



**MODIFIKASI SINTESIS SILIKA SERESAH DAUN BAMBU ORI (*Bambusa blumeana*) MENGGUNAKAN NATRIUM DAN KALIUM DENGAN METODE SOL-GEL HIDROTHERMAL SEBAGAI BAHAN PUPUK PERTANIAN**

*Modification of The Synthesis of Silica from Litter Ori Bambusa (*Bambusa blumeana*) Leaves using Sodium and Potassium with The Hydrothermal Sol-Gel Method as Agricultural Fertilizer*

Mahmudah Hamawi<sup>1</sup>, Niken Trisnaningrum<sup>2</sup>, Ilham Mufandi<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Darussalam Gontor, Ponorogo, Jawa Timur, Indonesia.

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Darussalam Gontor, Ponorogo, Jawa Timur, Indonesia

Email: [mahmudahhamawi@unida.gontor.ac.id](mailto:mahmudahhamawi@unida.gontor.ac.id)

Article info : Received in 26 August 2023, Revised in 24 October 2023,  
Accepted 14 November 2023

**ABSTRACT**

*Bamboo plants in Indonesia are familiar plants and have not been utilized optimally. Most people only use the stems for daily needs and a small part for industry, while the leaves are left as waste. Bamboo leaves have a fairly high silica content. Bamboo leaves that have fallen and are scattered on the ground (bamboo leaf litter) are a potential source of natural silica. Silica fertilizer in agriculture is still very necessary, especially in nanosized. Through silica extraction from bamboo leaf litter, it is hoped that it will be able to meet agricultural silica needs and reduce bamboo leaf waste. The aim of this research is to modify the synthesis of silica from ori bamboo leaf litter (*Bambusa blumeana*) by extracting NaOH and KOH using the hydrothermal sol-gel method to produce nano silica. Nano silica production uses the hydrothermal method because it does not require large costs, is more effective, and has a high level of purity. Synthesis of original bamboo leaf litter silica using the hydrothermal sol-gel method. Bamboo leaf litter ash was analyzed using the XRF test, and silica was analyzed using the SEM-EDX mapping test to determine its morphology and content. The research results showed that synthesis with sodium produced higher levels of bamboo leaf silica compared to potassium. The size of the silica particles obtained is still in the form of micrometers (47–52  $\mu\text{m}$ ).*

**Keywords:** *bamboo Leaves, hydrothermal, potassium, silica, sodium*

**ABSTRAK**

Tanaman bambu di Indonesia menjadi tanaman yang familiar dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Masyarakat sebagian besar hanya memanfaatkan batangnya untuk keperluan

sehari-hari dan sebagian kecil untuk industri, sedangkan daunnya dibiarkan menjadi limbah. Daun bambu memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. Daun bambu yang telah gugur dan berserakan di tanah (serasah daun bambu) sebagai sumber silika alami yang potensial. Pupuk silika di pertanian masih sangat diperlukan terutama dalam ukuran nano. Melalui ekstraksi silika serasah daun bambu diharapkan mampu memenuhi kebutuhan silika pertanian dan mengurangi limbah daun bambu. Tujuan penelitian ini adalah melakukan modifikasi sintesis silika dari serasah daun bambu ori (*Bambusa blumeana*) dengan pengekstrak NaOH dan KOH dengan metode sol-gel hidrotermal untuk menghasilkan nanosilika. Produksi nanosilika menggunakan metode hidrotermal karena tidak membutuhkan biaya besar, lebih efektif, dan tingkat kemurnian yang tinggi. Sintesis silika serasah daun bambu ori menggunakan metode sol-gel hidrotermal. Abu serasah daun bambu dianalisis dengan uji XRF dan silika dianalisis dengan uji SEM-EDX mapping untuk mengetahui morfologi dan kandungannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sintesis dengan natrium menghasilkan silika daun bambu lebih tinggi dibandingkan dengan kalium. Ukuran partikel silika yang diperoleh masih dalam bentuk mikrometer (47-52  $\mu\text{m}$ ).

**Kata kunci:** daun bamboo, hidrotermal, natrium, kalium, silika

## PENDAHULUAN

Tanaman bambu memiliki sejarah yang erat dengan perkembangan kebudayaan Masyarakat Indonesia. Tanaman bambu ori (*Bambusa blumeana*) mampu membantu penyediaan kebutuhan pangan dan papan (bahan bangunan dan perabot rumah tangga) masyarakat. Rebung (tunas) bambu sebagai sumber pangan kaya nutrisi dan sebagai obat untuk kesehatan (Okfrianti *et al.*, 2021). Batang bambu banyak dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan manusia.

Bambu ori yang memiliki ciri umum yaitu terdapat duri pada setiap cabang yang berada di setiap ruas batang (Murtodo & Setyati, 2015). Bambu ori banyak dibudidayakan di sekeliling perkampungan sebagai pagar pembatas desa. Cabang batang bambu yang berduri memberikan keamanan dari serangan binatang buas maupun pencurian. Serasah daun bambu yang berasal

dari daun yang gugur maupun limbah penebangan pohon bambu banyak berserakan di sekitar rumpun tanaman bambu. Serasah daun bambu belum banyak dimanfaatkan, hanya dibiarkan membusuk perlahan maupun dibakar. Abu daun bambu mengandung unsur silika 94,12%, phosphor 1,89%, kalsium 1,80% dan kalium 1,26% (Hasri *et al.*, 2020). Kandungan silika dalam daun bambu yang tinggi dapat dimanfaatkan dengan cara mengekstrak silika daun bambu menjadi biosilika.

Ada berbagai macam metode yang dapat digunakan untuk mensintesis silika dari alam baik dari tumbuhan maupun batuan/pasir. Silika dapat disintesis dengan menggunakan metode peleburan, kopresipitasi, sol-gel, kalsinasi, ultrasonikasi (Trivana *et al.*, 2015) (Hayati & Astuti, 2015) (Budiharti *et al.*, 2015) (Budiasih *et al.*, 2019) (Dirna *et al.*, 2020). Metode sol-gel banyak

digunakan oleh peneliti dalam mengekstrak silika. Metode sol-gel memiliki keunggulan antara lain: prosesnya lebih mudah, menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian dan keseragaman tinggi, dan biayanya mudah (Eddy *et al.*, 2016). Hasil ekstraksi silika dari daun bambu dengan metode sol-gel bisa mencapai 87,02% (Rizky *et al.*, 2022). Metode hidrotermal digunakan untuk menghasilkan kadar nanosilika yang tinggi. Metode hidrotermal memanaskan larutan ekstraksi silika dalam reaktor hidrotermal. Sintesis nanosilika dari daun bambu dengan metode hidrotermal mampu menghasilkan silika dengan ukuran terkecil sebesar 15,40 nm (Hasri *et al.*, 2020).

Silika diperlukan tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan dan menjaga tanaman dari serangan hama penyakit, terutama tanaman famili gramineae dan tanaman akumulator silika. Silika meningkatkan hasil biji kedelai pada tanah salin (Taufiq *et al.*, 2020). Silika mampu menekan perkembangan penyakit hawar pelepah daun padi., karena silika meningkatkan kandungan senyawa fenolik dan ketebalan epidermis daun padi (Suharti *et al.*, 2021). Nanosilika sangat diperlukan di pertanian sebagai pupuk. Ekstraksi silika dari berbagai sumber seperti seresah daun bambu sangat mendukung dalam penyediaan pupuk nanosilika.

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi silika dari seresah daun bambu yang

sudah gugur di atas tanah dengan menggunakan metode sol-gel hidrotermal. Penggabungan metode sol-gel hidrotermal memiliki keunggulan antara lain: menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi dan menghasilkan silika dalam ukuran nano (Hasri *et al.*, 2020). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui hasil silika seresah daun bambu ori yang diekstrak dengan kalium dan natrium dengan metode sol-gel hidrotermal, apakah bisa menghasilkan nanosilika.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah keranjang plastik, kertas saring whatman 42, kertas pH indikator universal, erlenmeyer Herma, labu ukur Herma, gelas kimia Herma, pipet tetes kaca, gelas ukur Herma, hot plate, pengaduk magnetik serta batang magnet, timbangan digital *acis*, *oven memmert*, *furnace neycraft*, *rector hidrotermal* 50 ml (China), ayakan 100 mesh. Sedangkan untuk karakterisasi menggunakan alat XRF, dan SEM-EDX dilakukan pengujian di Laboratorium Sentral Kimia FMIPA UM. Bahan yang digunakan adalah seresah daun bambu ori, asam sitrat (cap Gajah), KOH (Merck), NaOH (Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Merck), dan akuades.

### **Tahapan Penelitian**

Tahapan pembuatan silika dari daun bambu sebagai berikut: a) Merendam daun

bambu pada larutan asam sitrat 5% b/v sampai merata selama 5 menit, b) Daun bambu di oven dengan suhu 110 °C selama 1 jam, c) Daun bambu dibakar dalam tanur (furnace) dengan suhu 750 °C selama 5 jam, d) Abu daun bambu dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh, e) Abu daun bambu 25 g diekstrak dengan 100 ml NaOH 0,25 N dan KOH 0,25 N sambil distirer dengan kecepatan 125 rpm serta dipanaskan pada suhu 80 °C selama 3 jam, f) hasil ekstraksi natrium dan kalium silika disaring menggunakan kertas saring whatman 42 selama satu malam (12 jam), g) filtrat hasil saringan dimasukkan hidrotermal, dipanasi pada suhu 120 °C selama 6 jam, h) kemudian filtrat ditetesi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sampai pH netral dan dibiarkan sehari sampai membentuk gel, kemudian disaring dengan kertas saring, i) gel dioven pada suhu 110 °C selama 9 jam sampai kering membentuk kristal.

### Parameter pengujian silika

Abu seresah daun bambu ori dilakukan pengujian XRF untuk mendapatkan kandungan unsur silika dalam seresah daun bambu ori. Ukuran dan komposisi silika dari seresah daun bambu ori dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) *Energy X-ray Spectroscopy* (EDX) (Sumadiyahasa & Manuaba, 2018).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Abu

Komposisi abu seresah daun bambu ori dilakukan uji dengan menggunakan XRF yang menunjukkan kandungan unsur silika (Si) sebesar 55,4% (tabel. 1). Kandungan silika yang didapatkan lebih rendah dari kandungan silika abu daun bambu yang didapat Hasri *et al.*, (2020) yaitu 94,12%. Kandungan silika yang didapat lebih tinggi dari kandungan abu daun bambu penelitian Megasari *et al.*, (2019) yaitu 48,22%. Komposisi unsur kimia abu seresah daun bambu ori dapat dilihat pada tabel 1. Silika dari penelitian masih rendah karena ada unsur lain yang memiliki persentase besar antara lain Fe 18,20%, Ca 14,20%, Mo 4,30%, K 4,10%, P 1,30% dan Ti 1,10%. Pencucian seresah daun bambu dengan air yang mengalir dan bersih sebelum diabukan akan menghilangkan kotoran – kotoran yang menempel di daun.

Kandungan unsur silika abu daun bambu muda lebih sedikit daripada abu daun bambu tua, tetapi daun bambu muda mengandung silika lebih besar daripada daun bambu tua (Rangaraj & Venkatachalam, 2017). Daun bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah seresah daun bambu. Seresah daun bambu berguguran di bawah rumpun bambu merupakan kumpulan daun tua yang berguguran. Seresah daun bambu ori sangat berpotensi sebagai sumber silika walaupun kandungan unsur silikanya ±50%.

Pada tabel 1 kandungan silika abu serasah daun bambu ori sebesar 55,4%, dan sedikit lebih banyak dari hasil penelitian Rangaraj & Venkatachalam (2017) yang mendapatkan silika abu daun bambu tua sebesar 49,88%.

Abu serasah daun bambu ori selain mengandung unsur silika juga mengandung unsur Fe 18,20%, Ca 14,20%, K 4,10% dan P 1,30%, Ti 1,10% dan beberapa unsur lain < 1% (tabel 1.) Kandungan besi, kalsium, kalium dan fosfor lebih besar dari hasil penelitian abu daun bambu yang lain. Unsur – unsur tersebut tidak diperlukan dalam penelitian ini, dan perlu dikurangi atau dihilangkan untuk meningkatkan kandungan silika dalam abu serasah daun bambu sebelum diekstrak. Perendaman abu dengan HCL 1 N untuk melarutkan impuritas pada abu saat pada saat akan ekstraksi silika (Fatimah *et al.*, 2023)

Tabel 1. Komponen abu daun bambu serasah daun bambu ori/duri

No.	Unsur	Persentase (%)
1.	Si	55,4
2.	P	1,3
3.	K	4,1
4.	Ca	14,2
5.	Ti	1,1
6.	V	0,04
7.	Cr	0,82
8.	Mn	0,44
9.	Fe	18,2
10.	Cu	0,14
11.	Zn	0,07
12.	Mo	4,3
13.	Ba	0,08
14.	Eu	0,44
15.	Re	0,2



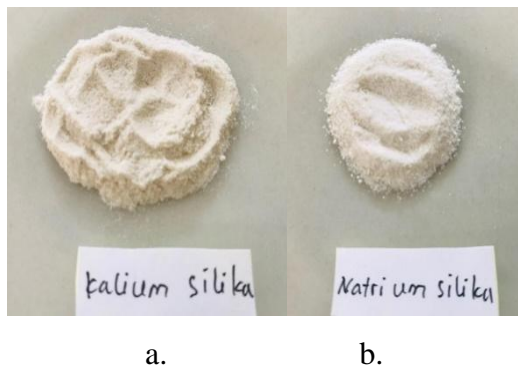
Gambar 1. Abu serasah daun bambu ori

Abu serasah daun bambu ori setelah dibakar 750 °C menghasilkan abu berwarna putih kemerahan. Setelah abu dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh, abu berubah warna menjadi merah muda kecoklatan (gambar 1.). Abu daun bambu hasil penelitian Rangaraj & Venkatachalam (2017) dan Megasari *et al.*, (2019), berwarna merah muda (pink).

### Karakteristik silika

Abu serasah daun bambu ori diekstrak menggunakan NaOH dan KOH. Keberadaan NaOH dan KOH melarutkan SiO<sub>2</sub> yang terdapat pada abu serasah daun bambu ori untuk menghasilkan kalium silikat dan natrium silikat. Proses ekstraksi dengan pemanasan supaya pembentukan kalium silikat dan natrium silikat lebih sempurna, berupa larutan dengan pH 13. Kalium silikat dan natrium silikat yang dihasilkan digunakan untuk sintesis nanosilika pada suhu 120°C selama 6 jam melalui metode hidrotermal. Kalium silikat dan natrium silikat setelah proses hidrotermal ditetesi

larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> supaya terbentuk gel pada pH 7-8. Gel kalium silikat dan natrium silikat dikeringkan untuk membentuk padatan kristal yang kemudian dihaluskan dan diayak dengan saringan ukuran 100 mesh (gambar 2.)

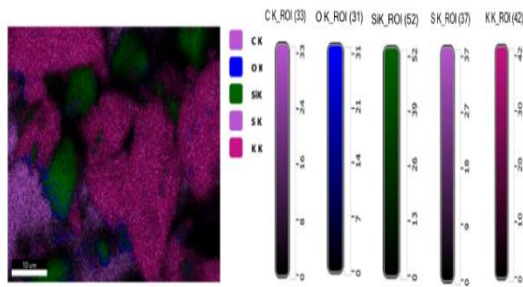


Gambar 2. Silika seresah daun bambu ori, pengeksrak KoH (a), pengeksrak NaOH (b)

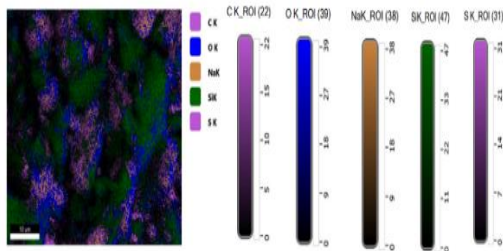
Hasil analisa silika seresah daun bambu ori dengan SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel yang didapat masih besar dalam ukuran mikro belum menjadi nano. Proses sintesis nanosilika dengan hidrotermal belum optimal. Pada gambar 2 didapatkan bahwa hasil SEM dengan ukuran skala 10  $\mu\text{m}$  didapatkan ukuran beberapa unsur  $>10 \mu\text{m}$ . Ukuran silika dengan pengeksrak KOH mendapatkan silika sebesar 52  $\mu\text{m}$  dan pengeksrak NaOH mendapatkan silika dalam ukuran lebih kecil yaitu 47  $\mu\text{m}$  (gambar 2.). Ukuran partikelnya lebih besar dibandingkan ukuran nanosilika. Silika dari batang bambu dan abu daun mempunyai ukuran partikel rata-rata  $\leq 6000 \text{ nm}$  (Dirna, et al., 2020).

Sintesis nanosilika daun bambu dengan hidrotermal pada suhu 120°C selama 6 jam

menghasilkan nanosilika dengan ukuran 15,40 nm (Hasri *et al.*, 2020). Meskipun sama menggunakan suhu 120°C dan proses hidrotermal selama 6 jam tetapi belum mampu menghasilkan ukuran nanometer. Ada kemungkinan ukuran hidrotermal yang digunakan berpengaruh pada suhu dan lama proses hidrotermal untuk menghasilkan ukuran nanometer. Suhu tinggi memicu pembentukan kristal yang cepat sehingga inti kristal cenderung mengalami agregasi sehingga ukuran partikel lebih besar. Suhu hidrotermal yang lebih tinggi dan waktu proses hidrotermal lebih lama akan menghasilkan ukuran kristal yang lebih besar (Liang *et al.*, 2012). Nanosilika selain disintesis dengan hidrotermal dapat dilakukan dengan berbagai metode yang lain. Nanopartikel silika dari daun bambu wulung (*Gigantochloa atroviolacea*) dapat disintesis dengan metode kalsinasi menghasilkan ukuran partikel 78,97 nm (Budiasih *et al.*, 2019). Sintesis nanosilika berasal dari daun bambu betung (*Dendrocalamus asper*) dengan metode ultrasonikasi menghasilkan ukuran partikel 234,49–851,36 nm (Dirna *et al.*, 2020).



(a)



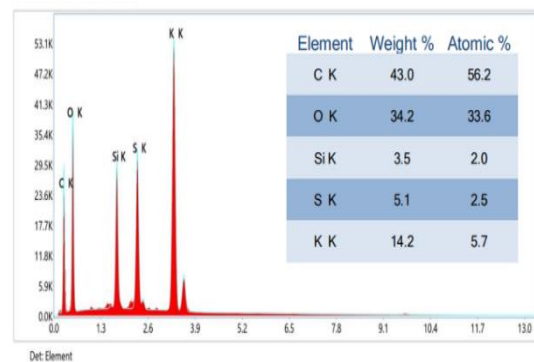
(b)

Gambar 2. Morfologi silika seresah daun bambu ori, pengekstrak KOH (a), pengekstrak NaOH (b)

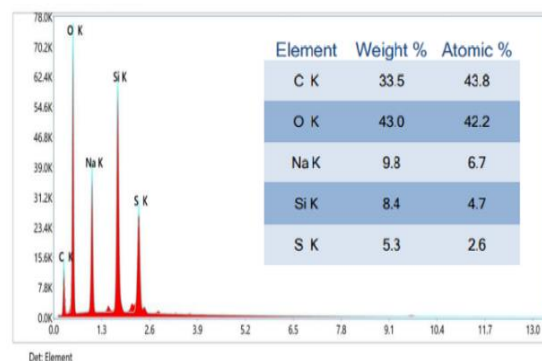
Hasil pengamatan EDX (*Energy Dispersion X-Ray Spectroscopy*) Mapping terlihat bahwa pada partikel silika seresah daun bambu ori terdapat beberapa unsur lain selain Si dan O (gambar 3). Unsur pengotor dalam silika yang didapat yaitu karbon dan belerang. Pada pengekstrak KOH maupun NaOH terdapat pengotor unsur C dan S dalam jumlah yang besar (tabel 2). Keberadaan pengotor mengurangi kemurnian ekstraksi silika dan berat unsur silika yang didapat, seperti hasil penelitian pada tabel 2 hanya mendapatkan 3,5 – 8,4%.

Natrium silikat murni dinyatakan berhasil disintesis apabila tidak terdeteksi pengotor berupa atom C (karbon) dan logam-

logam pengotor lainnya (Trivana *et al.*, 2015). Masih terdapatnya beberapa unsur pengotor, proses pencucian HCl pada abu yang masih belum optimal sehingga belum mampu melarutkan secara sempurna impuritas-impuritas yang ada (Sa'diyah *et al.*, 2016). Pengotor juga dapat dihilangkan atau dikurangi dengan cara pencucian silika gel dengan aquades hangat (Hasri *et al.*, 2020). Metode sol-gel mampu menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi mencapai 96,3%. Tetapi masih terdapat impuritas unsur-unsur yang tersisa seperti K, Ca, Fe, Ni, Cu, In, Yb. (Silviana & Bayu, 2018).



(a)



(b)

Gambar 3. Grafik spektrum EDX mapping, pengekstrak KOH (a), pengekstrak NaOH (b)

Tabel 2. Komposisi berat silika hasil sintesis dengan KOH dan NaOH

Unsur	Berat Unsur (%) oleh pengekstraksi –	
	KOH	NaOH
C	43,0	33,5
O	34,2	43,0
Si	3,5	8,4
S	5,1	5,3
K	14,2	-
Na	-	9,8
Total	100	100

Berat unsur silika yang didapatkan dengan pengekstrak NaOH lebih banyak dibandingkan dengan KOH (tabel 2). Pada pengekstrak NaOH memiliki ukuran yang lebih kecil dari pada pengekstrak KOH (gambar 2), sehingga jumlahnya semakin banyak dan berat massanya semakin besar. Silika seresah daun bambu ori hasil ekstraksi dengan KOH maupun NaOH dapat dijadikan sebagai pupuk pertanian.

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa seresah daun bambu memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. Hasil ekstraksi yang dilakukan menggunakan kalium dan natrium menunjukkan bahwa ekstraksi dengan natrium menghasilkan silika lebih banyak. Silika hasil sintesis belum berukuran nanometer.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan,

Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan dana hibah penelitian untuk membiayai penelitian ini dan ucapan terimakasih kepada Universitas Darussalam Gontor yang telah memberikan fasilitas penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiasih, K. S., Prodjosantosa, A. K., Pranjoto Utomo, M., & Christyan, T. (2019). Sintesis dan Aplikasi SiO<sub>2</sub> dari Daun Bambu Wulung (*Gigantochloa atroviolacea*) sebagai Pengemban Fotokatalis untuk Degradasi Pewarna Congo Red. *J. Sains Dasar*, 8(1), 1–5.
- Budiharti, G., Arifin Imam Supardi, D., & Si, M. (2015). Sintesis Nanopartikel Silika Menggunakan Metode Sol-Gel Synthesis Of Silica Nanoparticles With Sol-Gel Method. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 04, 22–25.
- Dirna, F. C., Rahayu, I., Maddu, A., Darmawan, W., Nandika, D., & Prihatini, E. (2020). Nanosilica synthesis from betung bamboo sticks and leaves by ultrasonication. *Nanotechnology, Science and Applications*, 13, 131–136. <https://doi.org/10.2147/NSA.S282357>
- Eddy, D. R., Noviyanti, A. R., & Janati, D. (2016). Sintesis Silika Metode Sol-Gel Sebagai Penyangga Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Terhadap Penurunan Kadar Kromium dan Besi Abstrak Sintesis Silika Metode



- Sol-Gel Sebagai Penyangga Fotokatalis TiO<sub>2</sub>. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17(2), 82–89.
- Fatimah, Turmuzi, M., Syam, Z. L., & Yunita, T. P. (2023). *Jurnal Teknik Kimia USU Pengaruh Konsentrasi Pelarut NaOH dan Waktu Aging pada Pembuatan Silika Gel dari Fly Ash Batubara The Effect of NaOH Solvent Concentration and Aging Time on the Synthesis of Silica Gel from Coal Fly Ash*. 12(2), 124–131.
- Hasri, H., Muharram, M., & Nadwi, F. (2020). Synthesis Nano Silica of Bamboo's Leaf (*Bambusa* sp.) by Using Hydrothermal Method. *Jurnal Kartika Kimia*, 3(2), 96–100. <https://doi.org/10.26874/jkk.v3i2.56>
- Hayati, R., & Astuti. (2015). Sintesis Nanopartikel Silika dari Pantai Purus Padang Dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 4(3), 282–287. <http://jfu.fmipa.unand.ac.id/index.php/jfu/article/view/159>
- Liang, W., Niu, Y., Ge, S., Song, S., Su, J., & Luo, Z. (2012). Effects of hydrothermal treatment on the properties of nano apatite crystals. *International Journal of Nanomedicine*, 7, 5151–5158. <https://doi.org/10.2147/IJN.S34077>
- Megasari, K., Herdiyanti, H., Nurliati, G., Kadarwati, A., & Swantomio, D. (2019). Sintesis Silika Xerogel Dari Abu Daun Bambu Sebagai Adsorben Uranium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 13(1), 27–36.
- Murtodo, A., & Setyati, D. (2015). The Inventory of Bamboo in Antirogo Sub-district Sumber Sari District Jember Regency. *Jurnal ILMU DASAR*, 15(2), 115. <https://doi.org/10.19184/jid.v15i2.1406>
- Okfrianti, Y., Herison, C., Fahrurrozi, F., & Budiyanto, B. (2021). The Potential of Bamboo Shoot for Health. *AGRITAPE: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pertanian*, 8(2), 114–122. <https://doi.org/10.37676/agritepa.v8i2.1471>
- Rangaraj, S., & Venkatachalam, R. (2017). A lucrative chemical processing of bamboo leaf biomass to synthesize biocompatible amorphous silica nanoparticles of biomedical importance. *Applied Nanoscience (Switzerland)*, 7(5), 145–153. <https://doi.org/10.1007/s13204-017-0557-z>
- Rizky, A. A., Muhammad, Ginting, Z., Nurlaila, R., & ZA, N. (2022). Pengaruh Variasi Suhu dan Lama Waktu Pembakaran Terhadap Hasil Sintesis Silika Dari Daun Bambu Menggunakan Metode Sol-GeL. 5(Desember), 107–116. <https://ojs.unimal.ac.id/cejs/article/view/8104/pdf>
- Silviana, S., & Bayu, W. J. (2018). Silicon

Conversion from Bamboo Leaf Silica by Magnesiothermic Reduction for Development of Li-ion Battery Anode. *MATEC Web of Conferences*, 156, 0–3. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201815605021>

Suharti, W. S., Bahtiar, J., & Kharisun, K. (2021). Pengaruh Ragam Sumber Silika Terhadap Pertumbuhan dan Ketahanan Tanaman Padi Terinfeksi *Rhizoctonia solani*. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(1), 26–39. <https://doi.org/10.36084/jpt.v9i1.297>

Sumadiyasa, M., & Manuaba, I. B. S. (2018). Determining Crystallite Size Using Scherrer Formula. *Buletin Fisika*, 19(1), 28–35.

Taufiq, F., Kristanto, B. A., & Kusmiyati, F. (2020). Pengaruh Pupuk Silika Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai pada Tanah Salin. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*, 22(2), 88. <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v22i2.43385>

Trivana, L., Sugiarti, S., & Rohaeti, E. (2015). *Sintesis Dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) Dari Sekam Padi*. 7, 90–97.