



Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Fosfat dan TSS Dalam Air Limbah Binatu Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Tempurung Lontar (*Borassus flabellifer L*)

The Effect of Contact Time on the Adsorption of Phosphate and TSS in Laundry Wastewater Using Palm Shell Activated Carbon Adsorbent (*Borassus flabellifer L.*)

Afliani Putri, Anna Apriani Maniuk Solo*, Madalena Da Costa

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas San Pedro, Kupang, Indonesia
e-mail: Aaflianiputri3008@gmail.com, annaamsolo@gmail.com, madalenaadacosta042@gmail.com

* Corresponding Author: Aaflianiputri3008@gmail.com

Received: 19 february 2026; Revised: 21 February 2026; Accepted: 24 February 2026

Abstract: A research on the utilization of papyrus shell carbon activated by H_2SO_4 as an adsorbent for phosphate and TSS removal in binatu wastewater has been done. This treatment was carried out using the adsorption method. The treatment process was carried out at contact time variations of 30, 60, and 90 minutes. The results showed that the adsorbent absorbed phosphate and TSS, thereby reducing the concentration of phosphate and TSS in binatu wastewater. The amount of phosphate adsorbed on the adsorbent surface at contact time variations of 30, 60, and 90 minutes were 0.047; 0.032; and 0.040 mg/g, respectively. Meanwhile, the amount of suspended solids (TSS) adsorbed on the adsorbent surface at contact time variations of 30, 60, and 90 minutes were 0.047; 0.032; and 0.040 mg/g, respectively. The optimum contact times for phosphate and TSS removal were 30 minutes and 90 minutes, respectively. The phosphate and TSS removal efficiencies were 68.98% and 90.31%, respectively.

Keywords: laundry wastewater; activated carbon, adsorption, phosphate, total suspended solids.

Abstrak: Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan karbon tempurung lontar teraktivasi H_2SO_4 sebagai adsorben dalam menurunkan fosfat dan TSS dalam air limbah binatu. Penurunan ini dilakukan dengan menggunakan metode adsorpsi. Proses pengolahan dilakukan pada variasi waktu kontak 30, 60, dan 90 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben karbon tempurung lontar teraktivasi H_2SO_4 menyerap fosfat dan TSS sehingga menurunkan konsentrasi fosfat dan TSS dalam air limbah binatu. Jumlah fosfat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben pada variasi waktu kontak 30, 60, dan 90 secara berturut-turut sebesar 0,047; 0,032; dan 0,040 mg/g. Sedangkan jumlah padatan tersuspensi (TSS) yang teradsorpsi pada permukaan adsorben pada variasi waktu kontak 30, 60, dan 90 secara berturut-turut sebesar 0,047; 0,032; dan 0,040 mg/g. Dengan waktu kontak optimum untuk penurunan fosfat dan TSS secara berturut-turut selama 30 menit dan 90 menit. Adapun pada kondisi optimum ini, efisiensi penyisihan fosfat dan TSS secara berturut-turut sebesar 68,98% dan 90,31%.

Kata kunci: air limbah binatu; karbon aktif, adsorpsi, fosfat, total suspended solid.

PENDAHULUAN

Usaha binatu merupakan penyedia jasa layanan mencuci, mengeringkan, dan menyetrika pakaian (D. T. Pratiwi et al., 2021). Rangkaian kegiatan tersebut membutuhkan bahan kimia seperti sabun, deterjen, pemutih klorin, penghilang noda, biosida, disinfektan, dan pewangi (Lacalamita et al., 2023). Peningkatan jumlah usaha binatu mengakibatkan meningkatnya kebutuhan air. Rata-rata

jumlah air yang dibutuhkan untuk kegiatan binatu tersebut sebesar 6.000 L/hari. Besarnya kebutuhan air ini akan berdampak pada peningkatan volume air limbah binatu yang dihasilkan. Air limbah pada beberapa usaha binatu umumnya ditampung pada bak penampungan sementara dan langsung di buang ke tanah atau badan air tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Air limbah binatu mengandung fosfat, TSS, amoniak, nitrogen, kadar padatan tersuspensi dan terlarut, kekeruhan, BOD dan COD yang tinggi (Lacalamita et al., 2023; Pungus et al., 2019; Pungut et al., 2021). Tingginya parameter tersebut dapat menyebabkan kelebihan nutrisi (fosfat dan padatan tersuspensi) di perairan. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan pertumbuhan alga yang dapat menghalangi sinar matahari yang berdampak pada penurunan kadar oksigen dalam air (Kinasih & Astuti, 2021). Penurunan kandungan oksigen yang terlarut dalam perairan dapat mengakibatkan kematian terhadap biota air. Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan air limbah binatu sebelum dibuang ke lingkungan.

Pengolahan air limbah binatu dapat dilakukan dengan metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan gas atau cairan pada permukaan zat padat atau cair akibat adanya gaya tarik menarik antara adsorbat dan adsorpsi (Singh et al., 2018). Adsorbat adalah zat yang terserap ke permukaan zat padat atau cair, sedangkan adsorben adalah media penyerap gas atau cairan (Ultama et al., 2021). Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben memiliki pori-pori pada permukaannya sehingga adsorbat dapat terserap ke permukaan tersebut (Miarti & Anike, 2022). Salah satu adsorben yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi adalah karbon aktif.

Karbon aktif adalah karbon dengan struktur amorf yang berasal dari bahan tinggi karbon dan memiliki makropori, mesopori, dan mikropori (Lubis & Nasution, Hafni Indriati, Zubir, 2020). Karbon aktif dihasilkan melalui aktivasi secara fisik maupun kimia untuk meningkatkan porositas dan luas permukaan sehingga mempunyai daya serap tinggi (Larasati et al., 2021). Peningkatan ini dapat menjerap kontaminan di lingkungan (Mading et al., 2024; Utomo et al., 2018). Karbon aktif sangat efektif dalam menyerap zat terlarut dalam air baik organik maupun anorganik karena mempunyai luas permukaan yang sangat luas (Ninef et al., 2023). Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3.500 m²/g (Miarti & Anike, 2022). Karbon aktif dapat diproduksi dari limbah pertanian, ternak, dan produk sampingan industri (Heidarinejad et al., 2020). Karbon aktif dapat dibuat dari limbah pertanian seperti kulit singkong, sekam padi, dan tempurung kelapa (Silalahi et al., 2023). Menurut penelitian sebelumnya, sekam padi dan tongkol jagung mampu menurunkan konsentrasi fosfat dan TSS dengan rata-rata efisiensi di atas 79,36 % (Garmini & Zairinayati, 2022; Nainggolan et al., 2019). Hal ini karena adsorben tersebut mengandung selulosa yang tinggi sehingga menjadi bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif. Adapun tempurung lontar dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif karena mengandung 11,90% selulosa; 44,58% karbon; 13,80% air, 4,46% abu; dan 23,85% bahan volatile (Mading et al., 2024). Kandungan selulosa dan karbon yang tinggi dalam tempurung lontar dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif.

Penelitian sebelumnya telah berhasil menggunakan karbon aktif dari tempurung lontar yang diaktivasi dengan HCl untuk menurunkan kadar zat warna rhodamin B dengan efisiensi penyisihan di atas 90% (Mading et al., 2024). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses adsorpsi, diantaranya waktu kontak, pH awal, konsentrasi awal, massa adsorben, dan suhu (Mamman et al., 2024). Adapun waktu kontak merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak dapat menunjukkan lamanya interaksi antara adsorbat dan adsorben yang akan mempengaruhi jumlah adsorbat yang terserap. Selain itu juga dapat

menunjukkan waktu optimum yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi setimbang dalam proses adsorpsi dan mencegah terjadinya desorpsi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh waktu kontak terhadap penurunan fosfat dan TSS dalam air limbah binatu menggunakan adsorben karbon aktif tempurung lontar.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya drum klin, erlenmeyer, ayakan 200 mesh, mortar, oven, desikator, corong, labu ukur, dan peralatan gelas lainnya. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya, air limbah binatu dari salah satu usaha binatu di Kota Kupang, tempurung lontar (*Borassus flabellifer* L), asam sulfat (H_2SO_4), kertas saring, dan aquades.

Prosedur Kerja

Karbonisasi Tempurung Lontar

Tempurung lontar dikarbonisasi menggunakan drum klin pada suhu 400-500 °C selama 3 jam. Karbon yang diperoleh didinginkan, dihaluskan menggunakan mortar dan diayak dengan ayakan 200 mesh.

Aktivitas Karbon Tempurung Lontar

Karbon tempurung lontar direndam dalam larutan H_2SO_4 0,1M dengan perbandingan 1:2 selama 24 jam. Kemudian residu tempurung lontar dicuci dengan aquades hingga netral (pH filtrat berkisar antara 6-9) dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Karbon yang diperoleh disebut karbon aktif dan siap digunakan untuk proses adsorpsi.

Pengaruh Waktu Kontak

Sebanyak 1 gram karbon aktif ditambahkan ke dalam 50 mL air limbah binatu kemudian diaduk menggunakan magnetic stirer dengan kecepatan 100 rpm pada variasi waktu 30, 60, dan 90 menit. Campuran tersebut disaring menggunakan kertas saring Whatman 41 dan filtratnya dianalisis untuk mengetahui konsentrasi fosfat dan TTS akhir setelah proses adsorpsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbonisasi dan Aktivasi Tempurung Lontar

Lontar adalah jenis tumbuhan tradisional yang sering ditanam secara sengaja oleh masyarakat di beberapa daerah karena memiliki beragam manfaat. Tempurung lontar merupakan cangkang keras yang dihasilkan dari buah pohon lontar (*Borassus flabellifer* L). Buah lontar yang telah diambil dibersihkan dari kotoran, dipisahkan sabut dan dikeluarkan daging buahnya dari tempurung lontar sampai benar-benar bersih kemudian dicuci dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 1 hari. Hasil yang diperoleh adalah tempurung lontar yang siap dikarbonisasi.

Tempurung lontar yang sudah dikeringkan kemudian dikarbonisasi dalam drum klin pada suhu 400-500°C selama 3 jam. Tujuan karbonisasi ini adalah untuk menguraikan komponen dasar penyusun tempurung lontar seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin menjadi unsur karbon, serta mengeluarkan senyawa-senyawa non karbon. Proses karbonisasi ini menghasilkan residu padat berupa karbon rantai panjang yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Proses karbonisasi ini juga akan menambah dan memperbesar ukuran pori dari adsorben tempurung lontar.

Hasil karbonisasi tempurung lontar yang diperoleh dihaluskan menggunakan mortar kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Proses mengayak ini dilakukan untuk memperoleh serbuk karbon tempurung lontar dengan ukuran partikel 0,074 μm . Tujuan dari pengayakan ini adalah menghasilkan karbon dengan ukuran yang homogen untuk mempercepat proses aktivasi.

Karbon tempurung lontar diaktivasi secara kimia dengan menggunakan aktivator H_2SO_4 dengan perbandingan 1:2. Tujuan aktivasi adalah untuk menghilangkan pengotor, memperbesar pori-pori dan meningkatkan luas permukaan karbon (zoha, 2019). Hal ini dapat meningkatkan daya serap fosfat dan TSS pada permukaan adsorben karbon tempurung lontar. Setelah itu, dilakukan penetralan menggunakan aquades. Penetralan ini bertujuan untuk menetralkan pH karbon aktif dan menghilangkan kelebihan asam dari larutan aktivator (I. Pratiwi & Setiorini, 2023). Selanjutnya, residu karbon aktif hasil penetralan dikeringkan dalam oven pada suhu $105^\circ C$. Tujuan pemanasan ini adalah untuk menghilangkan air yang terkandung dalam adsorben sehingga tidak mengganggu proses penyerapan. Hasil pengeringan diperoleh karbon aktif tempurung lontar yang siap digunakan dalam proses adsorpsi untuk menurunkan kadar fosfat dan TSS dalam air limbah binatu .

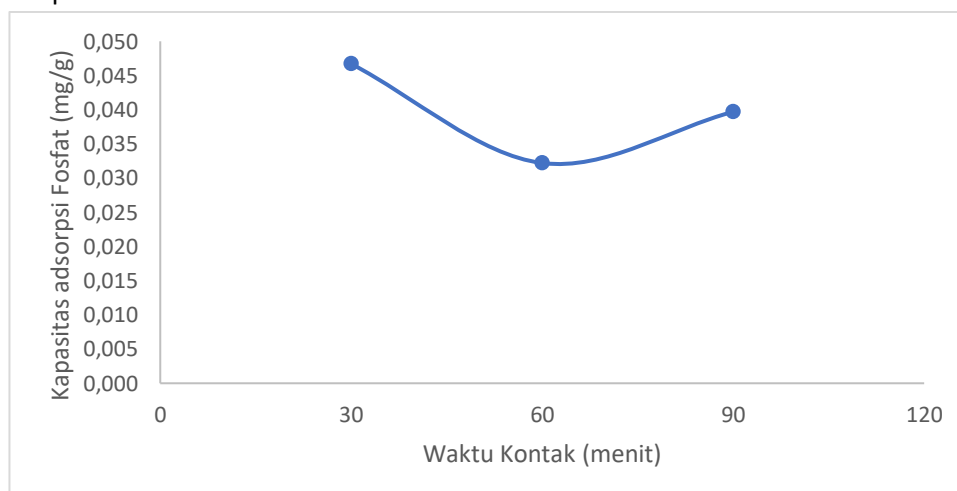
Pengaruh Waktu Kontak

Dalam proses adsorpsi, waktu kontak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai kapasitas adsorpsi. Waktu kontak menunjukkan waktu yang dibutuhkan oleh adsorben dalam menyerap adsorbat secara maksimal hingga mencapai keadaan yang setimbang (kesetimbangan) dalam proses adsorpsi (Nitsae et al., 2021). Semakin lama waktu kontak atau interaksi antara adsorben dan adsorbat, maka semakin banyak adsorbat yang terikat pada pori-pori adsorben sehingga dapat menurunkan jumlah kontaminan di lingkungan perairan (Novianty & Gani, 2025).

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Fosfat Dalam Air Limbah Binatu

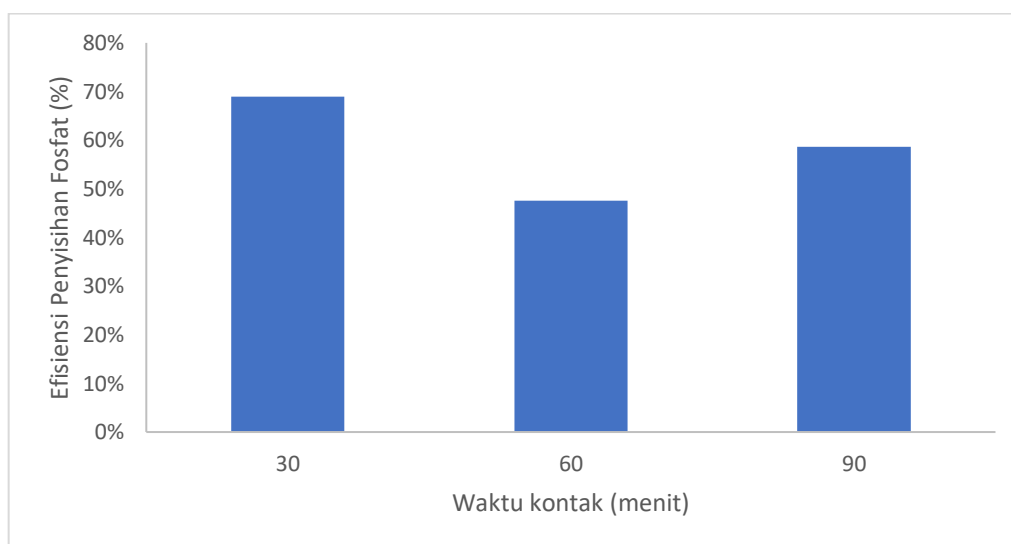
Fosfat dalam air limbah binatu dapat berasal dari senyawa sodium tripolyphosphate yang terkandung dalam deterjen. Konsentrasi fosfat yang tinggi dalam air limbah dapat memicu terjadinya eutrofikasi di perairan yang dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air dan merusak ekosistem. Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi fosfat awal, air limbah laundry mengandung fosfat sebesar 1,35 mg/L.

Dalam penelitian ini, adsorben karbon aktif tempurung lontar digunakan dalam proses adsorpsi untuk menurunkan fosfat dalam limbah cair binatu. Adapun waktu kontak divariasikan pada waktu 30, 60, dan 90 menit untuk mengamati pengaruh waktu kontak terhadap penurunan fosfat dalam air limbah binatu. Pengaruh waktu kontak terhadap penyisihan fosfat dalam air limbah binatu dapat diketahui melalui analisis jumlah fosfat yang terserap tiap gram adsorben. Data pengaruh waktu kontak terhadap jumlah fosfat yang teradsorpsi tiap gram adsorben karbon aktif tempurung lontar dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hubungan Antara Waktu Kontak dan Kapasitas Adsorpsi Fosfat

Pada **Gambar 1** menunjukkan bahwa waktu kontak mempengaruhi jumlah fosfat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben. Kapasitas adsorpsi fosfat tertinggi dicapai pada waktu kontak 30 menit dengan jumlah fosfat yang teradsorpsi sebesar 0,047 mg/g. Hal ini dapat disebabkan karena proses adsorpsi berada pada kondisi setimbang. Dimana, jumlah situs aktif dalam adsorben karbon aktif tempurung lontar sebanding dengan jumlah adsorbat fosfat. Selain itu pada waktu kontak 60 menit, jumlah fosfat mengalami penurunan menjadi 0,032 mg/g. Hal ini terjadi karena karbon aktif tempurung lontar mulai mengalami kejenuhan sehingga adsorben tidak mampu berinteraksi dengan adsorbat (Ninef et al., 2023). Selain itu, hal ini terjadi karena adanya proses desorpsi. Dimana adsorbat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben akan terlepas kembali ke lingkungan sehingga menurunkan jumlah adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben. Pada waktu kontak 90 menit, jumlah fosfat yang teradsorpsi mulai mengalami peningkatan kembali menjadi 0,040 mg/g. Hal ini karena adsorben mulai kembali berinteraksi dengan adsorbat sehingga adsorbat akan teradsorpsi ke permukaan adsorben dan kembali menuju ke keadaan setimbang.



Gambar 2. Hubungan antara Waktu Kontak dan Efisiensi Penurunan Fosfat

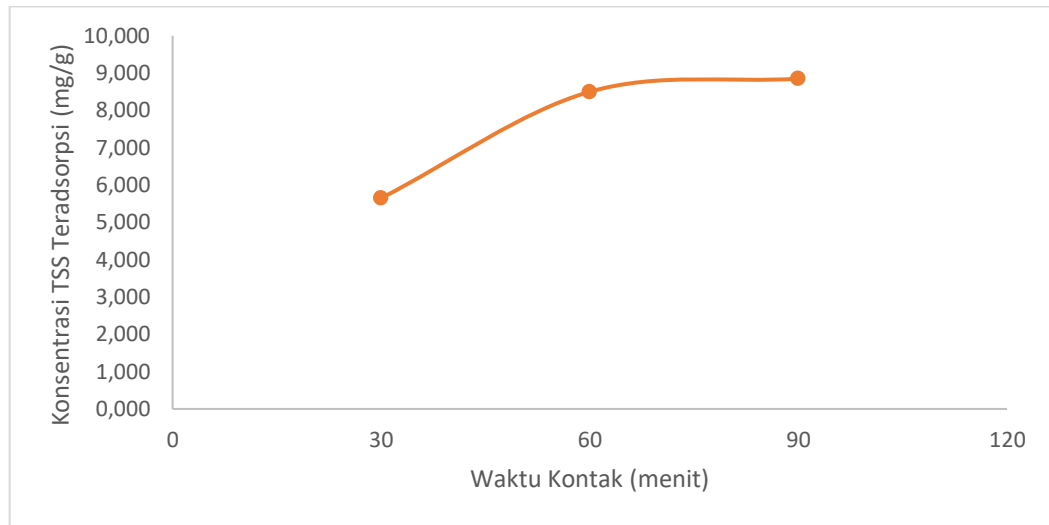
Berdasarkan **Gambar 2**, terlihat bahwa pada waktu kontak 30 menit terjadi peningkatan efisiensi penyisihan fosfat sebesar 69% dan terjadi penurunan efisiensi penyisihan fosfat pada waktu kontak 60 menit. Sedangkan pada waktu kontak 90 menit terjadi lagi peningkatan efisiensi penyisihan fosfat sebesar 59%. Peningkatan ini tidak melebihi efisiensi penyisihan pada waktu kontak 30 menit. Sehingga waktu kontak optimum untuk penyisihan fosfat adalah 30 menit.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan TSS Dalam Air Limbah Binatu

Total suspended solids (TSS) merupakan jumlah padatan yang tersuspensi (bahan organik dan anorganik) atau partikel koloid dalam air (Apriansyah et al., 2025). TSS dapat menyebabkan air menjadi keruh dan berdampak pada penurunan oksigen terlarut akibat perlambatan proses fotosintesis di perairan. Kondisi ini dapat menyebabkan kematian pada organisme perairan. Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi TSS awal, air limbah binatu mengandung TSS sebesar 196 mg/L. Nilai ini melebihi baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan dalam lampiran I PermenLH Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 dimana kadar TSS maksimum sebesar 30 mg/L.

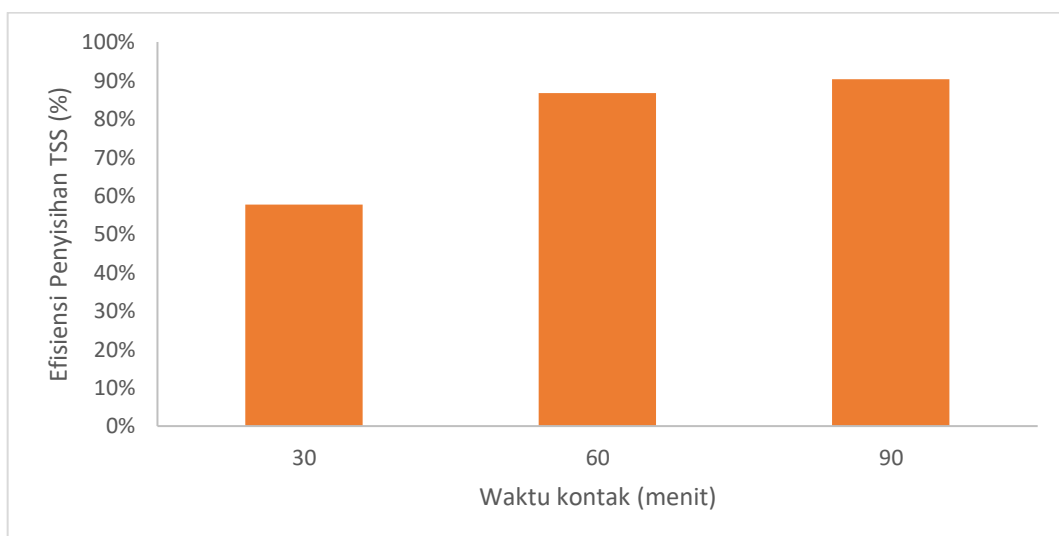
Dalam penelitian ini, adsorben karbon aktif tempurung lontar digunakan dalam proses adsorpsi untuk menurunkan TSS dalam air limbah binatu. Adapun waktu kontak divariasikan pada waktu 30, 60,

dan 90 menit untuk mengamati pengaruh waktu kontak terhadap penurunan TSS dalam air limbah binatu. Hasil analisis jumlah padatan tersuspensi yang teradsorpsi pada permukaan adsorben dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Hubungan Antara Waktu Kontak dan Kapasitas Adsorpsi TSS

Pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa waktu kontak mempengaruhi jumlah padatan tersuspensi yang teradsorpsi pada permukaan adsorben. Pada waktu kontak 30 menit konsentrasi padatan tersuspensi yang teradsorpsi masih relatif sedikit yaitu sebesar 5,650 mg/g. Hal ini karena proses adsorpsi berlangsung dalam kondisi belum setimbang atau belum cukup waktu untuk interaksi antara adsorbat dengan adsorben. Kemudian terjadi peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi yang teradsorpsi menjadi 8,500 mg/g pada waktu kontak 60 menit. Namun kondisi adsorpsi belum berada pada titik setimbang. Dan konsentrasi padatan tersuspensi yang teradsorpsi akan terus mengalami peningkatan hingga mencapai 8,850 mg/g pada waktu kontak 90 menit. Pada waktu 90 menit, kondisi adsorpsi mencapai keadaan setimbang dimana jumlah adsorben sama dengan jumlah adsorbat.



Gambar 4. Hubungan antara Waktu Kontak dan Efisiensi Penurunan TSS

Berdasarkan **Gambar 4**, efisiensi penyisihan TSS masih relatif kecil yaitu sebesar 58% pada waktu kontak 30 menit. Seiring dengan peningkatan waktu kontak, terjadi peningkatan efisiensi penyisihan

TSS yaitu pada waktu kontak 60 menit efisiensi penyisihan TSS menjadi 86,73%. Dan akan terus mengalami peningkatan hingga mencapai kesetimbangan pada waktu kontak 90 menit dengan efisiensi penyisihan TSS sebesar 90%. Sehingga waktu kontak optimum untuk penyisihan TSS adalah 90 menit.

KESIMPULAN

Waktu kontak dapat mempengaruhi penurunan konsentrasi fosfat dan TSS dalam air limbah binatu. Waktu optimum untuk menurunkan fosfat dalam air limbah binatu adalah 30 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,047 mg/g dan efisiensi penyisihan sebesar 69%. Sedangkan, waktu optimum untuk menurunkan TSS dalam air limbah binatu 90 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 8,850 mg/g dan efisiensi penyisihan sebesar 90%.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriansyah, R., Oktavia, L., & Yansyah, E. J. (2025). analisis kualitas sumber mata air berdasarkan parameter fisika dan parameter kimia. *Aisyiyah Medika*, 10, 86–100.
- Garmini, R., & Zairinayati, Z. (2022). Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry Dengan Karbon Aktif Sekam Padi. *Jurnal Delima Harapan*, 9(1), 71–76. <https://doi.org/10.31935/delima.v9i1.152>.
- Heidarinejad, Z., Dehghani, M. H., Heidari, M., Javedan, G., Ali, I., & Sillanpää, M. (2020). Methods for preparation and activation of activated carbon: a review Zoha. *Environmental Chemistry Letters*, 18(2), 393–415. <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00955-0>.
- Kinasih, R. P., & Astuti, D. (2021). Kajian Literatur Pengaruh Karbon Aktif terhadap Penurunan Kadar Fosfat pada Pengolahan Air Limbah Laundry. *Jurnal Semesta Sehat*, 2(2), 82–100. <https://jsemesta.iakmi.or.id/index.php/jm>.
- Lacalamita, D., Mongiovi, C., & Crini, G. (2023). Chemical substances present in discharge water generated by laundry industry: Analytical monitoring. *Water Science and Engineering*, 16(4), 324–332. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.07.004>.
- Larasati, A., Fowler, G. D., & Graham, N. J. D. (2021). Insights into chemical regeneration of activated carbon for water treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105555. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105555>.
- Lubis, R. A. F., & Nasution, Hafni Indriati, Zubir, M. (2020). Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCS-UNIMED)*, 3(2), 67–73.
- Mading, R., Batu, M. S., Kolo, M. M., & Saka, A, R. (2024). Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Buah Lontar (*Borassus flabellifer* L.) Sebagai Adsorben Rhodamin B. *MJoCE*, 14(1), 10–21.
- Mamman, S., Sa, S., Haruna, A., Daniel, O., Edrees, R., Mohammad, A., & Okiemute, O. (2024). aqueous solutions : A mini review. *Desalination and Water Treatment*, 320(April), 1–10.
- Miarti, A., & Anike, R. S. (2022). Efektifitas karbon aktif tongkol jagung terhadap kadar ph , tss dan tds pada limbah cair pt perta samtan gas. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 13(01), 18–24.
- Nainggolan, I. T. A. B., Herman, S., & Yenti, S. R. (2019). Penentuan Model Kesetimbangan Adsorpsi Ion Fosfat (PO₄⁻³) Menggunakan. *Jom FTEKNIK*, 6(1), 1–8.
- Ninef, A. M., Nge, S. T. M., Solle, H. R. L., & Nitsae, M. (2023). Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung *Borassus flabellifer* L. untuk Adsorpsi Logam Fe(III) pada Air Sumur di Kota Kupang. *Agrotekma Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian*, 7(2), 7–14. <https://doi.org/10.31289/agr.v7i2.9690>.
- Nitsae, M., Solle, H. R. L., Martinus, S. M., & Emola, I. J. (2021). Studi adsorpsi metilen biru menggunakan arang aktif tempurung lontar (*Borassus flabellifer* L.) asal Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kimia Riset*, 6(1), 46–57.
- Novianty, I., & Gani, R. (2025). *Pemanfaatan Limbah Bunga Lontar (Borassus flabellifer L) sebagai Adsorben Rhodamin B Utilization of Palmyra Flower Waste (Borassus flabellifer L) as Rhodamine B Adsorbent*. 3(2), 221–227.

- Pratiwi, D. T., Putra, F. I., Pratiwi, P. A., & Hasan, A. (2021). Kajian Potensi dan Pengembangan Strategi dengan Analisis SWOT dan AHP Pada Usaha Laundry K. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC 2021*, 1, 3.1-3.9. <https://idec.ft.uns.ac.id/wp-content/uploads/IDEC2021/PROSIDING/SILOGBIS/ID060.pdf>.
- Pratiwi, I., & Setiorini, A. A. (2023). *Penurunan Nilai pH , COD , TDS , TSS PADA AIR SUNGAI Menggunakan Limbah Kulit Jagung Melalui Adsorben*. 8, 55–62.
- Pungus, M., Palilingan, S., & Tumimomor, F. (2019). *Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi*. 4(2), 54–60.
- Pungut, P., Al Kholif, M., & Pratiwi, W. D. I. (2021). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (Cod) Dan Fosfat Pada Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 155–165. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss2.art6>.
- Silalahi, M. I., Manalu, P., Panggabean, V. T., Nababan, W. T., & Ginting, M. (2023). *Kombinasi Adsorben Alam Dalam Pengolahan Air Limbah Cucian Pada Bengkel*. 22(2), 122–127.
- Singh, N. B., Nagpal, G., Agrawal, S., & Rachna. (2018). Water purification by using Adsorbents: A Review. *Environmental Technology and Innovation*, 11, 187–240. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.05.006>.
- Ultama, . V. P, Nasution, R. S., & Harahap, M. R. (2021). Penyerapan Fosfat Limbah Cair Laundry Dengan Metode Adsorpsi. *Amina*, 3(3), 88–95.
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V, Rosyidah, A., Shafwah, O. M., & Naashihah, L. K. (2018). Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih , Surabaya Menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimindo*, 3(1), 127–140.