

EKSTRAKSI SILIKA DENGAN METODE SOL-GEL DARI LIMBAH SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN DASAR PEMBUATAN SILIKA GEL

*Jati Armandani¹, Sulistyio Sulistyio², Mohammad Tauvqiirrahman²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: jatiarmandani01@gmail.com

Abstrak

Sekam padi merupakan limbah pertanian yang memiliki kandungan silika tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan silika gel. Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi silika dari limbah sekam padi menggunakan metode sol-gel dengan proses ekstraksi alkali-asam. Proses penelitian diawali dengan pembakaran sekam padi untuk menghasilkan abu sekam padi, kemudian dilakukan ekstraksi menggunakan larutan NaOH 2 M untuk melarutkan silika dan membentuk larutan natrium silikat. Selanjutnya dilakukan proses presipitasi menggunakan larutan HCl 2 M hingga terbentuk gel silika pada kondisi pH netral. Gel silika yang terbentuk kemudian dicuci, dikeringkan, dan dikarakterisasi menggunakan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) serta pengamatan kualitas visual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode sol-gel menggunakan NaOH 2 M dan HCl 2 M mampu menghasilkan silika dengan kandungan SiO₂ dominan dan tingkat impuritas yang rendah. Pengamatan visual menunjukkan silika hasil sintesis memiliki warna putih bersih yang menandakan proses ekstraksi berlangsung dengan baik dan kandungan karbon sisa pembakaran relatif rendah. Berdasarkan hasil penelitian, metode sol-gel dengan ekstraksi alkali-asam menggunakan NaOH 2 M dan HCl 2 M efektif digunakan untuk ekstraksi silika berbasis limbah sekam padi sebagai bahan dasar pembuatan silika gel.

Kata kunci: ekstraksi; sekam padi; silika; silika gel; sol-gel

Abstract

Rice husk is an agricultural waste that has a high silica content so it has the potential to be used as a raw material for making silica gel. This study aims to extract silica from rice husk waste using the sol-gel method with an alkali-acid extraction process. The research process begins with burning rice husk to produce rice husk ash, then extraction is carried out using a 2 M NaOH solution to dissolve the silica and form a sodium silicate solution. Next, a precipitation process is carried out using a 2 M HCl solution until silica gel is formed at a neutral pH condition. The formed silica gel is then washed, dried, and characterized using X-Ray Fluorescence (XRF) testing and visual quality observations. The results show that the sol-gel method using 2 M NaOH and 2 M HCl is able to produce silica with a dominant SiO₂ content and a low level of impurities. Visual observations show that the synthesized silica has a clean white color which indicates that the extraction process is going well and the carbon content of the combustion residue is relatively low. Based on the research results, the sol-gel method with alkali-acid extraction using 2 M NaOH and 2 M HCl is effective for silica extraction based on rice husk waste as the basic material for making silica gel.

Keywords: extraction; rice husk; silica; silica gel; sol-gel

1. Pendahuluan

Sekam padi adalah limbah pertanian yang melimpah dan masih kurang dimanfaatkan meskipun mengandung silika dalam jumlah yang tinggi, sehingga memiliki potensi sebagai sumber silika yang murah dan terbarukan [1][2]. Penggunaan sekam padi sebagai sumber bahan baku silika sejalan dengan prinsip kimia hijau dan upaya mengurangi masalah lingkungan yang disebabkan oleh pembakaran atau pembuangan limbah biomassa [3][4]. Abu sekam padi (*rice husk ash*, RHA) dapat memiliki kandungan silika lebih dari 80% jika diolah dengan tepat, terutama dalam bentuk amorf yang sangat reaktif dan memiliki nilai tinggi sebagai prekursor material maju [5][6]. Konversi sekam padi menjadi silika dan produk turunannya memberikan solusi untuk pengelolaan limbah serta menciptakan produk dengan nilai tambah yang tinggi [7]. Studi menunjukkan bahwa abu sekam padi dapat diolah menjadi silika gel dengan kapasitas serap yang kompetitif terhadap silika gel komersial untuk aplikasi pengkondisian udara ramah lingkungan [8][9].

Pendekatan umum meliputi *pretreatment* (pencucian dan pengeringan), pembakaran/pengkalsinan untuk menghasilkan RHA, pelarutan dengan basa (NaOH/KOH) membentuk natrium silikat, lalu pengendapan dengan asam kuat untuk membentuk gel silika [10]. Pengembangan proses sintesis silika dari sekam padi memiliki potensi untuk menghasilkan material dengan kemurnian tinggi, luas permukaan yang besar, serta sifat pori yang terkontrol dengan biaya yang rendah. Optimasi parameter proses (seperti *pretreatment*, suhu kalsinasi, komposisi kimia, pH, dan metode pengeringan) merupakan kunci untuk memperoleh silika yang sesuai sebagai bahan dasar dalam pembuatan silika gel fungsional untuk aplikasi adsorpsi, desikan, dan material berpori lainnya [11]. Penguasaan metode ekstraksi dari sekam padi ke silika berkemurnian tinggi menjadi landasan penting bagi penelitian sintesis silika dari limbah sekam padi sebagai bahan dasar pembuatan silika gel.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sekam padi sebagai sumber utama silika yang ditunjukkan pada Gambar 1, larutan NaOH 2 M yang berfungsi sebagai pelarut silika dalam proses ekstraksi alkali yang ditunjukkan pada Gambar 2, larutan HCl 2 M yang digunakan sebagai reagen presipitasi dalam pembentukan gel silika yang ditunjukkan pada Gambar 3, serta aquades yang dimanfaatkan untuk proses pencucian dan pengenceran larutan selama sintesis silika yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 1. Sekam Padi Ungaran



Gambar 2. NaOH 2M



Gambar 3. HCL 2M

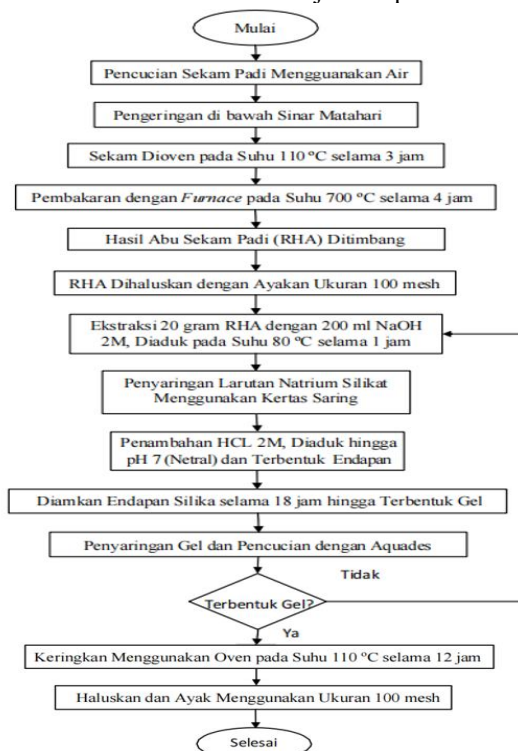


Gambar 4. Aquades

2.2 Metode Penelitian

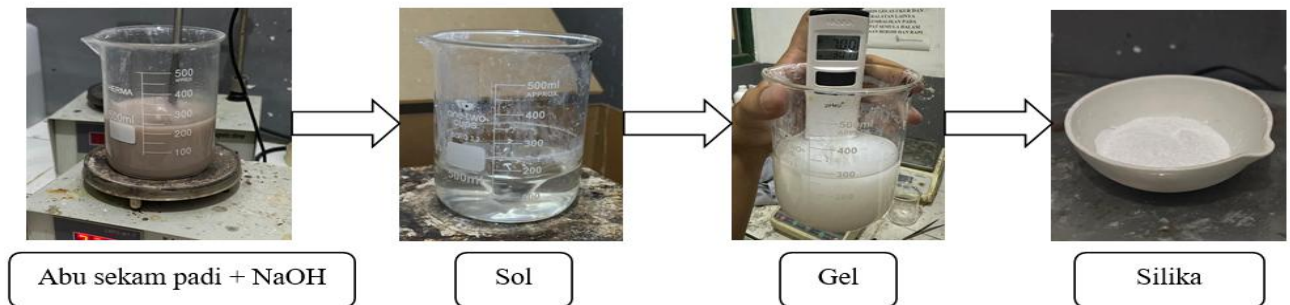
Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode eksperimen yang melibatkan proses sintesis silika dari limbah sekam padi dengan memanfaatkan metode ekstraksi alkali-asam berbasis proses sol-gel. Proses penelitian dimulai dengan persiapan bahan baku berupa sekam padi yang dicuci terlebih dahulu menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran, debu, dan zat pengotor lainnya yang menempel pada permukaan sekam. Setelah pencucian, sekam padi dikeringkan untuk mengurangi kadar air sebelum dilakukan pembakaran [12]. Pembakaran dilakukan menggunakan furnace pada temperatur 700 °C selama 4 jam hingga diperoleh abu sekam padi yang mengandung silika [13]. Abu sekam padi hasil pembakaran kemudian dihaluskan dan disaring untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih seragam sehingga proses ekstraksi dapat berlangsung dengan lebih optimal.

Tahap selanjutnya adalah proses ekstraksi silika menggunakan larutan NaOH 2 M untuk melarutkan kandungan silika yang terdapat pada abu sekam padi dan membentuk larutan natrium silikat. Larutan hasil ekstraksi kemudian disaring untuk memisahkan residu yang tidak larut. Selanjutnya, dilakukan proses presipitasi dengan menambahkan larutan HCl 2 M secara bertahap sambil diaduk hingga mencapai kondisi pH netral. Penambahan larutan asam menyebabkan terbentuknya gel silika melalui proses sol-gel. Gel silika yang terbentuk kemudian dicuci menggunakan aquades untuk mengurangi kandungan pengotor dan sisa reaksi kimia, lalu dikeringkan dengan oven hingga diperoleh serbuk silika hasil sintesis. Kemudian dilanjutkan proses ayak dengan ukuran 100 mesh supaya memiliki hasil silika yang seragam [13]. Diagram alir penelitian ekstraksi silika ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

20 gram abu sekam padi dimasukkan ke dalam gelas ukur, kemudian ditambahkan 200 mL NaOH dengan konsentrasi 2 M. Larutan ini diaduk menggunakan stirrer selama 1 jam pada suhu 80 °C secara terus menerus. Setelah itu, larutan dibiarkan hingga larut dan menghasilkan natrium silikat (Na_2SiO_3). Selanjutnya, larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 41 dan didinginkan pada suhu kamar. Filtrat yang dihasilkan kemudian dititrasi dengan HCl 2 M secara perlahan sambil diaduk secara teratur hingga mencapai pH 7. Gel silika mulai mengendap ketika pH < 10, menghasilkan gel silika berwarna putih. Gel silika yang terbentuk dibiarkan selama 18 jam, kemudian disaring dan dipanaskan dalam oven pada suhu 110 °C selama 12 jam untuk menghilangkan kelembapan dan menghasilkan serbuk silika. Langkah terakhir yaitu menghaluskan serbuk silika dengan ayakan ukuran 100 mesh agar menjadi silika dengan ukuran yang seragam dan berkualitas [12]. Proses Ekstraksi Silika dengan metode Sol-Gel ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



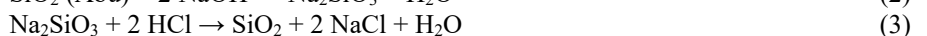
Gambar 6. Proses Ekstraksi Silika dengan metode Sol-Gel

Silika yang telah berhasil disintesis kemudian menjalani proses karakterisasi untuk menilai kualitas hasil ekstraksi yang diperoleh. Karakterisasi ini dilakukan melalui pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang bertujuan untuk menganalisis kandungan unsur kimia serta menentukan tingkat kemurnian silika hasil sintesis, terutama kandungan silikon dioksida (SiO_2) sebagai komponen utama. Pengujian XRF juga berfungsi untuk mengidentifikasi adanya unsur pengotor atau impuritas seperti Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , dan unsur lainnya yang masih terdapat dalam silika hasil ekstraksi [14]. Selain pengujian XRF, dilakukan juga pengamatan kualitas visual secara langsung terhadap warna dan bentuk silika yang dihasilkan. Pengamatan visual ini bertujuan untuk menilai tingkat keberhasilan proses sintesis berdasarkan perubahan warna silika, di mana silika yang berwarna putih bersih menunjukkan bahwa proses pembakaran dan ekstraksi berlangsung dengan baik serta memiliki kandungan karbon sisa pembakaran yang rendah [7]. Hasil dari karakterisasi ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas metode ekstraksi alkali-asam berbasis proses sol-gel dalam menghasilkan silika dari limbah sekam padi sebagai bahan dasar pembuatan silika gel [15].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Sintesis Silika dari Abu Sekam Padi

Proses sintesis silika dari limbah sekam padi dilakukan melalui metode ekstraksi alkali-asam yang berbasis pada proses sol-gel. Tahapan sintesis dimulai dengan membakar sekam padi hingga menghasilkan abu sekam padi berwarna abu-abu terang (1), yang menandakan bahwa proses pembakaran berlangsung dengan baik. Abu sekam padi selanjutnya diekstraksi menggunakan larutan NaOH 2 M untuk melarutkan kandungan silika dan membentuk larutan natrium silikat (2). Proses presipitasi kemudian dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 2 M secara bertahap hingga mencapai pH netral, sehingga gel silika terbentuk (3). Ekstraksi silika dari abu sekam padi menggunakan metode sol-gel dicapai melalui reaksi kimia berikut.



Gel silika yang dihasilkan kemudian dicuci dengan aquades untuk mengurangi kandungan pengotor dan sisa reaksi kimia seperti NaCl. Setelah pencucian, gel silika dikeringkan hingga diperoleh serbuk silika (SiO_2) hasil sintesis. Silika yang dihasilkan memiliki bentuk serbuk halus dengan warna putih bersih, yang menunjukkan bahwa proses ekstraksi dan pemurnian telah berjalan dengan baik.

3.2 Pengamatan Kualitas Visual

Pengamatan terhadap kualitas visual dilakukan untuk memahami karakteristik fisik silika yang dihasilkan dari sintesis berdasarkan warna dan bentuk material. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa silika yang diekstraksi memiliki warna putih bersih dengan tekstur serbuk yang halus. Warna putih pada silika mengindikasikan bahwa kandungan karbon sisa dari proses pembakaran relatif rendah, sehingga proses pembakaran sekam padi berlangsung dengan baik.

Di samping itu, warna putih bersih pada silika juga menunjukkan bahwa proses ekstraksi alkali-asam berhasil mengurangi kandungan pengotor yang terdapat dalam abu sekam padi. Semakin putih warna silika yang dihasilkan,

semakin tinggi tingkat kemurnian silika tersebut. Hasil pengamatan visual ini menunjukkan bahwa metode ekstraksi yang diterapkan efektif dalam menghasilkan silika dengan kualitas fisik yang baik sebagai bahan dasar pembuatan silika gel. Silika hasil ekstraksi ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Silika Hasil Ekstraksi

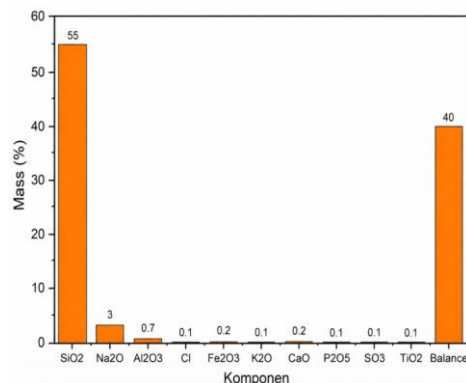
3.3 Hasil Pengujian X-Ray Fluorescence (XRF)

Karakterisasi silika yang dihasilkan dari sintesis dilakukan melalui pengujian XRF untuk mengidentifikasi kandungan unsur kimia yang terdapat dalam silika hasil ekstraksi. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa silika yang disintesis didominasi oleh silikon dioksida (SiO_2) dengan jumlah yang signifikan. Selain SiO_2 , juga terdeteksi beberapa unsur pengotor seperti Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan CaO dalam jumlah yang relatif kecil.

Dominasi SiO_2 dalam hasil pengujian menunjukkan bahwa metode ekstraksi alkali-asam yang menggunakan NaOH 2 M dan HCl 2 M dapat menghasilkan silika dengan tingkat kemurnian yang cukup baik. Kandungan impuritas yang relatif rendah menunjukkan bahwa proses pencucian dan presipitasi berlangsung secara optimal, sehingga sebagian besar pengotor berhasil dipisahkan selama proses sintesis. Namun ditemukan nilai *balance* cukup tinggi yaitu sebesar 40% yang diperoleh dari pengujian XRF. Artinya menunjukkan bahwa adanya komponen yang tidak dapat diidentifikasi secara spesifik oleh alat, seperti kandungan oksigen, sisa karbon, kelembapan, serta unsur-unsur jejak dalam jumlah yang kecil. Tingginya nilai keseimbangan juga dapat dipengaruhi oleh kurangnya kebersihan saat proses pencucian dan sifat amorf silika yang dihasilkan dari ekstraksi abu sekam padi. Hasil dari pengujian XRF ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 7 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji XRF Silika Hasil Ekstraksi

No.	Komponen	Hasil (Mass%)
1	SiO_2 (Silika)	55
2	Na_2O	3
3	Al_2O_3	0.1
4	Cl	0.2
5	Fe_2O_3	0.1
6	K_2O	0.1
7	CaO	0.2
8	P_2O_5	0.1
9	SO_3	0.1
10	TiO_2	0.1
11	Balance	40



Gambar 7. Grafik Uji XRF Silika Hasil Ekstraksi

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode ekstraksi alkali-asam berbasis proses sol-gel menggunakan larutan NaOH 2 M dan HCl 2 M mampu menghasilkan silika dari limbah sekam padi dengan kualitas yang cukup baik. Proses ekstraksi yang dilakukan berhasil menghasilkan serbuk silika dengan warna putih bersih yang menunjukkan rendahnya kandungan karbon dan pengotor hasil pembakaran. Hasil karakterisasi menggunakan pengujian XRF menunjukkan bahwa silika hasil ekstraksi memiliki kandungan SiO₂ dominan dengan kandungan impuritas yang relatif rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode ekstraksi yang digunakan efektif untuk menghasilkan silika dari limbah sekam padi sebagai bahan dasar pembuatan silika gel. Namun untuk penelitian selanjutnya dapat diperbaiki pada proses pencucian agar lebih bersih dan pastikan saat akan uji XRF harus dalam kondisi kering agar kandungan SiO₂ dapat terbaca dan *balance* semakin sedikit. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah sekam padi memiliki potensi yang baik sebagai sumber silika alternatif yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis untuk bahan baku pembuatan silika gel (adsorben).

5. Daftar Pustaka

- [1] N. Setyawan, Hoerudin, and S. Yuliani, "Synthesis of silica from rice husk by sol-gel method," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 733, no. 1, p. 012149, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/733/1/012149.
- [2] P. U. Nzereogu, A. D. Omah, F. I. Ezema, E. I. Iwuoha, and A. C. Nwanya, "Silica extraction from rice husk: Comprehensive review and applications," *Hybrid Adv.*, vol. 4, no. November, p. 100111, 2023, doi: 10.1016/j.hybadv.2023.100111.
- [3] S. Azat, A. V. Korobeinyk, K. Moustakas, and V. J. Inglezakis, "Sustainable production of pure silica from rice husk waste in Kazakhstan," *J. Clean. Prod.*, vol. 217, pp. 352–359, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.142.
- [4] S. Mor, C. K. Manchanda, S. K. Kansal, K. Ravindra, and R. H. Ash, "Nanosilica extraction from processed agricultural residue using green technology," *J. Clean. Prod.*, vol. 143, pp. 1284–1290, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.11.142.
- [5] S. K. S. Hossain, L. Mathur, P. K. Roy, S. K. S. Hossain, L. Mathur, and P. K. R. Rice, "Rice husk / rice husk ash as an alternative source of silica in ceramics : A review," *J. Asian Ceram. Soc.*, vol. 6, no. 4, pp. 299–313, 2018, doi: 10.1080/21870764.2018.1539210.
- [6] V. H. Le, C. Nhan, H. Thuc, and H. H. Thuc, "Synthesis of silica nanoparticles from Vietnamese rice husk by sol – gel method," pp. 1–10, 2013.
- [7] D. Geetha, P. S. Ramesh, T. Nadu, and T. Nadu, "Preparation and Characterization of Silica Material from Rice Husk Ash – An Economically Viable Method," vol. 8, no. 6, pp. 1–7, 2016.
- [8] R. Kungu, P. Njogu, R. Kinyua, and J. Kiptoo, "Green Chemistry Preparation and Characterization of Rice Husk Derived Silica Gel in Kenya," vol. 8, pp. 225–240, 2019, doi: 10.17265/2162-5298/2019.06.001.
- [9] B. Fajar, T. Kiono, S. H. Winoto, M. Said, K. Tony, and D. Lazuardi, "Synthesis of Silica Gel From Rice Husk Ash for Sustainable Air Conditioning Requirements," vol. 7, no. 4, pp. 1–8, 2025.
- [10] K. M. Omatola, A. D. Onojah, A. N. Amah, and I. Ahemen, "Sciences Synthesis and characterization of silica xerogel and aerogel from rice husk ash and pulverized beach sand via sol-gel route," vol. 5, pp. 1–9, 2023.
- [11] S. Yuan, Y. Hou, S. Liu, and Y. Ma, "A Comparative Study on Rice Husk , as Agricultural Waste , in the Production of Silica Nanoparticles via Different Methods," pp. 1–11, 2024.
- [12] E. Ligneel and B. Lestriez, "The impact of solvent concentration on the characteristic of silica from rice husk ash using sol gel method The impact of solvent concentration on the characteristic of silica from rice husk ash using sol gel method", doi: 10.1088/1757-899X/1087/1/012060.
- [13] D. Dhaneswara, J. F. Fatriansyah, F. W. Situmorang, and A. N. Haqoh, "Synthesis of Amorphous Silica from Rice Husk Ash: Comparing HCl and CH₃COOH Acidification Methods and Various Alkaline Concentrations," *Int. J. Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 200–208, 2020, doi: 10.14716/ijtech.v11i1.3335.
- [14] S. A. Emmanuel, A. A. Sallau, G. N. Ozonyia, and F. M. Alabi, "Synthesis of sodium silicate crystals from rice husk ash," vol. 88, no. October, pp. 999–1012, 2023.
- [15] J. Sarma, S. Rajkhowa, and S. Das, "Synthesis of White Silica From ‘ Joha Rice Husk ’ (A Special Rice Variety of Assam , India), Characterization and Determination of Its Point of Zero Charge (pH PZC)," vol. 2024, 2024, doi: 10.1155/joch/5542855.