

Ekstraksi dan Karakterisasi Silika dari Limbah Kaca Laboratorium Kimia Dasar Universitas Bangka Belitung

Qothrunnada Nur Azizah, Ika Rosmi Syadiah, Umi Hidayah, Rona Zafitri, dan Verry Andre Fabiani*

Program Studi Kimia Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: verry-andre@ubb.ac.id

Abstrak. Aktivitas di laboratorium beresiko mengalami kecelakaan, salah satu kecelakaan paling umum adalah pecahnya alat laboratorium yang berbahan dasar kaca. Alat laboratorium yang sudah pecah tentunya tidak dapat digunakan kembali sehingga menjadikannya limbah. Limbah kaca merupakan sampah anorganik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Kandungan SiO_2 yang tinggi dalam limbah kaca memiliki potensi sebagai bahan dasar dalam sintesis silika gel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara ekstraksi dengan metode sol gel dan mengetahui karakteristik silika dari limbah kaca Laboratorium Kimia Dasar Universitas Bangka Belitung. Tahapan dalam penelitian ini dimulai dari preparasi limbah kaca laboratorium, ekstraksi dengan metode sol gel, hingga karakterisasi silika dari limbah kaca laboratorium melalui pengujian XRF dan FTIR. Hasil uji menunjukkan bahwa karakteristik silika gel dengan menggunakan XRF memiliki kandungan SiO_2 sebanyak 73,852%. Silika gel ini juga memiliki kadar *loss of ignition* sebesar 3,636% dengan beberapa oksida pengotor seperti Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , dan CaO . Hasil uji dengan spektrofotometer IR menunjukkan silika gel memiliki pita serapan pada bilangan gelombang $3499,64\text{ cm}^{-1}$; $1635,64\text{ cm}^{-1}$; $1095,57\text{ cm}^{-1}$; $964,41\text{ cm}^{-1}$; $794,67\text{ cm}^{-1}$; dan $462,92\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita serapan khas silika gel. Kemudian pada bilangan gelombang $1635,64\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus $-\text{OH}$ dan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang $2924,09\text{ cm}^{-1}$ dan $2854,65\text{ cm}^{-1}$ yang menandakan adanya $-\text{CH}$.

Kata Kunci: karakterisasi; limbah kaca; silika; silika gel.

Ekstraksi Dan Karakterisasi Silika Dari Limbah Kaca Laboratorium Kimia Dasar Universitas Bangka Belitung

Abstract. Activities in the laboratory are at risk of accidents, one of the most common accidents is the breaking of glass-based laboratory equipment. Of course, laboratory equipment that has been broken cannot be reused, making it waste. Glass waste is inorganic waste that microorganisms cannot break down. The high SiO_2 content in glass waste has the potential as a basic material in the synthesis of silica gel. This research aims to determine the extraction method using the sol-gel method and the characteristics of silica from glass waste from the Basic Chemistry Laboratory of Bangka Belitung University. The stages in this research started from the preparation of laboratory glass waste, extraction using the sol-gel method, to the characterization of silica from laboratory glass waste through XRF and FTIR testing. The test results show that the characteristics of silica gel using XRF have a SiO_2 content of 73.852%. This silica gel also has a loss of ignition level of 3.636% with several impurity oxides such as Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , and CaO . Test results with an IR spectrophotometer show that silica gel has an absorption band at a wave number of $3499,64\text{ cm}^{-1}$; $1635,64\text{ cm}^{-1}$; $1095,57\text{ cm}^{-1}$; $964,41\text{ cm}^{-1}$; $794,67\text{ cm}^{-1}$; and $462,92\text{ cm}^{-1}$ which is a typical absorption band for silica gel. Then wave number $1635,64\text{ cm}^{-1}$ indicates the presence of the $-\text{OH}$ group and the appearance of absorption bands at wave numbers $2924,09\text{ cm}^{-1}$ and 2854.65 cm^{-1} which indicates the presence of $-\text{CH}$.

Keywords: characterization; glass waste; silica; silica gel.

PENDAHULUAN

Aktivitas di laboratorium beresiko mengalami kecelakaan, salah satu kecelakaan paling umum adalah pecahnya alat laboratorium yang berbahan dasar kaca. Alat laboratorium yang sudah pecah tentunya tidak dapat digunakan kembali sehingga menjadikannya limbah. Limbah kaca merupakan salah satu limbah anorganik yang terdapat melimpah dengan jumlah mencapai 0,7 juta ton di Indonesia per tahun dan sebagian besar berasal dari botol, peralatan dapur, dan bahan bangunan [1]. Oleh karena sifatnya yang tidak dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme di alam, maka beberapa peneliti telah memanfaatkan limbah kaca sebagai bahan baku pembuatan resin penukar ion [2], bahan campuran beton [3], bahan campuran aspal [4] maupun sebagai media filtrasi air [5].

Senyawa utama yang terkandung dalam limbah kaca adalah silikon dioksida (SiO_2) dengan kadar lebih dari 70% dari total campuran senyawanya [2], [6]. Tingginya kandungan SiO_2 (silika) dalam limbah kaca dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi silika gel melalui pembentukan natrium silikat yang dihasilkan dari reaksi antara SiO_2 di dalam limbah kaca dengan natrium hidroksida [7]. Larutan natrium silika yang dihasilkan dapat direaksikan dengan suatu asam hingga membentuk asam silikat yang akan terpolimerisasi menjadi silika gel [8, 9], desikan [10], penyangga katalis [11], serta digunakan untuk pemisahan senyawa organik pada kromatografi kolom [12]. Oleh karenanya, dilakukan penelitian ini guna mengetahui cara ekstraksi serta pembuatan silika gel dengan metode sol gel dan mengetahui karakterisasi silika dari limbah kaca Laboratorium Kimia Dasar Universitas Bangka Belitung.

METODE PENELITIAN

A. Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu limbah kaca bening, larutan HCL 3M, larutan HCL 6M, larutan NaOH 3M, akuades (H_2O), indikator universal, dan kertas saring.

B. Metode

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan melalui pendekatan riset secara empirik yang dilakukan di Laboratorium Penelitian Kimia Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung. Pembuatan silika gel dengan metode sol gel mengacu pada metode Ishmah, *et al.* [13] dengan sedikit modifikasi. Adapun bahan dasar pembuatan silika gel pada penelitian ini adalah limbah kaca alat laboratorium. Limbah kaca alat laboratorium yang digunakan merupakan limbah kaca bening (tak berwarna) yang diperoleh dari Laboratorium Kimia Dasar Universitas Bangka Belitung.

Pada ekstraksi SiO_2 dari limbah kaca, limbah kaca terlebih dahulu dicuci dengan air bersih kemudian dikeringkan dan dihaluskan. Kandungan awal serbuk limbah kaca diayak dengan ayakan 200 mesh. Setelah itu serbuk direndam dalam larutan HCL 3 M selama 12 jam. Residu dicuci dengan air suling sampai tidak ada warna kekuningan, lalu dikeringkan pada suhu 110°C sampai kadar airnya berkurang. Berikutnya, serbuk direaksikan dengan larutan NaOH 3M pada suhu 95°C sambil diaduk selama 4 jam. Suspensi kemudian disaring dan bilas dengan 100 mL air suling. Setelah itu filtrat yang disaring (natrium silikat) diaduk dan ditambahkan larutan HCL 6 M tetes demi tetes hingga terbentuk gel pada pH 7. Gel yang terbentuk disimpan selama 18 jam. Setelah itu silika gel disaring dan bilas dengan air suling. Silika gel kemudian dikeringkan pada suhu 110°C hingga kadar airnya berkurang. Serbuk silika yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF dan FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi SiO_2 dari Limbah Kaca

Pada penelitian ini, sampel yang digunakan merupakan limbah kaca bening (tak berwarna) yang diperoleh dari Laboratorium Kimia Dasar Universitas Bangka Belitung. Limbah kaca terlebih dahulu dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan pengotor yang menempel pada permukaan kaca kemudian dikeringkan. Limbah kaca dihaluskan dan diayak dengan ukuran partikel 200 *mesh* agar dihasilkan serbuk kaca dengan ukuran partikel kecil dan homogen yang berdampak pada meningkatnya luas permukaan. Luas permukaan yang semakin besar akan meningkatkan peluang terjadinya reaksi sehingga proses ekstraksi silika dapat berjalan maksimal [14].

Sebelum dilakukannya ekstraksi silika melalui pembentukan senyawa natrium silikat, dilakukannya *leaching*. *Leaching* dilakukan dengan cara merendamkan serbuk kaca sebanyak 100 gr ke dalam larutan HCl 3M sebanyak 250 mL guna mengurangi kandungan pengotornya. Kemudian kaca hasil *leaching* dicuci dan disaring serta di oven untuk mengurangi kadar airnya. Pada tahap awal pembuatan silika gel dari limbah kaca dilakukan dengan mengekstraksi silika melalui pembentukan senyawa natrium silikat dengan penambahan natrium hidroksida (NaOH) (Mori, 2003). Kaca hasil *leaching* direaksikan dengan larutan NaOH 3M pada suhu 95°C sambil diaduk selama 4 jam. Suspensi kemudian disaring dan dibilas dengan 100 mL air suling yang akan menghasilkan filtrate berupa larutan natrium silikat. Kemudian dilanjutkan dengan membuat silika gel dengan metode sol gel.

Metode sol gel merupakan metode yang digunakan untuk mensintesis material oksida dari larutan prekursor yang dilakukan pada suhu rendah. Material oksida ini dapat terbentuk melalui pembentukan jembatan oksida akibat reaksi polimerisasi anorganik hingga membentuk suatu jaringan yang bersifat amorf atau kristalin [15]. Pembuatan silika gel dengan metode sol gel secara umum dapat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu preparasi gel, pematangan gel dan pengeringan gel [16]. Preparasi gel dilakukan dengan menambahkan filtrate dengan larutan HCl 6M tetes demi tetes hingga terbentuk gel (pH 7). Penambahan HCl pada larutan natrium silikat akan menghasilkan senyawa asam silikat (SiOH_4). Pada penelitiannya, pembentukan gel mulai terjadi pada saat pH berkisar antara 8-11 dan akan membentuk gel kaku pada pH 7. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa hidrogel dapat terbentuk pada kisaran nilai pH 3-10 dan tidak dihasilkan bila nilai pH kurang dari 3 [[17, 18]. Kemudian gel yang terbentuk didiamkan selama 18 jam pada suhu ruang untuk mulai tahap pematangan gel [19]. Tahap selanjutnya adalah menyaring, membilas, dan mengeringkan gel yang terbentuk pada suhu 110 °C hingga terbentuk xerogel. Xerogel merupakan silika gel yang dihasilkan melalui penghilangan air dari pori melalui proses penguapan [20]. Serbuk silika yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF dan FTIR.

B. Karakterisasi Silika Gel

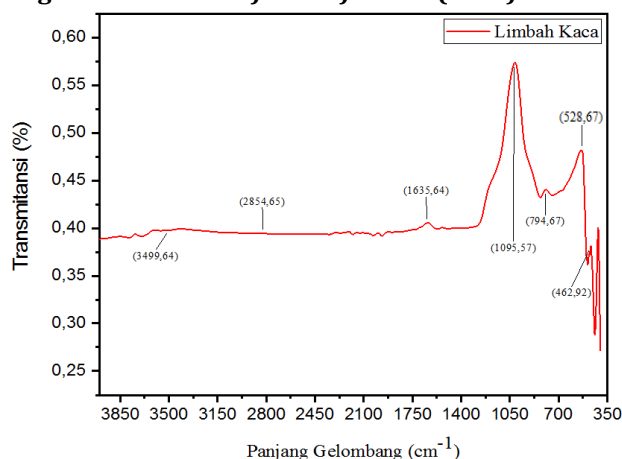
Karakterisasi Silika Gel dengan X-Ray Fluorescence (XRF)

Hasil XRF dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa komponen utama yang terkandung dalam silika gel adalah SiO_2 yaitu sebesar 73,851%. Hasil analisis juga menunjukkan adanya kandungan lainnya seperti Cl yang cukup tinggi sebesar 18,488%, serta kadar *loss of ignition* (LOI) sebesar 3,636% dengan beberapa oksida pengotornya. Kadar LOI menunjukkan adanya senyawa-senyawa berupa senyawa organik, senyawa gas maupun molekul H_2O yang berikatan dengan permukaan silika gel melalui ikatan hidrogen [21].

Tabel 1. Hasil Analisis Silika Gel dengan XRF

Komposisi	Kadar (%)
SiO_2	73,851
Al_2O_3	1,922
P_2O_5	3,882
K_2O	0,539
CaO	1,126
Fe_2O_3	0,049
Cl	18,488
Ti	0,072
Zn	0,009
As	0,001
Br	0,002
Zr	0,036
Ba	0,017
Pb	0,006

Karakterisasi Silika Gel dengan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*



Gambar 1. Spektrum FTIR Silika Gel

Spektrum FTIR yang terlihat pada **Gambar 1.** menunjukkan adanya serapan yang muncul pada bilangan gelombang 3499,64 cm⁻¹; 1635,64 cm⁻¹; 1095,57 cm⁻¹; 794,67 cm⁻¹; 528,67 cm⁻¹; dan 462,92 cm⁻¹ yang merupakan pita serapan khas silika gel [14]. Kemudian pada bilangan gelombang 1635,64 cm⁻¹ juga menandakan adanya gugus -OH serta munculnya pita serapan pada bilangan gelombang 2854,65 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H [22].

Berdasarkan analisis dengan *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* maka diketahui bahwa silika gel telah berhasil disintesis dari limbah kaca Laboratorium Kimia Dasar Universitas Bangka Belitung.

KESIMPULAN

Silika gel dari limbah kaca Laboratorium Kimia Dasar Universitas Bangka Belitung yang dibuat dengan metode sol gel memiliki kandungan SiO₂ sebesar 73,851%. Silika gel ini memiliki pita serapan spektrum inframerah pada bilangan gelombang 3499,64 cm⁻¹; 1635,64 cm⁻¹; 1095,57 cm⁻¹; 794,67 cm⁻¹; 528,67 cm⁻¹; dan 462,92 cm⁻¹ yang merupakan pita serapan khas dari silika gel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada LP3M UBB atas bantuan pendanaan penelitian ini melalui skema *Team Best Project 2023*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. G. Adnan, *Indonesian Domestic Solid Waste Statistic Year 2008*. Jakarta: State Ministry of Environment The Republic of Indonesia, 2008.
- [2] N. J. Coleman, Q. Li, dan A. Raza, "Synthesis: Structure and Performance of Calcium Silicate Ion Exchangers from Recycled Container Glass," *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, vol. 50, no. 1, pp. 5-16, Mei 2013. [Online]. doi: <https://doi.org/10.5277/ppmp140101> Physicochem. Probl. Miner. Process. 2014; 50(1): 5-16. [Diakses 15 November 2023].
- [3] E. E. Ali dan S. H. A. Tersawy, "Recycled Glass as a Partial Replacement for Fine Aggregate in Self Compacting Concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 35, pp. 785-791, Oktober 2012. [Online]. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.04.117 *Construction and Building Materials* 35: 785-791. [Diakses 15 November 2023].
- [4] M. Arabani, "Effect of Glass Cullet on the Improvement of the Dynamic Behaviour of Asphalt Concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 25, pp. 1181-1185, Maret 2011. [Online]. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.09.043> [Diakses 15 November 2023].

- [5] A. Korkosz, A. Ptaszynska, A. Hanel, M. Niewiadomski, dan J. Hupka, "Cullet as Filter Medium for Swimming Pool Water Treatment," *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, vol 48, pp. 295-301, Agustus 2011. [Online]. doi: <https://www.journalssystem.com/ppmp/pdf-79010-15031> Physicochem. Probl. Miner. Process. 2012; 48(1): 295-301. [Diakses 16 November 2023].
- [6] H. Zhu, W. Chen, W. Zhou, dan E. A. Byars, "Expansion Behavior of Glass Aggregates in Different Testing for AlkaliSilica Reactivity," *Materials and Structures*, vol. 42, pp. 485-494, Mei 2009. [Online]. doi: 10.1617/s11527-008-9396-4 Materials and Structures 42(4): 485-494. [Diakses 16 November 2023].
- [7] H. Mori, "Extraction of Silicon Dioxide from Waste Colored Glasses by Alkali Fusion Using Sodium Hydroxide," *Journal of the Ceramic Society of Japan*, vol. 111, no. 1294, pp. 376-381, Juli 2003. [Online]. doi: <https://doi.org/10.2109/jcersj.111.376> [Diakses 16 November 2023].
- [8] S. Affandi, H. Setyawan, S. Winardi, A. Purwanto, dan R. Balgis, "A Facile Method for Production of High-Purity Silica Xerogels from Bagasse Ash," *Advanced Powder Technology*, vol. 20, pp. 468-472, September 2009. [Online]. doi: 10.1016/j.apt.2009.03.008 [Diakses 16 November 2023].
- [9] D. T. Burns, K. Tungkananurak, dan D. Jadsadapattarakul, "Semi-Micro Preparation and Characterization of Bonded Phase ODS-Silica Prepared from Rice Husk Silica," *Microchimica Acta*, vol. 154, no. 1, pp. 81-85, April 2006. [Online]. doi: 10.1007/s00604-005-0474-9 Microchimica Acta 154(1): 81-85. [Diakses 19 November 2023].
- [10] Y. Yao, W. Zhang, dan S. Liu, "Feasibility Study on Power Ultrasound for Regeneration of Silica Gels-A Potential Dessicant Used in Air-Conditioning System," *Applied Energy*, vol. 86, pp. 2394-2400, November 2009. [Online]. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.04.001> [Diakses 19 November 2023].
- [11] X. Liu, A. Wang, T. Zhang, D. Su, dan C. Mou, "Au-Cu Alloy Nanoparticles Supported on Silica Gel as Catalyst for CO Oxidation: Effect of Au/Cu Ratios," *Catalysis Today*, vol. 160, pp. 103-108, Februari 2011. [Online]. doi: 10.1016/j.cattod.2010.05.019 Catalysis Today 160(1): 103-108. [Diakses 19 November 2023].
- [12] K. Tungkananurak, S. Kerdsiri, D. Jadsadapattarakul, dan D.T. Burns, "Semi-Micro Preparation and Characterization of Mesoporous Silica Microspheres from Rice Husk Sodium Silicate Using a Non-Ionic Surfactant as a Template: Application in Normal Phase HPLC Columns," *Microchimica Acta*, vol. 159, pp. 217-222, Januari 2007. [Online]. doi: 10.1007/s00604-007-0743-x Microchimica Acta 159(3):217-222. [Diakses 20 November 2023].
- [13] S. N. Ishmah, M. D. Permana, M. L. Firdaus, dan D. R. Eddy, "Extraction of Silica from Bengkulu Beach Sand Using Alkali Fusion Method," *Journal of Science Education*, vol. 4, no. 2, pp. 1-5, Mei 2020. [Online]. doi: 10.33369/pendipa.4.2.1-5 [Diakses 20 November 2023].
- [14] R. M. Saputra, Rudiyanayah, dan N. Wahyuni, "Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Limbah Kaca Termofiksasi Asam Stearat," *Jurnal Kartika Kimia*, vol. 3, no. 3, pp. 36-42, 2014, ISSN: 2303-1077. [Online, diakses 20 November 2023].
- [15] H. Schmidt, "Chemistry of Material Preparation by Sol-Gel Process," *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 100, pp. 51-64, Maret 1988. [Online]. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-3093\(88\)90006-3](https://doi.org/10.1016/0022-3093(88)90006-3) [Diakses 19 November 2023].
- [16] A. S. Dorcheh dan M. H. Abbasi, "Silica Aerogel; Synthesis, Properties and Characterization," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 199, pp. 10-26, April 2008. [Online]. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.10.060> [Diakses 20 November 2023].
- [17] U. Kalapathy, A. Proctor, dan J. Shultz, "An Improve Method for Production of Silica from Rice Hull Ash." *Bioresource Technology*, vol. 85, pp. 285-289, Desember 2002. [Online]. doi: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00116-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00116-5) Bioresource Technology 85(3):285-9. [Diakses 19 November 2023].
- [18] T. Liou dan C. Yang, "Synthesis and Surface Characteristics of Nanosilica Produced from Alkali-Extracted Rice Husk Ash," *Materials Science and Engineering B*, vol. 176, no. 7, pp. 521-529, April 2011. [Online]. doi: 10.1016/j.mseb.2011.01.007 Materials Science and Engineering B 176(7):521-529. [Diakses 15 November 2023].
- [19] F. He, H. Zhao, X. Qu, C. Zhang, dan W. Qiu, "Modified Aging Process for Silica Aerogel," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 209, pp. 1621-1626, 2009. [Online]. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2008.04.009 0924-0136. [Diakses 15 November 2023].
- [20] U. Kalapathy, A. Proctor, dan J. Shultz, "A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash," *Bioresource Technology*, vol. 73, pp. 257-262, Juli 2000. [Online]. doi: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00127-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00127-3) Bioresource Technology 73(3):257-262. [Diakses 19 November 2023].

- [21] S. Tabatabaei, A. Shukohfar, R. Aghababazadeh, dan A. Mirhabibi, "Experimental Study of the Synthesis and Characterisation of Silica Nanoparticles via the Sol-Gel Method," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 26, pp. 371-374, Februari 2006. [Online]. doi: 10.1088/1742-6596/26/1/090 *Journal of Physics Conference Series* 26(1):371. [Diakses 16 November 2023].
- [22] R. M. Silverstein, F. X. Webster, dan D. J. Kiemle, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2005.