

Ekstraksi dan Karakterisasi Silika dari Abu Limbah Ampas Tebu Minuman Sari Tebu di Bangka

Rian Hidayat, Yupita, Pawestri Wahyudianing Pangestuti, Nova Azka Tafdila, Verry Andre Fabiani*

Program Studi Kimia Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: verry-andre@univ.ac.id

Abstrak. Tebu merupakan komoditas tanaman penghasil gula yang banyak diproduksi oleh Indonesia yang pada proses pengolahannya hanya menghasilkan 5% gula dan 95% sisanya berupa ampas dari total tebu. Ampas tebu tersebut hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada pabrik produksi gula dan hasil pembakaran tersebut masih menyisakan abu yang artinya limbah tetap dihasilkan. Di Bangka Belitung sendiri, limbah ampas tebu hasil penjualan minuman sari tebu juga masih belum dimanfaatkan secara optimal, baru sebagian kecil yang dimanfaatkan sebagai pupuk kompos dan sisanya berserakan menjadi limbah yang menimbulkan bau tidak sedap dan berpotensi mencemari lingkungan sekitar. Kandungan silika yang cukup tinggi pada abu limbah ampas tebu berpotensi untuk digunakan sebagai sumber silika gel. Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi silika dari abu limbah ampas tebu dan mempelajari karakteristiknya. Pada penelitian ini telah dilakukan ekstraksi silika dari abu limbah ampas tebu menggunakan metode sol-gel dengan ekstraksi padat-cair. Silika yang telah diekstraksi dikarakterisasi menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) sehingga diketahui kandungan SiO_2 murni sebesar 72,957%. Ikatan Si-O-Si dan Si-O yang merupakan karakteristik SiO_2 diidentifikasi pada spektrum Fourier Transform Infra-Red (FTIR) dengan pita serapan $1061,71 \text{ cm}^{-1}$, 795 cm^{-1} , dan 416 cm^{-1} . Berdasarkan hasil analisis XRF dan FTIR mengindikasikan bahwa silika yang diekstraksi dalam penelitian ini telah bersesuaian sehingga berpotensi dijadikan sumber silika dan diaplikasikan sebagai adsorben logam Fe dalam air kolong timah Bangka.

Kata Kunci: Abu ampas tebu; adsorben Fe; silika; sol-gel.

Extraction and Characterization of Silica from Sugarcane Bagasse Waste Ash from Sugarcane Juice Drinks in Bangka

Abstract. Sugarcane is a sugar-producing plant commodity that is widely produced by Indonesia, which in the processing process only produces 5% sugar and the remaining 95% is in the form of pulp from the total sugarcane. The bagasse is only utilized as fuel in sugar production factories and the combustion results still leave ash, which means that waste is still generated. In Bangka Belitung itself, bagasse waste from the sale of sugar cane juice drinks is also still not optimally utilized, only a small portion is used as compost, and the rest is scattered as waste which causes unpleasant odors and has the potential to pollute the surrounding environment. The high silica content in bagasse waste ash can be used as a source of silica gel. This research aims to extract silica from bagasse waste ash and study its characteristics. In this study, silica extraction from bagasse waste ash was carried out using the sol-gel method with solid-liquid extraction. The extracted silica was characterized using X-ray fluorescence (XRF) so that it was known that the pure SiO_2 content was 72.957%. Si-O-Si and Si-O bonds characteristic of SiO_2 were identified in the Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectrum with absorption bands of 1061.71 cm^{-1} , 795 cm^{-1} , and 416 cm^{-1} . Based on the results of XRF and FTIR analysis, indicate that the silica extracted in this study can be used as a source of silica and applied as an adsorbent for Fe metal in Bangka tin mining water.

Keywords: Silica; sol-gel; sugarcane bagasse ash; Fe adsorbent.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang cocok untuk budidaya tebu. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi tebu di Indonesia mencapai 2,41 juta ton pada tahun 2022, angka ini meningkat 2,45% dari tahun sebelumnya yang sebesar 2,35 juta ton. Tebu merupakan tanaman penghasil gula yang menjadi salah satu komoditas penting dan bernilai ekonomi tinggi terutama di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik, produksi gula di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 2,12 juta ton dan meningkat sebesar 224,93 ribu ton pada tahun 2021. Dalam proses produksi gula, batang tebu diperas dengan bantuan mesin untuk menghasilkan nira yang kemudian diolah menjadi gula. Dari proses ini, hanya 5% gula yang dihasilkan, sedangkan 95% sisanya berupa ampas tebu [1]. Peningkatan produksi gula berbanding lurus dengan peningkatan hasil ampas tebu (*bagasse*). Ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler di pabrik gula, tetapi pemanfaatan ini belum optimal karena menghasilkan limbah abu [2]. Selain itu, ampas tebu yang dihasilkan dari penjualan minuman sari tebu di Bangka Belitung juga masih menjadi limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal. Hanya sebagian kecil yang digunakan sebagai pupuk kompos, sementara sisanya berserakan dan menimbulkan bau tidak sedap serta berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan ampas tebu perlu ditingkatkan, salah satunya dengan memanfaatkan kandungan silika dari ampas tebu untuk keperluan industri maupun bidang lainnya.

Silika (SiO_2) merupakan senyawa yang keberadaannya sangat melimpah di kerak bumi yang berasosiasi dalam suatu mineral, seperti kaolin, kristobalit, zeolite, dan terutama dalam kuarsa. Selain dengan mengeksploitasi mineral-mineral tersebut, silika juga dapat disintesis dari bahan nabati. Hal ini dikarenakan silika terdapat di dalam kerak bumi atau sebagian besar dalam tanah sehingga jaringan akar tanaman dalam tanah dapat mengandung silika [3]. Tanaman dari famili *Graminae* seperti padi, jagung dan tebu diketahui mengandung silika yang cukup tinggi. Oleh karena itu, ampas tebu memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan sumber silika.

Silika memiliki keunggulan sifat struktur yang berpori dengan luas permukaan yang besar, porositas yang tinggi, inert, serta dengan stabilitas termal dan mekanik yang tinggi [4]. Sifat-sifat tersebut menjadikan silika memiliki banyak kegunaan, salah satunya sebagai adsorben dalam mengadsorpsi suatu zat atau polutan. Adsorpsi merupakan salah satu teknik pemisahan dan pemurnian yang banyak dipakai dalam industri karena diaplikasikan untuk pengolahan air dan limbah dengan mengurangi kandungan ion logam [5]. Sehingga penelitian mengenai ekstraksi silika dari limbah ampas tebu sebagai sumber silika dan diaplikasikan sebagai adsorben logam Fe dalam air kolong timah Bangka menarik untuk dikembangkan.

METODE PENELITIAN

A. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini digunakan meliputi limbah ampas tebu, akuades, kertas saring, HCl, dan NaOH. Sedangkan peralatan yang digunakan seperti cawan porselen, gelas *beaker*, erlenmeyer, pH universal, *magnetic stirrer*, *furnace*, oven, spektrofotometer FTIR (PerkinElmer), dan XRF (Panalytical Epsilon 3).

B. Metode

Penelitian ini dilaksanakan secara luring selama 2 bulan terhitung dari Bulan Oktober-November 2023 melalui pendekatan riset secara empirik di Laboratorium Kimia Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung dan Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang. Penelitian diawali dengan preparasi sampel yaitu sebanyak 10 kg sampel limbah ampas tebu yang diperoleh dari Desa Balunujuk, Kabupaten Bangka dibersihkan dari kulitnya dan dikeringkan di bawah sinar matahari hingga mengering, lalu dibakar sampai menjadi arang. Kemudian arang tersebut dikalsinasi selama 6 jam pada suhu 700°C sampai berubah warna menjadi abu-abu, hasil dari pemanasan ini yang disebut sebagai abu ampas tebu [6]. Setelah preparasi selesai dilanjutkan dengan ekstraksi silika dari ampas tebu menggunakan metode sol-gel dengan ekstraksi padat-cair. Sebanyak 16 gram abu ampas tebu direndam dalam 100 ml larutan HCl 2 M selama 12 jam. Kemudian larutan disaring dan residunya dicuci dengan akuades hingga pH 7 dan tidak terdapat warna kekuningan, lalu endapan tersebut dikeringkan pada suhu 110°C hingga kandungan airnya berkurang. Selanjutnya residu direaksikan dengan 100 ml larutan NaOH 3 M sambil *distirrer* selama 4 jam pada suhu 95°C . Setelah itu, suspensi disaring dan dibilas dengan akuades, lalu filtrat hasil saringan diaduk dan ditambahkan dengan larutan HCl 6 M untuk membentuk gel hingga pH 7. Gel yang terbentuk disimpan selama 18 jam, kemudian disaring dan dibilas dengan akuades

serta dikeringkan pada suhu 110°C hingga mengering. Sampel digerus sehingga menghasilkan serbuk silika. Kemudian dianalisis menggunakan XRF untuk melihat unsur kandungan silika serta FTIR untuk melihat gugus fungsi yang muncul [7].

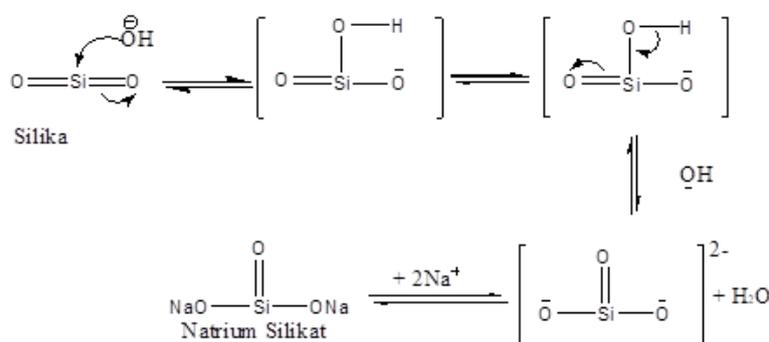
HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel Abu Ampas Tebu

Proses sintesis silika abu ampas tebu diawali dengan preparasi pengabuan arang ampas tebu. Arang ampas tebu yang berwarna hitam dikalsinasi selama 6 jam pada suhu 700°C. Pemanasan ini bertujuan untuk menghilangkan fraksi organik dari arang ampas tebu, sehingga yang tertinggal hanya fraksi anorganiknya saja serta untuk meningkatkan kuantitas SiO₂ pada abu ampas tebu yang dihasilkan. Dari 10 kilogram sampel limbah ampas tebu diperoleh sebanyak 16,750 gram abu ampas tebu.

Ekstraksi SiO₂ dari Abu Ampas Tebu

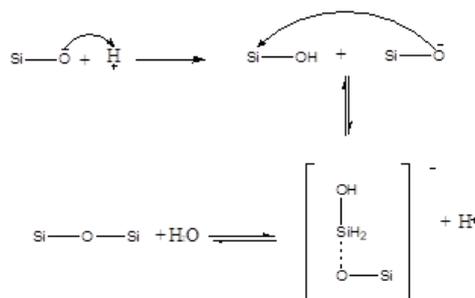
Abu ampas tebu dicuci dengan larutan HCl 2 M yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor berupa oksida logam sehingga pengotor tersebut membentuk garam dan molekul air apabila direaksikan dengan asam klorida. Garam yang dihasilkan memiliki kelarutan yang besar dalam air, sehingga pengotor yang berupa garam tersebut akan hilang selama proses pencucian. Tahap selanjutnya adalah mengekstrak silika yang terdapat pada abu ampas tebu menggunakan larutan NaOH 3 M pada suhu 95°C selama 4 jam. Larutan natrium silikat (Na₂SiO₃) yang dihasilkan berwarna putih bening. Selanjutnya proses pembuatan silika gel dari natrium silikat.



Gambar 1. Mekanisme Reaksi Pembentukan Natrium Silikat [8]

Berdasarkan mekanisme tersebut natrium hidroksida terdisosiasi sempurna membentuk ion natrium (Na⁺) dan ion hidroksil (OH⁻). Salah satu ion OH⁻ yang berperan sebagai nukleofil menyerang atom Si yang bermuatan elektropositif dalam SiO₂. Sehingga terjadi pemutusan ikatan rangkap pada atom O yang bermuatan elektronegatif sehingga membentuk intermediet SiO₂OH⁻. Kemudian intermediet tersebut melepaskan ion H⁺, sedangkan atom O mengalami pemutusan ikatan rangkap kembali dan membentuk SiO₃²⁻. Pada tahap ini terjadi dehidrogenasi, dimana ion hidroksil yang kedua (OH⁻) berikatan dengan ion hidrogen (H⁺) dan membentuk molekul air (H₂O). Molekul SiO₃²⁻ yang terbentuk dengan muatan negatif diseimbangkan oleh dua ion Na⁺ yang ada sehingga menghasilkan senyawa natrium silikat (Na₂SiO₃).

Pembentukan silika gel dilakukan melalui metode sol-gel yang melibatkan penambahan larutan asam ke dalam larutan natrium silikat yang dihasilkan pada tahap sebelumnya. Asam yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam klorida. Penambahan asam klorida dalam proses pembentukan silika gel mengakibatkan reaksi kondensasi pada ion silikat. Selama proses reaksi sol-gel, terjadi interaksi antara atom Si dengan ion OH⁻ atau gugus -Si-O⁻ melalui mekanisme penyerangan nukleofilik. Ion OH⁻ atau gugus -Si-O⁻ dihasilkan dari disosiasi H⁺ dari molekul air atau gugus Si-OH. Penambahan asam klorida ke dalam prekursor mengakibatkan protonasi gugus siloksi (Si-O⁻) menjadi silanol (Si-OH). Penambahan asam menyebabkan peningkatan konsentrasi proton (H⁺) dalam larutan natrium silikat, dan sejumlah gugus siloksi (Si-O⁻) berubah menjadi gugus silanol (Si-OH). Gugus silanol yang terbentuk kemudian diserang oleh gugus siloksi (Si-O⁻) dengan bantuan katalis asam untuk membentuk ikatan siloksan (Si-O-Si). Proses ini berlangsung dengan cepat dan berkelanjutan, membentuk jaringan silika.



Gambar 2. Mekanisme Reaksi Pembentukan Ikatan Siloksan [8]

Silika gel terbentuk setelah didiamkan selama 18 jam sampai terbentuknya gel yang mengalami penyusutan volume gel akibat reaksi kondensasi yang terjadi diikuti dengan berlangsungnya eliminasi larutan garam yang disebut sebagai proses sinersis. Gel yang diperoleh selanjutnya dicuci dengan akuades dengan tujuan untuk menghilangkan garam hasil samping reaksi. Selanjutnya gel yang didapatkan kemudian dikeringkan pada suhu 110°C sampai gel mengering.



Gambar 3. Silika Gel



Gambar 4. Serbuk Silika

Analisis Kandungan SiO₂ dari Hasil Uji XRF

Silika yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF untuk melihat kandungan kimia yang terkandung dari proses ekstraksi. Hasil XRF disajikan pada Tabel 1 berikut.

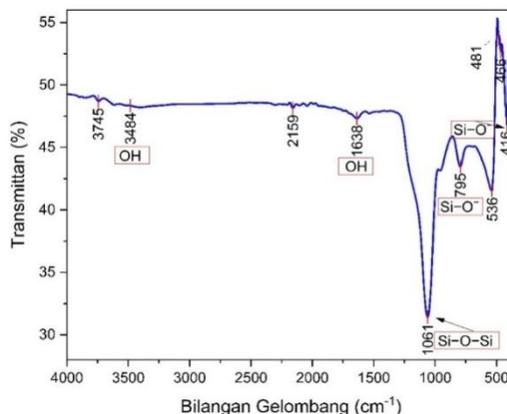
Tabel 1. Kandungan Senyawa Kimia dalam Silika Abu Ampas Tebu

Senyawa	Kadar (%)
Al ₂ O ₃	0,198
SiO ₂	72,957
P ₂ O ₅	3,044
K ₂ O	2,893
CaO	2,255
TiO ₂	0,028
MnO	0,02
Fe ₂ O ₃	0,035
CuO	0,007
ZnO	0,361
As ₂ O ₃	0,001
Rb ₂ O	0,012
Y ₂ O ₃	0,001
PbO	0,004
Cl	18,185

Berdasarkan data XRF menunjukkan hasil bahwa komponen utama dalam abu ampas tebu adalah SiO₂ sebesar 72,957%, sedangkan kandungan senyawa oksidasi lainnya relatif kecil hanya sekitar <5%. Analisis XRF menunjukkan bahwa penerapan metode sol-gel dapat menghasilkan silika dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Keberhasilan metode ini terletak pada kemampuannya untuk mengurangi kadar pengotor dalam limbah ampas tebu secara signifikan. Dengan demikian, metode sol-gel terbukti efektif dalam memproduksi silika dengan kemurnian tinggi dari ampas tebu dan menunjukkan potensi limbah tersebut sebagai sumber silika berkualitas tinggi.

Identifikasi Gugus Fungsi dari Hasil Uji FTIR

Karakterisasi silika gel dilakukan dengan identifikasi gugus fungsional berdasarkan data spektra serapan inframerah. Gugus silanol (Si-OH) dan gugus siloksan (Si-O-Si) merupakan sisi aktif pada permukaan silika gel yang dapat digunakan pada keperluan adsorpsi. Karakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah ini bertujuan untuk mengetahui adanya gugus silanol (Si-OH), siloksan (Si-O-Si), dan gugus-gugus lain. Hasil karakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5. Spektrum Inframerah Silika Abu Ampas Tebu

Berdasarkan hasil spektrum inframerah pada silika hasil sintesis serapan yang melebar di bilangan gelombang 3484 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi regangan gugus -OH dari Si-OH. Adanya gugus -OH tersebut dipertegas lagi dengan adanya puncak spektrum inframerah pada bilangan gelombang 1638 cm^{-1} , hal tersebut menunjukkan adanya vibrasi bengkokan pada gugus -OH dari Si-OH. Pada pita serapan 1061,71 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi regangan Si-O⁻ dari Si-O-Si, dan diperjelas keberadaan ikatan Si-O⁻ yang muncul pada 416 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi bengkokan dari Si-O-Si. Pita serapan karakteristik gugus siloksi (Si-O⁻) juga muncul pada bilangan gelombang 795 cm^{-1} yang terdapat pada kedua jenis silika yang menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetri Si-O⁻ pada ikatan Si-O-Si [9]. Secara umum, silika gel hasil sintesis memberikan pola pita serapan yang muncul pada spektrum inframerah yang menunjukkan bahwa gugus-gugus fungsional yang terdapat pada silika gel hasil sintesis dari abu ampas tebu adalah gugus silanol (Si-OH), gugus siloksan (Si-O-Si) dan gugus siloksi (Si-O⁻). Hal tersebut menunjukkan bahwa silika gel hasil sintesis sudah menampilkan karakteristik ikatan yang sesuai.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa silika yang diekstraksi dari abu limbah ampas tebu minuman sari tebu telah dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) sehingga diketahui kandungan SiO₂ murni sebesar 72,957%. Ikatan Si-O-Si dan Si-O yang merupakan karakteristik SiO₂ diidentifikasi pada spektrum *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dengan pita serapan 1061,71 cm^{-1} , 795 cm^{-1} , dan 416 cm^{-1} . Berdasarkan hasil analisis XRF dan FTIR mengindikasikan bahwa silika yang diekstraksi dalam penelitian ini telah bersesuaian sehingga berpotensi dijadikan sumber silika dan diaplikasikan sebagai adsorben logam Fe dalam air kolong timah Bangka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Pengembangan Pendidikan Penjaminan Mutu Universitas Bangka Belitung atas bantuan pendanaan untuk merealisasikan karya ini melalui *Team Best Project* Tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Herawati and A. Melani, "Pembuatan Biogasoline dari Ampas Tebu," *J. Distilasi*, vol. 3, no. 1, pp. 16–21, 2018.
- [2] F. Sulaiman, "Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Polimer Alam Lateks sebagai Bahan Substitusi Pembuatan Beton Polimer Ramah Lingkungan," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 7, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.6419.
- [3] G. Díaz-Ramírez, F. Maradei, and G. Vargas-Linares, "Bagasse Sugarcane Fibers as Reinforcement Agents for Natural Composites: Description and Polymer Composite Applications," *Rev. UIS Ing.*, vol. 18, no. 4, pp. 117–130, 2019, doi: 10.18273/revuin.v18n4-2019011.
- [4] G. A. P. K. Wardhani, "Silika pada Tongkol Jagung yang Dikarakterisasi Menggunakan Spektroskopi Infra Merah dan Difraksi Sinar-X," *J. Kim. Ris.*, vol. 2, no. 1, p. 37, 2017, doi: 10.20473/jkr.v2i1.3542.
- [5] S. Hastuti, T. U. Ilham, M. Tri. Pranoto, P. Candra, M. Abu, and H. W. Atmanto, "Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Sumber Silika untuk Pembuatan Adsorben Ion Logam Cd(II) melalui Teknik Imprinted Ionic," *ALCHEMY J. Penelit. Kim.*, vol. 17, no. 1, p. 113, 2021, doi: 10.20961/alchemy.17.1.44241.113-123.
- [6] L. Miratsi, R. Aprilianti, N. Hamrin, Y. Febriani, and F. Afriani, "Karakteristik Silika Abu Ampas Tebu Melalui Metode Sol-Gel," *Semin. Nas. Penelit. dan Pengabd. pada Masy. 2021*, pp. 152–154, 2021.
- [7] S. N. Ishmah, M. D. Permana, M. L. Firdaus, and D. R. Eddy, "Extraction of Silica from Bengkulu Beach Sand using Alkali Fusion Method," *PENDIPA J. Sci. Educ.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–5, 2020, doi: 10.33369/pendipa.4.2.1-5.
- [8] M. Yusuf, D. Suhendar, and E. P. Hadisantoso, "Studi Karakteristik Silika Gel Hasil Sintesis dari Abu Ampas Tebu dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida," "Edisi Juli 2014 Volume VIII No. 1," *ISTEK:Jurnal Kajian Islam, Sains, dan Teknologi UIN SGD Bandung*, vol. VIII, no. 1, pp. 159–181, 2014.
- [9] R. M. Silverstein, F. X. Webster, dan D. J. Kiemle, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2005.