

PASIR KAOLIN BANGKA BELITUNG TERAKTIVASI BASA SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Cu(II) DI PERAIRAN

Bagus Rizkyantoro Purnama¹, M. Hanif², Aria Andreansya³, Saidina Rahmattullah⁴, Nara Bastian⁵, M. Mahfudz Fauzi Syamsuri^{*6}

Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Kota Palembang, Indonesia
e-mail^{*6}: mahfudz.fauzi@radenfatah.ac.id

Submitted: 4 Mei 2025; Revised: 28 Mei 2025; Accepted: 28 Mei 2025; Published: 4 Juni 2025

ABSTRAK

Pencemaran air oleh ion logam berat, khususnya tembaga (Cu(II)), merupakan masalah lingkungan yang serius karena dapat membahayakan ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji adsorpsi ion logam Cu(II) dengan menggunakan pasir kaolin Bangka Belitung yang diaktivasi secara basa. Pasir kaolin direndam dalam larutan NaOH 1 M, kemudian disaring, dicuci sampai netral, dan dikeringkan pada suhu 110 °C. Hasil karakterisasi dengan FTIR pasir kaolin teraktivasi menunjukkan adanya pita serapan vibrasi tekuk gugus hidroksil pada bilangan gelombang 1661 cm⁻¹, sementara pada pasir kaolin tanpa aktivasi tidak muncul. Kemampuan pasir kaolin teraktivasi dalam mengadsorpsi ion logam Cu(II) dikaji berdasarkan variasi waktu kontak. Banyaknya ion logam Cu(II) yang teradsorpsi dianalisis dengan UV-Vis. Kapasitas adsorpsi dan %adsorpsi ion logam Cu(II) tertinggi tercapai pada menit ke 25 dengan jumlah masing-masing sebesar 51,95 mg/g dan 17,32%. Dengan proses aktivasi yang relatif sederhana, pasir kaolin teraktivasi menunjukkan potensi yang besar sebagai solusi efisien dan ramah lingkungan untuk pengolahan air tercemar ion logam Cu(II).

Kata kunci: adsorpsi, aktivasi basa, ion logam Cu(II), pasir kaolin

ABSTRACT

Water pollution by heavy metal ions, especially copper (Cu(II)), is a serious environment problem because it can be harmful to aquatic ecosystems and human health. This study aims to investigate the adsorption of Cu(II) metal ions by using alkaline-activated Bangka Belitung kaolin sand. Kaolin sand was soaked in 1 M NaOH solution, then filtered, washed until neutral, and dried at 110°C. The FTIR characterization of the activated kaolin sand showed that the presence of hydroxyl group bending vibration band at wave number 1661 cm⁻¹, while it did not appear on the unactivated kaolin sand. The performance of activated kaolin sand in adsorbing Cu(II) metal ions was studied according to the variation of contact time. The amount of Cu(II) metal ions adsorbed was analyzed by UV-Vis. The highest adsorption capacity and %adsorption of Cu(II) metal ions were achieved at the 25 minute with 51.95 mg/g and 17.32%, respectively. With the relatively simple activation process, activated kaolin sand represents great potential as an efficient and environmentally friendly solution for the treatment of Cu(II) metal ion polluted water.

Keywords: adsorption, alkaline activation, Cu(II) metal ion, kaolin sand

PENDAHULUAN

Pencemaran air oleh ion logam berat seperti tembaga (Cu(II)) menjadi perhatian serius karena dapat merusak ekosistem air dan membahayakan kesehatan manusia. Ion Cu(II) berasal dari berbagai aktivitas manusia, seperti limbah industri, pertanian, dan rumah tangga. Dalam lingkungan perairan, akumulasi ion logam berat dapat menyebabkan toksisitas yang merugikan organisme akuatik dan manusia (Agathis, Agustin, & Syamsuri, 2024; Liu, Wang, Cui, & Chen, 2023; Syamsuri, Triawan, Nurwidiyani, Agathis, & Agustin, 2024; Sydow & Bieńczyk, 2019). Oleh karena itu, pengembangan metode pengolahan air yang efektif dan ekonomis sangat diperlukan.

Adsorpsi merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan untuk menghilangkan ion logam

dari air. Proses ini melibatkan interaksi antara ion logam dengan permukaan material adsorben (Abbou et al., 2021; Gupta, Gupta, & Kharat, 2017).

Kaolin merupakan mineral alam berbasis silikat yang memiliki potensi tinggi sebagai adsorben karena struktur berlapis dan luas permukaan yang besar. Kaolin alam dari Bangka Belitung mengandung 57,4% silika; 36,81% Al_2O_3 ; 2,88% K_2O ; 0,57% MgO ; 0,23% Na_2O , 0,18% Sulfur dan 42,02% sisa pijar. Performa kaolin dalam mengadsorpsi logam berat dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi, baik secara fisik maupun kimia. Aktivasi fisik melibatkan pemanasan pada suhu tinggi untuk meningkatkan porositas, sementara aktivasi kimia menggunakan larutan asam atau basa untuk memodifikasi sifat permukaan kaolin (Nurhadini, Asriza, Ayu, & Anggraeni, 2019).

Dalam aplikasinya sebagai adsorben logam berat, beberapa peneliti umumnya melakukan aktivasi kaolin dengan menggunakan asam (Agathis et al., 2024; Sari, Muhsin, & Wijayanti, 2018). Akan tetapi, Majid et al. (2023) melaporkan hasil aktivasi kaolin dengan menggunakan basa dan diaplikasikan sebagai adsorben antibiotik rifampicin.

Untuk mengkaji kemampuan kaolin teraktivasi basa sebagai adsorben logam berat, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji performa pasir kaolin Bangka Belitung teraktivasi basa sebagai adsorben ion Cu(II) dari air. Karakterisasi terhadap pasir kaolin teraktivasi menggunakan FTIR dilakukan untuk menganalisis ada tidaknya perubahan struktur kimia pada kaolin. Kemampuan adsorpsi pasir kaolin yang telah diaktivasi diuji pada larutan yang mengandung ion logam Cu(II) dengan konsentrasi ion Cu(II) sebelum dan setelah adsorpsi diukur melalui nilai absorbansi. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam menyediakan solusi yang efisien untuk pengolahan air tercemar logam berat.

METODE PENELITIAN

Peralatan dan Bahan

Peralatan dan instrumen yang digunakan antara lain peralatan gelas standar laboratorium (Iwaki Pyrex), peralatan porselein standar laboratorium, spatula besi, ayakan mesh, oven (Memmert UN75), neraca analitik (Mettler Toledo), orbital shaker (Biobase BJPX-2012R), FTIR (Bruker Alpha II), Spektrofotometer UV-Vis (Thermo Spectronic Genesys 20).

Bahan-bahan yang digunakan antara lain pasir kaolin Bangka Belitung, natrium hidroksida (NaOH , Merck), kristal tembaga(II) sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Merck), EDTA (Bratachem), akuades (Laboratorium Terpadu UIN Raden Fatah Palembang).

Prosedur

Preparasi dan aktivasi pasir kaolin. Prosedur preparasi dan aktivasi mengadopsi dari penelitian Agathis et al. (2024). Pasir kaolin dari Bangka Belitung dikeringkan pada suhu 110°C untuk mengurangi kadar air, kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Sebanyak 2 gram pasir kaolin berukuran 100 mesh direndam dalam 50 mL larutan NaOH 1 M disertai pengadukan selama 15 menit pada suhu kamar dan didiamkan selama 5 menit. Endapan pasir kaolin disaring, dicuci sampai netral, dan dikeringkan pada suhu 110°C . Pasir kaolin teraktivasi selanjutnya dikarakterisasi dengan FTIR.

Adsorpsi ion logam Cu(II) dengan pasir kaolin teraktivasi. Sebanyak 10 mg pasir kaolin teraktivasi ditambahkan ke dalam 10 mL larutan Cu(II) ppm. Selanjutnya larutan dikocok dengan waktu variasi 0, 5, 10, 15, 20, dan 25 menit dan disaring. Kemudian filtrat ditambahkan EDTA dan ditentukan konsentrasi ion logam Cu(II) tersisa menggunakan UV-Vis.

Kapasitas adsorpsi pasir kaolin teraktivasi terhadap ion logam Cu(II) dihitung dengan rumus:

$$Q_t = \frac{(C_o - C_t)V}{m}$$

sementara % adsorpsi ion logam Cu(II) dengan pasir kaolin teraktivasi dihitung dengan rumus:

$$R\% = \frac{Q_t}{C_o} \times 100\%$$

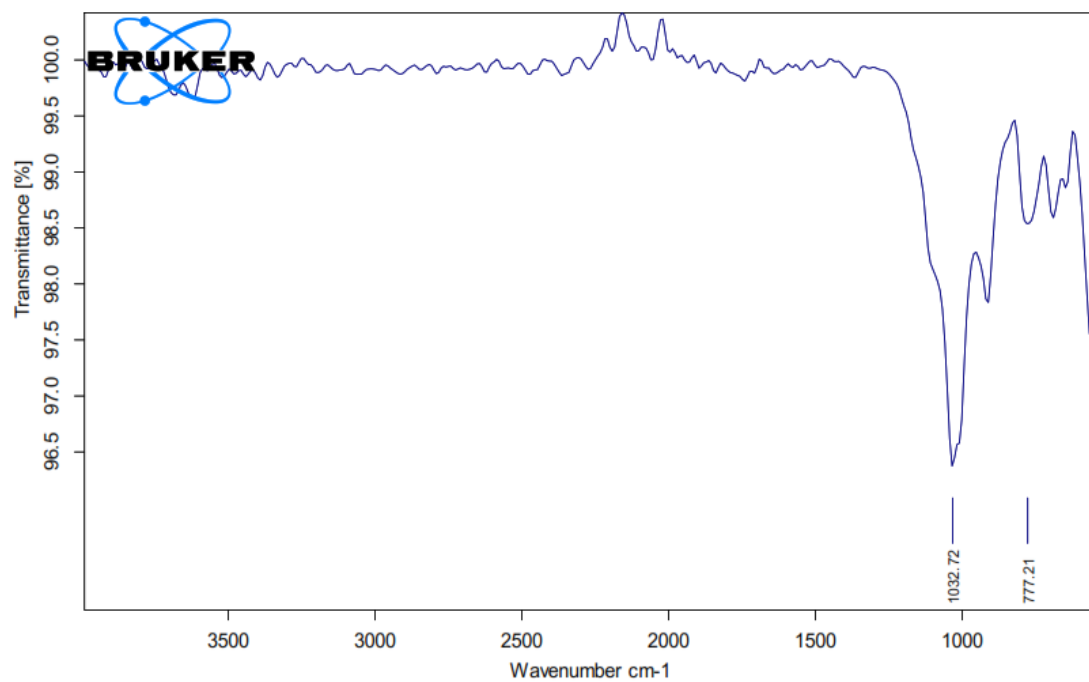
di mana C_o adalah konsentrasi ion logam Cu(II) mula-mula (mg/L), C_t adalah konsentrasi ion logam Cu(II) tersisa pada larutan pada waktu t (mg/L), V adalah volume larutan, dan m adalah massa

pasir kaolin teraktivasi.

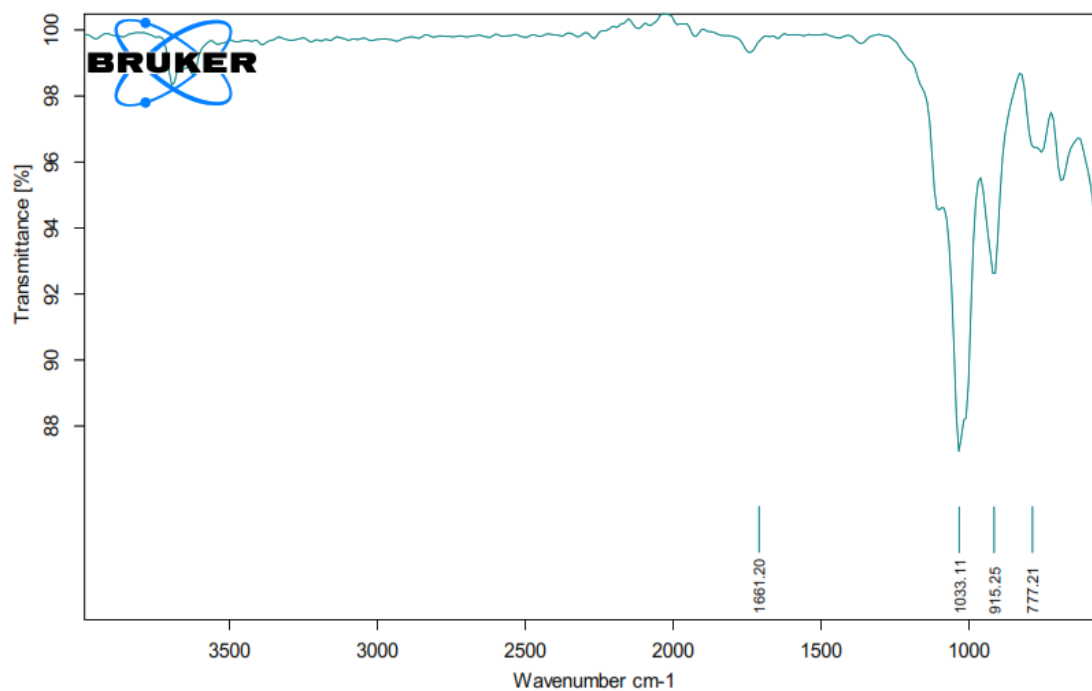
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pasir Kaolin Teraktivasi

Kaolin merupakan mineral alam berbasis silikat. Hasil karakterisasi pasir kaolin dengan FTIR disajikan pada Gambar 1 dan interpretasinya dalam Tabel 1.



(a)



(b)

Gambar 1. Spektra FTIR (a) pasir kaolin dan (b) pasir kaolin teraktivasi

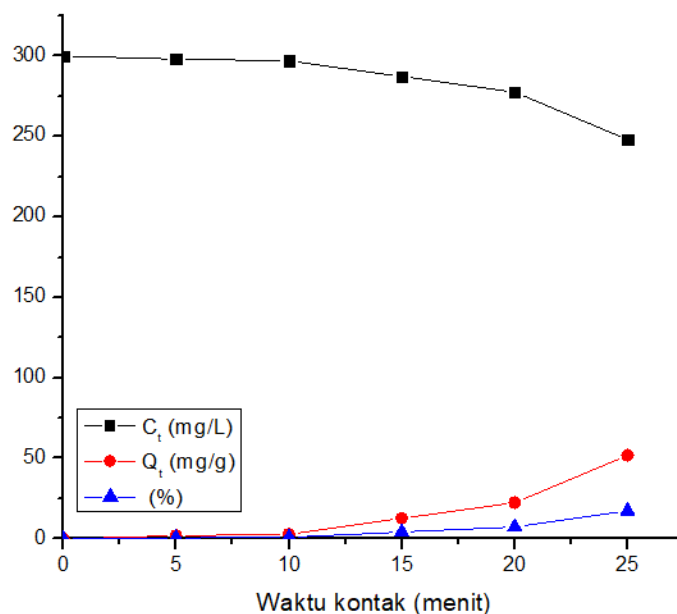
Tabel 1. Interpretasi spektra FTIR pasir kaolin

Serapan pada bilangan gelombang (cm ⁻¹)		Vibrasi gugus fungsional
Pasir kaolin	Pasir kaolin teraktivasi	
-	1661,20	–OH tekuk
1032,72	1033,11	Si–O ulur
-	915,25	Si–O–M tekuk (M = kation)
777,21	777,21	Si–O–Al tekuk

Pita serapan pada FTIR pasir kaolin seperti Gambar 1(a) serupa seperti hasil penelitian Agathis et al. (2024) yang menunjukkan bahwa pasir kaolin merupakan material silikat. Pada Gambar 1(b) terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 1661,20 cm⁻¹ dan 915,25 cm⁻¹ yang mengonfirmasi vibrasi tekuk gugus hidroksil (–OH) dan vibrasi tekuk Si–O–M dengan M adalah kation penyeimbang. Kedua pita serapan ini tidak terbaca pada spektra FTIR pasir kaolin. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivasi pasir kaolin menggunakan basa telah berhasil dilakukan. Basa kuat seperti NaOH dapat menyerang ikatan Si–O–Al yang diindikasikan dari intensitas pita serapan pada panjang gelombang 777,21 cm⁻¹ tidak setajam pada pasir kaolin.

Adsorpsi Ion Logam Cu(II) dengan Pasir Kaolin Teraktivasi

Kemampuan pasir kaolin teraktivasi dalam mengadsorpsi ion logam Cu(II) dikaji berdasarkan variasi waktu kontak. Variasi waktu kontak antara pasir kaolin teraktivasi sebagai adsorben dan ion logam Cu(II) sebagai adsorbat antara lain 0, 5, 10, 15, 20, dan 25 menit. Filtrat yang mengandung konsentrasi ion logam Cu(II) sisa ditambahkan EDTA. Penambahan EDTA dilakukan untuk meningkatkan intensitas warna melalui pembentukan kompleks Cu-EDTA. Hasil pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengukuran filtrat larutan Cu(II) dengan spektrofotometer UV-Vis

Data dalam Gambar 2 nampak bahwa seiring dengan meningkatnya waktu, ion logam Cu(II) yang teradsorpsi (C_t) pada pasir kaolin teraktivasi semakin banyak. Hal ini disebabkan aktivasi basa meningkatkan konsentrasi gugus hidroksil (–OH) pada permukaan pasir kaolin. Penambahan jumlah gugus hidroksil ini menyebabkan terjadinya interaksi dengan ion logam Cu(II) juga semakin banyak. Konsentrasi ion logam Cu(II) tersisa dengan jumlah paling sedikit teramati pada waktu kontak 25 menit. Dengan demikian kapasitas adsorpsi (Q_t) tertinggi juga tercapai pada waktu kontak 25 menit sebesar 51,95 mg/g dengan %R sebesar 17,32%.

KESIMPULAN

Aktivasi pasir kaolin dengan basa telah berhasil dilakukan yang ditandai dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang $1661,20\text{ cm}^{-1}$ dan $915,25\text{ cm}^{-1}$ yang mengonfirmasi vibrasi tekuk gugus hidroksil ($-\text{OH}$) dan vibrasi tekuk $\text{Si}-\text{O}-\text{M}$ dengan M adalah kation penyeimbang. Kedua pita serapan tersebut tidak terbaca pada spektra FTIR pasir kaolin tanpa aktivasi. Pasir kaolin teraktivasi mampu mengadsorpsi ion logam Cu(II) dalam larutan dengan konsentrasi ion logam Cu(II) tersisa dengan jumlah paling sedikit teramati pada waktu kontak 25 menit. Kapasitas adsorpsi tertinggi juga tercapai pada waktu kontak 25 menit sebesar $51,95\text{ mg/g}$ dengan %R sebesar 17,32%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbou, B., Lebki, I., Ouaddari, H., Kadiri, L., Ouass, A., Habsaoui, A., ... Rifi, E. H. (2021). Removal of Cd(II) , Cu(II) , and Pb(II) by adsorption onto natural clay: a kinetic and thermodynamic study. *TURKISH JOURNAL OF CHEMISTRY*, 45(2), 362–376. <https://doi.org/10.3906/kim-2004-82>
- Agathis, S., Agustin, T., & Syamsuri, M. M. F. (2024). Acid-Activated Kaolin Sand as a Copper (II) Removal in Aqueous Solution. 10(1), 186–190.
- Gupta, M., Gupta, H., & Kharat, D. S. (2017). Adsorption of Cu(II) by Low Cost Adsorbents: A Review. *Current Environmental Engineering*, 4(3). <https://doi.org/10.2174/2212717804666170728144629>
- Liu, Y., Wang, H., Cui, Y., & Chen, N. (2023). Removal of Copper Ions from Wastewater: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph20053885>
- Majid, A. F. A., Dewi, R., Shahri, N. N. M., Shahrin, E. W. E. S., Kusrini, E., Shamsuddin, N., ... Usman, A. (2023). Enhancing adsorption performance of alkali activated kaolinite in the removal of antibiotic rifampicin from aqueous solution. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 676, 132209. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.132209>
- Nurhadini, Asriza, R. O., Ayu, K., & Anggraeni. (2019). Pengaruh Metode Aktivasi Kimia Terhadap Sifat Kaolin. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat*, 2–4.
- Sari, T. I. W., Muhsin, M., & Wijayanti, H. (2018). Pengaruh Metode Aktivasi pada kemampuan Kaolin sebagai Adsorben Besi (Fe) Air Sumur Garuda. *Konversi*, 5(2), 20. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4768>
- Syamsuri, M. M. F., Triawan, D. A., Nurwidiyanti, R., Agathis, S., & Agustin, T. (2024). Removal Cu (II) Ions in Aqueous Solution by Using Bengkulu Natural Bentonite. 10(1), 191–195.
- Sydow, Z., & Bieńczyk, K. (2019). The overview on the use of natural fibers reinforced composites for food packaging. *Journal of Natural Fibers*, 16(8), 1189–1200. <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1455621>