

Synthesis and Characterization of Silica Gel of Waste Agate From The Nian Village of Timor Tengah Utara Regency Using Sol Gel Method

Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Batu Akik Asal Desa Nian Kabupaten Timor Tengah Utara Menggunakan Metode Sol Gel

Putra Reinho Rosario Sanam^{*}, Lodowik Landi Pote, Gertreda Latumakulita^{}**

¹*Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang, Kupang-Indonesia*

*Corresponding author: gertredalatumakulita@yahoo.co.id,

**Putrasanam23@gmail.com

Abstract

Research on the synthesis and characterization of silica gel from agate waste from Nian Village, Timor Tengah Utara Regency using the sol gel method has been carried out. This study aims to determine the chemical composition, characteristics of silica gel synthesized of agate waste from Nian Village, Timor Tengah Utara Regency which can be used as a source of silica gel synthesis. The research method used is the sol gel method. This research was initiated by washing the agate waste powder with 2 M HCl to remove impurities. Furthermore, silica extraction was carried out by reacting it with 3 M NaOH to obtain sodium silicate. The sodium silicate obtained was then synthesized into silica gel by adding 3 M HCl dropwise until the pH was neutral. The synthesized silica gel was analyzed for composition by XRF and characterized by XRD and FTIR. The results showed that the chemical composition of agate waste powder with XRF obtained Si 35.6% and the largest content was Ca, namely 54.3%. The synthesized silica gel has a purity of 99.1% SiO₂ and 97.6% Si. The results of characterization using XRD showed that the synthesized silica gel was in the form of an amorphous phase and the results of characterization of functional groups using FTIR showed the presence of siloxane and silanol functional groups.

Keywords: *Synthesis, Silica Gel, and Characterization.*

Abstrak

Penelitian tentang sintesis dan karakterisasi silika gel dari limbah batu akik asal Desa Nian Kabupaten Timor Tengah Utara menggunakan metode sol gel telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia, karakteristik silika gel yang disintesis dari limbah batu akik asal Desa Nian Kabupaten Timor Tengah Utara yang dapat digunakan sebagai sumber sintesis silika gel. Metode penelitian yang digunakan adalah metode sol gel. Penelitian ini diawali dengan pencucian serbuk limbah batu akik dengan HCl 2 M untuk menghilangkan unsur-unsur pengotor. Selanjut ekstraksi silika dilakukan dengan mereaksikan dengan NaOH 3 M untuk memperoleh natrium silikat. Natrium silikat yang diperoleh selanjutnya disintesis menjadi silika gel dengan menambahkan HCl 3 M tetes demi tetes sampai pH netral. Silika gel hasil sintesis dianalisis komposisi dengan XRF dan dikarakterisasi dengan XRD dan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi kimia serbuk limbah batu akik dengan XRF diperoleh Si 35,6 % dan kandungan terbesar adalah Ca yaitu 54,3 %. Silika gel hasil sintesis memiliki kemurnian adalah SiO₂ 99,1 % dan Si 97,6 %. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan silika gel hasil sintesis berbentuk fasa amorf dan hasil karakterisasi gugus fungsi dengan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi siloksan dan silanol.

Kata kunci: Sintesis, silika gel dan karakterisasi.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam yang sangat melimpah. Sumber daya alam di Indonesia yang akhir-akhir ini ramai diperbincangkan masyarakat adalah batu mulia. Batu mulia merupakan semua jenis batuan yang terbentuk dari proses geologi, yang di dalamnya terdiri dari satu atau berbagai komponen kimia sebagai penyusun utamanya (Chandra, 2017). Batu akik merupakan anggota batu mulia dengan nama lainya adalah *agate*. Sebaran batu akik hampir ada di seluruh wilayah Indonesia seperti, Nangroe Aceh Darussalam (giok nefrit, fluorit, aventurin, kuarsa merah jambu, serpentin, idokras), Sumatera Barat (kecubung ungu, garnet, serpentin, idokras), Riau (intan), Jambi (koral tersilikasi, fosil kayu), Sumatera Selatan (kalsedon biru, kecubung aleksandrit, fosil kayu), Lampung (beragam jenis akik, amber), Banten (opal, geode, akik, fosil kayu), dan Wilayah Jawa (krisokola, krisopras, opal biru, kalsedon ungu, batu pancawarna, batu sabun, heliotrop, tektit, karnelian, geode) (Triyanisya, 2014). Desa Nian, Kecamatan Miomafo Tengah, Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), Nusa Tenggara Timur, merupakan salah satu daerah dengan penghasil batu akik terbaik dan memiliki beragam batu akik dengan kandungan mineral yang bervariasi.

Agate atau agat yang merupakan sejenis mineral silika (SiO_2) yang biasanya disebut kriptokristalin atau kuarsa amorf dengan warna yang terbentuk secara alami pada batuan di dalam bumi. Batu akik merupakan batuan yang terbentuk secara alami dari proses geologi yang unsurnya terdiri atas satu atau berbagai komponen kimiawi yang mengalami pengkristalan dalam kurun waktu yang lama mencapai jutaan tahun (Surya, 2015).

Batu akik awalnya berupa bongkahan atau batu yang berukuran besar yang harus dipotong menjadi beberapa bagian dengan motif atau gambar tertentu. Potongan-potongan batu akik yang memiliki motif yang indah kemudian dibentuk lebih kecil sesuai yang diharapkan untuk kemudian dipoles menjadi perhiasan. Hasil bongkahan atau potongan yang tidak terpakai dibuang dan pada umumnya berupa limbah yang sangat banyak dan belum diberdayakan potensinya. Batu akik mengandung silika (SiO_2) yang sangat penting, maka perlu adanya pemanfaatan lebih lanjut terhadap limbah yang dihasilkan dari pembuatan batu akik sebagai salah sumber bahan berbasis silika gel.

Silika gel merupakan silika amorf terdiri dari gumpalan-gumpalan SiO_4 yang memiliki bentuk tetrahedral yang tersusun secara tidak merata membentuk suatu

kerangka tiga dimensi yang besar. Secara umum silika gel memiliki rumus kimia $\text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ dengan struktur satuan mineral silika mengandung kation Si^{4+} yang terkoordinasi secara tetrahedral dengan anion O^{2-} . Silika gel merupakan bentuk gabungan dari penggumpalan sol natrium silika (Na_2SiO_3). Silika gel memiliki ukuran pori rata-rata 2,4 nanometer dan memiliki afinitas kuat terhadap molekul air. Silika gel memiliki beberapa kelebihan seperti: sangat inert, hidrofilik (dapat berikatan dengan air), memiliki kestabilan termal dan mekanik, dan juga relatif tidak mengembang dalam pelarut organik. Sifat ini menjadikan silika gel banyak digunakan sebagai zat pengering, penopang katalis, penyerap atau absorben (Setyo, 2014). Silika gel pada umumnya digunakan sebagai absorben senyawa-senyawa polar, pengisi pada kolom kromatografi dan juga sebagai isolator (Hindryawati, 2010). Besar pemanfaatan terhadap silika gel maka diperlukan sintesis terhadap silika gel memanfaatkan bahan dasar nabati baik limbah maupun sumber daya alam yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Sintesis silika gel sejauh ini dilakukan dari berbagai sumber seperti abu sekam padi dan ampas tebu. Pemanfaatan limbah sekam padi menjadi silika gel seperti yang dilakukan oleh Sholikha, dkk. (2017) menyatakan bahwa Sintesis dan karakterisasi silika gel dari abu sekam padi

dengan variasi konsentrasi pengasaman diperoleh adalah kadar air mendekati standar Kiesel G-60 yaitu silika gel pada konsentrasi 5 M dengan dengan kadar air sebesar 8,261%. Yusuf, dkk. (2014) melakukan studi karakteristik silika gel hasil sintesis dari ampas tebu dengan variasi konsentrasi asam klorida dan diperoleh adalah silika gel hasil sintesis dengan asam klorida 0,8 M memiliki kemiripan dengan Kiesel gel G-60 dengan kadar air total dan kapasitas absorpsi air sebesar 11,5490% dan 0,0918 $\text{H}_2\text{O/g}$.

Berdasarkan uraian di atas, maka limbah batu akik dapat dijadikan sebagai sumber bahan berbasis silika yang dapat diproses melalui metode sol gel untuk mendapat silika gel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik silika gel hasil sintesis dari limbah batu akik yang berasal dari Desa Nian Kecamatan Miomafo Tengah Kabupaten Timor Tengah Utara.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH (Merck), HCl 37 % V/V (Merck), aquades, dan serbuk limbah batu akik yang berasal dari Desa Nian Kabupaten Timor Tengah Utara.

Prosedur Penelitian

Analisis sampel

Sampel serbuk limbah batu akik yang telah diambil kemudian dihaluskan

dengan mortal dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Sampel kemudian dianalisis dengan XRF. Analisis XRF bertujuan untuk mengetahui komponen kimia yang terkandung di dalam sampel terutama kandungan silika yang akan digunakan dalam pembuatan silika gel.

Pencucian sampel

Sebanyak 200 g serbuk limbah batu akik yang telah dianalisis dicuci dengan 500 mL HCl 2 M, kemudian larutan diaduk secara konstan selama 2 jam. Kemudian sampel disaring dengan kertas saring *Whatman* No.42. Residu yang dihasilkan dicuci dengan aquades 100 mL sampai pH netral. Kemudian sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C. Residu yang telah di oven digunakan untuk ekstraksi silika.

Pembuatan Natrium Silikat

Sebanyak 100 g sampel yang telah dicuci ditambahkan 300 mL NaOH 3 M lalu diaduk dan dipanaskan hingga sebagian besar air menguap. Campuran kemudian dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 400 °C selama 4 jam. Padatan natrium silikat yang dihasilkan kemudian ditambahkan aquades sebanyak 500 mL dan diaduk dengan *magnetik stirrer* selama 3 jam pada suhu 100 °C lalu disaring hingga diperoleh filtrat berupa larutan natrium silikat. Setelah itu larutan natrium silikat digunakan untuk sintesis silika gel (Safitri, 2012).

Sintesis Silika Gel

Larutan natrium silikat dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian diaduk sambil ditetesi dengan HCl 3 M tetes demi tetes hingga larutan tercampur sempurna dan menghasilkan gel (Hidrogel). Hidrogel kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 80 °C selama 18 jam hingga terbentuk silika gel kering. Silika gel kering digerus dan dicuci dengan aquades hingga netral. Hasil pencucian dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 80 °C hingga terbentuk silika gel kering netral (Safitri, 2012).

Karakterisasi Silika Gel

Silika gel kering netral (xerogel) hasil sintesis dianalisis dengan XRF (X-Ray Fluorescence), Merk: PANalytical, Type: Minipal 4 untuk mengetahui komposisi kimia, karakterisasi dengan Forrie Transform Infra Red (FTIR) Merk Shimadzu, Type: IRPrestige 21 untuk mengetahui gugus fungsional dan X-Ray Diffraction (XRD) Merk PanAnalytical, Type: E'xpert Pro untuk mengetahui jenis kristal.

PEMBAHASAN

Hasil Analisis Limbah Batu Akik dengan XRF

Sampel limbah batu akik berasal dari Desa Nian Kecamatan Miomafo Tengah, Kabupaten TTU. Limbah batu akik dianalisis dengan XRF. Analisis XRF bertujuan untuk mengetahui komponen

kimia yang terkandung di dalam sampel terutama kandungan silika yang akan digunakan dalam pembuatan silika gel. Hasil analisis XRF serbuk limbah batu akik ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil analisa XRF sampel limbah batu akik

Unsur	Kadar (%)	Unsur	Kadar (%)
Si	35,6	Cu	0,084
K	0,08	Sr	0,43
Ca	54,3	In	1,6
Ti	0,18	Ba	1,6
Cr	0,060	Nd	0,06
Mn	0,37	Yb	0,26
Fe	5,44		

Berdasarkan hasil analisis XRF limbah batu akik memiliki kandungan silika sebesar 35,6%. Sedangkan kandungan terbesar adalah unsur Ca yaitu 54,3%. Hal ini sesuai dengan penelitian Akmal dkk. (2016) menyatakan bahwa dalam batu akik mengandung CaO 59,8% dan diikuti oleh SiO₂ 19,7%.

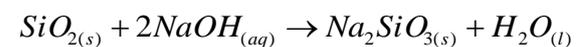
Pencucian Sampel Serbuk Batu Akik

Proses pencucian sampel serbuk limbah batu akik dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor anorganik seperti MgO, K₂O, dan Ca₂O, TiO₂, Fe₂O₃, Cu₂O, MnO, dan Na₂O yang terdapat dalam serbuk limbah batu akik. Hal ini sesuai dengan Kalapathy dkk. (2000) menyatakan bahwa HCL mampu mereduksi senyawa-senyawa organik dan anorganik serta mampu melarutkan beberapa logam oksida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HCl 2 M dapat

menghilangkan beberapa logam pengotor. Hasil pencucian serbuk limbah batu akik dengan HCl 2 M cukup baik sehingga mampu mereduksi dan telah melarutkan beberapa logam oksida. hal ini dapat dibuktikan dengan pengurangan berat sampel setelah pencucian dengan HCl 2 M yaitu dari 200 g menjadi 111 g.

Hasil Sintesis Natrium Silikat

Natrium silikat hasil sintesis dari serbuk limbah batu akik dan NaOH 3 M berupa cairan kental yang memiliki warna coklat. Cairan kental kemudian dikalsinasi suhu 400 °C selama 4 jam dengan tujuan untuk melelehkan serbuk limbah batu akik sehingga dapat mempercepat pembentukan natrium silikat. reaksi pembentukan natrium silikat adalah sebagai berikut:



Padatan natrium silikat hasil sintesis dilarutkan dengan air untuk memisahkan beberapa partikel yang tidak larut dalam air. Hal ini dijelaskan oleh Saputra dkk. (2014) bahwa natrium silikat merupakan senyawa yang berwarna putih dan mudah larut dalam air, sehingga logam-logam oksida yang masih terdapat dalam padatan natrium silikat dapat dipisahkan dengan menambahkan air dengan tujuan bahwa air dapat melarutkan padatan natrium silikat sementara oksida logam tetap berbentuk padatan yang tak larut. Larutan natrium

silikat yang diperoleh digunakan untuk sintesis silika gel.

Hasil Sintesis Silika Gel

Sintesis Silika Gel dari limbah batu akik menggunakan metode sol gel. Silika gel disintesis dari natrium silikat dengan Penambahan HCl 3 M dan menghasilkan senyawa asam silikat (SiOH_4). Senyawa asam silikat kemudian secara cepat terpolimerisasi membentuk dimer, trimer hingga menjadi polimer melalui pembentukan ikatan siloksan (Si-O-Si) hingga akhirnya membentuk hidrogel. Reaksi natrium silikat dengan asam klorida adalah sebagai berikut:

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{aq}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{NaCl}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

Penelitian ini hidrogel terbentuk pada pH 10. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kalapathy dkk. (2000) bahwa hidrogel terbentuk pada kisaran pH 3-10 dan apabila pH kurang dari 3, maka tidak akan menghasilkan hidrogel. Hidrogel yang diperoleh selanjutnya diovenkan untuk memperoleh silika gel kering. Silika gel kering yang telah di oven dicuci dengan air untuk menghilangkan pengotor yang berupa garam-garam natrium yang masih menempel pada permukaan silika gel.

Hasil Karakterisasi Silika Gel

Hasil Analisis XRF

Silika gel hasil sintesis dianalisa dengan XRF untuk mengetahui kandungan

unsur yang terdapat di dalamnya. Berdasarkan hasil analisis XRF ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini:

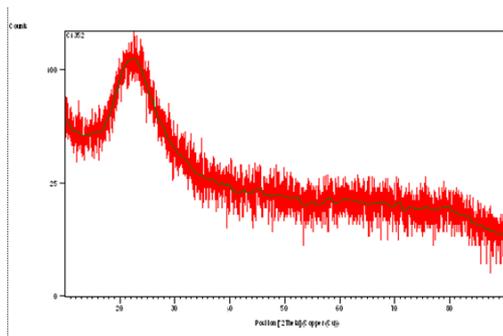
Tabel 2. Hasil analisis XRF silika gel dari serbuk limbah baru akik

Kandungan		Kadar	
Senyawa	Unsur	Senyawa (%)	Unsur (%)
SiO_2	Si	99,1	97,6
CaO	Ca	0,549	1,38
Fe_2O_3	Fe	0,262	0,670
CuO	Cu	0,028	0,082
K_2O	K	0,076	0,22

Berdasarkan tabel 2 di atas menunjukkan bahwa silika gel hasil sintesis dari serbuk limbah batu akik memiliki kemurnian tertinggi yaitu 99,1 % dengan komposisi unsur silikon yakni sebesar 97,6%. Sedangkan pengotor berupa senyawa oksida CaO 0,549%; Fe_2O_3 0,262%; CuO 0,028%; dan K_2O 0,076 dengan komposisi unsur Ca 1,38%; Fe 0,670%; Cu 0,082% dan K 0,22% . Hal ini dijelaskan bahwa silika gel hasil sintesis dari limbah batu akik masih mengandung unsur pengotor kalsium, besi, tembaga dan kalium sebesar 2,4%.

Hasil Analisis XRD

Silika gel hasil sintesis dari serbuk limbah batu akik dikarakterisasi XRD dan hasil karakterisasi ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. difraktogram silika gel dari serbuk limbah batu akik

Berdasarkan gambar 1 pola difraksi XRD silika gel hasil sintesis yang dianalisis pada $2\theta = 10-90^\circ$ ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Data perbandingan nilai 2θ silika gel dari limbah batu akik dengan

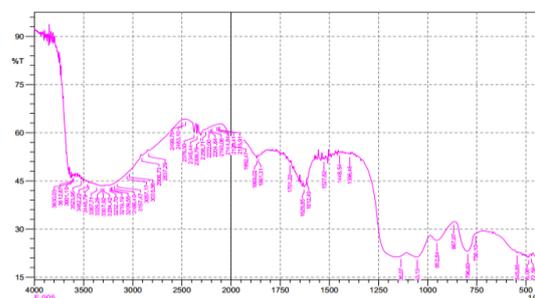
silika gel hasil sintesis (2θ)	JCPDS No.
20,54	20,86
20,99	
21,70	
23,56	
26,63	26,64

Berdasarkan data pada tabel 3 menunjukkan bahwa pola difraksi silika gel yang diperoleh dari limbah serbuk batu akik dengan puncak-puncak 2θ dibandingkan dengan JCPDS No. 46-1045 memiliki struktur amorf dengan puncak $2\theta = 21,70^\circ$. Hal ini dijelaskan oleh Susanti dkk.(2017) bahwa silika gel dengan struktur amorf memiliki pola difraksi pada daerah $2\theta = 20-27^\circ$ dengan puncak tajam pada $2\theta = 21,64^\circ$. Data ini sesuai dengan hasil karakterisasi XRD silika gel dari limbah kaca oleh Saputra, dkk. (2014). Dyana dan Triwikantoro (2017) juga

menyatakan bahwa silika gel memiliki fasa amorf yang ditandai dengan terbentuknya pola difraksi yang lebar dan umumnya memiliki intensitas yang rendah. Hal ini juga didukung oleh Kallapathy dkk. (2000) dan Yusuf dkk. (2014) bahwa silika gel memiliki puncak yang melebar pada rentang 2θ sekitar $21^\circ-23^\circ$.

Hasil Karakterisasi dengan FTIR

Silka gel hasil sintesis dari serbuk limbah batu akik dikarakterisasi dengan FTIR dan diperoleh bilangan gelombang yang karakateristik untuk gugus fungsi siloksan (Si-O-Si) dan gugus fungsi silanol (Si-OH) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Hasil karakterisasi FTIR silika gel dari sebuk limbah batu akik

Berdasarkan gambar 2 di atas, maka gugus fungsi dari silika gel hasil sintesis dari limbah batu akik dapat diperoleh bilangan gelombang yang karakteristik untuk silika gel yang ditunjukkan pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Hasil karakterisasi FTIR silika gel dari serbuk limbah batu akik, dan silika gel *Merck*

Silika gelombang <i>merck</i> (cm ⁻¹)	Silika sintetik dari serbuk limbah batu akik (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
470,63	472,56	Vibrasi Tekuk Si-O dari gugus Siloksan (≡Si-O-Si≡)
794,67	796,6	Vibrasi ulur simetri Si-O dari gugus siloksan
1087,85	1053,13	Vibrasi ulur asimetri Si-O dari gugus Siloksan (≡Si-O-Si≡)
1635,64	1629,85	Vibrasi tekuk OH dari gugus silanol
3448,72	3446,79	Vibrasi ulur OH dari gugus silanol

Berdasarkan tabel 4 diperoleh bilangan gelombang 472,56 cm⁻¹ untuk vibrasi tekuk Si-O dan 796,6 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur simetri Si-O. Bilangan gelombang 1053,13 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur asimetri dari gugus Siloksan (≡Si-O-Si≡). Bilangan gelombang 1629,85 cm⁻¹ dan 3446,79 cm⁻¹ vibrasi tekuk dan vibrasi ulur OH dari gugus silanol.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa sampel limbah batu akik mengandung Ca; Si; Fe dan In dengan kadar masing masing sebesar 54,3 %; 35,6 %; 5,44 %; dan 1,6 %, sedangkan

3,84 % merupakan unsur K; Ti; Cr; Mn; Cu; Sr; Ba; Nd; dan Yb. Silika gel hasil sintesis dengan kemurnian 99,1 % dan berbentuk fasa amorf serta memiliki gugus fungsi siloksan dan silanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal N., Mursal, Ismail, 2016, Identifikasi Mineral Batu Mulia Bio-Solar dari Aceh, *Journal of Aceh Physics Society (JAcPS)*, Vol. 5, No. 2 pp. 22-26,
- Chandra A. E., 2014, Pesona Batu Mulia Meraup Untung Selangit. Sinar Kejora. ISBN: 9786027902503
- Dyana. R. G. L., dan Triwikantoro, 2017, Sintesis dan Karakterisasi Komposit PANi-SiO₂ dengan Pengisi Gel SiO₂ dari Pasir Bancar Tuban. *Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya
- Handayani A. P., Eko Nurjanah, dan Warra Dyah Pitarengga, 2015, *Pemnfatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel*. Jurnal Bahan Alam Terbarukan. *JBAT* 4(2) (2015) 55-59.
- Hindriawati N. dan Alimuddin., 2010, Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel Dari Abu Sekam Padi Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Kimia Mulawarman*. Vol. 7, No. 2. ISSN: 1693-5616
- Kalpathy U., Proctor A. and Shultz J., 2000, A Simple Methode for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash, *J. Bior. Tech.*, 73, 257-262.
- Safitri M. N., 2012, *Sintesis Silika Gel Fasa Terbaik Untuk Kromatografi Kolom Dari Limbah Kaca*. Skripsi. Universitas Tanjungpura,

Fakultas Matematika Dan Ilmu
Pengetahuan Alam, Piontianak

Saputra DS, R, M., Rudiyanasyah., dan Wahyuni, N., 2014, Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Kaca Termodifikasi Asam Stearat. *JKK*, nomor 3(3); 6-42

Setio H. C., 2014, **Pemanfaatan Silika Gel Sebagai Adsorben Air Untuk Mengatasi Terjadinya Water Spot Pada Cat Dinding. Skripsi. Universitas Negeri Malang.**

Sholikha, I., friyatmoko W. K, Erma D. S. U. dan Listiyanti, 2017, *Sintesis Silika Gel Dari Abu Sekam Padi Dengan Variasi Konsentrasi Pengasaman. Jurnal FMIPA. Universitas Negeri Yogyakarta.*

Susanti, N Widiarti, AT Prasetya, 2017, Sintesis Silika Gel Teraktivasi dari Pasir Kuarsa untuk Menurunkan Kadar Ion Cu^{2+} dalam Air. *Jurnal MIPA 40 (1): 39-42.*

Surya P., 2015, *Ensiklopedia Batu Akik Jenis Dan Daya Tariknya. Yogyakarta. Carkrawala. ISBN: 978-602-5753-30-5*

Triyanisya, 2014, Bukan Cuma Aki-Aki Yang Serbu Pasar Batu Akik. Diakses dari <https://www.google.com/amp/s/m.metkom.id> Diakses pada 10 Januari 2020

Yusuf M., Dede S. dan Hadisantoso, E. P., 2014, *Studi Karakteristik Silika Gel Hasil Sintesis Dari Ampas Tebu Dengan Variasi Asam Klorida. ISSN 1979-8911. Edisi juli 2014. Vol VIII No.1*