

Efektivitas Silika (SiO_2) Dari Tanah Napa Situjuh Sebagai Adsorben Ion Logam Pb^{2+}

The Effectiveness of Silica (SiO_2) from Napa Situjuh Soil as an Adsorbent for Pb^{2+} Metal Ions

Putri Melan* & Mawardi

Program Studi Non Kependidikan Kimia, Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Disubmit: 29 Oktober 2024; Direview: 30 Oktober 2024; Disetujui: 30 November 2024

*Corresponding Email: mawardianwar@fmipa.unp.ac.id

Abstrak

Silika merupakan salah satu mineral yang memiliki banyak kegunaan di berbagai industri. Silika dapat diperoleh dengan cara sintesis dan ekstraksi dari bahan alam yakni salah satunya mineral tanah napa yang memiliki kandungan silika yang tinggi di dalamnya yang dapat diekstraksi dengan menggunakan pelarut basa seperti NaOH. Silika ini nantinya dapat digunakan sebagai adsorben dalam penelitian dengan logam seperti logam timbal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi maksimum silika terhadap ion Pb^{2+} dengan menggunakan metode kolom yang berhubungan dengan pengaruh konsentrasi, pH, laju alir dan aplikasi pada sampel real serta instrument yang digunakan AAS dan XRD. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi optimum adalah 300 mg/L dan pH larutan optimum adalah 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Q_{maks} ion logam Pb (II) sebesar 11,061 mg/g.

Kata kunci: Silika; Adsorpsi; Pb; Kapasitas Serapan; Optimum.

Abstract

Silica is one of the minerals that has many uses in various industries. Silica can be obtained by synthesizing and extracting from natural materials, one of which is the napa soil mineral which has a high silica content in it which can be extracted using basic solvents such as NaOH. This silica can later be used as an adsorbent in research with metals such as lead metal. This study aims to determine the maximum adsorption capacity of silica to Pb^{2+} ions using the column method related to the effect of concentration, pH, flow rate and application on real samples and instruments used AAS and XRD. The results showed that the optimum concentration was 300 mg/L and the optimum solution pH was 4. The results showed that the Q_{max} of Pb(II) metal ions was 11.061 mg/g.

Keywords: Silica; Adsorption; Pb; Adsorption Capacity; Optimum

How to Cite: Melan, P., & Mawardi. (2024). Efektivitas Silika (SiO_2) Dari Tanah Napa Situjuh Sebagai Adsorben Ion Logam Pb^{2+} . *Journal of Natural Sciences*. 5 (3): 149-156



PENDAHULUAN

Silika dengan kemurnian tinggi memiliki titik leleh yang relatif tinggi, yaitu sekitar 1700°C, yang membuatnya menjadi material dengan karakteristik unggul untuk berbagai aplikasi, terutama dalam industri teknologi tinggi. Namun, biaya produksinya yang mahal menjadi kendala dalam penggunaannya secara luas. Salah satu strategi yang potensial untuk menekan biaya produksi silika adalah dengan memanfaatkan sumber daya alam, seperti tanah napa. Tanah napa, sebagai komoditas anorganik, memiliki potensi pasar yang cukup besar karena harga yang relatif terjangkau dan kemampuan untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan adsorben untuk penyerapan logam berat serta kegunaan lainnya (Luthfiah et al., 2021; Mawardi et al., 2018).

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang dikenal memiliki sifat toksik tinggi terhadap organisme hidup dan lingkungan. Logam ini sering ditemukan dalam limbah industri, sehingga keberadaannya harus diminimalkan untuk mencegah dampak buruk yang lebih luas. Teknik adsorpsi menjadi salah satu metode yang paling efektif dan banyak digunakan untuk mengurangi konsentrasi logam berat seperti timbal, karena mekanismenya yang sederhana, biaya operasional yang rendah, dan efisiensi tinggi dalam menghilangkan logam dari larutan (Afrianti & Irni, 2020; Juharna et al., 2022). Tanah napa, dengan kandungan aluminosilikat yang tinggi dan pori-porinya yang besar, memiliki karakteristik yang menyerupai zeolit, menjadikannya bahan yang sangat cocok untuk dikembangkan sebagai adsorben yang efektif.

Keunggulan Tanah Napa sebagai bahan dasar untuk produksi silika terletak pada komposisinya yang kaya akan mineral silika dan alumina. Dalam aplikasi adsorpsi logam berat, sifat tanah napa yang berpori memungkinkan penyerapan ion logam berat dengan efisiensi tinggi. Selain itu, proses modifikasi atau aktivasi tanah napa dapat meningkatkan kapasitas adsorpsinya, menjadikannya bahan baku yang potensial untuk menghasilkan produk-produk bernilai tambah seperti katalis, bahan tambahan industri, hingga komponen untuk aplikasi lingkungan lainnya (Machfiro & Munasir, 2020). Oleh karena itu, pengembangan penelitian untuk memanfaatkan tanah napa dalam pembuatan bahan anorganik dapat memberikan solusi yang ekonomis sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan.

Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini mengkaji pemanfaatan silika hasil ekstraksi dari tanah napa yang berasal dari Kecamatan Situjuah, untuk diaplikasikan



sebagai adsorben dalam proses adsorpsi ion logam Pb^{2+} . Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah logam berat menggunakan material berbasis silika alami, sekaligus membuka peluang untuk diversifikasi penggunaan tanah napa dalam berbagai bidang industri. Dengan memanfaatkan sumber daya alam lokal, penelitian ini juga berpotensi memberikan dampak ekonomi yang positif melalui pengurangan biaya produksi material silika dan peningkatan nilai tambah komoditas lokal (Harimu et al., 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Kimia, Universitas Negeri Padang pada bulan Januari-Juni 2024. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan utama untuk mendapatkan silika dari tanah napa dan mengujinya sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} . Tahapan tersebut mencakup preparasi awal tanah napa melalui pengeringan, penghancuran, dan penghalusan hingga menjadi bubuk halus; proses kalsinasi pada suhu $750^{\circ}C$ untuk meningkatkan reaktivitas bahan; serta perlakuan acid washing menggunakan HCl 2 M untuk membersihkan pengotor.

Selanjutnya, dilakukan fusi alkali menggunakan NaOH untuk membentuk larutan Na-silikat, yang kemudian direaksikan dengan HCl 6 M untuk menghasilkan silika gel. Silika gel yang terbentuk dikeringkan dan dikalsinasi untuk memastikan kualitasnya sebelum digunakan sebagai adsorben. Pengujian adsorpsi dilakukan dengan sistem kontinu menggunakan kolom yang diisi adsorben silika, dimana larutan Pb^{2+} dengan berbagai konsentrasi dan pH dilewatkan melalui kolom untuk mempelajari efisiensi adsorpsi berdasarkan parameter tertentu.

Analisis konsentrasi ion logam Pb^{2+} sebelum dan setelah adsorpsi dilakukan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS), dengan hasil adsorpsi dihitung berdasarkan perbedaan konsentrasi awal dan akhir ion logam dalam larutan. Metode ini dirancang untuk mengevaluasi potensi tanah napa sebagai bahan baku pembuatan adsorben silika yang efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi Silika dari Tanah Napa

Tanah napa berbentuk Endapan sedimen berwarna putih keabuan yang keras seperti batu dan memiliki pori-pori besar di permukaannya (Ishmah et al., 2020). Tanah



napa terdiri dari mineral kuarsa dan mineral kaolinite serta merupakan mineral aluminosilikat yang memiliki kandungan silika yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan silika.

Salah satu mineral khususnya dari sumber daya alam yang memiliki banyak potensi pengembangan adalah silikon dioksida atau silika. Silika memiliki dua situs aktif yaitu gugus silanol ($-\text{SiOH}$) dan siloksan (Si-O-Si). Silika berupa mineral alumina-silikat dihasilkan dari proses pelapukan. Mineral ini selanjutnya mengalami pelapukan dan terurai menjadi unsur-unsur hara yang tersedia bagi tanaman (Dhaneswara *et al.*, 2020).

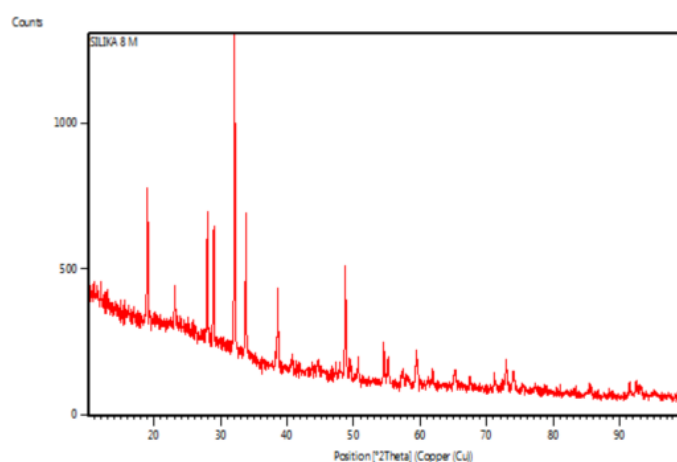
Pada proses kalsinasi ini terjadi perubahan warna dari bewarna putih keabuan menjadi keorenan, perubahan yang terjadi menandakan di tahap kalsinasi ini terjadi perubahan fasa. Proses ini bertujuan menghilangkan senyawa organik pada sampel (Liew *et al.*, 2016).

Natrium silikat dibuat dengan menambahkan konsentrasi NaOH ke silika, sebuah proses yang dikenal sebagai pemisahan hidrotermal. Endapan yang dihasilkan meningkat sebagai hasil dari proses ekstraksi yang terus meningkatkan konsentrasi NaOH (Retnosari, 2013). Natrium silikat yang terbentuk tergantung pada konsentrasi NaOH . Setelah itu, natrium silikat dipanaskan untuk menghasilkan silika bereaksi dengan HCl (Fitri *et al.*, 2015).

B. X-RAY DIFFRACTION (XRD)

Analisa menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) bertujuan untuk menentukan kristalinitas dari silika hasil ekstraksi dengan cara mengidentifikasi fase kristal. Dari hasil analisis pola difraksi sinar -X dapat dilihat struktur dan fase kristal yang terdapat pada silika. Silika sendiri memiliki beberapa fase, diantaranya yaitu amorf dan kristal tergantung pada temperature pengabuan (Ishmah *et al.*, 2020).

Hasil dari karakterisasi silika dari tanah napa menggunakan XRD menunjukkan beberapa puncak khas yang muncul diantaranya $2\theta = 18,98^\circ, 27,98^\circ, 28,94^\circ, 32,07^\circ, 33,79^\circ, 38,57^\circ, 48,71^\circ$. Berikut ditunjukkan pada pola difraksi XRD hasil ekstraksi silika dari tanah napa pada Gambar 1.

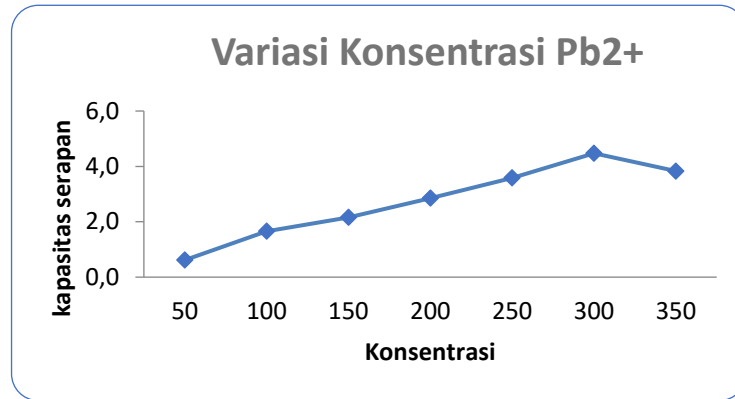


Gambar 1. Pola Difraksi XRD Hasil Ekstraksi Silika Dari Tanah Napa

Gambar 1. Terlihat bahwa pola difraksi yang dihasilkan masih terdapat sedikit pengotor, hal ini dibuktikan masih terdapatnya puncak-puncak pola difraksi yang tidak diinginkan. Keberadaan puncak ini dapat disebabkan oleh kontaminasi dari bahan awal, ketidaksempurnaan proses sintesis, atau pengaruh faktor eksternal seperti kondisi lingkungan selama preparasi. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun metode sintesis yang digunakan telah menghasilkan struktur utama yang diharapkan, masih terdapat fase minor atau senyawa lain yang belum sepenuhnya tereliminasi. Keberadaan pengotor ini dapat memengaruhi sifat fisikokimia material, sehingga diperlukan optimasi lebih lanjut dalam proses sintesis untuk meminimalkan pengotor dan meningkatkan kemurnian material.

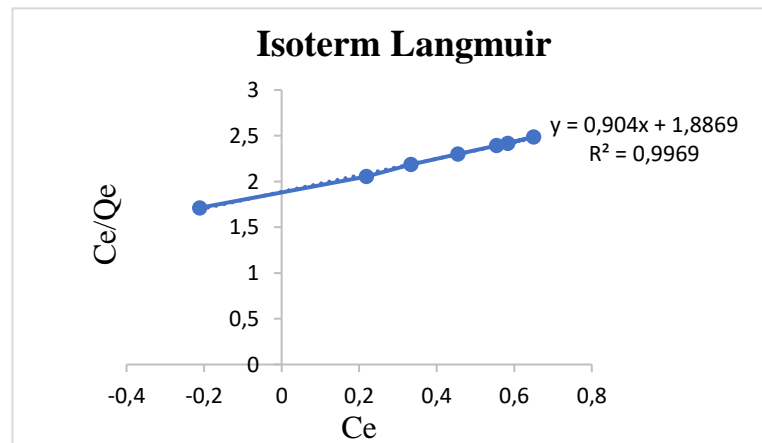
Pengotor pada pola difraksi juga dapat disebabkan oleh ketidaksempurnaan kristal atau adanya fase amorf yang tidak terdeteksi secara langsung melalui teknik difraksi sinar-X (XRD). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan suhu sintering, penambahan bahan pengikat yang lebih homogen, atau penggunaan teknik pemurnian lanjutan dapat secara signifikan mengurangi pengotor dalam material kristalin (Ternero et al., 2021). Oleh karena itu, pengembangan metode sintesis yang lebih presisi, seperti pendekatan berbasis sol-gel atau hidrotermal dengan kontrol parameter yang ketat, dapat menjadi solusi yang efektif. Upaya ini tidak hanya akan meningkatkan kualitas kristal tetapi juga memastikan reproduktibilitas pola difraksi yang lebih baik dalam aplikasi ilmiah maupun industri (Wardiyati et al., 2018; Meteos et al., 2019).

A. Variasi Konsentrasi larutan Pb²⁺



Gambar 2. Pengaruh Variasi Konsentrasi Pb²⁺

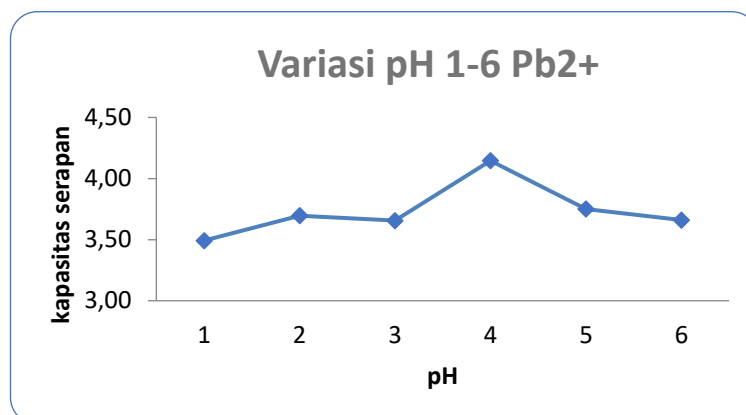
Hasil penelitian kapasitas penyerapan ditunjukkan pada Gambar. Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui bahwa efisiensi penyerapan Pb²⁺ meningkat dengan peningkatan konsentrasi timbal awal sesuai dengan teori. Dalam kasus konsentrasi timbal rendah, rasio awal jumlah mol ion timbal yang tersedia kecil pada luas permukaan adsorben besar dan selanjutnya adsorpsi logam timbal pada larutan akan meningkat pada konsentrasi tinggi hingga situs pada adsorben penuh.



Gambar 3. Grafik isoterm Langmuir

Berdasarkan Gambar 3. diperoleh nilai R² pada isoterm Langmuir sebesar 0,9969 serta dari nilai $y = 0,904x + 1,8869$ didapat nilai kapasitas serapan maksimal (Q_{maks}) dari ion logam Pb(II) yang dapat diserap sebesar 11,061 mg/g. Nilai konstanta kesetimbangan isoterm (KI) didapat sebesar 0,479 L/mg. Menurut Zein et al., (2023) model Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben adalah homogen dan terjadi karena adanya interaksi antara situs aktif adsorben dengan zat teradsorpsi dimana interaksinya hanya terjadi pada lapisan Tunggal (monolayer).

D. Variasi pH Larutan Pb^{2+}



Gambar 4. Grafik Kapasitas Serapan Berdasarkan Variasi pH Larutan Pb^{2+}

Pada Gambar 4. menunjukkan bahwa kondisi optimum penyerapan ion Pb^{2+} yaitu pada pH 4 dengan kapasitas serapan sebesar 4,14 mg/g. Pada pH rendah penyerapan terhadap semua ion logam rendah. Hal ini dikarenakan pada pH rendah permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H^+ (karena gugus fungsi yang terdapat pada permukaan adsorben terprotonasi) (Refida, 2001). Dalam kondisi asam permukaan adsorben juga bermuatan positif, yang akan menyebabkan terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, sehingga adsorpsinya pun menjadi rendah (Nurhasni, 2002).

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa silika yang dihasilkan dari ekstraksi tanah napa efektif digunakan sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} . Kondisi optimum adsorpsi terjadi pada konsentrasi Pb^{2+} sebesar 300 ppm dan pH 4, yang meningkatkan interaksi antara ion logam dan permukaan adsorben.

Kapasitas maksimum adsorpsi silika tercatat sebesar 11,061 mg/g, menandakan kemampuan optimalnya dalam menyerap ion logam. Temuan ini mengindikasikan bahwa silika dari tanah napa berpotensi tinggi sebagai material adsorben untuk pengolahan limbah logam berat, terutama timbal, dan dapat mendukung pengembangan teknologi adsorpsi berbasis bahan alam yang efisien dan ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

Afrianti, S., & Irni, J. (2020). Analisa tingkat pencemaran logam berat timbal (Pb) di Daerah Aliran Sungai Deli Sumatera Utara. *Biolink (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 6(2), 153-161.

Dhaneswara, D., Fatriansyah, J. F., Situmorang, F. W., & Haqoh, A. N. (2020). Synthesis of Amorphous Silica from Rice Husk Ash: Comparing HCl and CH₃COOH Acidification Methods and Various Alkaline



- Concentrations. *International Journal of Technology*, 11(1), 200–208. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i1.3335>
- Firdaus, M. L., Madana, F. E., Sasti, Y. F., Elvia, R., Ishmah, S. N., Eddy, D. R., & Cid-Andres, A. P. (2020). Silica extraction from beach sand for dyes removal: Isotherms, kinetics and thermodynamics. *Rasayan Journal of Chemistry*, 13(1), 249–254. <https://doi.org/10.31788/RJC.2020.1315496>
- Fitri, N. H., Yuniwanti, E. Y. W., & Suedy, S. W. A. (2015). Effect of Psidium Guajava Linn . Leaves and Anacardium Occidentale Linn. Leaves on Wound Healing to Mus musculus Linn . SKIN. *Traditional Medicine Journal*, 20(January), 24–27.
- Gunawan, G. M., Suhendar, D., Sundari, C. D. D., Ivansyah, A. L., Setiadi, S., & Rohmatulloh, Y. (2019). Sintesis Zeolit Silikalit-1 Menggunakan Limbah Tongkol Jagung sebagai Sumber Silika. *Al-Kimiya*, 4(2), 91–99. <https://doi.org/10.15575/ak.v4i2.5089>
- Harimu, L., Rudi, L., Haetami, A., & Santoso, G. A. P. (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.
- Ishmah, S. N., Permana, M. D., Firdaus, M. L., & Eddy, D. R. (2020). Extraction of Silica from Bengkulu Beach Sand using Alkali Fusion Method. *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(2), 1–5. <https://doi.org/10.33369/pendipa.4.2.1-5>
- Juharna, F. M., Widowati, I., & Endrawati, H. (2022). Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kromium (Cr) pada kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Morosari, Sayung, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 139-148.
- Liew, Y. M., Heah, C. Y., Mohd Mustafa, A. B., & Kamarudin, H. (2016). Structure and properties of clay-based geopolymer cements: A review. *Progress in Materials Science*, 83, 595–629. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2016.08.002>
- Luthfiah, A., Deawati, Y., Lutfi Firdaus, M., Rahayu, I., & Eddy, D. R. (2021). Silica from natural sources: A review on the extraction and potential application as a supporting photocatalytic material for antibacterial activity. *Science and Technology Indonesia*, 6(3), 144–155. <https://doi.org/10.26554/sti.2021.6.3.144-155>
- Machfiro, A., & Munasir, M. (2020). Nanopartikel Fe₃O₄@ SiO₂ Untuk Aplikasi Penyerap Logam Cu²⁺ Dalam Air. *Inovasi Fisika Indonesia*, 9(1), 5-8.
- Mateos, D., Valdez, B., Castillo, J. R., Nedev, N., Curiel, M., Perez, O., ... & Tiznado, H. (2019). Synthesis of high purity nickel oxide by a modified sol-gel method. *Ceramics International*, 45(9), 11403-11407.
- Mawardi, (2013). Optimasi Tanah Napa Sebagai Adsorben Ion Logam Krom Dalam Limbah Cair. Laporan Penelitian, Perpustakaan UNP
- Mawardi, M., Deyundha, D., Zainul, R., & Zalmi, P. R. (2018). Characterization of PCC Cement by Addition of Napa Soil from Subdistrict Sarilamak 50 Kota District as Alternative Additional Material for Semen Padang. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012034>
- Munasir, & Safitri, I. I. (2021). Hydrophobic Nanoparticles-Silica from Natural Sands with TMCS as Media. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1125(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1125/1/012005>
- Nilmania, V., & Mawardi, M. (2022). Pengaruh Rasio Na₂SiO₃/NaOH sebagai Alkali Aktivator Terhadap Hilang Pijar dan Kehalusan Butiran Semen (Blaine Analysis) Geopolimer Berbasis Tanah Napa. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(1), 18. <https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113373>
- Nurhasni. (2002). "Pengaruh Pemanasan Tanah Diatome Terhadap Kemampuan Adsorpsi Cd (II) Dalam Pelarut Air". *JSKA.Vol.VI.No.3*.
- Refida, 2001. Pengaruh Pemanasan Tanah Diatome Terhadap Kemampuan Adsorpsi Cd (II) Dalam Pelarut Air. *JSKA.Vol.VI.No.3*.
- Retnosari, A. (2013). Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO₂) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara. Universitas Jember, 1–56.
- Salsabila, B., Nasra, E., Hardeli, H., Dewata, I., & Kurniawati, D. (2023). Pengaruh pH dan Konsentrasi pada Penyerapan Ion Logam Cu(II) Menggunakan Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*). *Periodic*, 12(2), 36. <https://doi.org/10.24036/periodic.v12i2.117510>
- Ternero, F., Rosa, L. G., Urban, P., Montes, J. M., & Cuevas, F. G. (2021). Influence of the total porosity on the properties of sintered materials—A review. *Metals*, 11(5), 730.
- Wardiyati, S., Fisli, A., & Yusuf, S. (2018). Sintesis Nanokatalis Tio₂ Anatase dalam Larutan Elektrolit dengan Metoda Sol Gel. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(3), 153-157.
- Zein, R., Akmal, C., Safni, S., Fauzia, S. and Ramadhani, P. (2023) Banana Stem (*Musa balbisiana* Colla) as Potential Biosorbent to Remove, 45(3).

