

Ekstraksi Silikon dari Silika (SiO_2) Menggunakan Metode Reduksi Hidrotermal

Wenalda Hanifah Azzahra, Deski Beri*, Syamsi Aini, Hesty Parbuntari

Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25131

*deski.beri@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Silicon is one of the materials whose utilization is getting bigger along with the times. Hydrothermal reduction method is one of the methods that can be done to synthesize silicon from natural materials because silicon does not exist freely in nature. The purpose of this research is to synthesize silicon using hydrothermal reduction method. The precursor used in the reduction process is silica (SiO_2). The metal used as a reductant is magnesium metal and the molten salt that can be used is AlCl_3 . Hydrothermal reduction process was carried out at a temperature of 250°C . Silicon formed is seen at the peak of 28.44, 47.30, 56.11, 69.13 dan 76.38 with purity 66,84%

Keywords — Hydrothermal reduction, silicon, silica, rice husk

I. PENGANTAR

Ilmu pengetahuan terus mengalami perkembangan dimana hasil dari perkembangan ilmu pengetahuan ini akan memberikan berbagai manfaat untuk perkembangan teknologi. Perkembangan teknologi akan memberikan manfaat yang sangat besar bagi kehidupan manusia. Salah satu material penting yang dibutuhkan dalam perkembangan teknologi adalah silikon. Silikon memiliki banyak manfaat dalam berbagai bidang [1].

Silikon dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan sel surya [2] sebagai bahan semikonduktor teknologi elektronik dan fotonik [3] serta dalam bidang Kesehatan sebagai bahan pembuatan kateter yang baik [4]. Namun silikon tidak terdapat dalam keadaan bebas di alam melainkan berikatan dengan oksigen membentuk oksida silika dan silikat sehingga diperlukan metode yang dapat dilakukan untuk memurnikan silikon dari bahan alam tersebut [5].

Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk proses ekstraksi silikon dari bahan alam. Metode-metode tersebut seperti metalotermal [6], metode elektrolitik [7], metode karbotermik, aluminotermik, metode kalsiotermik serta metode magnesiotermik dimana jika dilakukan proses sintesis silikon menggunakan metode ini akan diperlukan suhu yang tinggi pada saat proses ekstraksi [8]. Salah satu metode baru yang dapat dilakukan pada saat proses ekstraksi adalah metode reduksi hidrotermal. Metode reduksi hidrotermal juga merupakan proses yang sederhana untuk menyiapkan serbuk logam dari partikel yang seragam ukuran dan bentuk di bawah kondisi yang terkendali [9]. Pada metode reduksi hidrotermal ini juga hanya diperlukan suhu yang lebih rendah dari metode-metode yang telah disebutkan sebelumnya [8].

Penggunaan metode hidrotermal dalam sintesis nano-silikon telah dilakukan dengan berbagai variasi. Metode hidrotermal

memerlukan suhu yang relatif rendah dibandingkan dengan metode magnesiotermal dan karbotermal. Nano-silikon disintesis menggunakan metode hidrotermal dengan (2-aminoethylamino) propyltriethoxysilane sebagai sumber silikon dan penambahan 3-(2-aminoethylamino) propyltriethoxysilane [10]. Nano-silikon disintesis menggunakan metode hidrotermal dengan silika aerogel komersial sebagai sumber silikon yang disintesis dari tetraethyl orthosilicate (TEOS) sebagai prekursor dalam alkali dan penambahan magnesium [11]. Sintesis nano-silikon menggunakan metode hidrotermal menggunakan hidroksiapatit tersubstitusi silikon sebagai sumber silikon dan penambahan hidroksiapatit stoikiometri [8].

Proses reduksi silikon dari silika dapat dilakukan dengan mereaksikan silika dengan logam yang memiliki potensi redoks yang lebih rendah dibandingkan dengan silikon seperti aluminium dan magnesium. Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah dilakukan proses ekstraksi silikon dari silika menggunakan magnesium yang dapat dilakukan pada suhu 650°C [10]. Proses reduksi untuk mendapatkan silikon menggunakan logam magnesium telah banyak dilakukan begitu pula dengan usaha untuk menurunkan suhu pemanasannya. Pada proses reduksi silika dengan logam magnesium dapat ditambahkan *molten salt* sebagai media cairan. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan menggunakan *molten* CaCl_2 untuk mereduksi SiO_2 menjadi Si dilakukan pada suhu 850°C sedangkan menggunakan LiCl-KCl-CaCl_2 pada suhu 500°C . dalam *molten* LiCl/KCl reduksi menggunakan logam magnesium bereaksi pada suhu 550°C . Berdasarkan laporan terakhir, proses reduksi SiCl_4 menggunakan logam Mg dengan *molten* AlCl_3 dapat dilakukan pada suhu 200°C Berdasarkan laporan terakhir,

proses reduksi SiCl_4 menggunakan logam Mg dengan *molten* AlCl_3 dapat dilakukan pada suhu 200°C [12]

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah alat analisis berupa labu erlenmeyer, gelas kimia, spatula, loyang oven, , furnace, corong, cawan penguap dan *chamber hydrothermal* serta untuk peralatan karakterisasi berupa mikroskop dan XRD (Netherlands PANalytica menggunakan software X'Pert3 – pro pada $2(\theta) = 10\text{-}100^\circ$). Bahan yang digunakan adalah kertas saring, silika (SiO_2), logam Mg, AlCl_3 serta aquades.

B. Prosedur Kerja

Silika (SiO_2) direduksi menggunakan serbuk magnesium (Mg) dan garam AlCl_3 sebagai *molten salt*. Proses reduksi ini dilakukan menggunakan *chamber hidrotermal* dengan suhu 250°C selama 10 jam. Sebelum proses reduksi, teflon hidrotermal yang sudah berisi SiO_2 , Mg dan AlCl_3 di purging menggunakan N_2 untuk mengisolasi dari udara. Proses reduksi dilakukan dengan perbandingan mol reaksi pembentukan silikon. (SiO_2 : 1 mol, Mg : 2 mol dan AlCl_3 : 3 mol). Silikon yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan mikroskop untuk melihat permukaan partikel yang terbentuk serta XRD dan XRF untuk melihat derajat kristalinitas silikon yang terbentuk.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian sebelumnya telah dilakukan reduksi silika menggunakan magnesium yang dapat dilakukan pada suhu 650°C . Penambahan *molten salt* pada saat proses reduksi menggunakan logam magnesium telah sering dilakukan. *Molten salt* merupakan media cairan yang dapat digunakan untuk proses reduksi silika. Berdasarkan laporan terakhir, proses reduksi SiCl_4 menggunakan logam Mg dengan *molten* AlCl_3 dapat dilakukan pada suhu 200°C [10].

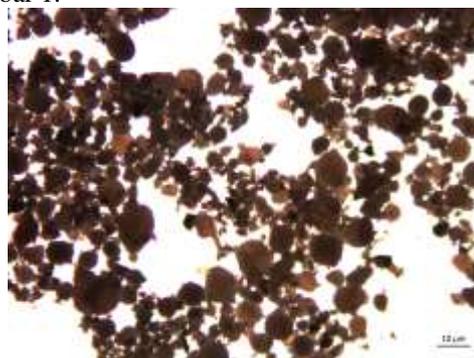
Proses reduksi untuk sintesis silikon dapat dilakukan mereaksikan silika dengan logam yang memiliki potensi redoks yang lebih rendah dibandingkan dengan silikon seperti aluminium dan magnesium. Seperti penelitian yang dilakukan Lin, Han, Wang, dkk., (2015) [10] yang menggunakan logam aluminium untuk proses reduksi pembuatan silikon. Pada penelitian ini digunakan logam magnesium pada saat proses reduksi dikarenakan aluminium mempunyai kemampuan redoks yang lebih rendah dibandingkan dengan aluminium.

Pada saat ini metode reduksi silikon menggunakan prekursor silika dengan logam magnesium telah banyak dilaporkan begitu pula dengan usaha-usaha untuk menurunkan suhu pemanasannya. Penelitian sebelumnya telah dilakukan reduksi silika menggunakan magnesium yang dapat dilakukan pada suhu 650°C . Penambahan *molten salt* pada saat proses reduksi menggunakan logam magnesium telah sering dilakukan. *Molten salt* merupakan media cairan yang dapat digunakan untuk proses reduksi silika. Penelitian terdahulu

yang telah dilakukan menggunakan *molten* CaCl_2 untuk mereduksi SiO_2 menjadi Si dilakukan pada suhu 850°C sedangkan menggunakan LiCl-KCl-CaCl_2 pada suhu 500°C . dalam *molten* LiCl/KCl reduksi menggunakan logam magnesium bereaksi pada suhu 550°C . Berdasarkan laporan terakhir, proses reduksi SiCl_4 menggunakan logam Mg dengan *molten* AlCl_3 dapat dilakukan pada suhu 200°C Berdasarkan laporan terakhir, proses reduksi SiCl_4 menggunakan logam Mg dengan *molten* AlCl_3 dapat dilakukan pada suhu 200°C [12].

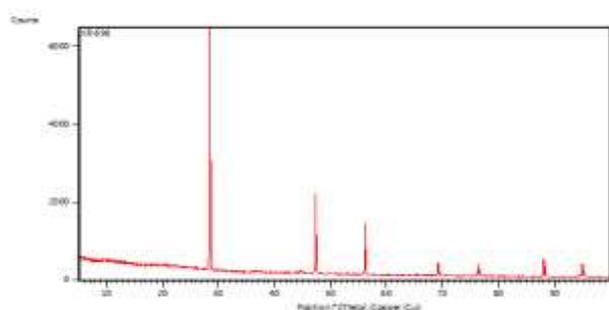
AlCl_3 memiliki titik didih yang rendah ($\sim 190^\circ\text{C}$) sehingga ketika mencapai suhu tersebut garam AlCl_3 akan meleleh menjadi fase cair dan bekerja sebagai media reaksi yang dapat menghomogenkan antar reaktan [13]. AlCl_3 mempunyai tekanan uap yang relative tinggi dibandingkan dengan garam lain yang memungkinkan terjadinya sublimasi garam untuk menghilangkannya dari produk reaksi. Titik leleh AlCl_3 yang rendah memungkinkan reaksi berlangsung pada suhu yang lebih rendah. suhu yang lebih rendah akan menyebabkan kristalinitas yang lebih sedikit pada produk akhir silikon [14]

Pada penelitian ini, proses reduksi menggunakan logam magnesium dan *molten* AlCl_3 dilakukan pada suhu 250°C . Hasil proses reduksi berupa serbuk berwarna abu-abu. Produk reduksi yang didapatkan kemudian dibilas/dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang mungkin masih terkandung sehingga diharapkan hanya menyisakan produk silikon saja. Pencucian menggunakan aquades ini dilakukan karena *molten* AlCl_3 yang mungkin masih terkandung bersifat bisa larut dalam air. Serbuk silikon yang dihasilkan setelah proses reduksi kemudian dilihat permukaannya menggunakan mikroskop seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Silikon proses reduksi

Pada Gambar 1. terlihat bahwa pada pengamatan menggunakan mikroskop terlihat terdapat partikel-partikel berwarna hitam yang merupakan silikon [15] yang terbentuk dari proses reduksi. Silikon yang terbentuk kemudian dilihat derajat kristalinitasnya menggunakan XRD.



Gambar 2. Data XRD Silikon

Kristal silikon terlihat muncul pada puncak 28.44, 47.30, 56.11, 69.13 dan 76.38. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [12] yang mengatakan bahwa pada puncak 28.56, 47.44, 56.25, 69.3 dan 76.51 terdapat kisi silikon (Si).

Kristal silikon yang diperoleh kemudian diuji kemurniannya menggunakan XRF. Hasil XRF menunjukkan bahwa produk silikon yang dihasilkan memiliki kemurnian sebesar 66,84%. Kemurnian silikon yang didapatkan ini mirip dengan hasil yang didapatkan pada proses reduksi silikon menggunakan metode metalotermal sederhana dari silika dan logam magnesium dengan kemurnian silikon yang berkisar antara 61,51% - 71,74% [16]

IV. KESIMPULAN

Silikon yang terbentuk melalui proses reduksi dan diamati menggunakan mikroskop menunjukkan bahwa partikel silikon yang terbentuk berupa serbuk berwarna hitam. Pada pengujian menggunakan XRD, silikon terlihat pada puncak 28.44, 47.30, 56.11, 69.13 dan 76.38 dengan kemurnian 66,84%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang yang telah membantu penelitian ini.

REFERENSI

- [1] B. M. Hermanto, "Analisis Kelayakan Produksi Silikon dari Abu Ampas Tebu," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung. (Journal Nat. Resour. Environ. Manag.,* vol. 9, no. 3, hal. 818–825, 2019, doi: 10.29244/jpsl.9.3.818-825.
- [2] E. Emidiana, P. Perawati, dan H. Rudin, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Perumahan Karyawan Blok B55 PT. Cipta Lestari Sawit Bumirejo Estate," *Elektrika*, vol. 14, no. 2, hal. 35, 2022, doi: 10.26623/elektrika.v14i2.4733.
- [3] S. Suparman, "Sekam Padi Dan Karbon Kayu Dengan Metode Reaksi Fasa Padat," 2010.
- [4] dhiya maisa, "INFEKSI SALURAN KEMIH KARENA KATETER: MANAJEMEN DAN PENCEGAHAN Nisrina," *Covid-19 Epidemiol. Virol. Penularan, Gejala Klin. Diagnosa, Tatalaksana, Fakt. Risiko Dan Pencegah.,* vol. 3, no. November, hal. 653–660, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP>
- [5] R. Armaina, M. B. Malino, dan Y. Arman, "Penentuan Celah Energi

- (Energy Gap) Silikon Hasil Reaksi Metalotermis Aluminium Dan Silika Dari Abu Sekam Padi," *Prism. Fis.,* vol. I, no. 1, hal. 56–60, 2013.
- [6] H. Heriyanti, Winda Mustika Sari, Sutrisno, dan Rayandra Asyhar, "Analisis Kandungan Silikon (Si) pada Batubara PT. Tambang Bukit Tambi Provinsi Jambi," *J. Indones. Soc. Integr. Chem.,* vol. 11, no. 2, hal. 57–63, 2019, doi: 10.22437/jisic.v11i2.7761.
 - [7] A. Retnosari, "Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO₂) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara," *Univ. Jember,* hal. 1–56, 2013.
 - [8] S. Sudarman, Andriyani, Tamrin, dan M. Taufik, "Synthesis and application of nano-silicon prepared from rice husk with the hydrothermal method and its use for anode lithium-ion batteries," *Mater. Sci. Energy Technol.,* vol. 7, hal. 1–8, 2024, doi: 10.1016/j.mset.2023.07.003.
 - [9] W. Songping, N. Jing, J. Li, dan Z. Zhenou, "Preparation of ultra-fine copper-nickel bimetallic powders with hydrothermal-reduction method," *Mater. Chem. Phys.,* vol. 105, no. 1, hal. 71–75, 2007, doi: 10.1016/j.matchemphys.2007.04.027.
 - [10] N. Lin *et al.*, "Preparation of nanocrystalline silicon from SiCl₄ at 200°C in Molten Salt for High-Performance Anodes for Lithium Ion Batteries," *Angew. Chemie - Int. Ed.,* vol. 54, no. 12, hal. 3822–3825, 2015, doi: 10.1002/anie.201411830.
 - [11] J. Liang, X. Li, Y. Zhu, C. Guo, dan Y. Qian, "Hydrothermal synthesis of nano-silicon from a silica sol and its use in lithium ion batteries," *Nano Res.,* vol. 8, no. 5, hal. 1497–1504, 2015, doi: 10.1007/s12274-014-0633-6.
 - [12] N. Lin *et al.*, "A low temperature molten salt process for aluminothermic reduction of silicon oxides to crystalline Si for Li-ion batteries," *Energy Environ. Sci.,* vol. 8, no. 11, hal. 3187–3191, 2015, doi: 10.1039/c5ee02487k.
 - [13] N. K. Zedin, S. A. Ajeel, dan K. A. Sukkar, "Nanosilicon powder extraction as a sustainable source (from Iraqi rice husks) by hydrothermal process," *AIP Conf. Proc.,* vol. 2213, no. March, 2020, doi: 10.1063/5.0000147.
 - [14] N. Clarke, W. Lu, S. Zhang, B. Mazzeo, R. Taylor, dan D. Wheeler, "A Process to Produce Battery Grade Silicon from Natural Halloysite Clay," vol. d, hal. 1–8.
 - [15] R. Saputra dan A. Widjayanto, "Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Connecting Rod Asli Dengan Imitasi Pada Sepeda Motor," *Bina Tek.,* vol. 15, no. 1, hal. 13, 2019, doi: 10.54378/bt.v15i1.885.
 - [16] N. Andarini, T. Haryati, dan R. Yulianti, "Pemurnian Silikon (Si) Hasil Reduksi Silika dari Fly Ash Batubara," *Berk. Sainstek,* vol. 6, no. 1, hal. 49, 2018, doi: 10.19184/bst.v6i1.7933.