

PEMANFAATAN SILIKA DARI LIMBAH SEKAM PADI UNTUK PEMBUATAN TABUNG BERPORI

* Taufiqurrahman¹, Sulisty², Yusuf Umardani²

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: taufiq.140503@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses ekstraksi silika dari limbah sekam padi serta pembuatan tabung berpori berbasis material silika menggunakan metode casting dan sintering. Proses penelitian diawali dengan pembakaran sekam padi menggunakan furnace pada suhu 700 °C selama 4 jam untuk menghasilkan abu sekam padi (Rice Husk Ash/RHA). Abu sekam padi kemudian diekstraksi menggunakan larutan NaOH 2 M dan diendapkan menggunakan larutan HCl 2 M hingga mencapai pH 7 sehingga terbentuk gel silika. Gel silika selanjutnya dikeringkan dan dihaluskan menjadi serbuk silika. Serbuk silika dicampur dengan polyvinyl alcohol (PVA) sebagai binder dan tepung tapioka sebagai pore former dengan variasi 5%, 10%, dan 15%, kemudian dicetak menggunakan metode casting berbentuk tabung dan disintering pada suhu 1300 °C selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembakaran menghasilkan abu sekam padi berwarna abu-abu cerah dengan persentase hasil pembakaran sebesar 18,94–22,75%. Hasil ekstraksi silika menunjukkan massa silika sebesar 14,56–19,36 gram dengan persentase ekstraksi sebesar 72,8–96,95%. Serbuk silika yang dihasilkan memiliki warna putih dan tekstur halus yang menunjukkan proses ekstraksi berlangsung dengan baik. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah sekam padi berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber silika alternatif untuk pembuatan material keramik berpori.

Kata kunci: ekstraksi silika; keramik berpori; sekam padi; silika; tabung berpori

Abstract

This study aimed to investigate the silica extraction process from rice husk waste and the fabrication of porous tubes based on silica material using casting and sintering methods. The research began with the combustion of rice husks using a furnace at 700 °C for 4 hours to produce Rice Husk Ash (RHA). The rice husk ash was then extracted using 2 M NaOH solution and precipitated with 2 M HCl solution until pH 7 was reached, resulting in the formation of silica gel. The silica gel was subsequently dried and ground into silica powder. The extracted silica powder was mixed with polyvinyl alcohol (PVA) as a binder and tapioca flour as a pore former with variations of 5%, 10%, and 15%. The mixture was then molded into tubular shapes using the casting method and sintered at 1300 °C for 2 hours. The results showed that the combustion process produced light gray rice husk ash with a combustion yield ranging from 18.94% to 22.75%. The silica extraction process produced silica masses ranging from 14.56 to 19.36 grams with extraction percentages of 72.8–96.95%. The resulting silica powder had a white color and fine texture, indicating that the extraction process was successfully carried out. This study demonstrates that rice husk waste has potential as an alternative silica source for porous ceramic material fabrication.

Keywords: porous ceramic; porous tube; rice husk; silica; silica extraction

1. Pendahuluan

Tabung berpori merupakan material dengan struktur pori-pori mikroskopis yang saling terhubung, memungkinkan fluida atau gas mengalir secara terkendali melalui dindingnya [1]. Material ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti filtrasi, pemisahan gas, serta katalis dalam proses industri dan lingkungan [2]. Salah satu bahan yang berpotensi digunakan dalam pembuatan tabung berpori adalah silika. Silika dapat diperoleh dari limbah sekam padi melalui proses ekstraksi dan manufaktur tertentu [3].

Silika atau silikon dioksida (SiO₂) adalah senyawa yang banyak ditemukan di alam dan memiliki berbagai bentuk, termasuk kristalin dan amorf. Material ini memiliki sifat fisik dan kimia yang unik, seperti stabilitas termal

dan mekanik yang tinggi, menjadikannya komponen penting dalam berbagai aplikasi industri, seperti pembuatan kaca, keramik, dan bahan komposit [4]. Selain itu, silika juga digunakan sebagai adsorben dalam proses pemurnian dan sebagai bahan dasar dalam produksi katalis.

Sumber utama silika di alam adalah pasir kuarsa yang diperoleh melalui proses penambangan. Namun, eksploitasi pasir kuarsa dapat berdampak negatif terhadap lingkungan, seperti kerusakan lahan dan konsumsi energi tinggi. Oleh karena itu, sumber alternatif silika dari limbah pertanian, seperti sekam padi, menjadi solusi potensial yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Sekam padi merupakan limbah pertanian yang melimpah, terutama di negara agraris seperti Indonesia. Komposisi kimia sekam padi meliputi sekitar 34,34–43,80% selulosa, 21,40–46,97% lignin, 11,35–32,40% air, dan 13,16–29,04% abu [5]. Sekam padi umumnya bersifat kasar, bernilai gizi rendah, memiliki kerapatan yang rendah, dan kandungan abu yang cukup tinggi. Di bawah kondisi pembakaran yang terkendali, dapat diubah menjadi isolator halus, bernama abu sekam padi (RHA), abu sekam yang dihasilkan dari sisa pembakaran akan mengandung silika (SiO₂) aktif dengan kadar cukup tinggi, yakni 85-95% [6].

Tahapan ekstraksi silika dari sekam padi melibatkan beberapa tahapan, dimulai dengan proses pengumpulan dan pembersihan sekam padi untuk menghilangkan kotoran serta kontaminan industri yang dapat mempengaruhi kemurnian silika, selanjutnya dilakukan pembakaran sekam padi untuk menghasilkan abu sekam padi yang kaya akan silika. Abu ini kemudian diekstraksi menggunakan larutan alkali, seperti natrium hidroksida (NaOH), untuk membentuk larutan natrium silikat [7]. Larutan natrium silikat selanjutnya dinetralkan dengan asam, seperti asam klorida (HCl), untuk mengendapkan silika dalam bentuk gel. Gel silika yang terbentuk kemudian dikeringkan untuk menghasilkan silika amorf dengan kemurnian tinggi [8]. Variasi dalam konsentrasi larutan alkali, suhu, dan waktu ekstraksi dapat mempengaruhi karakteristik silika yang dihasilkan.

Setelah memperoleh silika murni, tahap selanjutnya adalah pembuatan tabung berpori melalui proses manufaktur tertentu. Langkah-langkah utama dalam proses ini meliputi pencampuran silika dengan bahan pengikat dan pore former [9], di mana bahan pengikat berperan dalam membentuk struktur yang kokoh, sedangkan porogen digunakan untuk membentuk pori-pori dalam material. Pemilihan bahan pengikat dapat mempengaruhi sifat akhir material. Campuran ini kemudian dibentuk sesuai dengan desain tabung yang diinginkan melalui proses seperti ekstrusi atau pencetakan. Setelah pembentukan, proses pengeringan dan sintering dilakukan pada suhu tinggi untuk menguatkan struktur dan menghilangkan porogen, sehingga terbentuk tabung berpori dengan karakteristik fisik dan mekanik yang diinginkan. Kandungan silika yang lebih tinggi dan waktu pencampuran yang lebih lama umumnya menghasilkan ukuran pori yang lebih kecil.

Pemanfaatan tabung berpori ini antara lain aplikasi dalam industri, di antaranya sebagai media filtrasi, katalis, adsorben dalam teknologi lingkungan [10]. Selain itu tabung berpori juga dapat digunakan sebagai elektroda fuel cell [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses ekstraksi silika dari limbah sekam padi, mengetahui proses pembuatan tabung berpori berbasis silika menggunakan metode casting dan sintering, serta menganalisis karakteristik tabung berpori.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi sekam padi, natrium hidroksida (NaOH) 2 M, asam klorida (HCl) 2 M, polyvinyl alcohol (PVA), tepung tapioka, dan air suling. Alat yang digunakan meliputi furnace, oven, magnetic stirrer, pH meter, alat filtrasi, cetakan tabung. Sekam padi dibersihkan menggunakan air mengalir kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari dan dilanjutkan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 3 jam. Sekam padi kemudian dibakar menggunakan furnace pada suhu 700 °C selama 4 jam hingga terbentuk abu sekam padi (RHA).

RHA yang diperoleh dihaluskan dan diayak menggunakan mesh 100. Sebanyak 20 gram RHA dicampur dengan 200 mL larutan NaOH 2 M kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer pada suhu 80 °C selama 1 jam. Larutan kemudian disaring untuk memperoleh larutan natrium silikat. Selanjutnya ditambahkan HCl 2M hingga pH mencapai 7 sehingga terbentuk gel silika. Gel silika dibiarkan selama 24 jam, disaring, dicuci menggunakan akuades, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 4 jam lalu di haluskan dan diayak dengan ukuran 100 mesh.



Gambar 1. Proses Pembakaran Sekam Padi

Serbuk silika hasil ekstraksi dicampur dengan PVA sebagai binder dan tepung tapioka sebagai pore former dengan variasi 5%, 10%, dan 15%. Campuran ditambahkan air hingga membentuk slurry homogen kemudian

dicetak menggunakan cetakan berbentuk tabung dengan metode casting. Spesimen yang telah dicetak dikeringkan pada suhu ruang selama 12 jam dan dilanjutkan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 1 jam. Setelah proses pengeringan, spesimen disintering menggunakan furnace pada suhu 1300 °C selama 2 jam.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pembakaran Sekam Padi Menjadi Abu Sekam Padi (RHA)

Proses pembakaran sekam padi dilakukan menggunakan furnace pada suhu 700 °C selama 4 jam dengan tujuan menghilangkan kandungan organik seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin sehingga diperoleh abu sekam padi yang kaya akan silika. Berdasarkan hasil pengamatan visual, sekam padi yang semula berwarna coklat kekuningan berubah menjadi abu berwarna putih keabu-abuan setelah proses pembakaran. Perubahan warna ini menunjukkan bahwa sebagian besar karbon telah teroksidasi dan tersisa senyawa anorganik, terutama silika (SiO₂).



Gambar 2. Hasil Pembakaran Sekam Padi menjadi Abu Sekam Padi (RHA)

Hasil pembakaran menunjukkan terjadinya penurunan massa yang signifikan akibat hilangnya material organik selama proses pemanasan dalam furnace. Persentase abu yang diperoleh berada pada rentang 18,94–22,75% menunjukkan bahwa proses pembakaran berlangsung optimal. Warna abu yang cerah juga menandakan kandungan karbon residu yang rendah sehingga berpotensi menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi.

Tabel 1. Data Hasil Proses Pembakaran Sekam Padi dalam Furnace

No	Sekam Padi (g)	Suhu (°C)	Waktu (h)	Rice husk ash (g)	Persentase (%)	Warna Abu
1	104,46	700	4	20,66	19,77	Abu-abu cerah
2	107,56	700	4	24,48	22,75	Abu-abu cerah
3	114,25	700	4	21,65	18,94	Abu-abu cerah

3.2 Hasil Ekstraksi Silika

Ekstraksi silika dari abu sekam padi (Rice Husk Ash/RHA) dilakukan menggunakan larutan NaOH 2 M dan pengendapan dengan HCl hingga pH 7. Proses ini menghasilkan perubahan fasa dari abu sekam padi menjadi larutan natrium silikat, kemudian membentuk gel silika berwarna putih. Setelah pengeringan dan pengayakan diperoleh serbuk silika berwarna putih dengan tekstur halus, yang menunjukkan proses pencucian dan pengeringan berlangsung baik.



Gambar 3. Serbuk silika

Hasil ekstraksi menunjukkan massa silika yang diperoleh dari 20 g RHA masing-masing sebesar 14,56 g, 17,59 g, dan 19,36 g, dengan persentase ekstraksi berturut-turut 72,8%, 87,95%, dan 96,95%.

Tabel 2. Hasil Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi

No	Rice husk Ash (g)	Silika (g)	Persentase (%)
1	20	14,56	72,8
2	20	17,59	87,95
3	20	19,36	96,95

Perbedaan hasil ekstraksi dipengaruhi oleh proses filtrasi, pencucian, dan kemungkinan kehilangan material selama pemindahan sampel. Persentase silika yang diperoleh mendekati nilai literatur sebesar 80,698% sehingga menunjukkan bahwa metode ekstraksi yang digunakan cukup efektif dalam menghasilkan silika dari abu sekam padi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pembuatan tabung berpori berbasis silika dari abu sekam padi dengan variasi penambahan pore former tepung tapioka, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses pembakaran sekam padi menggunakan furnace pada suhu 700 °C selama 4 jam berhasil menghasilkan abu sekam padi (RHA) dengan persentase hasil pembakaran sebesar 18,94–22,75% dan warna abu-abu cerah yang menunjukkan kandungan karbon residu rendah serta kandungan silika yang tinggi.
2. Proses ekstraksi silika dari abu sekam padi berhasil dilakukan menggunakan larutan NaOH 2 M dan pengendapan menggunakan HCl 2 M hingga pH 7. Hasil ekstraksi menghasilkan serbuk silika berwarna putih dengan massa sebesar 14,56–19,36 gram dan persentase ekstraksi sebesar 72,8–96,95%.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah sekam padi berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber silika alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk pembuatan material keramik berpori.

5. Daftar Pustaka

- [1] Pažanin, I., & Radulović, M. (2020). On the heat flow through a porous tube filled with incompressible viscous fluid. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section A Journal of Physical Sciences*, 75(4), 333–342.
- [2] Grekou, T. K., Koutsonikolas, D. E., Karagiannakis, G., & Kikkinides, E. S. (2022). Tailor-Made Modification of Commercial Ceramic Membranes for Environmental and Energy-Oriented Gas Separation Applications. *Membranes*, 12(3).
- [3] Hossain, S. S., Son, H. J., Gao, B., Park, S., & Bae, C. J. (2023). Development of tri-modal-pore architecture of silica monolith via extrusion-based 3D printing and employing rice husk ash. *Materials Today Communications*, 34(December 2022), 105246.
- [4] Pan, X., Li, S., Li, Y., Guo, P., Zhao, X., & Cai, Y. (2022). Resource, characteristic, purification and application of quartz: a review. *Minerals Engineering*, 183(January), 107600.
- [5] Harimu, L., Rudi, L., Haetami, A., Santoso, G. A. P., & . A. (2019). Studi Variasi Konsentrasi NaOH dan H₂SO₄ Untuk Memurnikan Silika Dari Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Ion Logam Pb²⁺ dan Cu²⁺. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), 81–87.
- [6] Nzereogu, P. U., Omah, A. D., Ezema, F. I., Iwuoha, E. I., & Nwanya, A. C. (2023). Silica extraction from rice husk: Comprehensive review and applications. *Hybrid Advances*, 4(October), 100111.
- [7] Shahnani, M., Mohebbi, M., Mehdi, A., Ghassempour, A., & Aboul-Enein, H. Y. (2018). Silica microspheres from rice husk: A good opportunity for chromatography stationary phase. *Industrial Crops and Products*, 121(May), 236–240.
- [8] Park, J. Y., Gu, Y. M., Park, S. Y., Hwang, E. T., Sang, B. I., Chun, J., & Lee, J. H. (2021). Two-stage continuous process for the extraction of silica from rice husk using attrition ball milling and alkaline leaching methods. *Sustainability (Switzerland)*, 13(13).
- [9] Jalaluddin, M. L., Azlan, U. A.-A., Rashid, M. W. A., Tamin, N., & Masri, M. N. (2024). A review of pore-forming agents on the structures, porosities, and mechanical properties of porous ceramics. *AIMS Mathematics*, 11(4), 634–665.
- [10] Peck, D., Zappi, M., Gang, D., Guillory, J., Hernandez, R., & Buchireddy, P. (2023). Review of Porous Ceramics for Hot Gas Cleanup of Biomass Syngas Using Catalytic Ceramic Filters to Produce Green Hydrogen/Fuels/Chemicals. *Energies*, 16(5).
- [11] Wejrzanowski, T., Cwieka, K., Skibinski, J., Lysik, A., Ibrahim, S. H., Milewski, J., Xing, W., & Lee, C. G. (2020). Microstructure driven design of porous electrodes for molten carbonate fuel cell application: Recent progress. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(47), 25719–25732.