

PEMANFAATAN SELULOSA KULIT JAGUNG SEBAGAI ADSORBEN LOGAM MANGAN PADA LIMBAH CAIR PENAMBANGAN BATUBARA

Pevilia Sandi¹, Ian Kurniawan², Aan Sefentry³

Universitas PGRI Palembang, Palembang

e-mail: ¹peviliasandi99@gmail.com, ²iankurniawan@univpgri-palembang.ac.id,

³aan73sefentry@gmail.com

Abstract: Coal mining wastewater is one of the sources of environmental pollution that contains heavy metals, such as manganese (Mn) and iron (Fe), which can reduce water quality if their concentrations exceed the established quality standards. One treatment method that can be applied is adsorption using biomass-based adsorbents. Corn husk contains cellulose and active functional groups that have the potential to be utilized as a natural adsorbent. This study aimed to determine the effect of variations in corn husk adsorbent particle size on the reduction of Mn, Fe, Total Suspended Solids (TSS), and changes in pH in coal mining wastewater, as well as to identify the most effective particle size. The research was conducted experimentally using corn husk adsorbents activated with 1 N NaOH solution and sieved into particle sizes of 80 mesh, 100 mesh, and 120 mesh. The adsorption process was carried out using 1.5 g of adsorbent, a contact time of 90 minutes, and a stirring speed of 150 rpm. The results showed that particle size affected adsorption effectiveness. The 100 mesh particle size produced the best results, with Mn removal efficiency of 56.7% from 8 mg/L to 3.7 mg/L, Fe removal efficiency of 49.74% from 14 mg/L to 7 mg/L, and TSS reduction efficiency of 50.7% from 12 mg/L to 6 mg/L. In addition, the pH increased from 7.43 to 8.05. These findings indicate that corn husk cellulose has the potential to be used as an environmentally friendly adsorbent for the effective treatment of coal mining wastewater.

Keywords: Corn Husk, Adsorption, Manganese (Mn), Iron (Fe), Coal Mining Wastewater

Abstrak: Limbah cair penambangan batubara mengandung logam berat, seperti mangan (Mn) dan besi (Fe), yang dapat mencemari lingkungan apabila melebihi baku mutu. Salah satu metode pengolahan yang dapat digunakan adalah adsorpsi menggunakan adsorben berbasis biomassa. Kulit jagung memiliki kandungan selulosa dan gugus fungsi aktif yang berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben alami. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel adsorben kulit jagung terhadap penurunan kadar Mn, Fe, Total Suspended Solid (TSS), dan perubahan pH pada limbah cair penambangan batubara serta menentukan ukuran partikel yang paling efektif. Penelitian dilakukan secara eksperimen menggunakan adsorben kulit jagung yang diaktivasi dengan larutan NaOH 1 N dan diayak pada ukuran 80 mesh, 100 mesh, dan 120 mesh. Proses adsorpsi dilakukan dengan massa adsorben 1,5 gram, waktu kontak 90 menit, dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel memengaruhi efektivitas adsorpsi. Ukuran 100 mesh memberikan hasil terbaik dengan efisiensi penurunan Mn sebesar 56,7% dari 8 mg/L menjadi 3,7 mg/L, Fe sebesar 49,74% dari 14 mg/L menjadi 7 mg/L, dan TSS sebesar 50,7% dari 12 mg/L menjadi 6 mg/L. Selain itu, pH meningkat dari 7,43 menjadi 8,05, sehingga selulosa kulit jagung berpotensi digunakan sebagai adsorben ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair penambangan batubara secara efektif.

Kata kunci: Kulit Jagung, Adsorpsi, Mangan (Mn), Besi (Fe), Limbah Cair Penambangan Batubara.

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri di Indonesia terus mengalami peningkatan yang ditandai dengan bertambahnya jumlah kegiatan produksi di berbagai bidang. Di sisi lain, peningkatan aktivitas industri tersebut turut menyebabkan bertambahnya volume limbah yang dihasilkan. Salah satu bentuk pencemaran yang menjadi perhatian adalah kontaminasi logam berat, mengingat pemanfaatannya dalam berbagai proses industri terus meningkat dari waktu ke waktu (Farida et al., 2019). Di antara berbagai jenis logam berat, mangan (Mn) merupakan salah satu unsur yang banyak dijumpai dalam limbah cair industri maupun kegiatan penambangan. Meningkatnya pertumbuhan sektor industri berkontribusi terhadap bertambahnya jumlah limbah cair yang mengandung mangan. Keberadaan logam Mn pada konsentrasi yang melebihi baku mutu berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap organisme akuatik, menurunkan kualitas badan air, serta meningkatkan risiko gangguan kesehatan apabila terpapar dalam jangka waktu yang lama (Wati et al., 2024).

Penambangan adalah kegiatan dengan memanfaatkan mineral batubara agar dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Penambangan batubara merupakan salah satu industri yang memenuhi kebutuhan energi dalam dan luar negeri. Batubara banyak digunakan di berbagai industri antara lain pembangkit listrik, industri baja, pemanas ruangan dan Dalam kegiatan produksinya, industri ini membutuhkan banyak batubara sebagai bahan terlebih dahulu. Untuk mencapai hal ini, negara ini merupakan salah satu negara penghasil batubara terbesar dunia. Faktanya, proses penambangan batu bara secara umum belum optimal dalam hal *good mining practice*, salah satu hal yang masih banyak diabaikan oleh perusahaan penambangan yaitu permasalahan

pengolahan limbah di lingkungan luar tambang

Limbah dari proses penambangan batubara yang mengandung logam berat mangan berdampak buruk bagi badan air dan kesehatan makhluk hidup disekitarnya. Mangan dilepaskan ke lingkungan selama penambangan mangan dan logam lainnya seperti tembaga dan secara umum pirit pada batuan sumber merupakan masalah yang dominan karena menimbulkan kondisi asam yaitu Fe dan Mn (Brilliant Mercy Geometri et al., 2025). Jika limbah cair dibuang ke air permukaan, maka berpotensi mencemari lingkungan karena akan mengurangi biota air dan mikroorganisme. Limbah cair yang dibuang ke sungai harus memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 113 tahun 2003 tentang baku mutu limbah kegiatan usaha dan/atau industri penambangan batubara

Metode yang digunakan untuk mengurangi kadar logam dalam air yaitu dengan metode adsorpsi (Farida et al., 2020) Kulit jagung merupakan adsorben yang sangat ekonomis karena mudah ditemukan dan belum optimal dalam pemanfaatannya. Kulit jagung efektif sebagai adsorben cadmium dengan efisiensi adsorpsi sebesar 88,31% dengan activator NaOH-HNO₃ pada larutan (Kiswanto & Wintah, 2023) Namun, belum diketahui pengaruhnya terhadap kadar logam mangan dalam sampel limbah cair. Maka dari itu, penulis ingin menganalisa Pengaruh selulosa kulit jagung sebagai adsorben logam mangan pada limbah cair outlet pertambangan batubara.

Penelitian pemanfaatan selulosa kulit jagung sebagai adsorben untuk pengolahan limbah cair dengan kadar logam berat mangan yang tinggi menjadi sangat relevan dan penting untuk dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif, ekonomis, dan berkelanjutan dalam penanganan limbah cair industri sekaligus

memanfaatkan limbah pertanian secara optimal.

METODE

Teknik Pengumpulan Data

Adapun dalam pengumpulan data, penulis melakukan dua teknik pengumpulan data, yaitu dilakukan secara observasi di Laboratorium dengan melakukan pemanfaatan kulit jagung sebagai adsorben untuk menurunkan nilai logam mangan (SNI 6989.84.2019) pada sampel limbah cair outlet batubara.

Skema Penelitian



Gambar 1 Skema Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Adsorben Kulit Jagung

Limbah cair penambangan batubara umumnya mengandung logam berat, salah satunya mangan (Mn), yang apabila melebihi baku mutu dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan untuk menurunkan konsentrasi logam tersebut. Salah satu alternatif yang dapat digunakan

adalah metode adsorpsi dengan memanfaatkan biomassa pertanian sebagai adsorben, seperti selulosa dari kulit jagung (Audina et al., 2022).

Pada penelitian ini, adsorben dibuat dari limbah kulit jagung karena merupakan biomassa lignoselulosa dengan kandungan selulosa yang relatif tinggi dan mudah diperoleh sebagai limbah pertanian. Selulosa memiliki banyak gugus hidroksil ($-OH$) pada permukaannya yang berfungsi sebagai situs aktif untuk berinteraksi dengan ion logam melalui mekanisme adsorpsi, sehingga kulit jagung berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben alami untuk pengolahan limbah cair (Yupa et al., 2023).

Aktivasi menggunakan NaOH dipilih karena mampu melarutkan sebagian lignin, hemiselulosa, ekstrakatif, dan senyawa pengotor lain yang masih menutupi serat selulosa. Proses ini menyebabkan struktur serat menjadi lebih terbuka, pori-pori adsorben berkembang, dan gugus hidroksil lebih mudah diakses oleh ion logam sehingga kemampuan adsorpsi meningkat (Sahania et al., 2024).

Penelitian Yupa menunjukkan bahwa proses delignifikasi dan pemutihan pada kulit jagung meningkatkan kadar selulosa hingga sekitar 75,23% dan menurunkan kandungan lignin. Hasil SEM menunjukkan permukaan serat menjadi lebih kasar dan memiliki retakan yang menandakan terbukanya struktur serat setelah proses delignifikasi. Temuan ini didukung oleh penelitian Solano-Reynoso et al. (2024) yang melaporkan bahwa perlakuan alkali menghasilkan material yang lebih berpori, gugus hidroksil tetap dominan, dan kemampuan pengikatan logam lebih baik dibandingkan biomassa tanpa perlakuan.

Variasi ukuran partikel pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh luas permukaan adsorben terhadap efektivitas adsorpsi. Secara teori, semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaan spesifik

dan jumlah situs aktif yang tersedia. Namun, ukuran partikel yang terlalu halus dapat menyebabkan aglomerasi sehingga sebagian pori tertutup dan luas permukaan efektif menurun. Oleh karena itu, diperlukan ukuran partikel optimum yang mampu memberikan keseimbangan antara luas permukaan, porositas, dan kestabilan struktur adsorben (Yupa et al., 2023).

Proses pengolahan dilakukan menggunakan metode adsorpsi terhadap sampel limbah cair penambangan batubara. Adsorben kulit jagung bekerja melalui kombinasi adsorpsi fisika dan kimia, tetapi untuk ion mangan (Mn^{2+}) mekanisme yang dominan adalah adsorpsi kimia karena adanya gugus hidroksil dan karboksil yang dapat membentuk ikatan atau kompleks dengan ion Mn^{2+} . Adsorben terlebih dahulu dihancurkan menggunakan crusher, diayak dengan ukuran 80, 100, dan 120 mesh, kemudian diaktivasi menggunakan NaOH 1 N. Massa adsorben yang digunakan sebesar 1,5 gram dengan waktu kontak 90 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm.

Sebelum proses adsorpsi dilakukan, sampel limbah cair dianalisis untuk mengetahui kadar awal Mn, Fe, TSS, dan pH sebagai parameter dasar penelitian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar Mn sebesar 8 mg/L dan Fe sebesar 14 mg/L berada di atas baku mutu, sedangkan TSS sebesar 12 mg/L dan pH sebesar 7,43 masih memenuhi baku mutu. Tingginya kadar Mn dan Fe berkaitan dengan karakteristik air asam tambang serta interaksi antara air dengan material batuan penutup dan mineral sulfida di area penambangan.

Logam mangan umumnya berada dalam bentuk terlarut Mn^{2+} yang lebih stabil di dalam air dan lebih sulit diendapkan dibandingkan besi, sehingga kadar Mn pada outlet pengolahan masih berpotensi melampaui baku mutu. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengolahan lanjutan melalui proses adsorpsi menggunakan adsorben berbasis biomassa (Rudi et al., 2020).

Pengujian Adsorben Kulit Jagung Terhadap Parameter Mn, Fe, TSS dan pH

Pengujian adsorben kulit jagung dilakukan terhadap parameter Mn, Fe, TSS, dan pH pada limbah cair *outlet* penambangan batubara menggunakan variasi ukuran partikel 80 mesh, 100 mesh, dan 120 mesh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel adsorben mempengaruhi efektivitas proses adsorpsi.

Pada parameter Mn, kadar awal sebesar 8 mg/L mengalami penurunan menjadi 5,8 mg/L (80 mesh), 3,7 mg/L (100 mesh), dan 4,6 mg/L (120 mesh). Penurunan tertinggi diperoleh pada ukuran 100 mesh dengan efisiensi sebesar 56,7% sehingga telah memenuhi baku mutu. Penurunan ini terjadi karena ion Mn^{2+} berinteraksi dengan gugus aktif hidroksil ($-OH$) pada selulosa kulit jagung melalui mekanisme adsorpsi fisika dan kimia. Ukuran 100 mesh memberikan luas permukaan dan jumlah situs aktif yang lebih optimal dibandingkan ukuran lainnya. Sebaliknya, ukuran 120 mesh menunjukkan penurunan efisiensi akibat kemungkinan terjadinya aglomerasi partikel halus yang menutupi sebagian pori adsorben. Hasil ini didukung oleh penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa aktivasi NaOH dapat meningkatkan porositas dan ketersediaan gugus aktif pada adsorben berbasis kulit jagung.

Pada parameter Fe, kadar awal sebesar 14 mg/L menurun menjadi 10 mg/L (80 mesh), 7 mg/L (100 mesh), dan 8,5 mg/L (120 mesh). Efisiensi penurunan tertinggi sebesar 49,7% diperoleh pada ukuran 100 mesh dan telah mencapai baku mutu. Mekanisme penurunan Fe diduga sama dengan Mn, yaitu melalui pengikatan ion Fe oleh gugus hidroksil pada struktur selulosa. Luas permukaan yang lebih besar pada ukuran 100 mesh meningkatkan kontak antara adsorben dan ion logam sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih efektif.

Pada parameter TSS, nilai awal sebesar 12 mg/L menurun menjadi 10 mg/L (80 mesh), 6 mg/L (100 mesh), dan 8,5 mg/L (120 mesh). Penurunan tertinggi sebesar 50,7% diperoleh pada ukuran 100 mesh. Penurunan TSS terjadi karena partikel tersuspensi tertahan pada permukaan adsorben atau terperangkap di dalam pori-pori adsorben selama proses pengadukan. Struktur mikro-mesopori yang terbentuk setelah aktivasi NaOH meningkatkan kemampuan adsorben dalam menangkap partikel tersuspensi sehingga kualitas fisik limbah menjadi lebih baik.

Pada parameter pH, nilai awal sebesar 7,43 meningkat menjadi 7,80 (80 mesh), 8,05 (100 mesh), dan 7,98 (120 mesh). Peningkatan tertinggi sebesar 8,38% terjadi pada ukuran 100 mesh dan masih berada dalam rentang baku mutu pH limbah cair penambangan batubara. Peningkatan pH diduga disebabkan oleh keberadaan gugus hidroksil pada selulosa serta pengaruh aktivasi NaOH yang menyebabkan permukaan adsorben memiliki sifat lebih basa dan mampu menurunkan konsentrasi ion H^+ dalam larutan.

Secara keseluruhan, ukuran partikel 100 mesh merupakan ukuran yang paling efektif untuk adsorben kulit jagung karena memberikan penurunan Mn sebesar 56,7%, Fe sebesar 49,7%, TSS sebesar 50,7%, serta meningkatkan pH menjadi 8,05. Hasil akhir setelah adsorpsi menunjukkan bahwa kadar Mn turun dari 8 mg/L menjadi 3,7 mg/L, Fe dari 14 mg/L menjadi 7 mg/L, TSS dari 12 mg/L menjadi 6 mg/L, dan pH meningkat dari 7,43 menjadi 8,05. Efektivitas ukuran 100 mesh menunjukkan bahwa terdapat ukuran partikel optimum yang memberikan keseimbangan terbaik antara luas permukaan, jumlah situs aktif, porositas, dan kestabilan struktur adsorben. Dengan demikian, selulosa kulit jagung yang diaktivasi menggunakan NaOH berpotensi digunakan sebagai adsorben alternatif yang ramah

lingkungan untuk pengolahan limbah cair penambangan batubara.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan limbah kulit jagung untuk menurunkan kadar Mn, Fe, TSS, dan meningkatkan pH pada limbah cair *outlet* penambangan batubara, dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan adsorben melalui tahapan pencucian, pengeringan, penggilingan, pengayakan, dan aktivasi menggunakan larutan NaOH 1 N berhasil menghasilkan adsorben berbasis selulosa kulit jagung yang efektif digunakan sebagai media adsorpsi. Adsorben tersebut mampu menurunkan kadar logam mangan (Mn) dari 8 mg/L menjadi 3,7 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 56,7%, sehingga memenuhi baku mutu air limbah penambangan batubara sesuai Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel 100 mesh merupakan ukuran yang paling optimum karena memberikan kinerja penurunan terbaik, yaitu menurunkan kadar Mn sebesar 56,7%, kadar Fe sebesar 49,74%, dan nilai TSS sebesar 50,7%, serta mampu meningkatkan nilai pH sebesar 8,4% dibandingkan ukuran partikel lainnya, sehingga penggunaan adsorben kulit jagung berukuran 100 mesh berpotensi menjadi alternatif yang efektif dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah cair penambangan batubara.

DAFTAR PUSTAKA

Ammar, N. S., Fathy, N. A., Ibrahim, H.

- S., & Mousa, S. M. (2021). Micro-mesoporous modified activated carbon from corn husks for removal of hexavalent chromium ions. *Applied Water Science*, 11(9). <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01487-1>
- Audina, M., Oktasari, A., & Permata Sari, S. (2022). SAINSTEK: JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI Corn Husk as Anionic Surfactant Biosorbent in Detergent Waste Article History. In *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi* (Vol. 14, Number 1).
- Brilliant Mercy Geometri, Shalaho Dina Devy, Lucia Litha Respati, Harjuni Hasan, & Rety Winonazada. (2025). Pengaruh Karbon Aktif Ampas Tebu (Adsorben) terhadap Air Asam Tambang untuk Mengurangi Kadar Fe, Mn, dan TSS pada Sump PT Alreksa Bara Mitra. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 3(4), 227–238. <https://doi.org/10.61132/venus.v3i4.1089>
- Farida, A., Ariyani, S., Sulistyaningsih, N. E., & Kurniasari, L. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung (*Zea mays* L.) Sebagai Adsorben Logam Kadmium Dalam Larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 27–32. <https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3022>
- Hartanto, D. A., Yuwita, E., & Faila, R. N. (2023). Karakterisasi Gugus Fungsi Pada Karbon Aktif Kulit Jagung Menggunakan Uji Fourier Transform Infrared Sebagai Bahan Pembuatan Adsorben (Vol. 4, Number 1).
- Kiswanto, & Wintah. (2023). Analysis of Iron (Fe), Manganese (Mn), and pH of Coal Mine Acidic Water in Aceh Province. *BIO Web of Conferences*, 69.
- Rudi, N. N., Muhamad, M. S., Te Chuan, L., Alipal, J., Omar, S., Hamidon, N., Abdul Hamid, N. H., Mohamed Sunar, N., Ali, R., & Harun, H. (2020). Evolution of adsorption process for manganese removal in water via agricultural waste adsorbents. In *Heliyon* (Vol. 6, Number 9). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05049>
- Sahania, R. R., Utubira, Y., & Manuhutu, J. B. (2024). Efisiensi Dan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Dari Kulit Jagung Dalam Menurunkan Kadar Logam Fe. 14(1), 60–69.
- Solano-Reynoso, A. M., Quispe-Quispe, R. F., Choque-Quispe, Y., Taipei-Pardo, F., Flores-Ccorisapra, Y., Yauris-Silvera, C. R., Peralta-Guevara, D. E., Carhuarupay-Molleda, Y. F., Rodriguez-Cardenas, L., Choque-Quispe, D., & Ligarda-Samanez, C. A. (2024). Activated Nanocellulose from Corn Husk: Application to As and Pb Adsorption Kinetics in Batch Wastewater. *Polymers*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/polym16243515>
- Wati, F., Wibowo, D., Rosdiana, R., & Ilham, I. (2024). Analisis Potensi Kulit Jagung sebagai Media Adsorben terhadap Limbah Minyak dan Lemak. *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari*, 4(1), 025–030. <https://doi.org/10.51454/teluk.v4i1.566>
- Yupa, N. P., Purwaningsih, H., & Kemala, T. (2023). Synthesis and Characterization of Corn Husk (*Zea Mays* L.) Cellulose Using Microwave-Assisted Extraction (MAE). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 26(7), 268–275. <https://doi.org/10.14710/jksa.26.7.268-275>