian dihaluskan.

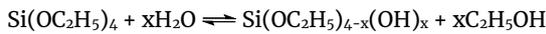
Sintesis *Silica Gel* dari Tetraetilortosilikat (TEOS) dengan Adanya Penambahan Surfaktan Polietilen Glikol (PEG) 6000

Sebanyak 20 mL larutan tetraetil ortosilikat (TEOS) p.a. dalam gelas beker ditambah 25 mL etanol p.a. diaduk dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ke dalam larutan ditambahkan 6,4 mL akuades. Selanjutnya dilakukan penambahan larutan polietilen glikol 6000 p.a. dengan variasi konsentrasi 0,01 g/100 mL; 0,03 g/100 mL; 0,06 g/100 mL pada pH gelas tercepat, kemudian diaduk hingga homogen. Larutan didiamkan pada temperatur kamar sehingga diperoleh gel padat transparan. Gel padat transparan dibilas dengan akuades kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C selama 18 jam untuk proses *aging*. *Silica gel* dicuci dengan akuades hingga pH netral dan dipanaskan kembali pada suhu 100°C selama 2 jam. *Silica gel* yang diperoleh dipanaskan kembali dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam. *Silica gel* kering yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi.

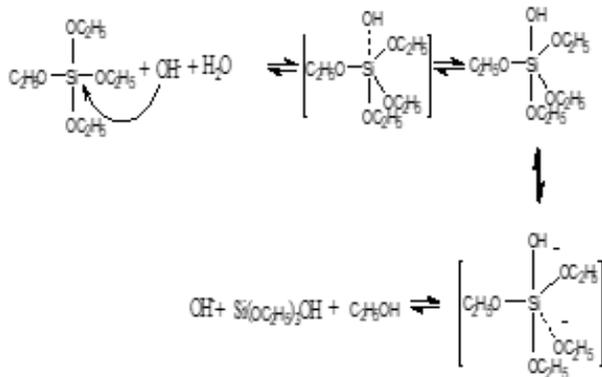
3. Hasil Dan Pembahasan

Penentuan pH Gelasi Tercepat pada Sintesis Silica Gel dari Tetraetilortosilikat (TEOS)

Sintesis *silica gel* dilakukan dengan metode sol-gel dan menggunakan prekursor tetraetilortosilikat (TEOS). Sintesis *silica gel* dilakukan dengan menghidrolisis tetraetilortosilikat dalam pelarut etanol dengan menggunakan air dan menggunakan katalis amonium hidroksida. Penggunaan etanol berfungsi sebagai pelarut agar TEOS dapat bercampur dengan baik dengan air sehingga reaksi hidrolisis dapat berlangsung. Reaksi yang terjadi dalam sintesis *silica gel* antara lain reaksi hidrolisis dan reaksi kondensasi. Reaksi hidrolisis terjadi saat TEOS dan air bercampur dalam etanol. Reaksi kimianya yaitu:



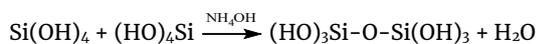
Adanya katalis NH_4OH mempercepat laju reaksi dalam sintesis *silica gel*. Menurut Khimich [7], adanya katalis basa akan mempercepat laju reaksi. Reaksi hidrolisis pada kondisi basa yaitu:



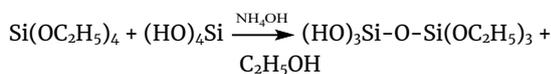
Selanjutnya akan terjadi reaksi kondensasi setelah terbentuk silanol.

Reaksi kondensasi yang terjadi dalam sintesis ini yaitu kondensasi dengan melepas air dan kondensasi dengan melepas alkohol [8]. Reaksi tersebut yaitu:

Kondensasi dengan melepas air

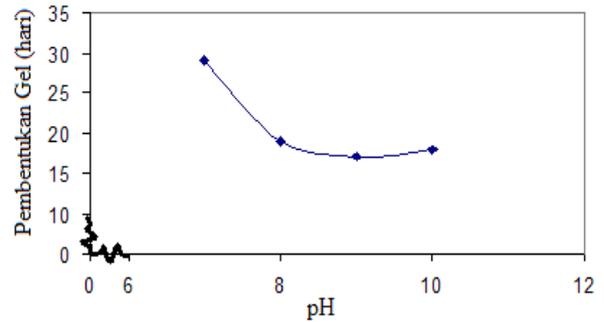


Kondensasi dengan melepas alkohol



Setelah terbentuk silanol maka antara silanol yang satu dengan yang lain membentuk polimer atau terjadi reaksi polikondensasi. Partikel-partikel sol mulai terbentuk dengan terbentuknya beberapa ikatan Si-O-Si, kemudian sol tersebut beragregasi dan membentuk jaringan yang kemudian membentuk gel. Gel yang terbentuk dibiarkan beberapa waktu hingga terbentuk gel padat. Gel padat tersebut kemudian dilakukan pemanasan pada suhu 80°C selama 18 jam. Pemanasan tersebut bertujuan untuk menghilangkan etanol hasil samping dari sintesis gel silika. Selain itu, proses ini juga disebut *aging*. Pemanasan pada suhu 100°C selama 2 jam bertujuan untuk menghilangkan air pada sintesis *silica*

gel. Berdasarkan hasil penelitian, kondisi pH 9 merupakan kondisi tercepat untuk pembentukan gel. Data hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh pH terhadap waktu pembentukan gel

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa penambahan larutan amonia mempercepat pembentukan gel pada *silica gel*. Sintesis *silica gel* pada kondisi pH 9 pembentukan gel (17 hari) tercepat karena semakin tinggi konsentrasi OH^- maka akan semakin cepat pembentukan ikatan Si-O-Si sehingga gelasi semakin cepat. Sintesis *silica gel* pada kondisi pH 10 (waktu pembentukan gel 19 hari) dimungkinkan terjadi kelebihan gugus OH^- yang dapat mengganggu pembentukan Si-O-Si sehingga proses gelasi lebih lambat.

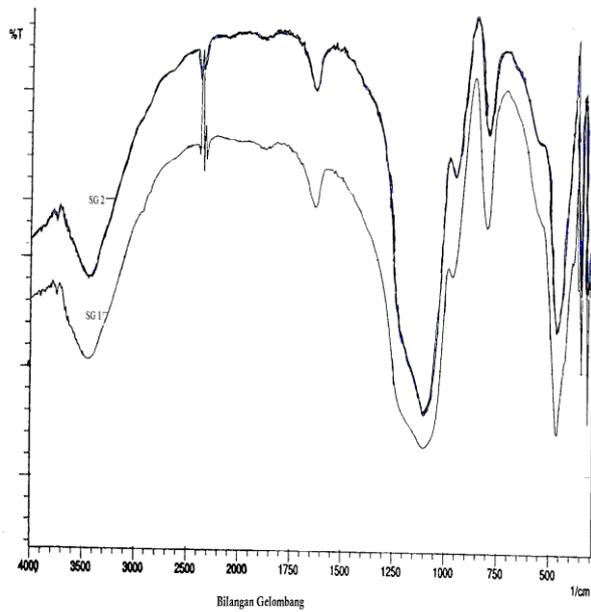
Sintesis *Silica Gel* dengan Penambahan Surfaktan Polietilen Glikol (PEG) 6000

Sintesis *Silica gel* menggunakan penambahan PEG 6000 dilakukan untuk mendapatkan porositas yang lebih tinggi. Sintesis dilakukan pada kondisi pH 9 dengan variasi konsentrasi PEG 6000 yaitu 0,01 g/100 mL; 0,03 g/100 mL; 0,06 g/100 mL. Pemanasan terhadap hasil sintesis *silica gel* pada suhu 600°C bertujuan untuk menghilangkan PEG 6000 sehingga tempat yang ditinggalkan akan terbentuk pori sehingga diharapkan porositasnya tinggi.

Karakterisasi dengan Spektro-fotometer IR

Karakterisasi terhadap *silica gel* hasil sintesis dilakukan dengan spektrofotometer IR untuk memprediksi gugus-gugus yang ada dalam *silica gel* tersebut. Pita-pita serapan yang diukur pada daerah bilangan gelombang antara $300-4000\text{ cm}^{-1}$ yaitu pada daerah bilangan gelombang yang mengandung gugus-gugus penyusun *silica gel*. Spektra FTIR *silica gel* hasil sintesis memiliki kemiripan pola setelah dibandingkan dengan *silica gel* standar. Spektra FTIR *silica gel* hasil sintesis disajikan pada gambar 2, 3, dan 4.

Hasil FTIR *silica gel* tanpa penambahan NH_4OH dan *silica gel* dengan penambahan NH_4OH yaitu SG1 dan SG2



Gambar 2. Spektra FTIR SG 1 dan SG 2

Keterangan:

SG 1: Silica Gel pH 7 (tanpa penambahan NH_4OH)

SG 2: Silica Gel pH 9

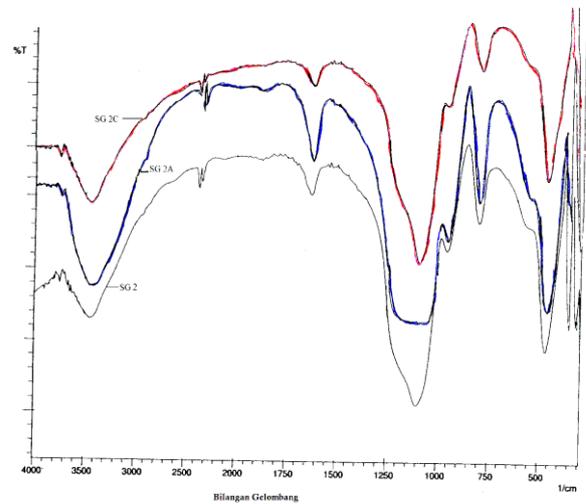
Interpretasi spektra inframerah *silica gel* tersebut disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1: Daftar bilangan gelombang pada *silica gel* hasil sintesis

Interpretasi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	
	SG 1	SG 2
Vibrasi ulur –OH pada Si-OH	3749,62	3749,62
Vibrasi ulur –OH pada Si-OH	3448,72	3448,72
Vibrasi tekuk –OH pada Si-OH	1635,64	1627,92
Vibrasi ulur asimetri Si-O pada Si-O-Si	1103,28	1103,28
Vibrasi tekuk Si-O pada Si-OH	964,41	956,69
Vibrasi ulur simetri Si-O pada Si-O-Si	802,39	802,39
Vibrasi tekuk Si-O pada Si-O-Si	462,92	462,92

Gambar spektra FTIR di atas terlihat bahwa *silica gel* hasil sintesis SG 1 dan SG 2 mempunyai kemiripan pola. Spektra yang muncul pada bilangan gelombang sekitar 3400 cm^{-1} hingga sekitar 3900 cm^{-1} yang merupakan vibrasi gugus –OH (gugus hidroksil) dari Si-OH. Vibrasi gugus –OH dari Si-OH juga muncul pada bilangan gelombang sekitar 1600 cm^{-1} . Spektra pada bilangan gelombang sekitar 950 cm^{-1} merupakan vibrasi gugus Si-O dari Si-OH dan sekitar 1103 cm^{-1} merupakan vibrasi gugus Si-O dari Si-O-Si. Puncak spektra pada bilangan gelombang sekitar 462 dan sekitar 800 cm^{-1} merupakan vibrasi gugus Si-O dari Si-O-Si. Penggunaan NH_4OH pada sintesis *silica gel* ini berfungsi sebagai katalis yang mempercepat pembentukan gel, tidak berpengaruh terhadap pola spektra yang dihasilkan.

Hasil FTIR *silica gel* tanpa penambahan PEG 6000 dan *silica gel* dengan penambahan PEG 6000 yaitu SG 2, SG 2A, dan SG 2C



Gambar 3. Spektra FTIR SG 2, SG 2A, dan SG 2C

Keterangan:

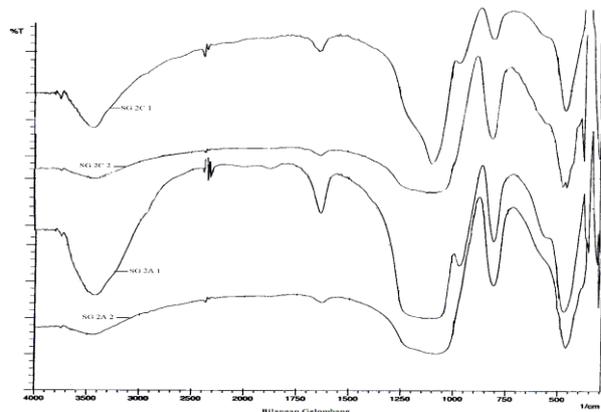
SG 2 : Silica Gel pH 9

SG 2A : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,01 g/100 mL

SG 2C : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,06 g/100 mL

Spektra SG 2, SG 2A, dan SG 2C mirip. Akan tetapi, ada sedikit perbedaan pita serapan yaitu pada SG 2A yang muncul dua pita serapan untuk vibrasi Si-O pada bilangan gelombang $1118,71$ dan $1087,85 \text{ cm}^{-1}$ yang menjadikan pita serapan pada daerah tersebut lebih melebar. Tidak adanya pita serapan yang karakteristik untuk surfaktan PEG 6000 pada spektra SG 2A dan SG 2C menandakan surfaktan tersebut telah hilang. Surfaktan PEG 6000 dimungkinkan telah larut pada saat pencucian dengan akuades karena PEG 6000 mudah larut dalam air (kelarutan PEG 6000 dalam air sebesar 500 g/L).

Hasil FTIR *silica gel* sebelum dan sesudah pemanasan 600°C yaitu SG 2A 1, SG 2A 2, SG 2C 1, dan SG 2C 2



Gambar 4. Spektra FTIR SG 2A 1, SG 2A 2, SG 2C 1 dan SG 2C 2

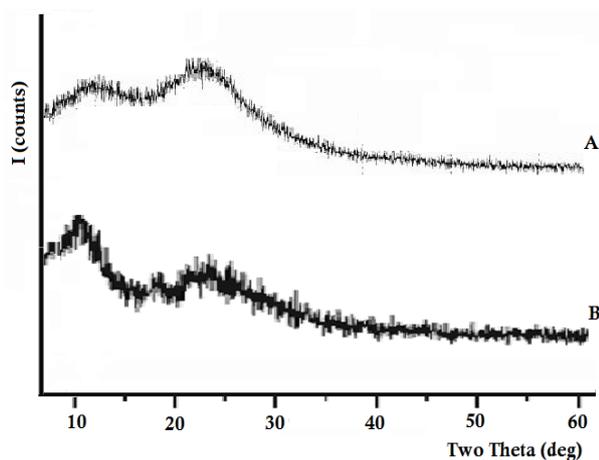
Keterangan:

- SG 2A 1 : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,01 g/100 mL sebelum pemanasan 600°C
 SG 2A 2 : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,01 g/100 mL setelah pemanasan 600°C
 SG 2C 1 : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,06 g/100 mL sebelum pemanasan 600°C
 SG 2C 2 : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,06 g/100 mL setelah pemanasan 600°C

Spektra pada SG 2A 1, SG 2A 2, SG 2C 1, dan SG 2C 2 terlihat perbedaan yaitu spektra pada bilangan gelombang sekitar 900, 1627, 3400 hingga 3749 cm^{-1} sangat lemah atau hampir tidak muncul puncak serapan gugus untuk -OH dari Si-OH. Hal ini menunjukkan bahwa gugus tersebut diperkirakan banyak yang hilang karena mengalami dehidrasi akibat dipanaskan pada suhu 600°C. Selain itu, dengan adanya pemanasan merusak struktur dari *silica gel* pada daerah sekitar 1100 cm^{-1} yang merupakan daerah vibrasi Si-O.

Karakterisasi dengan Difraksi Sinar-X (XRD)

Untuk mengetahui kristalinitas *silica gel* hasil sintesis dilakukan analisis menggunakan difraksi sinar-X (XRD). *Silica gel* hasil sintesis pada pH 9 yang merupakan kondisi pH optimum pembentukan gel tercepat dianalisis menggunakan difraksi sinar-X (XRD). Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Difraktogram XRD SG 2 (A), *silica gel* hasil sintesis (B)

Berdasarkan pola difraktogram XRD hasil pengukuran di atas menunjukkan bahwa tidak terdapat puncak-puncak tajam yang mengindikasikan suatu kristalin dari *silica gel* hasil sintesis. Pola difraktogram XRD *silica gel* hasil sintesis memiliki pola yang sama dengan difraktogram XRD *silica gel* Vijayalakshmi dkk. [3] yang menunjukkan bahwa sampel *silica gel* bersifat amorf.

Karakterisasi dengan BET *surface area analyzer*

Karakterisasi dengan menggunakan Brunauer-Emmett-Teller (BET) *surface area analyzer* memberikan informasi mengenai ukuran diameter pori, luas permukaan spesifik dan volume total pori dari suatu material berpori.

Tabel 2: Data hasil BET yang meliputi: luas permukaan spesifik, total volume pori, dan rata-rata radius pori pada berbagai jenis *silica gel* sintesis

Sampel	Luas Permukaan Spesifik (m^2/g)	Volume Total Pori (cm^3/g)	Rata-rata Diameter Pori (\AA)
SG 2	150,147	65,703	27,036
SG 2A	278,237	121,723	27,030
SG 2B	285,459	124,574	26,964
SG 2C	282,980	122,818	26,816

Keterangan:

- SG 2 : Silica Gel pH 9
 SG 2A : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,01 g/100 mL
 SG 2B : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,03 g/100 mL
 SG 2C : Silica Gel pH 9 + PEG 6000 konsentrasi 0,06 g/100 mL

Tabel 2 menunjukkan bahwa *silica gel* hasil sintesis baik tanpa menggunakan maupun menggunakan penambahan PEG 6000 menghasilkan rata-rata diameter pori pada daerah mesopori ($>20 \text{\AA}$) dengan nilai diameter masih dalam batas bawah kategori mesopori (20-500 \AA) [9]. Hasil karakterisasi sintesis *silica gel* tersebut menunjukkan bahwa luas permukaan spesifik dan volume total pori *silica gel* semakin tinggi dengan penambahan surfaktan PEG 6000. Adanya surfaktan PEG 6000 dimungkinkan partikel silika berada di sepanjang molekul PEG 6000 sehingga luas permukaan *silica gel* yang terbentuk lebih luas. Luas Permukaan yang besar dengan volume total pori yang besar menunjukkan bahwa jumlah pori pada *silica gel* banyak. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan BET *surface area analyzer* dapat dijelaskan kemungkinan mekanisme interaksi silika dengan surfaktan PEG 6000 yaitu:

Mekanisme surfaktan membentuk cincin dan mencetak pori-pori *silica gel*

Surfaktan membentuk cincin yang sangat besar dengan kedua pangkal ujung saling bertemu, sedangkan partikel silika berada mengelilingi cincin PEG 6000 dan membentuk pori mengikuti bentuk cincin PEG 6000. Pembentukan cincin oleh molekul surfaktan terjadi apabila kedua ujung surfaktan PEG 6000 bertemu. Akan tetapi, karena bobot molekul surfaktan PEG 6000 sangat besar (BM = 6000) dengan nilai derajat polimerisasi mencapai sekitar 97 yang berarti rantai karbon PEG 6000 sangat panjang, sehingga antar ujung surfaktan sulit bertemu membentuk cincin. Oleh karena itu, mekanisme ini kemungkinan tidak terjadi dan *template* jenis ini tidak terbentuk.

Mekanisme surfaktan PEG 6000 membentuk misel

Mekanisme ini, surfaktan PEG 6000 membentuk misel yang stabil kemudian partikel silika mengelilingi misel. Mekanisme ini sangat sulit terjadi karena molekul surfaktan memiliki rantai karbon yang sangat panjang sehingga sulit untuk membentuk struktur misel yang

stabil. Di samping itu, CMC dari PEG 6000 (sekitar 5×10^{-4} M) tidak terlampaui sehingga tidak terbentuk misel.

Mekanisme surfaktan PEG 6000 tetap utuh sebagai molekul yang memanjang

Mekanisme ini, molekul surfaktan membentuk molekul yang berkelok-kelok karena rantai karbon PEG 6000 terlalu panjang dan antar ujung surfaktan tidak bertemu. Partikel silika berada di sekeliling rantai surfaktan. Mekanisme ini lebih sesuai untuk menjelaskan data hasil analisis menggunakan metode BET yang menunjukkan bahwa penambahan PEG 6000 dan berbagai variasi konsentrasinya tidak menghasilkan kenaikan diameter pori *silica gel* tetapi menghasilkan diameter pori yang cenderung sama.

4. Kesimpulan

Pembentukan gel tercepat sintesis silika gel dicapai pada kondisi pH 9 yaitu 17 hari. Sintesis silika gel dari tetraetilortosilikat menggunakan surfaktan Polyethylene Glycol (PEG) 6000 berhasil dilakukan. Silika gel hasil sintesis bersifat amorf dan diameter pori termasuk mesopori ($> 20 \text{ \AA}$). Penggunaan Polyethylene Glycol (PEG) 6000 tidak memberikan peningkatan radius pori tetapi meningkatkan luas permukaan spesifik dan volume total pori. Luas permukaan spesifik tertinggi dan volume total pori terjadi pada silika gel pH 9 dengan penambahan PEG 6000 konsentrasi 0,03 g/100 mL yaitu 285,459 m²/g dan 124,574 cm³/g.

5. Daftar Pustaka

- [1] Horacio E Bergna, William O Roberts, Colloidal silica: fundamentals and applications, CRC Press, 2005.
- [2] Ralph T Yang, Adsorbents: fundamentals and applications, John Wiley & Sons, 2003.
- [3] U Vijayalakshmi, A Balamurugan, S Rajeswari, Synthesis and characterization of porous silica gels for biomedical applications, *Trends Biomaterials & Artificial Organs*, 18, 2, (2005) 101-105
- [4] Virote Boonamnuyvitaya, Chadapa Tayamanon, Srisuda Sae-ung, Wiwut Tanthapanichakoon, Synthesis and characterization of porous media produced by a sol-gel method, *Chemical Engineering Science*, 61, 5, (2006) 1686-1691 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2005.10.002>
- [5] N Venkatathri, Synthesis of silica nanosphere from homogeneous and heterogeneous systems, *Bulletin of Materials Science*, 30, 6, (2007) 615-617 <http://dx.doi.org/10.1007/s12034-007-0097-3>
- [6] M.S.W. Vong, N. Bazin, P.A. Sermon, Chemical Modification of Silica Gels, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 8, 1, (1997) 499-505 <http://dx.doi.org/10.1023/a:1018350227105>
- [7] N. N. Khimich, Synthesis of Silica Gels and Organic-Inorganic Hybrids on Their Base, *Glass Physics and Chemistry*, 30, 5, (2004) 430-442 <http://dx.doi.org/10.1023/B:GPAC.0000045925.84139.eb>
- [8] A. Venkateswara Rao, Sharad D. Bhagat, Synthesis and physical properties of TEOS-based silica aerogels prepared by two step (acid-base) sol-gel

process, *Solid State Sciences*, 6, 9, (2004) 945-952 <http://dx.doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2004.04.010>

- [9] Etienne F Vansant, Pascal Van Der Voort, Karl C Vrancken, Preface, in, Elsevier, 1995.