

# The preparation and characterization of Sinabung volcanic ash as silica based adsorbent

Lisnawaty Simatupang<sup>1\*</sup> dan Devi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

\*Korespondensi: s.lisnawaty@yahoo.co.id

**Abstract.** *Synthesis of silica gel with sol-gel method has been carried out by utilizing the volcanic ash from Mount Sinabung taken from Berastepu village, Simpang Empat, Karo within 1.5 km from the summit of Mount Sinabung. Volcanic ash is one of the largest source of silica, potentially as materials for silica gel. Synthesis of silica gel in this study conducted by sol-gel method. Volcanic ash didekstruksi with 4M NaOH solution and gel formation with 3M HCl solution. Characterization of silica performed by AAS analysis, FTIR and XRD. Silica levels obtained in this study amounted to 17.85%. Based on the results of using FTIR analysis showed a cluster Si-O-Si and Si-OH stating that the silica adsorbent was successfully created. Characterization using XRD showed that the silica produced has a low degree kekrystalan (amorphous form).*

**Keywords:** adsorbents, silica, volcanic ash mount Sinabung

## PENDAHULUAN

Salah satu gunung berapi aktif yang terdapat di wilayah Indonesia adalah gunung Sinabung terletak di provinsi Sumatera Utara. Koordinat puncak Gunung Sinabung adalah 03° 10' LU dan 98° 23' BT dengan puncak tertinggi 2.460 meter dari permukaan laut yang menjadi puncak tertinggi di Sumatera Utara. Gunung ini belum pernah tercatat meletus sejak tahun 1600. (Global Volcanism Program, 2008).

Data BNPB menyebutkan, semenjak letusan akhir Agustus tahun 2010, gunung Sinabung meletus beberapa kali, termasuk salah satu letusan terbesar. Dan hingga saat ini sekitar 5 tahun semenjak kejadian tersebut, gunung Sinabung terus-menerus mengalami erupsi dan mengeluarkan jutaan kubik material abu vulkanik. Akibat dari letusan gunung tersebut timbul kabut asap yang tebal berwarna hitam disertai hujan pasir, dan abu vulkanik yang menutupi ribuan hektar tanaman para petani yang berjarak dibawah radius enam kilometer tertutup abu tersebut. Berlimpahnya material abu vulkanik gunung sebagai hasil dari erupsi gunung Sinabung merupakan suatu hal yang menarik untuk diteliti dan dimanfaatkan lebih lanjut.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa abu vulkanik gunung berapi memiliki kandungan terutama material silika. Seperti Abu vulkanik Gunung Merapi yang diambil pada Juli 2008 mengandung Al, Mg, Si dan Fe yang dianalisis dengan metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN) berturut-turut berkisar antara 1,8-15,9 % Al, 0,1-2,4% Mg, 2,6-28,7% Si dan 1,4-9,3% Fe (Sudaryo dan

Sutjipto, 2009). Menurut Zuarida (1999), abu vulkanik Gunung Kelud Jawa Timur mengandung 45,9% SiO<sub>2</sub>. Dan bahan silikat (SiO<sub>2</sub>) yang terdapat pada debu vulkanik Gunung Sinabung mencapai 74,47%. Keberadaan abu vulkanik hasil erupsi gunung Sinabung yang sangat besar dibandingkan dengan gunung berapi lainnya merupakan hal yang cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan adsorben berbasis silika. (Barasa dkk., 2013).

Silika merupakan senyawa kimia atau molekul besar dengan rumus molekul SiO<sub>2</sub> (silikon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal. Silika dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap (adsorben) didasarkan adanya pori dan keberadaan situs aktif gugus silanol (-Si-OH) dan siloksan (-Si-O-Si-) pada permukaannya. Adanya keempat atom oksigen pada silika yang mempunyai sifat cukup ionik berfungsi sebagai situs aktif untuk mengikat logam berat.

Penelitian mengenai pemanfaatan abu vulkanik sebagai adsorben berbasis silika sebelumnya telah dilakukan oleh Fadjri (2012) dengan memanfaatkan abu vulkanik hasil erupsi gunung Merapi dan *methyl orange* sebagai adsorbat. Pada penelitian tersebut abu vulkanik gunung Merapi diaktivasi dengan menggunakan asam nitrat pekat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa waktu optimum adsorpsi selama 180 menit dan konsentrasi adsorbat optimum adsorpsi sebesar 100 ppm. Dengan menggunakan metode statis (*batch*) serta analisis penyerapan logam menggunakan

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Dan untuk meningkatkan daya adsorpsi abu vulkanik maka perlu dilakukan aktivasi kimia dengan menggunakan asam bertujuan untuk menambah ukuran dan jumlah pori sehingga memperbesar kapasitas adsorpsi abu vulkanik (Lesbani, 2011).

## METODE

Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel abu vulkanik erupsi gunung Sinabung dari desa yang ada di Kecamatan Simpang Empat kabupaten Karo. Preparasi adsorben berbasis silika dilakukan di Laboratorium Penelitian Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan. Adsorben kemudian di karakterisasi kadar silikat, gugus fungsi, kristalinitas dan luas permukaan area.

### Alat dan bahan

Adapun peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini untuk preparasi adsorben dan proses adsorpsi meliputi: (1) Peralatan penunjang meliputi: oven, tanur, ayakan ukuran 200 *mesh*, timbangan analitik, *magnetic stirrer*, alat penggerus (lumpang dan mortar), desikator, peralatan gelas dan peralatan plastik; dan (2) Peralatan analisis meliputi XRD, IR, *Surface Area Analyzer* (SAA) dan Spektrometer Serapan Atom (SSA).

Sedangkan bahan-bahan yang dibutuhkan untuk penelitian ini terutama: Untuk pembuatan adsorben Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu vulkanik hasil erupsi gunung Sinabung dari Desa yang ada di Kecamatan Simpang Empat Kabupaten Karo, yang berjarak 1,5 Km dari puncak Gunung Sinabung, sedangkan bahan pendukung lainnya: Kertas Saring, Kertas Saring Whatman 42, HNO<sub>3</sub> pekat (E-Merck), aquadest, aquadest.

### Pembuatan silika abu vulkanik erupsi Sinabung

Sebanyak 20 gram abu vulkanik berukuran 200 mesh direndam dalam HNO<sub>3</sub> pekat sebanyak 120 mL selama 24 jam. Setelah itu abu dinetralkan dengan akuades kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama 6 jam. Abu vulkanik kering ditimbang beratnya kemudian dilebur dengan 156 mL NaOH 4M (stoikiometri) dan dididihkan sambil diaduk sampai mengental. Setelah hampir kering, larutan dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 500°C selama 30 menit. Setelah dingin ditambahkan dengan

200 mL akuades dan didiamkan semalaman. Kemudian disaring dengan kertas saring whatman 42. Filtrat kemudian dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom untuk mengetahui kadar silika yang terkandung dalam larutan tersebut.

### Pembuatan silika gel

Sebanyak 20 mL larutan natrium silikat dimasukkan ke dalam cawan porselin kemudian ditetesi HCl 3M sambil diaduk dengan pengaduk magnet sampai terbentuk gel berwarna putih dan dilanjutkan sampai pH netral. Gel yang terbentuk didiamkan semalaman. Kemudian silika gel disaring dan dibilas dengan akuades sampai pH netral. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 6 jam. Silika yang dihasilkan digerus dan diayak dengan ayakan 200 mesh untuk menghomogenkan ukurannya (Simatupang dkk., 2007).

### Karakterisasi adsorben silika

Untuk mengetahui kadar silikat yang terkandung dalam adsorben dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Untuk gugus-gugus fungsional yang ada dalam adsorben dilakukan analisis dengan FTIR, untuk mengetahui struktur adsorben digunakan XRD dan untuk mengetahui sifat permukaan adsorben meliputi diameter pori, luas permukaan spesifik dan volume pori digunakan penganalisis luas permukaan (*Surface Area Analyzer*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preparasi sampel

Abu vulkanik yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Desa Berastepu, Kecamatan Simpang Empat Kabupaten Karo. Abu vulkanik digerus kemudian diayak dengan ayakan 200 mesh untuk menghomogenkan ukuran abu dan memperluas permukaan abu sehingga sintesis natrium silikat efektif.

### Karakterisasi abu vulkanik Gunung Sinabung

Abu vulkanik yang telah diayak dengan ayakan 200 mesh dianalisis kandungan bahan kimia dengan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*). Kandungan bahan kimia penting diketahui karena sangat berpengaruh pada proses sintesis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi kimia abu vulkanik Gunung Sinabung

Kandungan Abu Vulkanik	Jumlah (%)
Si	91,4 ± 0,1
K	3,09 ± 0,02
Ca	2,60 ± 0,02
Cr	0,086 ± 0,003
Mn	0,19 ± 0,03
Fe	0,54 ± 0,01
Ni	1,09 ± 0,02
Cu	0,18 ± 0,003
Zn	0,32 ± 0,01
Ga	0,090 ± 0,003
Eu	0,2 ± 0,02
Re	0,3 ± 0,03

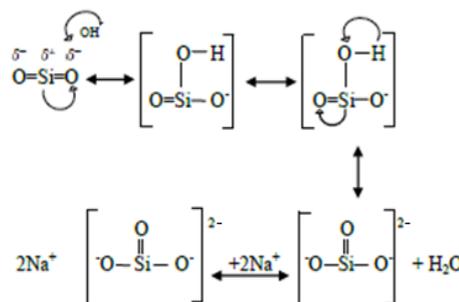
Secara fisik, kenampakan abu vulkanik Gunung Sinabung berupa serbuk sangat halus dengan warna abu-abu. Hasil analisis komposisi kimia abu vulkanik Gunung Sinabung dengan metode XRF (Tabel 1) menyatakan bahwa abu ini mengandung komponen yang heterogen dengan komponen utama (mayor) yakni 58,10% SiO<sub>2</sub>; 18,30% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 7,09% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan 8,05% CaO. Hasil analisis kandungan abu vulkanik ini menunjukkan bahwa material ini termasuk material pozzolan yakni mempunyai kandungan SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang tinggi.

**Penentuan kadar silika dalam larutan natrium silikat**

Abu vulkanik yang bersih dan kering kemudian dilebur dengan NaOH 4M pada suhu 500°C. Hasil peleburan berwujud padatan berwarna putih kehijauan dengan tekstur mengembang berbentuk rongga-rongga. Padatan didinginkan kemudian ditambah dengan 200 mL akuades dan didiamkan selama satu malam agar terbentuk larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Kemudian larutan disaring dan filtratnya diambil. Residu berupa padatan dimungkinkan adalah silika dan oksida-oksida yang tidak terdekomposisi.

Peleburan pada suhu 500°C didasarkan pertimbangan titik leleh NaOH, yaitu 323°C sehingga pada suhu tersebut NaOH terdisosiasi sempurna membentuk ion natrium dan ion hidroksida. Pada SiO<sub>2</sub>, elektronegativitas atom O yang tinggi menyebabkan Si lebih elektropositif dan terbentuk intermediet [SiO<sub>2</sub>OH]<sup>-</sup> yang tidak stabil sehingga terjadi dehidrogenasi. Ion OH<sup>-</sup> yang kedua akan berikatan dengan hidrogen

membentuk molekul air dan dua ion Na<sup>+</sup> akan menyeimbangkan muatan negatif ion SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> sehingga terbentuk natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), mekanisme reaksi selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Model mekanisme reaksi pembentukan natrium silikat (Trivana dkk., 2015).

Larutan natrium silikat yang dihasilkan berwarna kecoklatan dan indikator awal terbentuknya natrium silikat adalah apabila disentuh larutan akan terasa licin dikulit. Filtrat diuji kandungan silika menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Kadar Silika yang diperoleh sebesar 7782,5 ppm atau 3,3353 g.

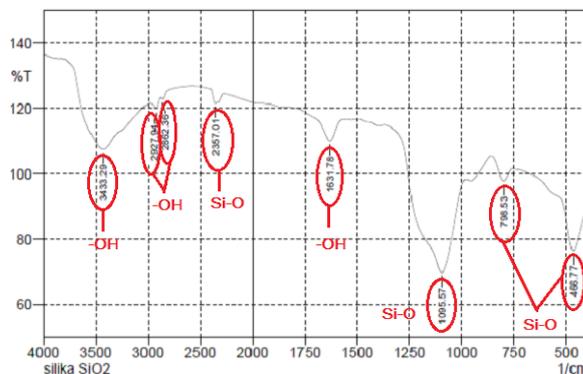
Rendahnya hasil yang diperoleh mungkin disebabkan berbagai factor. Yang pertama pengambilan sampel yang dilakukan tidak representatif. Karena sampel yang diambil 3 hari pasca erupsi dan hujan. Sehingga abu telah banyak terbawa hujan. Sehingga kemungkinan besar sampel yang diambil kebanyakan tanah. Begitu pula perlunya melakukan variasi waktu destruksi (peleburan abu vulkanik dengan NaOH) agar diperoleh

hasil destruksi kadar silikat yang lebih tinggi lagi.

**Karakterisasi dengan FTIR**

Silika yang diperoleh dari abu vulkanik Gunung Sinabung dengan metode sol gel

dianalisis dengan FTIR untuk mengetahui adanya gugus fungsi yang berkaitan dengan silika. Adapun hasil analisis dengan menggunakan FTIR ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** FTIR adsorben silika gel dari abu vulkanik Sinabung.

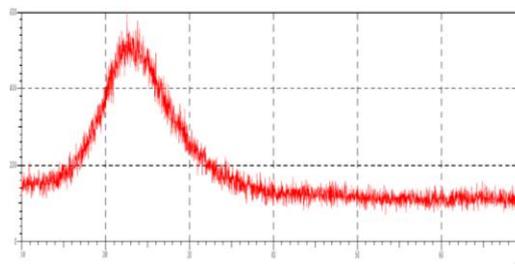
Puncak yang diyakini berkaitan dengan gugus fungsi pada silika yaitu pada bilangan gelombang 3433,29 cm<sup>-1</sup>. Serapan dengan pita lebar pada daerah ini merupakan puncak yang khas untuk vibrasi ulur gugus -OH (gugus hidroksil). Dengan demikian, dalam silika yang diperoleh dari abu vulkanik Gunung Sinabung ini diyakini terdapat gugus hidroksil, yang menunjukkan ikatan Si-OH atau silanol, meskipun sumbangan gugus hidroksil dari molekul air yang terhidrasi juga tidak dapat diabaikan (Daifullah dkk., 2003). Puncak kedua yang diyakini menunjukkan gugus fungsi silika adalah serapan yang kuat dan tajam pada bilangan gelombang 1095,57 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi ulur asimetri dari gugus Si-O pada gugus siloksan (Si-O-Si). Adanya gugus fungsi Si-O-Si diperkuat dengan adanya puncak pada bilangan gelombang 466,77 cm<sup>-1</sup> dan 2357,01 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi tekuk dari gugus siloksan (Si-O-Si) dan puncak pada 798,53 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi ulur Si-O-Si. Vibrasi tekuk gugus -OH dari molekul air ditunjukkan oleh serapan pada bilangan 1631,78 cm<sup>-1</sup> (Silverstein, 2006). Pita serapan di 2862,36 cm<sup>-1</sup> dan 2927,94 cm<sup>-1</sup> menunjukkan gugus -OH silanol dan H<sub>2</sub>O yang diserap (Kalapathy, 2000).

**Karakterisasi dengan XRD**

Analisis struktur kristal silika dilakukan dengan menggunakan difraksi sinar-X. Spektrum yang diperoleh disajikan pada Gambar 4.3. Terlihat bahwa silika gel yang

disintesis dari abu vulkanik Gunung Sinabung memiliki pola difraksi dengan puncak melebar pada 2θ = 22,7200°; 2θ = 23,9400°; 2θ = 21,8800°, dengan puncak tertinggi pada 2θ = 22,7200°. Menurut Kalapathy, dkk (2000) silika dengan puncak melebar di sekitar 2θ = 20-22° menunjukkan struktur amorf (kristalinitas yang rendah).

Menurut Trivani dkk. (2015) silika dalam bentuk amorf adalah yang paling reaktif dan cocok diaplikasikan sebagai adsorben. Selain itu silika berstruktur amorf dengan kemurnian yang tinggi, ukuran partikel yang kecil serta permukaan yang luas akan cocok digunakan sebagai adsorben. Adapun difraktogram analisis menggunakan XRD ditunjukkan Gambar 3.



**Gambar 3.** Difraktogram adsorben silika dari abu vulkanik Sinabung

**KESIMPULAN**

Adsorben Berbasis silika dari abu vulkanik erupsi gunung sinabung telah berhasil dibuat. Hal ini ditunjukkan

berdasarkan karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan bahwa pada silika gel hasil sintesis dari abu vulkanik Gunung Sinabung terdapat gugus fungsi -OH dari Si-OH dan Si-O dari Si-O-Si. Karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan puncak yang melebar sehingga diketahui bahwa silika gel hasil sintesis memiliki struktur amorf. Kadar silika hasil sintesis dari abu vulkanik Gunung Sinabung yang diambil dari Desa Berastepu, Karo sebesar 3,3353 gram.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, 2010. Waspada Gunung Sinabung, <http://www.medanmagazine.com> (diakses tgl 16 Maret 2015 )
- Barasa, R. F., Rauf, A., & Sembiring, M. 2013. Dampak Debu Vulkanik Letusan Gunung Sinabung Terhadap Kadar Cu, Pb, Dan B Tanah Di Kabupaten Karo. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, **1(4)**:1288-1297
- Daifullah, A. A. M., Girgis B. S., & Gad, H.M.H. 2003. Utilization of Agro-Residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans. *Material Letters*, **57**:1723-1731
- Fadjri, M.S. 2012. *Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Pasir Vulkanik Gunung Merapi*. Skripsi. Yogyakarta: FMIPA Universitas Yogyakarta.
- Global Volcanism Program, 2008. Sinabung, <http://www.volcano.si.edu.com>, (diakses tgl 19 Februari 2015).
- Kalapathy, U., Proctor, A., & Shultz, J. 2000. A Simple Method for Production of Pure Silica From Rice Hull Ash, *Bioresource Technology*, **73**: 257-262
- Lesbani, A. 2011. Keterlibatan Mekanisme Pertukaran Kation dan Pembentukan Kompleks dalam Adsorpsi Zn(II) dan Cd(II) pada adsorben Cangkang Kepiting Laut (*Portunus pelagicus linn*). Tesis S2-Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Simatupang, L., & Narsito, N. 2007. *Simultaneous Adsorption Of Mg(II), Zn(II), Ni(II) And Cd(II) On Amino-Silica Hybrid*. Prosiding ICCS, Yogyakarta.
- Sudaryo & Sucipto, (2009), Identifikasi dan Penentuan Logam Berat pada Tanah Vulkanik di Daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat, *Seminar Nasional V SDM Teknologi*, Yogyakarta
- Sukarman, & Dariah, A. 2014. *Tanah Andosol di Indonesia. Karakteristik, Potensi, Kendala, dan Pengelolaannya untuk Pertanian*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor
- Tim Fakultas Pertanian USU, (2014), Debu Vulkanik Sinabung Dapat Menyuburkan Tanah, <http://usu.ac.id/id/article/776/tim-fakultas-pertanian-usu-debu-vulkanik-sinabung-dapat-menyuburkan-tanah>, 17 Maret 2016
- Tim Faperta UGM, (2014), *Dampak Erupsi Gunung Kelud Terhadap Lahan Pertanian*, Yogyakarta
- Trivana, L., Sugiarti, S., & Rohaeti, E. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dari Sekam Padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, **7(2)**:66-75
- Zuraida, 1999, Penggunaan abu vulkan sebagai amelioran pada tanah gambut dan pengaruhnya terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan jagung. Thesis, Bogor, Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.