

Coconut Shell Charcoal Adsorbent with Variations in Activation to Reduce BOD (Biochemical Oxygen Demand) and TSS (Total Suspended Solid) Levels in Liquid Tofu Waste

Adsorben Arang Tempurung Kelapa dengan Variasi Aktivasi dalam Menurunkan Kadar BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) pada Limbah Cair Tahu

Nabilah Nur Azmi^{1*}, Ing Wilma Nurrul Adzillah¹, Kania Ratnawati¹

¹Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia

*surel: nabilahnurazmi8@gmail.com

ABSTRACT

Wastewater from tofu production contains high concentrations of organic matter, particularly Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Total Suspended Solids (TSS). Without proper treatment, this waste has the potential to pollute surrounding water bodies and harm aquatic ecosystems. This research explores the use of coconut shell charcoal as a natural adsorbent to reduce BOD and TSS levels in tofu wastewater. The charcoal was physically activated by heating it at 105°C for three different durations: 15, 60, and 180 minutes. This treatment aimed to improve its surface area and porosity, enhancing its adsorption capacity. Laboratory analysis showed a significant decrease in both BOD and TSS, with the highest efficiency observed at 180 minutes of activation. These findings suggest that coconut shell charcoal, a widely available and underutilized material, can serve as an effective and environmentally friendly option for simple wastewater treatment at a local level.

Keywords:

Tofu wastewater,
coconut shell charcoal,
BOD,
TSS,
Physical Activation

Received: January 5th 2025

Reviewed: January 21st 2025

Published: February 28th 2025

ABSTRAK

Air limbah produksi tahu mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, khususnya Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solids (TSS). Tanpa pengolahan yang tepat, limbah ini berpotensi mencemari badan air di sekitarnya dan merusak ekosistem perairan. Penelitian ini mengeksplorasi pemanfaatan arang tempurung kelapa sebagai adsorben alami untuk menurunkan kadar BOD dan TSS pada air limbah tahu. Arang diaktivasi secara fisik dengan memanaskannya pada suhu 105°C selama tiga durasi berbeda: 15, 60, dan 180 menit. Perlakuan ini bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan dan porositasnya, serta meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Analisis laboratorium menunjukkan penurunan BOD dan TSS yang signifikan, dengan efisiensi tertinggi diamati pada aktivasi 180 menit. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa, yang merupakan bahan yang banyak tersedia dan kurang dimanfaatkan, dapat menjadi pilihan yang efektif dan ramah lingkungan untuk pengolahan air limbah sederhana di tingkat lokal.

Kata Kunci:

Limbah Cair Tahu,
Arang Tempurung Kelapa,
BOD,
TSS,
Aktivasi Fisika

Diterima: 5 Januari 2025

Direview: 21 Januari 2025

Dipublikasi: 28 Februari 2025



PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan salah satu industri rumah tangga yang banyak dijumpai di Indonesia dan berperan penting dalam penyediaan pangan berbasis protein nabati. Namun, di balik manfaatnya, proses produksi tahu menghasilkan limbah cair. Limbah cair tersebut memiliki kandungan Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid (TSS) yang tinggi sehingga berpotensi menurunkan kadar oksigen terlarut di perairan sekitar dan mencemari lingkungan akuatik, yang akhirnya mengancam keseimbangan ekosistem [1].

Kandungan zat organik yang tinggi pada limbah cair industri tahu dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Terutama pada ekosistem akuatik yang sangat bergantung pada ketersediaan oksigen terlarut. Jika limbah cair ini dibuang langsung ke badan air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, maka kehidupan organisme air bisa terganggu [2].

Saat ini penggunaan adsorben komersial untuk untuk pengelolaan limbah memang cukup luas. Namun, apabila penggunaannya dalam skala besar bisa menyebabkan penipisan sumber daya alam yang ada. Oleh karena itu, solusi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis adalah dengan memanfaatkan adsorben dengan biaya rendah (*low cost adsorbent*). Selain karena harganya lebih terjangkau, adsorben ini juga mudah diperoleh dan efektif dalam menyerap berbagai polutan dari air limbah.

Penanganan limbah tempurung kelapa saat ini masih belum berjalan optimal dan limbah ini banyak menumpuk di lingkungan sekitar. Tempurung kelapa yang tidak dimanfaatkan biasanya hanya dibuang di tempat pembuangan akhir, sehingga berkontribusi pada peningkatan volume sampah. Selain itu, seringkali limbah ini dibakar sehingga dapat menyebabkan pencemaran udara [3]. Oleh karena itu, pemanfaatan kembali tempurung kelapa sebagai adsorben dapat menjadi solusi untuk mengurangi timbunan sampah dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Upaya pengelolaan limbah yang efektif dan berkelanjutan sangat diperlukan. Salah satu alternatif yang ramah lingkungan adalah pemanfaatan limbah padat berupa tempurung kelapa sebagai adsorben alami. Tempurung kelapa memiliki struktur karbon berpori yang sangat baik, sehingga mampu menyerap zat pencemar dalam limbah cair secara efektif [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, yang sejalan dengan penelitian [2] limbah tempurung kelapa dapat digunakan secara efektif sebagai adsorben dengan variasi waktu aktivasi untuk menurunkan kadar BOD dan TSS pada limbah cair tahu, serta seberapa besar tingkat efisiensi penurunan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas pemanfaatan tempurung kelapa dalam menurunkan kadar BOD dan TSS serta mengetahui efisiensi proses adsorpsi terhadap parameter-parameter pencemar tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif yang murah dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair tahu, sekaligus memberikan nilai tambah pada limbah tempurung kelapa sebagai bahan adsorben lokal yang potensial.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan tempurung kelapa sebagai adsorben alami, dan limbah cair tahu sebagai sampel eksperimen. Kadar BOD dan TSS akan diuji sebelum dan sesudah dilakukan eksperimen untuk melihat berapa persen penurunan efisiensinya. Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tahap persiapan

Sebelum dilakukan eksperimen arang tempurung kelapa diaktivasi kimia dengan larutan NaOH 0,2 N selama 24 jam, dilanjut aktivasi fisika menggunakan oven dengan variasi aktivasi 15 menit, 60 menit, dan 180 menit. Suhu yang digunakan pada aktivasi fisika ini sebesar 105°C mengikuti suhu optimum pada saat proses aktivasi pada penelitian.

2. Tahap pengujian karbon aktif

Karbon aktif yang telah dihasilkan kemudian diuji karakteristiknya, seperti kadar air, kadar abu dan daya serap iodine sesuai dengan SNI 06-4253-1996.

3. Tahap eksperimen

Selanjutnya karbon aktif ditimbang sebanyak 10 untuk setiap variasi aktivasi yang diuji, kemudian dicampurkan dengan 500 mL limbah cair tahu. Pengadukan dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 90 menit dengan kecepatan 300 rpm. Pengendapan

berlangsung selama 120 menit, dilanjutkan dengan proses penyaringan menggunakan kertas saring.

4. Tahap pengujian sampel

Sampel hasil perlakuan tersebut kemudian disiapkan untuk dilakukan pengujian terhadap kadar BOD dan TSS, baik sebelum maupun sesudah proses adsorpsi. Pengujian *biochemical Oxygen Demand* (BOD) dilakukan berdasarkan metode inkubasi selama lima hari (BOD_5) pada suhu 20°C sesuai dengan SNI 6989.72 : 2009. Parameter ini digunakan untuk mengukur jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah. Sedangkan *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan menggunakan metode gravimetri. Dalam metode ini, sampel limbah cair disaring menggunakan kertas saring dan ditimbang untuk menentukan jumlah padatan tersuspensi yang terkandung di dalam air limbah.

5. Tahap pengumpulan data

Tahap ini dilakukan setelah seluruh proses eksperimen selesai dilaksanakan, yakni setelah proses adsorpsi limbah cair tahu menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa. Data yang dikumpulkan berupa nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solid* (TSS), baik sebelum maupun sesudah perlakuan adsorpsi. Pengujian BOD dilakukan berdasarkan metode inkubasi selama lima hari (BOD_5) pada suhu 20°C sesuai standar SNI 6989.72:2009, sedangkan pengujian TSS dilakukan menggunakan metode gravimetri, di mana limbah disaring dan padatan yang tertinggal ditimbang untuk menentukan kadar total padatan tersuspensi.

6. Tahap analisis data

Data yang telah dikumpulkan dianalisis secara kuantitatif untuk menghitung efisiensi penurunan kadar BOD dan TSS. Analisis dilakukan untuk masing-masing variasi waktu aktivasi fisik (15 menit, 60 menit, dan 180 menit) guna membandingkan performa adsorben. Selain itu, data juga dianalisis untuk melihat hubungan antara durasi aktivasi dan kemampuan adsorpsi karbon aktif dalam menyerap zat pencemar dari limbah tahu.

7. Tahap kesimpulan

Pada tahap ini, peneliti menarik simpulan berdasarkan hasil analisis data. Fokus utama adalah menilai efektivitas karbon aktif tempurung kelapa dalam menurunkan kadar BOD dan TSS limbah cair tahu, serta menentukan variasi waktu aktivasi fisik yang paling optimal. Kesimpulan akan menunjukkan apakah karbon aktif hasil aktivasi kimia dan fisika ini dapat digunakan sebagai adsorben alami yang efisien dalam pengolahan air limbah industri rumah tangga berbasis tahu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh waktu aktivasi terhadap penurunan kadar TSS pada limbah cair tahu

Total Suspended Solids (TSS) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas limbah cair, karena kandungan padatan tersuspensi dapat mengganggu proses ekosistem perairan dan memicu pencemaran. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap efektivitas arang tempurung kelapa yang telah diaktivasi pada waktu yang bervariasi (15, 60, dan 180 menit) terhadap penurunan TSS limbah cair tahu dengan konsentrasi awal sebesar 542 mg/L. Data hasil eksperimen sebagaimana ditampilkan dalam [Tabel 1](#) berikut:

Tabel 1. Hasil uji kadar TSS

Variasi Waktu	Kadar (mg/L)	Efisiensi penurunan (%)
0 menit (Sebelum eksperimen)	542	-
15 menit	142	74
60 menit	166	69
180 menit	108	80

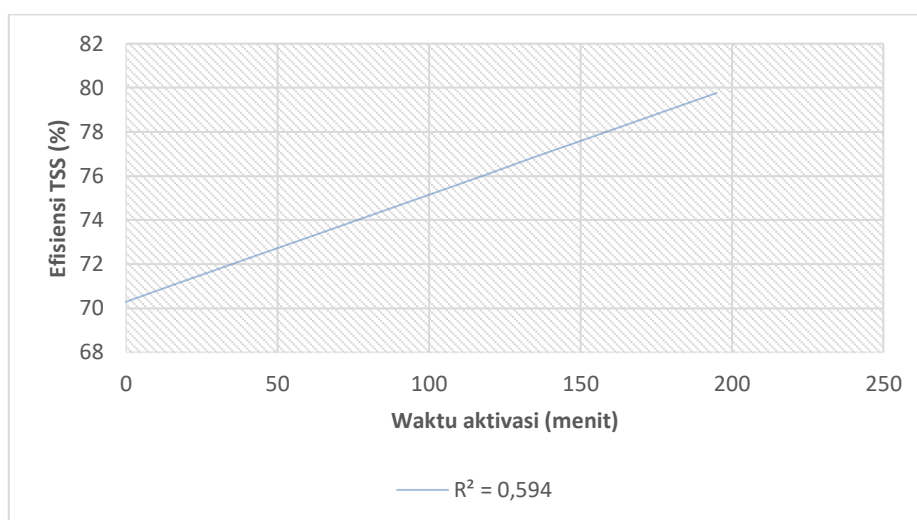
Penurunan kadar TSS menunjukkan kemampuan fisik arang dalam menjebak padatan halus. Oleh karena itu, pemilihan waktu aktivasi yang tepat sangat krusial untuk menghasilkan arang tempurung kelapa yang efektif dalam pengolahan limbah cair tahu secara efisien dan ramah lingkungan

Namun demikian, efisiensi penurunan TSS pada waktu aktivasi 60 menit justru sedikit mengalami penurunan dibanding waktu aktivasi 15 menit. Hal ini diduga disebabkan oleh ketidakaturan struktur pori atau ketidakterkendalian distribusi ukuran pori selama proses aktivasi. Fenomena ini menunjukkan bahwa meskipun waktu aktivasi berperan penting, parameter lain seperti kestabilan suhu dan homogenitas bahan selama aktivasi juga dapat mempengaruhi kualitas arang yang dihasilkan [5].

Berdasarkan hasil analisis regresi linier, diperoleh persamaan hubungan antara waktu aktivasi (X) dan efisiensi penurunan TSS (Y) sebagai berikut:

$$Y = 0,0486X + 70,29$$

Dengan koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,594$, menunjukkan bahwa hubungan antara waktu aktivasi dan efisiensi penurunan TSS bersifat sedang, tidak sekuat hubungan yang ditemukan pada parameter BOD. **Gambar 1** berikut memperlihatkan analisis regresi sederhana penurunan kadar TSS dengan variasi waktu aktivasi tersebut:



Gambar 1 Grafik analisis regresi sederhana penurunan kadar TSS dengan variasi waktu aktivasi

Berdasarkan grafik dan data regresi, dapat disimpulkan bahwa peningkatan waktu aktivasi berpotensi memperbaiki kemampuan adsorpsi arang terhadap TSS, namun efeknya cenderung tidak linier sempurna, dan kemungkinan dipengaruhi oleh faktor teknis lain dalam proses aktivasi.

Pengaruh waktu aktivasi terhadap penurunan kadar BOD pada limbah cair tahu

Penurunan kadar BOD ini berkaitan erat dengan peningkatan luas permukaan spesifik dan porositas arang akibat waktu aktivasi yang lebih panjang, seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil uji kadar BOD

Variasi Waktu	Kadar (mg/L)	Efisiensi penurunan (%)
0 menit (Sebelum eksperimen)	276,6	-
15 menit	162,6	41
60 menit	113,7	59
180 menit	56,55	80

Proses pemanasan yang lebih lama memungkinkan pengeluaran zat volatil yang lebih sempurna, sehingga terbentuk struktur mikro. Dari tabel tersebut terlihat bahwa peningkatan waktu aktivasi berbanding lurus dengan efisiensi penurunan BOD. Aktivasi selama 180 menit menghasilkan efisiensi tertinggi yaitu 80%, yang menunjukkan bahwa peningkatan waktu aktivasi dapat

meningkatkan kemampuan adsorpsi arang terhadap senyawa organik dalam limbah dan makropori yang lebih optimal untuk penjerapan molekul organik penyebab BOD.

Peningkatan waktu selanjutnya tidak memberikan peningkatan yang signifikan atau bahkan dapat menurunkan efisiensi akibat potensi kerusakan struktur pori (overburning). Sejalan dengan penelitian [7] pemilihan waktu aktivasi menjadi parameter krusial dalam desain adsorben berbasis arang. Namun demikian, hubungan ini bersifat optimal, artinya waktu aktivasi yang terlalu lama justru dapat menyebabkan kerusakan struktur pori arang atau hilangnya gugus fungsional aktif akibat pembakaran berlebih, yang menurunkan efisiensi adsorpsi. Dalam konteks limbah cair tahu, penurunan BOD yang signifikan menunjukkan keberhasilan karbon aktif dalam menyerap senyawa organik seperti protein dan lemak [2].

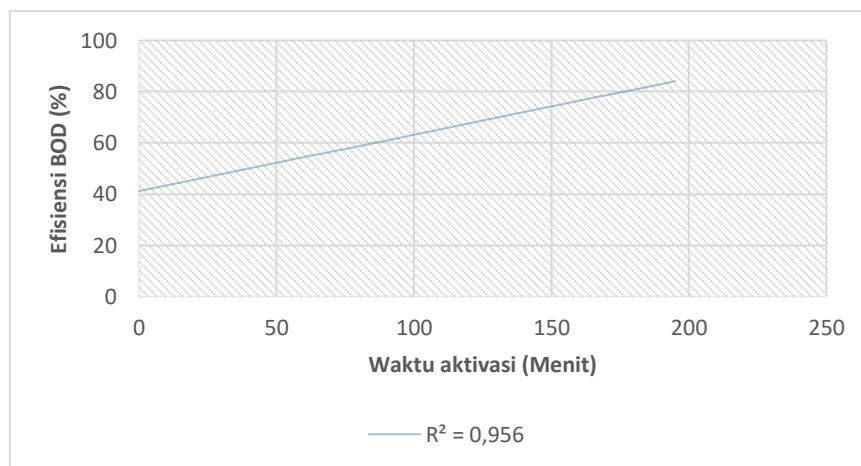
Analisis regresi linier menunjukkan bahwa hubungan antara waktu aktivasi dan efisiensi penurunan BOD bersifat sangat kuat dengan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,956$. Persamaan regresi linier yang dihasilkan adalah:

$$Y = 0,220X + 41,19$$

Di mana:

- Y adalah efisiensi penurunan BOD (%),
- X adalah waktu aktivasi dalam menit.

Gambar 2 di bawah ini menggambarkan hubungan linier tersebut:



Gambar 2 Grafik analisis regresi sederhana penurunan kadar BOD dengan variasi waktu aktivasi

Dari grafik tersebut terlihat bahwa peningkatan waktu aktivasi berbanding lurus dengan efisiensi penurunan BOD. Aktivasi selama 180 menit menghasilkan efisiensi tertinggi, yaitu 80%, yang menunjukkan bahwa peningkatan waktu aktivasi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi arang terhadap senyawa organik dalam limbah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa arang tempurung kelapa yang diaktivasi secara fisika melalui pemanasan pada suhu 105°C memiliki kemampuan yang signifikan dalam menurunkan kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid (TSS) pada limbah cair tahu. Efektivitas penurunan kadar BOD dan TSS dipengaruhi oleh waktu aktivasi arang, di mana semakin lama waktu aktivasi, semakin besar kemampuan adsorpsi arang terhadap zat pencemar. Peningkatan waktu selanjutnya tidak memberikan peningkatan yang signifikan atau bahkan dapat menurunkan efisiensi akibat potensi kerusakan struktur pori (overburning). Oleh karena itu, pemilihan waktu aktivasi menjadi parameter krusial dalam desain adsorben berbasis arang.

Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi fisik mampu meningkatkan karakteristik permukaan dan porositas arang, sehingga meningkatkan daya serapnya. Dengan demikian, pemanfaatan karbon aktif dari tempurung kelapa tidak hanya menjadi alternatif pengolahan limbah cair tahu yang efektif dan ramah lingkungan, tetapi juga berkontribusi dalam pengelolaan limbah padat organik yang bernilai guna tinggi.

REFERENSI

- [1] A. A. Amri and T. Widayatno, "Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, dan pH Pada Limbah Cair Tahu Dengan Menggunakan Biofilter," *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 8, no. 1, p. 6, 2023, Link: <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/inteka/article/view/8089/4517>
- [2] T. D. Pradana, S. Suharno, and A. Apriansyah, "Pengolahan Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan Kadar TSS Dan BOD," *J. Vokasi Kesehat.*, vol. 4, no. 2, p. 56, 2018, DOI: <https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- [3] A. Gafur and A. Muklis, "Rancang Bangun Mesin Pengurai Sabut Kelapa Menjadi Cocopeat Dan Cocofiber," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 55–61, 2022, DOI: <https://doi.org/10.21831/dinamika.v7i1.48241>
- [4] D. P. F. Fajri and A. Takwanto, "Proses Aktivasi Arang Dari Tempurung Kelapa Menggunakan Aktivasi Fisika Dengan Microwave Dan Variasi Waktu," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 10, no. 2, pp. 476–484, 2024, DOI: <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i2.5216>
- [5] F. F. Polii, "Pengaruh Suhu dan Lama Aktivasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa," *J. Ind. Has. Perkeb.*, vol. 12, no. 2, p. 21, 2017, Link: <https://www.neliti.com/id/publications/449479/pengaruh-suhu-dan-lama-aktivasi-terhadap-mutu-arang-aktif-dari-kayu-kelapa-effec#cite>
- [6] K. S. Ukanwa, K. Patchigolla, R. Sakrabani, E. Anthony, and S. Mandavgane, "A review of chemicals to produce activated carbon from agricultural waste biomass," *Sustain.*, vol. 11, no. 22, pp. 1–35, 2019, DOI: <https://doi.org/10.3390/su11226204>
- [7] L. Jaber, S. N. Backer, T. Laoui, F. Abumadi, M. M. S. Koujan, K. A. Khalil, A. Shanableh, M. A. Atieh, "Recent trends in surface impregnation techniques on activated carbon for efficient pollutant removal from wastewater," *Desalin. Water Treat.*, vol. 319, no. June, p. 100562, 2024, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100562>