

**Bidang: Teknik Kimia Mineral
Teknik Kimia**

Topik: Rekayasa dan Perancangan Proses

**Efektivitas Adsorben Kulit Kakao Teraktivasi HCl Terhadap
Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+}
Politeknik ATI Makassar**

Luthfiyyah Nabila Balqis¹, Herlina Rahim², dan Melani Ganing³

¹²³Politeknik ATI Makassar

luthfiyyahnabilaa@gmail.com, herlina@atim.ac.id, melaning@atim.ac.id

ABSTRAK

Limbah kulit kakao memiliki potensi besar sebagai bahan baku adsorben karena mengandung lignoselulosa yang tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Hasil karakterisasi fisik menunjukkan bahwa kadar air dan kadar abu seluruh sampel memenuhi persyaratan SNI 06-3730-1995, yang menandakan kualitas awal adsorben tergolong baik. Aktivasi menggunakan HCl 1 M menghasilkan efisiensi adsorpsi tertinggi sebesar 95,74% pada massa adsorben 3 g, sedangkan aktivasi HCl 2 M memberikan efisiensi lebih rendah. Peningkatan massa adsorben terbukti secara konsisten meningkatkan efektivitas penyerapan akibat bertambahnya jumlah situs aktif pada permukaan adsorben. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa kulit kakao teraktivasi HCl 1 M berpotensi menjadi adsorben alternatif yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk pengolahan air tercemar ion logam berat Cu^{2+} , sekaligus mendukung upaya pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan.

Kata kunci: Adsorben, Kulit kakao, Aktivator, Massa adsorben, dan Adsorpsi

ABSTRACT

Cocoa husk waste has great potential as an adsorbent raw material because it contains lignocellulose composed of cellulose, hemicellulose, and lignin. The results of physical characterization showed that the moisture and ash content of all samples met the requirements of SNI 06-3730-1995, which indicates that the initial quality of the adsorbent is quite good. Activation using 1 M HCl resulted in the highest adsorption efficiency of 95.74% at an adsorbent mass of 3 g, while activation using 2 M HCl gave a lower efficiency. Increasing the adsorbent mass has been proven to consistently increase the absorption effectiveness due to the increase in the number of active sites on the adsorbent surface. Overall, the results of this study prove that cocoa husk activated with 1 M HCl has the potential to be an effective, economical, and environmentally friendly alternative adsorbent for the treatment of water contaminated with heavy metal ions Cu^{2+} , while supporting efforts to utilize agricultural waste sustainably.

Keywords: *Solid soap, Cocoa bean sheel, Cocoa bean sheel extract, Adsorption, and Adsorbent.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen kakao terbesar di dunia, dengan total produksi mencapai 631.350 ton pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2024). Sebagian besar hasil panen tersebut menghasilkan limbah berupa kulit buah yang belum dimanfaatkan secara optimal. Umumnya, limbah ini hanya dijadikan pakan ternak atau dibuang begitu saja [6]. Padahal, menurut Wijaya et al. (2018), Kulit kakao memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi, terdiri atas 17,27% selulosa, 19,56% hemiselulosa, dan 52,02% lignin, sehingga berpotensi besar dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan adsorben. Di sisi lain, keberadaan logam berat seperti tembaga (Cu) di lingkungan perairan menimbulkan kekhawatiran serius, terutama di wilayah industri dan pertambangan. Ion Cu^{2+} berisiko toksik bagi manusia, karena dapat menyebabkan gangguan pada hati dan ginjal [1]. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menurunkan kadar logam berat adalah proses adsorpsi. Penelitian oleh Nika et al. (2022), mengungkapkan bahwa adsorben dari kulit kakao yang diaktivasi dengan HCl 1 M mampu menyerap zat warna Naphtol ASBO hingga 92%, dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 5,87 mg/g. Namun, kajian yang secara khusus mengevaluasi efektivitas adsorben dari kulit kakao terhadap ion Cu^{2+} masih terbatas, terutama dalam hal pengaruh variasi massa dan konsentrasi aktivator. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas adsorben kulit kakao teraktivasi hcl terhadap adsorpsi ion Cu^{2+} dengan variasi massa dan konsentrasi aktivator. Analisis dilakukan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), instrumen berpresisi tinggi yang mampu mendeteksi logam hingga tingkat 0,001 ppm dan direkomendasikan oleh Environmental Protection Agency (EPA 7000B). Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah yang efisien dan berbasis sumber daya lokal.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan antara lain oven, timbangan analitik, labu erlenmeyer, gelas ukur, corong kaca, kertas saring, hot plate, pH meter, mortar dan pestle, serta instrumen Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) untuk analisis Cu^{2+} . Bahan yang digunakan meliputi kulit kakao (adsorben), larutan HCl (1 M dan 2 M) sebagai aktivator, larutan CuSO_4 100 ppm sebagai sumber ion Cu^{2+} , dan aquades sebagai pelarut.

Kulit kakao dibersihkan dari kotoran, dipotong kecil, lalu dijemur selama 2–3 hari. Setelah itu, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Kulit kakao dikarbonisasi melalui pembakaran hingga terbentuk arang, kemudian digerus dan disaring menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Arang direndam dalam larutan HCl (1 M dan 2 M) selama 24 jam. Setelah itu, arang disaring, dicuci dengan aquades hingga pH netral, lalu dikeringkan kembali pada suhu 105°C . Setelah dikeringkan, adsorben disimpan dalam wadah yang rapat untuk mencegah kontaminasi.

Tiga sampel larutan Cu^{2+} 10 ppm disiapkan masing-masing sebanyak 100 ml. Setiap sampel ditambahkan adsorben dengan massa yaitu 1 gram, 2 gram dan 3 gram. Campuran diaduk selama 60 menit pada suhu ruang. Setelah itu disaring dan sisa ion Cu^{2+} dianalisis menggunakan AAS untuk mengetahui efisiensi penyerapan [6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kualitas adsorben yang dibuat dari kulit kakao menunjukkan bahwa karakteristik fisik, seperti kadar air dan kadar abu, berada dalam rentang yang sesuai dengan ketentuan standar SNI 06-3730-1995. Rincian hasil uji tersebut ditampilkan pada Tabel 4.1 :

Tabel 1. Hasil uji kualitas adsorben kulit kakao

Parameter	Aktivator		Standar Mutu
	HCl		
	1M	2M	
Kadar Air (%)	13,71%	13,40%	Maks. 15%
Kadar Abu (%)	3,33%	2,17%	Maks. 10%

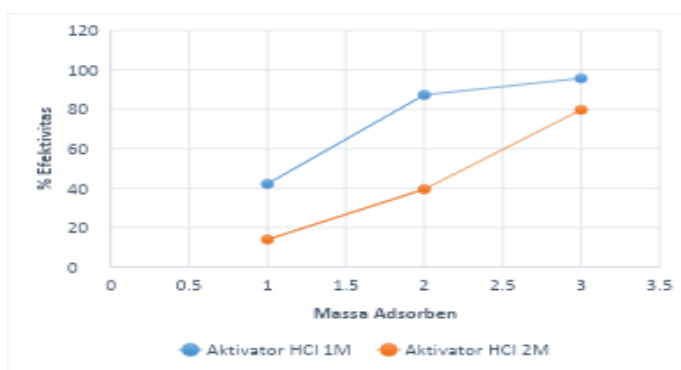
(Sumber : Data Primer, 2025)

Tabel 1. Hasil uji adsorpsi ion Cu^{2+} dan % Efektivitas berdasarkan variasi konsentrasi HCl dan massa adsorben

Sample ID	Konsentrasi Aktivator (HCl)	Massa (g)	Konsentrasi Cu^{2+} (ppm)	Efektivitas (%)
Larutan Cu tanpa adsorben	-	-	55,4046	-
	1M	1	32,0460	42,16
		2	7,0428	87,29
Larutan Cu	1M	3	2,3717	95,72
		1	47,7039	13,90
		2	33,5559	39,43
	2M	2	33,5559	39,43
		3	11,2401	79,71

(Sumber : Data Primer, 2025)

Pengujian kadar air dan kadar abu mengacu pada SNI 06-3730-1995 (maksimum 15% dan 10%) dilakukan untuk menilai kualitas arang aktif kulit kakao sebelum adsorpsi. Kadar air adsorben hasil aktivasi HCl 1 M sebesar 13,71% dan HCl 2 M sebesar 14,77%, keduanya di bawah standar sehingga pori-pori tetap terbuka dan luas permukaan aktif optimal [2]. Kadar abu tercatat 3,33% (HCl 1 M) dan 2,17% (HCl 2 M), jauh di bawah batas maksimum, menandakan rendahnya kandungan anorganik nonaktif yang dapat mengurangi kapasitas adsorpsi Hasil ini menunjukkan bahwa arang aktif kulit kakao memenuhi kriteria mutu dan berpotensi optimal untuk pemurnian air tercemar logam berat.



Gambar 1. Hubungan massa adsorben dan konsentrasi aktivator HCl dengan persentase efektivitas adsorpsi

Peningkatan massa adsorben berbanding lurus dengan efektivitas penurunan konsentrasi ion Cu^{2+} . Adsorben dengan HCl 1 M menunjukkan kinerja lebih optimal dibandingkan HCl 2 M. Pada massa 3 g dengan HCl 1 M, konsentrasi ion Cu^{2+} menurun dari 55,4046 ppm menjadi 2,3717 ppm (efisiensi 95,72%), sedangkan HCl 2 M hanya menurun menjadi 11,2401 ppm (79,71%). Peningkatan konsentrasi aktivator tidak selalu meningkatkan efektivitas adsorpsi; konsentrasi terlalu tinggi dapat merusak mikropori arang aktif, menurunkan luas permukaan. Aktivasi berlebihan dapat menurunkan kapasitas adsorpsi. Selain konsentrasi aktivator, massa adsorben mempengaruhi efektivitas penyerapan. HCl 1 M dengan massa 1 g, 2 g, dan 3 g menghasilkan efektivitas 42,16%, 87,29%, dan 95,72%. Peningkatan massa memperbanyak situs aktif dan memperluas permukaan kontak, meningkatkan peluang penjerapan [6]. Karbon aktif mengandung gugus hidroksil ($-\text{OH}$), karboksil ($-\text{COOH}$), dan oksigen lain dari lignoselulosa yang berperan dalam ikatan ionik dan koordinasi dengan ion logam. Struktur berpori mempermudah difusi ion logam [7]. Penjerapan ion Cu^{2+} pada karbon aktif terjadi melalui adsorpsi fisik akibat gaya tarik muatan permukaan tanpa ikatan kimia permanen [5].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, adsorben berbahan kulit kakao terbukti efektif menurunkan kadar ion logam Cu^{2+} . Efektivitas dipengaruhi oleh konsentrasi aktivator HCl dan jumlah adsorben yang digunakan. Aktivasi dengan HCl 1 M memberikan hasil paling optimal, dengan efisiensi hingga 95,72% pada massa 3 g. Penambahan massa adsorben meningkatkan kemampuan penyerapan, sedangkan aktivator dengan konsentrasi terlalu tinggi cenderung merusak struktur pori sehingga menurunkan kinerja adsorpsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, pimpinan dan dosen Politeknik ATI Makassar yang telah membantu dalam hal pendanaan, juga kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusinya demi terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Juwita, I. Ahmad, E. Bujawati, and S. Basri, "Efektivitas penggunaan arang limbah kulit kakao (*Theobroma cacao L.*) untuk menurunkan kesadahan, salinitas dan senyawa organik air," *Higiene*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [2] L. La Ifa, N. Nurdjannah, T. Syarif, D. Darnengsih, S. Zulichatun, J. Jumaeri, and E. Kusumastuti, "Manufacture of activated carbon tofu pulp and application as adsorbent crystal violet color substance and Congo red," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 7, no. 3, pp. 228–235, 2018.
- [3] I. M. T., "Bioadsorben dan aplikasinya," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 1, 2021. [Online]. Available: <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- [4] N. S. Nika, I. Gauru, L. Kadang, and T. Y. K. Lulan, "Adsorpsi zat warna naphtol menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*)," *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*, vol. 7, no. 1, pp. 2657–1900, 2022.
- [5] L. Sellaoui, F. Dhaouadi, S. Taamalli, F. Louis, A. El Bakali, M. Badawi, A. Bonilla-Petriciolet, L. Silva, K. da Boit Martinello, G. L. Dotto, and A. Ben Lamine, "Understanding the Cu^{2+} adsorption mechanism on activated carbon using advanced statistical physics modelling," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 36, pp. 54882–54889, 2022. doi: 10.1007/s11356-022-19795-7.
- [6] L. D. Sianipar, T. A. Zaharah, and I. Syahbanu, "Adsorpsi Fe(II) dengan arang kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) teraktivasi asam klorida," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 5, no. 2, pp. 50–59, 2016.
- [7] D. Wahyuni, S. Harmawanda, M. Nurhanisa, H. Hasanuddin, Z. Zulfian, and N. Nurhasanah, "Efektivitas karbon aktif dari limbah tongkol jagung (*Zea mays*) dengan variasi aktivator asam klorida dalam penyerapan logam besi pada air gambut," *Jurnal Fisika*, vol. 13, no. 1, pp. 10–19, 2023. doi: 10.15294/jf.v13i1.42778.
- [8] M. M. Wijaya, M. Wiharto, and M. Anwar, "Cellulose compound of cacao waste and chemical composition of cacao vinegar with GC–MS method," *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, vol. 2, no. 3, p. 191, 2018. doi: 10.20961/jkpk.v2i3.11974.