

SINTESIS SILIKA XEROGEL DARI SABUT KELAPA DENGAN METODE SOL-GEL

Yuniar Dwi Lestari*, Mia Tri Rahayuningtyas, Lucky Indrati Utami, Kindriari Nurma Wahyusi

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur, 60249, Indonesia
Penulis korespondensi: lestariyuniadwi@gmail.com

Abstrak

Sabut kelapa merupakan bagian dari tanaman kelapa yang diketahui memiliki kandungan silika sekitar 69% yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan silika xerogel. Silika dengan rumus kimia SiO_2 banyak digunakan di industri maupun di kehidupan sehari – hari. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi pelarut dan waktu aging terbaik dalam sintesis silika xerogel dari sabut kelapa dengan metode sol-gel. Dimulai dengan mengabukan sabut kelapa dalam furnace pada suhu 600°C selama 2 jam. Kemudian untuk membuat sol, abu sabut kelapa diekstraksi menggunakan pelarut NaOH dengan variasi konsentrasi 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 N pada suhu 100°C selama 1 jam. Sol larutan natrium silikat diasidifikasi menggunakan HCl 1N hingga terbentuk gel pada pH 7. Gel yang terbentuk di-aging selama variasi waktu 12; 15; 18; 21; 24 jam, lalu dikeringkan hingga membentuk xerogel. Hasil sintesis berupa silika xerogel berwarna putih dan dikarakterisasi menggunakan FT-IR, XRD dan SAA. Hasil analisa FTIR menunjukkan silika xerogel mengandung gugus fungsi silanol dan siloksan dan analisa XRD menunjukkan silika memiliki struktur amorf. Kondisi terbaik yang didapatkan untuk sintesis silika yaitu pada waktu aging 18 jam yang menghasilkan luas permukaan paling besar sebesar $414,046 \text{ cm}^{-1}$, dan pada konsenentrasi pelarut NaOH 3,5N dengan yield terbesar sebesar 90,39%.

Kata kunci: sabut kelapa; silika; sol-gel; xerogel

SYNTHESIS OF SILICA XEROGEL FROM COCONUT HUSK USING SOL-GEL METHOD

Abstract

Coconut coir is part of the coconut plant, which is known to have a silica content of around 69% which can be used as a raw material for making silica xerogel. Silica with the chemical formula SiO_2 is widely used in industry and everyday life. This study uses the sol-gel method to determine the best solvent concentration and aging time in synthesizing silica xerogel from coco coir. It starts with ashing the coconut coir in the furnace at 600°C for 2 hours. Then to make sol, coconut coir ash was extracted using NaOH solvent with various concentrations of 1.5; 2; 2.5; 3; 3.5 N at 100°C for 1 hour. Sol sodium silicate solution was acidified using 1N HCl to form a gel at pH 7. The gel was aged 12; 15; 18; 21; 24 hours, then dried to form xerogel. The synthesis result is white silica xerogel and was characterized using FT-IR, XRD, and SAA. The results of FTIR analysis showed that silica xerogel contained silanol and siloxane functional groups, and XRD analysis showed that silica has an amorphous structure. The best conditions obtained for the synthesis of silica were at an aging time of 18 hours which produced the largest surface area of 414.046 cm^{-1} , and at the concentration of 3.5N NaOH solvent with the most significant yield of 90.39%.

Keywords: coconut husk; silica; sol-gel; xerogel

PENDAHULUAN

Kelapa merupakan tanaman tropis yang menghasilkan buah. Tanaman kelapa banyak tumbuh dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia, khususnya di daerah pesisir pantai. Indonesia sebagai negara dengan garis pantai yang panjang tentu berpotensi

untuk menghasilkan kelapa yang sangat banyak. Hal itu bisa dilihat dari industri/pabrik banyak yang menggunakan bahan dari kelapa. Pemanfaatan dari buah kelapa tersebut menghasilkan limbah berupa kulit kelapa yaitu sabut dan cangkang kelapa. Sejauh ini limbah cangkang kelapa banyak dimanfaatkan

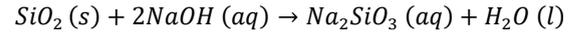
sebagai arang, sedangkan untuk sabut kelapa masih belum dimanfaatkan secara optimal.

Sabut kelapa diketahui mengandung beberapa senyawa kimia yang penting seperti silika, kalsium, kalium, dan beberapa senyawa lainnya. Abu hasil dari pembakaran sabut kelapa didapatkan kadar silika sebesar 61,3% (Zahrina, 2017). Adanya kandungan silika yang cukup besar pada sabut kelapa maka sabut kelapa memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan silika. Sintesis silika dari limbah sabut kelapa dapat memperbaiki sifat dan mensubstitusi silika alam. Serta memiliki keunggulan yaitu berbentuk amorphous yang lebih reaktif dan memiliki specific surface area / luas permukaan yang tinggi (Trivana, et al., 2015). Dengan begitu, maka akan meningkatkan nilai dari sabut kelapa.

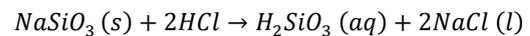
Silika merupakan senyawa anorganik hasil polimerisasi dari asam silikat dengan rumus umum SiO_2 . Di alam banyak ditemukan senyawa silika dalam pasir kuarsa. Selain tersedia di alam, silika dapat disintesis dari limbah pertanian seperti abu sekam padi, abu sabut kelapa, tongkol jagung, daun bambu, abu bagasse, dan lain sebagainya. Silika gel banyak digunakan dalam industri maupun kehidupan sehari-hari sebagai adsorben atau penyerap untuk menjaga kelembaban produk pangan, farmasi hingga barang-barang elektronik (Handayani, et al., 2015).

Salah satu jenis silika gel adalah silika *xerogel*. *Xerogel* merupakan silika gel kering dengan karakteristik berwarna putih yang dihasilkan dari pengeringan fasa cair dalam pori-pori melalui proses evaporasi (Handayani, et al., 2015). Silika *xerogel* bersifat hidrofilik karena kaya akan gugus silanol. Permukaan silika *xerogel* dapat dimodifikasi sehingga menjadi bersifat hidrofobik dan mampu menghasilkan senyawa yang bersifat lipofilik. Sifat tersebut sangat menguntungkan dalam aplikasi absorpsi senyawa organik. Silika *xerogel* memiliki peranan penting dalam industri karena bermanfaat sebagai pendukung katalis, insulator termal, sensor, membran desalinasi, dan manfaat lainnya (Wahyudi, et al., 2020). Silika *xerogel* dalam aplikasi membran desalinasi bermanfaat untuk mengolah air rawa menjadi air bersih yang dapat digunakan untuk kebutuhan hidup sehari-hari (Septyaningrum, et al., 2020).

Sintesis silika gel dapat dilakukan dengan metode sol-gel, dimana pada tahap awal dimulai dengan pembuatan sol silika yang kemudian diikuti pembentukan gel. Mengambil silika dari suatu bahan dapat diekstraksi menggunakan pelarut alkali seperti natrium hidroksida (NaOH) karena senyawa silika mudah larut dengan larutan basa. Konsentrasi pelarut alkali yang digunakan berpengaruh pada besarnya daya untuk melarutkan zat terlarut (Sumada, et al., 2017). Silika yang diekstraksi menggunakan NaOH akan menghasilkan larutan natrium silikat (Na_2SiO_3) sebagai mana reaksi berikut:



Natrium silikat yang terbentuk mempunyai pH yang tinggi, selanjutnya dilakukan asidifikasi atau pengasaman dengan larutan asam seperti asam klorida (HCl) hingga pH-nya turun. Proses asidifikasi bertujuan untuk membentuk monomer-monomer asam silikat bebas. Pada proses ini juga gel akan terbentuk. Konsentrasi asam yang digunakan akan mempengaruhi terbentuknya garam sehingga ukuran partikel silika *xerogel* mengalami perubahan (Astuti, et al., 2019). Reaksi yang terjadi pada proses asidifikasi adalah



Gel yang terbentuk tersebut kemudian didiamkan (*aging*) selama beberapa waktu. Pada proses pematangan gel, terjadi reaksi pembentukan gel yang lebih kaku dan kuat di dalam larutan. Proses *aging* merupakan hal penting saat sintesis silika gel karena berpengaruh pada karakteristik silika gel yang meliputi luas permukaan, ukuran pori-pori dan volume pori. Pada proses *aging* terjadi penggabungan monomer pada jaringan gel melalui ikatan siloksan sehingga kekuatan dan kekakuan gel meningkat. Semakin tinggi waktu pematangan maka luas permukaan silika semakin kecil dan jaringan gel yang lebih kaku, kuat, dan menyusut (Megasari, et al., 2019).

Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian mengenai sintesis silika *xerogel* dari sabut kelapa dengan variasi konsentrasi pelarut NaOH dan waktu *aging*. Penelitian ini diharapkan akan dapat menghasilkan silika *xerogel* dengan karakteristik yang baik.

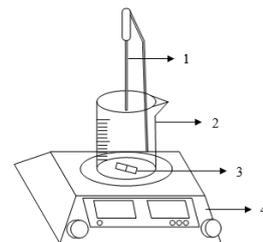
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan adalah sabut kelapa yang diperoleh dari pedagang kelapa di salah satu pasar di Kabupaten Gresik, Aquades, NaOH, dan HCl 32%.

Alat

Rangkaian alat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 yang terdiri dari termometer (1), beaker glass (2), magnetic stirrer (3), hotplate stirrer (4).

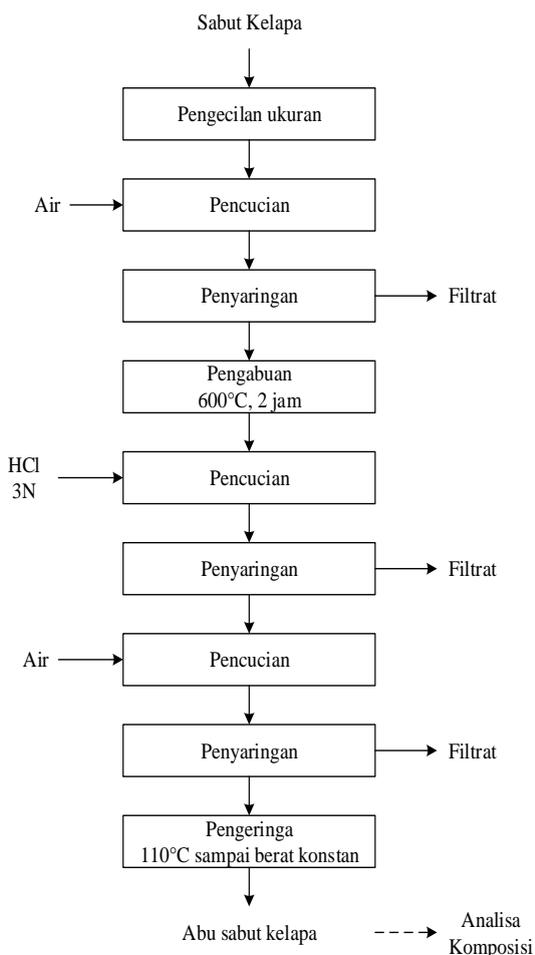


Gambar 1. Rangkaian alat ekstraksi silika

Prosedur

Preparasi Abu Sabut Kelapa

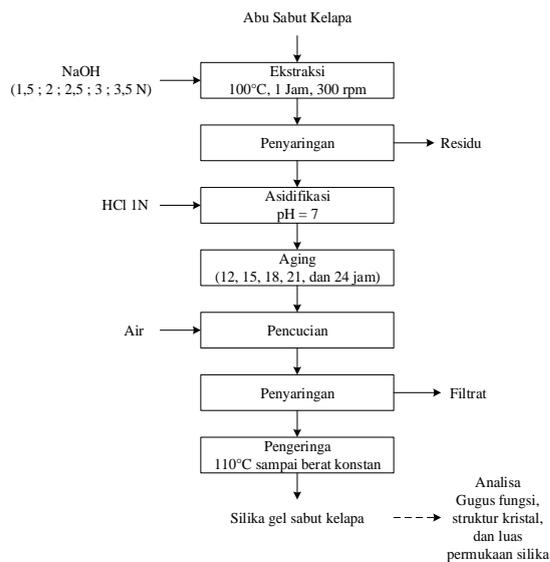
Proses pembuatan abu sabut kelapa secara singkat dapat dilihat pada Gambar 2. Sabut kelapa dikecilkan ukurannya, dicuci bersih lalu dikeringkan. Kemudian diabukan dalam furnace pada suhu 600°C selama 2 jam. Hasil abu sabut kelapa dicuci menggunakan HCl 3N, setelah itu disaring dan dibilas dengan aquades lalu dikeringkan sampai berat konstan. Abu sabut kelapa dianalisa kandungan silika dengan metode XRF.



Gambar 2. Diagram alir preparasi abu sabut kelapa

Pembuatan Silika Gel

Diagram pembuatan silika gel disajikan pada Gambar 3. 15,4gram abu sabut kelapa dimasukkan ke dalam beaker gelas dan ditambahkan larutan NaOH dengan masing-masing variasi konsentrasi 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5N sebanyak 350ml. Kemudian diekstraksi pada temperatur 100°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirer* dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 1 jam. Setelah ekstraksi, campuran didinginkan kemudian disaring. Filtrat ditambahkan HCl 1N secara perlahan hingga pH 7 dan terbentuk gel. Gel yang terbentuk di-aging selama variasi waktu 12; 15; 18; 21; 24 jam. Setelah *aging*, gel dicuci dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C hingga berat konstan.



Gambar 3. Diagram alir pembuatan silika gel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sabut Kelapa

Pada penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil analisa kadar silika pada bahan baku sabut kelapa yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa XRF sabut kelapa

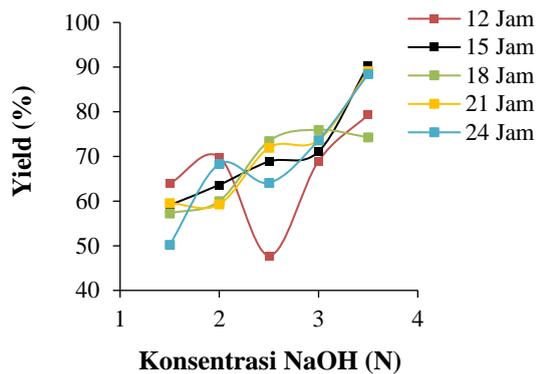
| Bahan | Konsentrasi SiO ₂ (%) |
|------------------|----------------------------------|
| Sabut kelapa | 4,7 |
| Abu sabut kelapa | 69,6 |

Kandungan silika pada sabut kelapa murni yang belum mendapat perlakuan apapun relatif kecil. Sebelum dijadikan bahan baku atau diekstraksi, sabut kelapa dilakukan preparasi terlebih dahulu. Sabut kelapa dibakar dalam furnace menjadi abu dan dicuci dengan asam klorida. Pencucian dengan larutan asam berguna untuk menurunkan kadar mineral pada abu sehingga dapat mengoptimalkan kadar silika yang dihasilkan. Selain itu, penggunaan larutan asam khususnya asam klorida dipilih karena silika tidak larut dalam asam (Anggia & Suprpto, 2016).

Sintesis Silika Xerogel

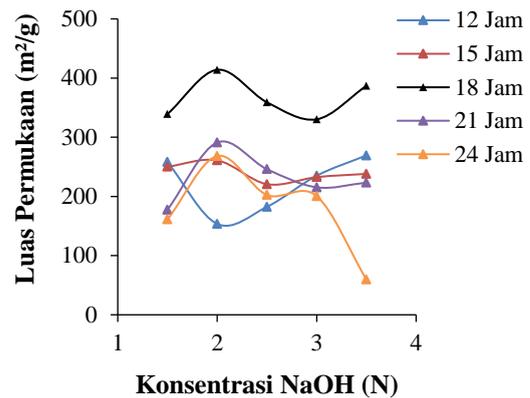
Pada Gambar 4 menunjukkan hubungan konsentrasi pelarut NaOH terhadap *yield* pada berbagai waktu *aging*. *Yield* terbesar yang diperoleh dari ekstraksi sebesar 90,39% dengan konsentrasi pelarut NaOH 3,5N pada waktu *aging* 15 jam. Dalam ekstraksi, konsentrasi pelarut merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap keberhasilan ekstraksi. konsentrasi pelarut berpengaruh pada kemampuan melarutkan suatu zat terlarut, dimana konsentrasi pelarut yang lebih besar memiliki daya melarutkan zat terlarut lebih besar sehingga akan semakin banyak *yield* dari zat terlarut yang didapatkan (Agung, et al., 2013). Dari Gambar 4 juga

dapat dilihat bahwa secara umum *yield* silika *xerogel* yang didapat dari ekstraksi semakin besar dengan konsentrasi pelarut yang semakin besar. Namun pada konsentrasi 2,5N dengan waktu aging 12 jam didapatkan *yield* yang lebih rendah atau terjadi penurunan dari konsentrasi sebelumnya karena menguapnya larutan pada saat ekstraksi sehingga volume berkurang dan berpengaruh pada berkurangnya *yield*. Pada konsentrasi 2,5N dengan waktu aging 24 jam dan konsentrasi 3,5N dengan waktu aging 18 jam juga terjadi penurunan *yield*.



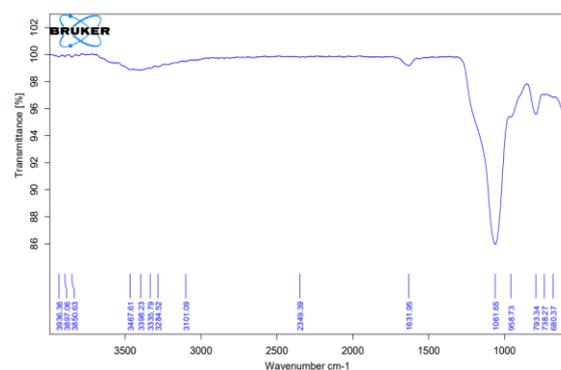
Gambar 4. Hubungan konsentrasi pelarut NaOH terhadap *yield* pada berbagai waktu aging

Pada Gambar 5 menunjukkan hubungan konsentrasi pelarut NaOH terhadap luas permukaan pada berbagai waktu aging. terlihat pada masing – masing waktu aging, seiring bertambahnya konsentrasi pelarut NaOH, luas permukaan cenderung mengalami kenaikan. Konsentrasi pelarut basa yang semakin besar menyebabkan terjadinya aglomerasi sehingga terjadi perubahan pada ukuran partikel menjadi semakin kecil (Ardhiati & Muldarisnur, 2019). Saat proses aging terjadi penggabungan monomer–monomer gel untuk membentuk jaringan gel yang kuat dan kaku. Dari hasil analisa, pada setiap konsentrasi dengan waktu aging 18 jam memiliki luas permukaan silika *xerogel* yang paling besar, sedangkan pada waktu aging 21 dan 24 cenderung menurun atau lebih rendah. Semakin lama waktu aging maka luas permukaan semakin kecil, pada waktu aging yang lebih lama jaringan gel akan menjadi lebih kuat, kaku dan terjadi pengerutan sehingga berdampak pada kualitasnya sebagai adsorben yaitu kemampuan untuk mengadsorp. Silika *xerogel* umumnya mempunyai luas permukaan yang besar sekitar 150 – 900 m²/g (Megasari, et al., 2019). Luas permukaan merupakan salah satu karakteristik yang menunjukkan kualitas silika *xerogel* sebagai adsorben, karena ketika luas permukaan kecil maka efektivitas adsorpsinya akan menurun.



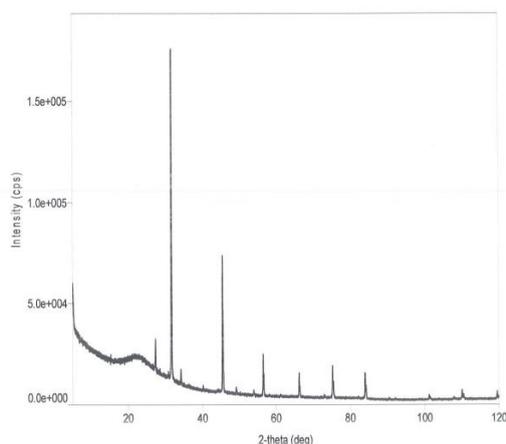
Gambar 5. Hubungan konsentrasi pelarut naOH terhadap luas permukaan pada berbagai waktu aging

Pada Gambar 6 menunjukkan spektrum inframerah silika *xerogel* dari sabut kelapa. Berdasarkan spektrum tersebut terlihat beberapa daerah serapan. Hasil dari analisa, terdapat serapan pada *wavenumber* 3467,61 cm⁻¹, 3398,23 cm⁻¹, 3335,79 cm⁻¹, 3284,52 cm⁻¹, dan 3101,09 cm⁻¹ yang mengindikasikan adanya vibrasi gugus –OH dari Si-OH. Kemudian puncak utama pada *wavenumber* 1061,65 cm⁻¹ mengindikasikan adanya vibrasi dari gugus siloksan (Si-O-Si). Selanjutnya dari gambar juga terdapat serapan pada bilangan gelombang 1631,92 cm⁻¹ yang mengindikasikan vibrasi tekuk gugus –OH dari H₂O. Pita serapan pada 958,73 cm⁻¹ mengindikasikan adanya vibrasi ulur gugus Si-O dari Si-OH. Pita serapan pada 793,24 cm⁻¹ mengindikasikan vibrasi ulur gugus Si-O dari Si-O-Si. Dari hasil analisa menunjukkan silika *xerogel* sabut kelapa memiliki gugus fungsi silanol dan siloksan.



Gambar 6. Hasil analisa FTIR

Pada Gambar 7 silika *xerogel* bersifat *amorf* dapat dilihat dari pola difraktogram yang menunjukkan adanya gundukan (peak yang melebar) atau tidak menunjukkan puncak secara teratur. Berdasarkan hasil analisa tersebut terlihat peak melebar pada sekitar 25°. *Peak* yang melebar dengan 2θ=20-27° mengindikasikan silika gel yang bersifat *amorf* (Fathurrahman, et al., 2020).



Gambar 7. Hasil analisa XRD

SIMPULAN

Pada sintesis silika xerogel dari sabut kelapa menggunakan metode sol-gel didapatkan *yield* terbesar sebesar 90,39% pada konsentrasi NaOH sebagai pelarut sebesar 35N dan luas permukaan paling besar 414,056 cm⁻¹ pada waktu *aging* selama 18 jam. Silika *xerogel* dari sabut kelapa memiliki gugus fungsi silanol dan siloksan, serta berstruktur *amorf*.

DAFTAR PUSTAKA

Agung, M. G. F., Hanafie, M. R. & Mardina, P., 2013. Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi dengan Pelarut KOH. *Konversi*, 2(1), pp. 28-31.

Anggia, D. M. & Suprpto, 2016. Pemurnian Silika pada Abu Layang dari Pembangkit Listrik di Paiton (PT YTL) dengan Pelarutan Asam Klorida dan Aqua Regia. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), pp. 111-116.

Ardhiati, F. & Muldarisnur, 2019. Pengaruh Konsentrasi Larutan Prekursor terhadap Morfologi dan Ukuran Kristal Nanopartikel Seng Oksida. *Jurnal Fisika Unand*, VIII(2), pp. 133-134.

Astuti, D. H., Sani, Nur, F. R. & Baskara, R., 2019. *Kajian Temperatur Ekstraksi Silika dari Abu Bagasse Terhadap Karakteristik Silika Xerogel*. Surabaya, Program Studi Teknik Kimia UPN "Veteran" Jawa Timur, pp. 1-4.

Fathurrahman, M., Taufiq, A., Widiastuti, D. & Hidayat, F. D. F., 2020. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Tongkol Jagung sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II). *Jurnal Kartika Kimia*, 3(2), pp. 89-95.

Handayani, P. A., Nurjanah, E. & Rengga, W. D. P., 2015. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(2), pp. 55-59.

Megasari, K. et al., 2019. Sintesis Silika Xerogel dari Abu Daun Bambu sebagai Adsorben Uranium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 13(1), pp. 27-35.

Septyaningrum, L. et al., 2020. Preparation of an Organosilica-Based Membrane from TEOS-MTES and Its Application for Desalination of Wetland Saline Water. *Konversi*, 9(2), pp. 79-86.

Sumada, K., Kadek, A. P. S. & Brendayani, A. L., 2017. Karakteristik Natrium Silika dari Geothermal Sludge dan Abu Bagasse. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(2), pp. 60-62.

Trivana, L., Karouw, S. & Balit, d. P., 2015. Pemanfaatan Sabut dan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Sumber Silika Alternatif. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*, 21(1), pp. 16-20.

Wahyudi, P., Alimuddin, A. H. & Shofiyanti, d. A., 2020. Pengaruh Waktu Aging terhadap Sifat Hidrofobisitas Silika Xerogel Termodifikasi Trimetilklorisilan. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3(1), pp. 15-21.

Zahrina, I., 2017. Pemanfaatan Abu Sabut Kelapa dan Cangkang Sawit sebagai Sumber Silika pada Sintesis ZSM-5 dari Zeolit. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(2), pp. 31-34.