

PEMBUATAN GEL SILIKA DARI LIMBAH KACA DENGAN BANTUAN *ULTRASOUND BATH* DAN *MICROWAVE*

Dalilah Saadah Faisal Alkatiri¹, Aprilli Mutya Insani¹, Ericha Indriani Marjuki¹, Nurul Hidayati Fithriyah¹

¹Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Jakarta, DKI Jakarta,
Jl.Cempaka Putih Tengah 27, Jakarta Pusat 10520
*Email : dalilahsfa@gmail.com

ABSTRAK

Limbah kaca merupakan salah satu limbah anorganik yang terdapat melimpah dengan jumlah mencapai 0,7 juta ton di Indonesia per tahun di mana sebagian besar limbah tersebut berasal dari botol, peralatan rumah tangga dan bahan bangunan. Tingginya kandungan SiO₂ (silika) dalam limbah kaca dapat dimanfaatkan kembali dan diolah menjadi gel silika melalui pembentukan natrium silikat yang dibantu larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 1,0 ; 1,5 ; 2,0 ; 2,5 ; 3,0 yang dihasilkan dari reaksi antara SiO₂ di dalam limbah kaca dengan natrium hidroksida. Larutan natrium silikat yang dihasilkan dapat direaksikan dengan asam klorida (HCl) dengan variasi konsentrasi 1,0 ; 1,5 ; 2,0 ; 2,5 ; 3,0 hingga membentuk asam silikat yang akan terpolimerisasi menjadi silika gel. Reaksi tersebut akan dilakukan dengan bantuan *ultrasound* (US) dan *Microwave* (MW) yang bertujuan untuk menyediakan energi bagi reaksi yang ramah lingkungan. Green technique yang dimiliki mampu meningkatkan panas dan pertukaran massa, menginduksi dengan cepat dan lebih selektif dalam perubahan kimia Hasil rendemen tertinggi diperoleh dari variasi konsentrasi NaOH : HCl yaitu (2:3) dengan rendemen sebanyak 63.90%.

Kata kunci: Limbah Kaca, Gel Silika, Natrium Silika, *Microwave*, *Ultrasound bath*.

ABSTRACT

Glass waste is one of the abundant inorganic wastes with the amount reaching 0.7 million tons per year in Indonesia which most of the waste comes from bottles, household appliances and building materials. The high content of SiO₂ in glass waste can be reused and processed into silica gel through sodium silicate formation assisted by NaOH solution with concentration variation of 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0 produced from the reaction between SiO₂ in glass waste with sodium hydroxide. The resulting sodium silicate solution can be reacted with hydrochloric acid (HCl) with a concentration variation of 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0 to form silicate acids which will be polymerized into silica gel. The reaction will be done with the help of ultrasound (US) and Microwave (MW) because of US and MW to provide energy for an environmentally friendly reaction. Green owned techniques are able to increase heat and exchange of mass, induce rapidly and more selectively in chemical changes. The yield increas by 50% and the highest yield was obtained from variation of NaOH concentration: HCl (2: 3) with yield of 63.90%.

Keywords: *Glass Waste, Silica Gel, Sodium Silica, Microwave, Ultrasound bath.*

PENDAHULUAN

Tingginya kandungan SiO₂ (Silika) dalam limbah kaca dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi silika gel melalui pembentukan natrium silikat yang dihasilkan dari reaksi antara SiO₂ di dalam limbah kaca dengan natrium hidroksida (Mori, 2003 dalam Saputra dkk 2014). Larutan natrium silikat yang dihasilkan dapat direaksikan dengan suatu asam hingga membentuk asam silikat yang akan terpolimerisasi menjadi silika gel (Affandi et al.,2009; Burns et al., 2006 dalam

Saputra dkk 2014). Silika gel merupakan gel kaku yang terdiri dari unit SiO₄ tetrahedral, dimana empat atom oksigen berada di sudut tetrahedral dengan ion silikon berada di pusat tetrahedral. Pada silika gel yang bersifat amorf, struktur silika gel ditentukan oleh penyusunan acak unit [SiO₄]⁴⁻ yang menghasilkan kerangka yang tidak beraturan (Hessien et al., 2009 dalam Saputra dkk 2014).

Silika gel banyak digunakan sebagai adsorben logam berat (Najafi et al., 2012

dalam Saputra dkk 2014), desikan (Yao et al., 2009 dalam Saputra dkk 2014), penyangga katalis (Liu et al., 2011 dalam Saputra dkk 2014), serta digunakan untuk pemisahan senyawa organik pada kromatografi kolom (Tungkananurak et al., 2007 dalam Saputra dkk 2014). Silika gel dapat dimanfaatkan sebagai fase diam pada kromatografi kolom fase normal maupun kromatografi kolom fase terbalik. Pemanfaatan silika gel pada kromatografi kolom fase terbalik dilakukan dengan memodifikasi permukaan silika gel dengan senyawa organik sehingga mengubah kepolaran silika gel.

Reaksi tersebut akan dilakukan dengan bantuan *ultrasound* (US) dan *microwave* (MW) karena US dan MW merupakan salah satu alat yang paling mudah, murah dan efektif dalam pengaplikasian kimia. *Green technique* yang dimiliki mampu meningkatkan panas dan pertukaran massa, menginduksi dengan cepat dan lebih selektif dalam perubahan kimia. Hal ini akan menghemat lebih banyak waktu dan hasil yang didapatkan akan lebih murni.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Supitcha Rungronmitchai dengan 2 orang temannya di Thailand juga menggunakan bantuan *microwave* dalam pembuatan gel silika, namun bahan baku yang digunakan saat itu adalah *rice husk ash* (abu sekam padi), mereka mengkombinasikan pembuatan gel silika dengan NaOH (Natrium Hidroksida) dan Na_2CO_3 (Natrium Tricarbonat). Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil gel silika (gram) dengan beberapa jenis pemanasan.

NaOH _{aq} concentration and volume	Time (min)	Microwave 400 W	Microwave 600 W	Microwave 800 W	Oil bath
0.5 M, 660 ml	5	0.000*	0.000	1.632	1.308
	10	0.000*	2.060	3.611	3.255
	30	..**	..**	..**	5.365
	60	..**	..**	..**	8.173
1.0 M, 330 ml	5	0.886	2.961	3.407	1.885
	10	3.440	6.340	6.830	3.997
	30	..**	..**	..**	6.465
	60	..**	..**	..**	8.900
2.0 M, 165 ml	5	1.940	4.994	7.313	5.516
	10	4.000	8.959	9.595	6.873
	30	..**	..**	..**	9.060
	60	..**	..**	..**	10.143

Note: * Silica gel could not be obtained. ** MW heating was not performed at 30 and 60 min.

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa pemanasan menggunakan *microwave* memberikan hasil gel silika yang lebih banyak

dibandingkan dengan pemanasan dengan pemanasan konvensional.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain: beaker glass, hotplate stirrer, pemanas listrik *ultrasound*, pemanas listrik *Microwave*, kertas saring whatman no 41, gelas ukur, stopwatch, pipet tetes, pengaduk, labu ukur 100ml ; 200ml, cawan platina, ayakan mesh 80-100

Bahan yang digunakan antara lain: limbah kaca lab glass ware, kristal natrium hidroksida pekat, asam klorida, aquadest

Persiapan Bahan Baku

limbah bahan kaca ini dicuci dan dikeringkan. Kemudian bahan tersebut didestruksi hingga halus dan diayak dengan ayakan 80 dan 100 mesh.

Pembuatan Larutan Natrium Silikat

Sebanyak 50 gram serbuk kaca halus ditambahkan dengan 150 ml NaOH 3 M dan diaduk, kemudian dimasukkan kedalam *ultrasonic bath* untuk menyempurnakan reaksi. Lalu dimasukkan ke dalam *Microwave* hingga air menguap dan ditambahkan sebanyak 100 ml aquades, lalu dipanaskan di atas hotplate dengan magnetic stirrer pada temperatur 90 – 100°C selama 1 jam. Selanjutnya disaring dan diambil filtrat yang merupakan larutan natrium silikat.

Pembuatan Gel silika

Larutan natrium silikat diambil sebanyak 100 mL dan ditambahkan larutan HCl 3M sambil diaduk hingga pH 8-10. Selanjutnya gel (hidrogel) yang diperoleh disaring, lalu dikeringkan dalam oven pada temperatur 80°C hingga terbentuk silika kering (xerogel). Silika xerogel digerus dan dicuci dengan aquades sampai air bekas cucian bersifat netral.

Karakterisasi Gel silika

Xerogel netral dipanaskan kembali dalam oven pada temperatur 80°C hingga terbentuk kembali silika gel kering (xerogel) dan digerus dan diayak dengan saringan 100 mesh. Silika gel yang dihasilkan dianalisis dengan FTIR dan XRD untuk mengetahui karakteristik silika gel yang dihasilkan. Dan juga dilakukan uji kadar air

yang terkandung didalam gel serta uji adsorpsi untuk mengetahui daya serap yang dimiliki oleh gel tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memanfaatkan limbah kaca sebagai bahan baku pembuatan gel silika. Limbah kaca yang digunakan adalah limbah kaca yang berasal dari alat gelas yang sudah tidak terpakai di laboratorium Jurusan Teknik Kimia FT UMJ. Pembuatan gel silika berbahan

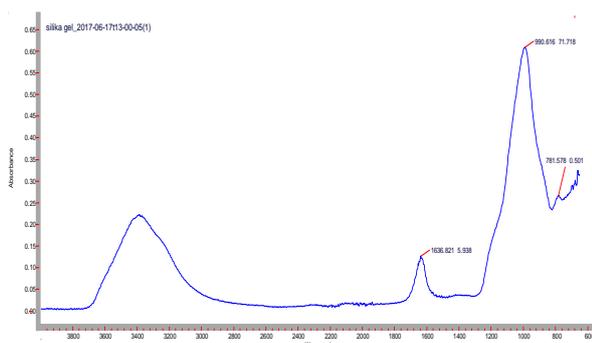
dasar gel silika ini dilakukan untuk mengurangi limbah kaca yang tidak terpakai di laboratorium dan diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat. Penelitian pembuatan gel silika ini juga dapat digunakan sebagai suatu referensi dalam variasi metode sintesis gel silika dari limbah kaca. Adapun variasi konsentrasi dalam pembuatan gel silika yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Persentase Rendemen Gel Silika

Berat Limbah Kaca (g)	Konsentrasi NaOH (M)	Konsentrasi HCl (M)	Ultrasound Bath (min)	MW (min)	Hasil Gel Silika (g)	Rendemen (%)
50	1	3	3*5	3*5	11,99	23,98
50	1,5	3			17,43	34,86
50	2	3			31,95	63,90
50	2,5	3			22,66	45,32
50	3	3			29,01	58,02
50	3	1			10,69	21,38
50	3	1,5			24,88	49,76
50	3	2			25,4	50,80
50	3	2,5			21,8	43,60

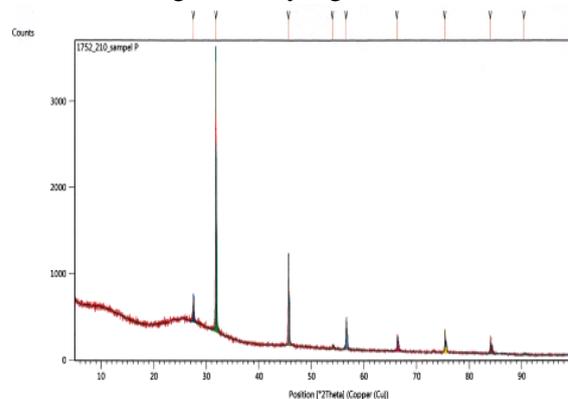
Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, tiga persentase rendemen gel silika terbesar yang diperoleh yaitu sebesar 63,90% dengan variasi konsentrasi NaOH:HCl (2:3), 58,02% (3:3), dan 50,80% (3:2). Selanjutnya gel silika ini diidentifikasi karakteristiknya dengan alat FTIR dan XRD,

Analisa karakteristik dilakukan terhadap sampel gel silika dengan variasi konsentrasi (3:3) sampel ini dipilih karena kesamaan konsentrasi antara NaOH dengan HCl. Berdasarkan hasil spektrum analisa FTIR yang telah dilakukan didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 1. Hasil Uji Karakterisasi dengan FTIR

Dari grafik diatas diketahui bahwa adanya serapan gugus silanol (Si-OH) pada bilangan gelombang 3380 cm⁻¹ dan serapan gugus siloksan (Si-O-Si) pada bilangan gelombang 990 cm⁻¹. Analisa FTIR ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya gugus siloksan dan silanol yang merupakan salah satu gugus utama dalam gel silika. Selain analisa FTIR, dilakukan pula analisa XRD untuk mengetahui karakteristik gel silika yang dihasilkan



Gambar 2. Hasil Uji Karakterisasi dengan XRD

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan diketahui bahwa gel silika mempunyai puncak dengan intensitas paling tinggi yaitu $2\theta = 26^\circ$. Puncak ini merupakan

karakteristik gel silika yang mempunyai puncak melebar pada nilai $2\theta = 22 - 26^\circ$ (Febriyanti et al., 2014).

Setelah melakukan uji karakterisasi dengan FTIR dan XRD, selanjutnya adalah menguji kadar air dan daya serap yang dimiliki oleh gel silika tersebut. Kadar air dengan Data yang didapat adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Air Gel Silika

No. Sampel	Berat Sampel (g)	Berat Air Terlepas (g)	Kadar Air (%)
NaOH 3M ; HCl 3M	3.000	0.048	1.60
Gel Konvensional	3.000	0.191	6.37

Tabel merupakan perbandingan gel dari hasil penelitian dengan gel konvensional. Dapat dilihat bahwa kadar air yang terkandung didalam gel silika konvensional sebesar 6,43% sedangkan gel silika dengan NaOH 3M dan HCl 3M hanya sebesar 1,60%.

Pengujian selanjutnya adalah uji daya absorpsi gel silika data yang didapat adalah sebagai berikut

Tabel 4. Data Uji Daya Absorpsi Gel Silika

No. Sampel	Berat Zat Uji (g)	Berat Zat Uji Terserap (g)
NaOH 3M ; HCl 3M	4.368	1.954
Gel Konvensional	4.091	0.439

Dengan rumus:

$$\frac{\text{Berat Zat Uji Terserap}}{\text{Berat Zat Uji}} \times 100\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas hasil uji adsorpsi (daya serap) dari gel silika ini sebesar 44,73% sedangkan gel silika konvensional hanya sebesar 10,73%. Hal ini menyatakan bahwa produk yang dihasilkan dari penelitian ini sudah mampu bersaing dengan gel-gel silika yang sudah ada dipasaran.

SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Pembuatan gel silika dari limbah kaca dengan bantuan *ultrasound* bath dan *Microwave* dapat digunakan sebagai metode

pembuatan gel silika dari limbah kaca. Memiliki hasil rendemen terbesar diperoleh dari variasi konsentrasi NaOH : HCl yaitu (2:3) dengan rendemen sebanyak 63,90%. Sedangkan konsentrasi (3:3) dengan rendemen sebesar 58,02%; dan konsentrasi (3:2) dengan rendemen sebesar 50,80%. 3. Gel silika yang dihasilkan dari percobaan ini mempunyai karakteristik yang sesuai dengan gel silika pada umumnya berdasarkan hasil uji dari perbandingan dengan hasil penelitian terdahulu.

SARAN

Pembuatan gel silika dengan bantuan *ultrasound* bath dan *Microwave* merupakan penelitian baru yang masih terbatas referensinya. Untuk itu kami menyarankan untuk adanya penelitian lebih lanjut mengenai waktu sonikasi dalam *ultrasound* bath dan kontak dengan gelombang mikro dalam *Microwave*, sehingga dapat diketahui waktu optimum untuk setiap perlakuan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa Penelitian Eksakta.

DAFTAR PUSTAKA

- Cintas, Pedro., Cravotto, G., Canals, A., 2010, Combine *Ultrasound-Microwave* Technologies, Handbook on Application of *ultrasound*.
- Das, Rina., Mehta, D., Bhardwaj, 2012, An Overview On *Microwave* Mediated Synthesis, International Journal of Research and Development in Pharmacy and Life Sciences.
- Febriyanti, Rizki., Zaharah ,T.A., Wahyuni, N., 2014, Optimasi Waktu Kontak Modifikasi Silika Gel Dari Limbah Kaca Menggunakan Tributylamina, Jurnal Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Imami, W.N., Sintesis Silika Gel Dari Kaca Menggunakan Natrium Hidroksida Dan Asam Klorida, J2C003161.
- Indraswari, Rifai, 2015, Pengaruh Konsentrasi NaOH Pada Rendemen Dan Kualitas Silika Gel Dari Fly Ash Batu Bara Dengan Metode Sol Gel, Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia FT

- Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.
- Kristianingrum, Susila, 2010, Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel Dan Efeknya, Jurnal Jurusan Pendidikan Kimia Fmipa Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Latif, Chaironi, 2014, Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Pada Struktur Silika, jurnal Jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Megasari, Dhini, Pengaruh Konsentrasi Hcl Pada Pembuatan Silika Gel Dari Kaca, J2C002120. Niemi Samhatun Siti, Sintesis Silika Gel Dari Kaca Menggunakan Natrium Hidroksida Dan Asam Sitrat, J2C 003.
- Rungrodnimitchai, Supitcha., Phokhanusai, W., Sungkhaho, N, 2009, Preparation Of Silica Gel From RiceHusk Ash Using Microwave Heating, Journal of Metals, Materials and Minerals, Department of Chemical Engineering Faculty of Engineering Thammasat University, Thailand.
- Saputra, R,M,D,S., Rudiyanasyah., Wahyuni, N, 2014, Sintesa dan Karakterisasi Silika Gel dari Limbah Kaca Termodifikasi Asam Stearat, Jurnal Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak.