

Penyisihan BOD, Minyak Dan Lemak Dalam Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Pisang

Vina Rofikoh^{1*}, Badrus Zaman², Budi Prasetyo Samadikun²

¹ Program Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

² Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

*Corresponding author: rofikohvina@gmail.com

Info Artikel: Diterima 18 Juni 2023 ; Direvisi 2 Oktober 2023 ; Disetujui 6 Oktober 2023

Tersedia online : 11 Oktober 2023 ; Diterbitkan secara teratur : Februari 2024

Cara sitasi: Rofikoh V, Zaman B, Samadikun BP. Penyisihan BOD, Minyak Dan Lemak Dalam Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Pisang. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2024 Feb;23(1):59-66. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.1.59-66>.

ABSTRAK

Latar belakang: BOD, minyak dan lemak dalam air limbah domestik berbahaya bagi lingkungan. Polutan tersebut dapat dihilangkan dengan teknik adsorpsi menggunakan karbon aktif kulit pisang dengan efisiensi mencapai 70%. Tujuan penelitian yaitu mengkaji pengaruh dosis karbon aktif dan waktu kontak terhadap penyisihan BOD, minyak dan lemak, serta kinetika adsorpsinya, morfologi permukaan dan unsur kimia karbon aktif kulit pisang.

Metode: Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial. Faktor pertama dosis karbon (1,5 g, 3 g, 4,5 g) dan faktor kedua waktu kontak (30, 60, dan 90 menit), dengan 2 ulangan. Percobaan adsorpsi menggunakan sistem batch dengan gelas beker. Parameter penelitian meliputi BOD yang dianalisis dengan titrasi iodometri (SNI-6989.72:2009), serta minyak dan lemak dengan metode gravimetri (SNI-6989.10:2011). Analisis data menggunakan analisis deskriptif yang meliputi efisiensi penyisihan, kinetika adsorpsi, morfologi permukaan dan elemen karbon aktif.

Hasil : Dosis karbon aktif dan waktu kontak mampu menyisihkan BOD, minyak dan lemak hingga 24% dan 97%. Kinetika adsorpsi *pseudo-second-order* dengan R^2 0,98 dan 0,99 menggambarkan adsorpsi BOD, minyak dan lemak. Karbon aktif sebelum adsorpsi pori-porinya terbuka dan permukaannya bersih, sedangkan setelah adsorpsi pori-porinya tertutup, permukaan padat, dan bergelombang. Elemen karbon sebelum adsorpsi terdiri dari C, O, K sebesar 76,53%, 19,46%, 2,24%, dan setelah adsorpsi terdiri dari C 78,94% dan O 19,87%.

Simpulan: Dosis karbon dan waktu kontak berpengaruh terhadap penyisihan BOD, minyak dan lemak. Kinetika adsorpsi *pseudo-second-order* menggambarkan adsorpsi BOD, minyak dan lemak. Morfologi permukaan dan unsur karbon aktif sebelum dan sesudah adsorpsi berbeda.

Kata kunci: Adsorpsi; Air Limbah Domestik; Karbon Aktif; Kulit Pisang

ABSTRACT

Title: Removal of BOD, Oil and Grease in Domestic Wastewater Using Activated Carbon from Banana Peels

Background: BOD, oil and grease in domestic wastewater are harmful to the environment. These pollutants can be removed with adsorption techniques by activated carbons using banana peels with an efficiency up to 70%. The aim of the study was to analyze the impact of activated carbon doses and the contact time on BOD, oil and grease removal, as well as the kinetics of adsorption, surface morphology and chemical elements from banana peel activated carbon.

Method: This experiment used a factorial completely randomized design. The first factor was carbon dosage (1.5 g, 3 g, 4.5 g) and the second was contact time (30, 60, and 90 minutes), with 2 replications. The adsorption experiment used a batch system with a glass beaker. The research parameters included BOD analyzed by iodometric titration (SNI-6989.72:2009), and oil and grease by gravimetric method (SNI-6989.10:2011). Data analysis using descriptive analysis which includes removal efficiency, adsorption kinetics, surface morphology and activated carbon elements.

Result: The activated carbon dosage and contact time removed BOD, oil and grease up to 24% and 97%, respectively. Pseudo-second-order adsorption kinetics with R^2 0.98 and 0.99 described the adsorption of BOD, oil and grease. Activated carbon before adsorption had open pores and a clean surface, while after adsorption the pores were closed, and the surface was solid and ridged. The carbon element before adsorption consists of C, O, and K at 76.53%, 19.46%, and 2.24%, and after adsorption consists of C at 78.94% and O at 19.87%.

Conclusion: Carbon dosage and contact time affected the removal of BOD, oil and grease. The pseudo-second-order adsorption kinetics described the adsorption of BOD, oil and grease. The surface morphologies and elements from activated carbon before and after adsorption as different.

Keywords: Adsorption; Domestic Wastewater; Activated Carbon; Banana Peels

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di Indonesia mengalami kenaikan tiap tahun. Menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2022, tingkat ledakan penduduk di Indonesia tahun 2021 mencapai 1,22%.¹ Pertumbuhan penduduk yang cukup pesat memiliki dampak yang cukup besar terhadap penggunaan air serta signifikan dengan kenaikan produksi limbah. Limbah domestik dari kegiatan sehari-hari merupakan penyumbang air limbah yang signifikan, selain dari industri. Limbah cair domestik ialah air limbah rumah tangga yang dihasilkan dari kamar mandi, dapur, dan toilet. Air limbah domestik memiliki kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), amonia, dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi, serta minyak dan lemak yang sulit untuk ditangani.² Berbagai jenis pencemaran air dapat disebabkan oleh air limbah domestik. Masalah yang diakibatkan oleh air limbah domestik meliputi eutrofikasi, hilangnya oksigen dan perubahan ekosistem air.³ Tingginya konsentrasi BOD dalam air limbah dapat menurunkan pasokan oksigen, melemahkan air, ekosistem dan keragaman hayati, serta menghambat pemanfaatan air.⁴ Minyak dan lemak dapat merusak lingkungan dengan menghalangi saluran pembuangan dan menyebabkan luapan air limbah, serta dapat menghasilkan aroma kurang sedap yang mengundang hama.⁵

Berbagai penelitian secara fisika, kimia dan biologi tentang pengolahan air limbah domestik telah dilakukan, termasuk adsorpsi,⁶ koagulasi-flokulasi,⁷ dan kultur mikroalga.⁸ Adsorpsi adalah metode paling praktis di antara proses-proses yang telah disebutkan di atas, karena efektif, aman bagi lingkungan, mudah diaplikasikan, dan mampu menghilangkan berbagai macam polutan dari air limbah, termasuk bahan kimia organik, anorganik, senyawa larut dan tidak larut dalam air.⁹ Adsorpsi ialah penempelan atom-atom suatu substansi pada permukaan substansi lain karena adanya ketimpangan gaya permukaan.¹⁰ Dalam proses adsorpsi zat padat sebagai adsorben digunakan untuk menghilangkan berbagai kontaminan dari air limbah.

Banyak bahan yang ditawarkan sebagai adsorben, namun karbon aktif adalah bahan yang dikenal untuk menyisihkan kontaminan dari air limbah. Karbon aktif adalah zat amorf yang sangat berpori dan memiliki porositas tinggi.¹¹ Kulit pisang ialah salah satu jenis biomassa yang berpotensi dijadikan sebagai sumber karbon aktif. Komponen lignin, selulosa, hemiselulosa, dan pektin pada kulit pisang berfungsi sebagai pengikat kontaminan pada proses adsorpsi.¹²

Karbon aktif berbahan dasar kulit pisang dapat menurunkan konsentrasi COD dari 8,32% menjadi 5,02% dan kadar amonia dari 1,2 M menjadi 0,1 M, serta menetralkan pH yang terlalu basa yaitu 12 menjadi 7,7.¹³ Karbon aktif mampu mengurangi konsentrasi amonia dalam air limbah rumah tangga dari 42,01 mg/L menjadi 20,65 mg/L, 14,10 mg/L, dan 9,40 mg/L dalam waktu kontak 20, 40 dan 60 menit.¹⁴ 1 g karbon aktif yang terbuat dari kulit pisang mampu menghilangkan BOD 70%, kekeruhan 90% dan COD 84% dari air limbah domestik buatan.¹⁵ Berdasarkan permasalahan yang disebutkan di atas, penelitian sebelumnya hanya membahas penyisihan kontaminan dalam air limbah dengan menggunakan karbon aktif, namun tidak menentukan kinetika adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi kontaminan, serta tidak menganalisis morfologi permukaan dan unsur kimia karbon aktif sebelum dan sesudah adsorpsi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengkaji penyisihan dan kinetika adsorpsi BOD, minyak dan lemak, serta mengkaji morfologi permukaan dan unsur kimia dalam karbon aktif berbahan dasar kulit pisang.

MATERI DAN METODE

Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian berlangsung sejak Desember 2022 hingga Maret 2023. Tempat pelaksanaan penelitian dan analisis kualitas air limbah dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro Semarang. Analisis morfologi permukaan dan kandungan dalam karbon aktif dilakukan di

Laboratorium Terpadu, Universitas Diponegoro, Semarang.

Rancangan Percobaan

Rancangan dalam penelitian ini yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor pertama dosis karbon aktif kulit pisang yang terdiri dari 3 taraf: 1,5 g (D1), 3 g (D2) dan 4,5 g (D3), faktor kedua berupa waktu kontak yang terdiri dari 3 taraf: 30 menit (T1), 60 menit (T2) dan 90 menit (T3). Perlakuan diulang 2 kali sehingga diperoleh 18 unit percobaan.

Penyiapan sampel air limbah domestik

Sampel limbah cair domestik dikumpulkan dari Kos Omah Ijo, Tunjungsari, Tembalang, Semarang. Sampel air limbah diambil dengan menggunakan metode secara grab sampling (SNI 6989.59: 2008). Sampel diambil dari saluran air limbah sebelum mencapai badan air penerima dengan menggunakan gayung, kemudian dimasukkan ke dalam wadah, ditutup rapat, dan disimpan pada suhu ruang.

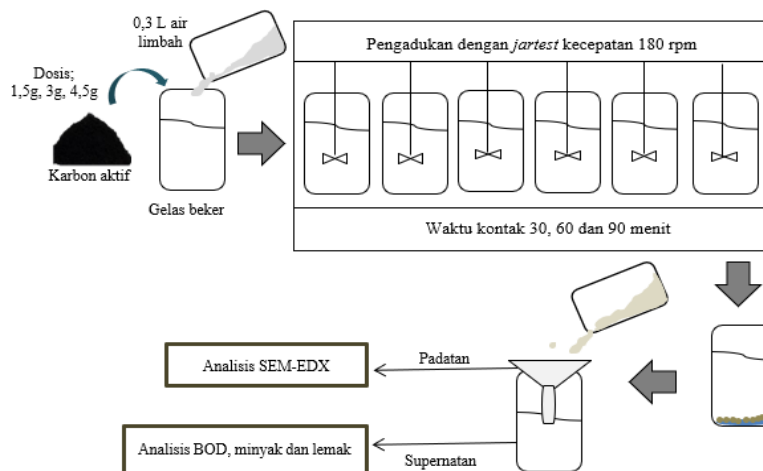
Pembuatan karbon aktif

Pembuatan karbon aktif terdiri dari tahap persiapan, karbonisasi dan aktivasi karbon. Tahap persiapan dilakukan dengan cara kulit pisang dikumpulkan dari penjual pisang goreng secara acak yang tersebar di Kecamatan Tembalang. Kulit pisang

dibersihkan dengan air dan dikeringkan 24 jam dalam oven suhu 105°C. tahap karbonisasi dilakukan dengan cara kulit pisang kering dimasukkan ke *furnace* suhu 400°C selama 1,5 jam. Arang yang terbentuk dikeluarkan dari *furnace* dan didinginkan. Karbon dihaluskan dan diayak dengan ayakan berukuran 100 mesh. Tahap aktivasi dilakukan dengan cara karbon halus direndam dalam larutan KOH 0,5 N selama 3 jam. Arang yang sudah diaktivasi disaring dan ditambahkan HCl sampai pH netral. Kemudian, karbon dicuci dengan *aquadest* dan dikeringkan dengan oven suhu 105°C selama 3 jam.

Percobaan karbon aktif sistem batch

18 gelas beker ukuran 1 L disiapkan dan diberi label perlakuan. Karbon aktif ditimbang sesuai dosis perlakuan (1,5 g, 3 g, 4,5 g) dan dimasukkan ke gelas beker. 0,3 L air limbah ditambahkan ke gelas beker. Larutan diaduk menggunakan *jar test* kecepatan 180 rpm dalam waktu kontak 30, 60 dan 90 menit. Sampel diendapkan terlebih dahulu dan disaring. Larutan yang sudah disaring di analisa laboratorium untuk BOD dengan metode titrasi Iodometri atau modifikasi azida (SNI-6989.72:2009) serta minyak dan lemak dengan metode gravimetri (SNI-6989.10:2011), sedangkan endapan tersaring dilakukan analisa SEM-EDX. Percobaan karbon aktif dengan sistem batch disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Percobaan Karbon Aktif sistem batch

Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif, yang meliputi efisiensi penyisihan, kinetika adsorpsi dan morfologi permukaan serta kandungan karbon.

Efisiensi Penyisihan

Efisiensi penyisihan dihitung dengan menggunakan persamaan (1)

$$\text{Efisiensi penyisihan (\%)} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana; C_i ialah konsentrasi awal (mg/L), dan C_f ialah konsentrasi akhir (mg/L).

Kinetika Adsorpsi

Perilaku adsorpsi BOD, minyak dan lemak, serta tahapan-tahapan yang mempengaruhi proses tersebut dianalisis dengan menggunakan kinetika adsorpsi *pseudo-first-order* (PFO) dan *pseudo-second-order* (PSO). Persamaan (3) dan (4) masing-masing mewakili persamaan linear untuk PFO dan PSO.

$$\text{Kapasitas adsorpsi, } q \text{ (mg/g)} = \frac{(C_i - C_f)}{M_{\text{ads}}} \times V \dots\dots\dots (2)$$

$$\ln(q_e - qt) = \ln(q_e) - \frac{k_1}{2,303} t \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots\dots\dots (4)$$

Dimana; q adalah kapasitas adsorpsi, Ci dan Cf ialah konsentrasi awal dan akhir (mg/L), M_{ads} adalah berat adsorben yang digunakan (g), V yaitu volume larutan (L), qt ialah jumlah yang teradsorpsi pada waktu (t), qe yaitu kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan, t ialah waktu kontak (menit). qe diperoleh dari persamaan 2. k₁ dan k₂ merupakan konstanta laju untuk adsorpsi PFO dan PSO.

Analisis Morfologi Permukaan dan Kandungan Karbon

Morfologi permukaan dan elemen-elemen dari karbon aktif sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisa menggunakan Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray. Instrumen yang digunakan adalah SEM-EDX JEOL JSM-6510LA.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Karakteristik Awal Air Limbah Domestik

Karakteristik awal dari air limbah domestik sebelum proses adsorpsi ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik awal dari limbah cair domestik

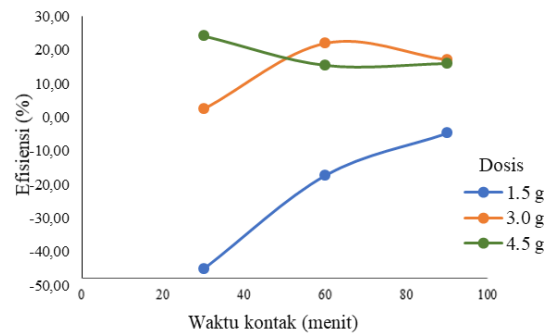
Parameter	Satuan	Nilai	Baku mutu
pH	-	6,5	6-9
Suhu	°C	27	-
BOD	mg/L	32,6	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5.142	5

Berdasarkan pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa karakteristik dari air limbah domestik yang diambil dari kos Omah Ijo memiliki nilai pH 6,5, suhu 27°C, BOD 32,6 mg/L, minyak dan lemak 5.142 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi BOD, minyak dan lemak telah melebihi baku mutu air limbah domestik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016. Kandungan BOD yang cukup tinggi dapat mengurangi pasokan oksigen, merusak ekosistem dan keragaman hayati akuatik, serta menghambat pemanfaatan air.¹⁶ Tingginya konsentrasi minyak dan lemak dapat menyebabkan penyumbatan pada saluran pembuangan, karena minyak dan lemak menempel kuat pada dinding dalam pipa pembuangan. Penyumbatan semacam itu dapat menurunkan kapasitas pembuangan, meningkatkan risiko banjir, dan menyebabkan air limbah meluap ke badan air.¹⁷

Penyisihan BOD, Minyak dan Lemak oleh Karbon Aktif Kulit Pisang

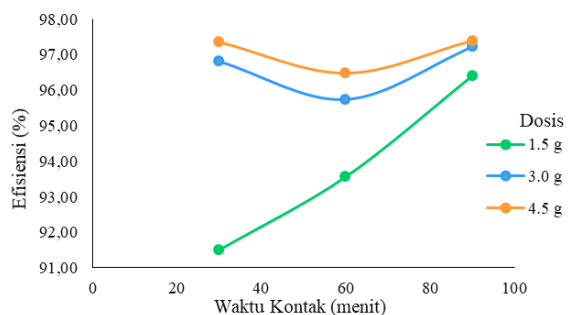
Efisiensi penyisihan BOD, minyak dan lemak dalam limbah cair domestik dengan menggunakan karbon aktif dari kulit pisang tersaji dalam gambar 2 dan 3. Berdasarkan pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa dosis karbon aktif dan waktu kontak mempengaruhi nilai efisiensi penyisihan BOD dalam

air limbah domestik. Dosis karbon aktif dan waktu kontak memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap efisiensi penyisihan BOD.



Gambar 2. Hubungan antara dosis karbon aktif kulit pisang dan waktu kontak terhadap penyisihan BOD dari air limbah domestik

Konsentrasi BOD pada air limbah belum berhasil diturunkan dengan dosis 1,5 g karbon aktif dengan waktu kontak 30, 60, dan 90 menit, namun pada dosis tersebut, konsentrasi BOD mengalami kenaikan. Konsentrasi BOD yang meningkat pada dosis 1,5 g dimungkinkan karena karbon aktif telah jenuh dengan zat-zat lain yang telah diserap, sehingga kapasitas untuk menyerap bahan organik berkurang dan mengarah ke proses desorpsi. Polutan yang beragam dalam air limbah dapat mengakibatkan karbon jenuh dan peristiwa desorpsi dapat terjadi, sehingga beberapa konsentrasi polutan dalam air limbah dapat menjadi lebih tinggi.¹⁸ Dosis 4,5 g karbon aktif dengan waktu kontak 30 menit dapat menghilangkan BOD hingga 24%. Karbon aktif menarik dan mengikat senyawa organik dalam air limbah. Hal ini mengakibatkan mikroba tidak membutuhkan banyak oksigen untuk menguraikan bahan organik, sehingga nilai BOD dalam air limbah turun.¹⁹



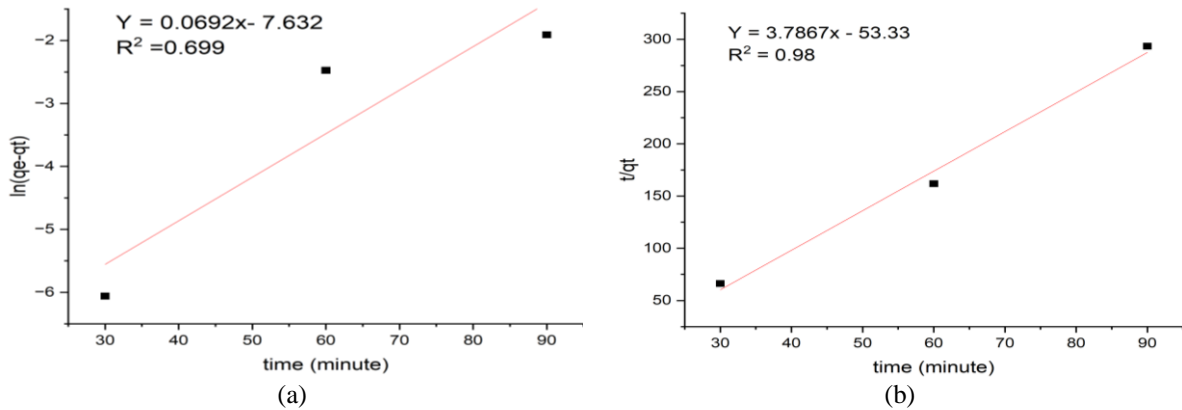
Gambar 3. Hubungan antara dosis karbon aktif kulit pisang dan waktu kontak terhadap penyisihan minyak dan lemak dalam air limbah domestik.

Berdasarkan pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa karbon aktif kulit pisang mampu menyisihkan minyak dan lemak dari limbah cair domestik. Dosis 1,5 g karbon aktif, efisiensi penyisihan minyak dan lemak meningkat dengan bertambahnya waktu kontak, dengan nilai efisiensi sebesar 96,4%. Dosis 3 g dan 4,5

g karbon aktif pada waktu kontak 90 menit dapat menyisihkan minyak dan lemak hingga 97%. Karbon aktif yang berasal dari kulit pisang memiliki permukaan yang sangat berpori yang menyediakan area permukaan yang luas untuk adsorpsi, sehingga efektif untuk menghilangkan minyak dan lemak. Proses adsorpsi terjadi karena adanya gaya Van der Waals, dimana kontaminan ditarik oleh pori-pori karbon aktif dan kemudian terperangkap didalamnya.²⁰

Kinetika Adsorpsi BOD, Minyak dan Lemak

Kinetika adsorpsi *pseudo-first-order* dan *pseudo-second-order* untuk adsorpsi BOD, minyak dan lemak digunakan dalam penelitian ini. Nilai R² dapat digunakan untuk menilai kesesuaian kinetika suatu proses adsorpsi. Nilai R² kinetika yang mendekati 1 menunjukkan bahwa studi tersebut sesuai untuk proses adsorpsi. Kinetika adsorpsi BOD, minyak dan lemak disajikan pada gambar 4 dan 5.



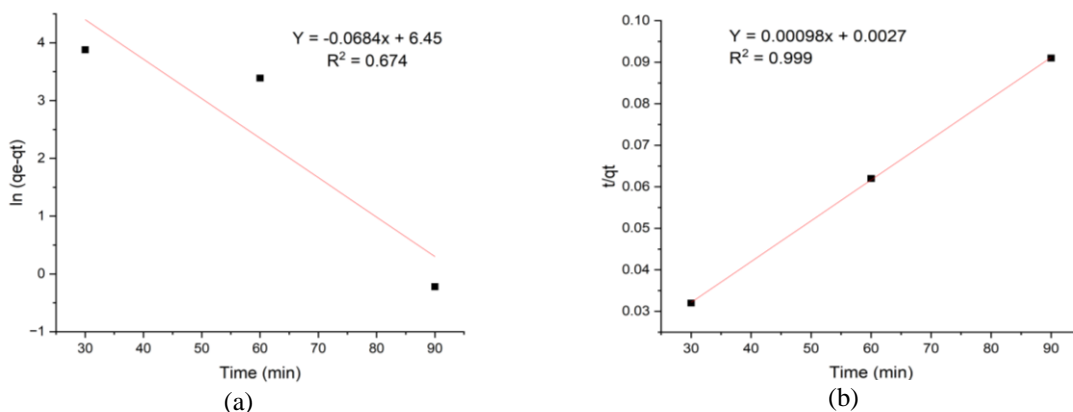
Gambar 4. Kinetika adsorpsi Biological Oxygen Demand (BOD); *pseudo-frst-order* (a), dan *pseudo-second-order* (b).

Tabel 2. Parameter kinetika adsorpsi BOD

Kinetika adsorpsi	Parameter	Nilai
<i>Pseudo-first-order</i>	qe (mg/g)	0,00048
	k ₁ (min ⁻¹)	0,030048
	R ²	0,699
<i>Pseudo-second-order</i>	qe (mg/g)	0,264
	K ₂ (g mg ⁻¹ min ⁻¹)	-0,269
	R ²	0,98

Berdasarkan pada Tabel 2. kinetika adsorpsi BOD dengan karbon aktif dari kulit pisang menggunakan *pseudo-first-order* memiliki nilai k₁ 0,030048 min⁻¹ dan R² 0,699. Kinetika adsorpsi *pseudo-second-order* memiliki nilai k₂ -0,269 g mg⁻¹ min⁻¹ dan R² 0,98. Adsorpsi BOD digambarkan oleh

kinetika adsorpsi *pseudo-second-order*, karena memiliki nilai R² sebesar 0,98 atau mendekati 1. Hal ini mengindikasikan bahwa laju adsorpsi BOD dibatasi oleh proses kemisorpsi yang melibatkan transfer elektron antara adsorbat dengan karbon aktif. Kinetika adsorpsi BOD dalam air limbah menggunakan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit menghasilkan R² untuk *pseudo-first-order* dan *pseudo-second-order* masing-masing sebesar 0,990 dan 0,998, dimana nilai R² untuk kinetika *pseudo-second-order* lebih tinggi dibandingkan dengan kinetika *pseudo-first-order*, ini menunjukkan bahwa *pseudo second order* lebih tepat untuk menggambarkan kinetika adsorpsi BOD dalam air limbah.²¹



Gambar 5. Kinetika adsorpsi minyak dan lemak; *pseudo-first-order* (a), dan *pseudo-second-order* (b).

Tabel 3. Parameter kinetika adsorpsi minyak dan lemak

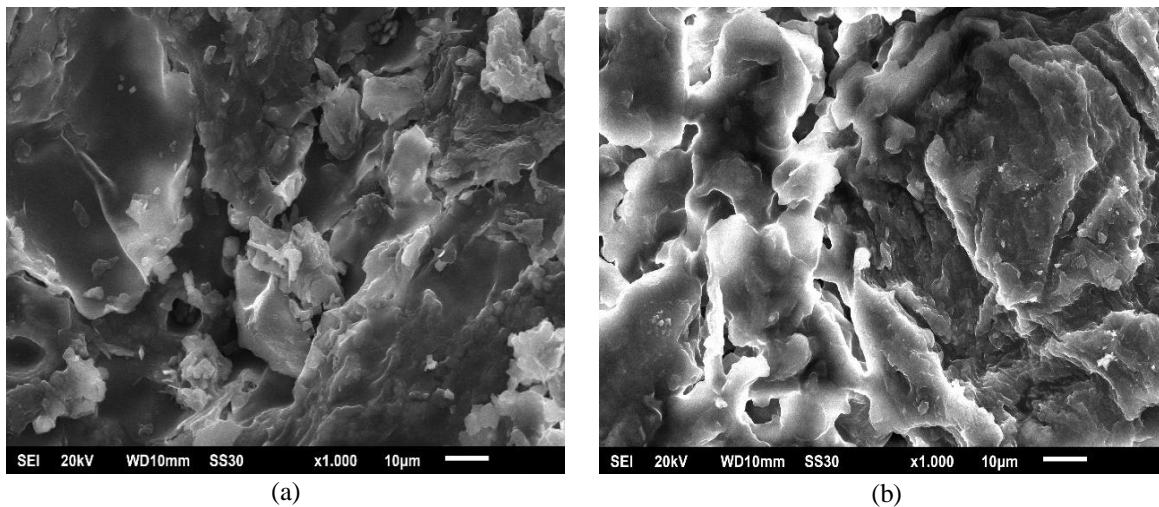
Kinetika adsorpsi	Parameter	Nilai
Pseudo-first-order	q _e (mg/g)	632,70
	k ₁ (min ⁻¹)	-0,0297
	R ²	0,68
Pseudo-second-order	q _e (mg/g)	1.016,95
	K ₂ (g mg ⁻¹ min ⁻¹)	0,00036
	R ²	0,99

Berdasarkan pada Tabel 3. menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi minyak dan lemak dengan karbon aktif kulit pisang menggunakan *pseudo first order* memiliki nilai k₁ -0,0297 menit⁻¹, dan R² sebesar 0,68. *Pseudo-second-order* memiliki nilai k₂ sebesar 0,00039 g mg⁻¹ min⁻¹, dan nilai R² sebesar 0,99. Kinetika adsorpsi *pseudo-second-order* paling baik untuk menggambarkan adsorpsi minyak dan lemak, karena memiliki nilai R² 0,99 atau mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa proses kemisorpsi yang melibatkan transfer elektron antara adsorbat dan karbon aktif membatasi laju adsorpsi minyak dan lemak.²² Adsorpsi dalam kinetika *pseudo-second-order*

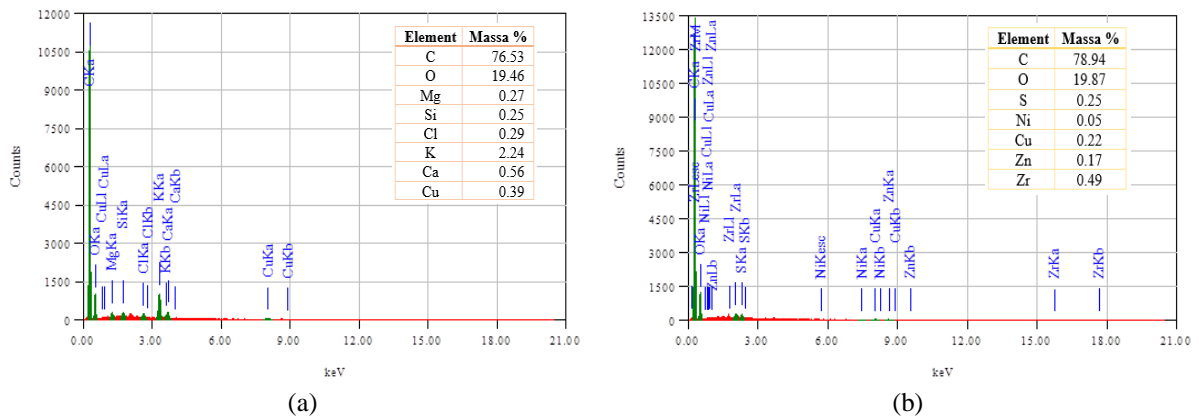
mengasumsikan bahwa adsorpsi melibatkan proses kemisorpsi, adsorpsi permukaan dan difusi partikel.²³ Nilai R² untuk *pseudo-first-order* dan *pseudo-second-order* untuk adsorpsi minyak dan lemak menggunakan karbon aktif yang terbuat dari ampas tebu masing-masing sebesar 0,11 dan 0,99, hal ini menunjukkan bahwa *pseudo-second-order* akurat untuk menggambarkan adsorpsi minyak dan lemak.²³ Berdasarkan hasil perhitungan, laju adsorpsi minyak dan lemak (k₂) dengan menggunakan karbon aktif kulit pisang didapatkan nilai sebesar 3,6 x 10⁻⁴ g mg⁻¹ min⁻¹. Nilai laju tersebut lebih kecil dibandingkan dengan laju adsorpsi minyak dan lemak menggunakan karbon aktif dari *Moringa oleifera* dengan nilai k₂ sebesar 5,63x10⁻⁴ g mg⁻¹ menit⁻¹.²⁴

Morfologi Permukaan dan Kandungan Karbon Aktif

Analisis SEM digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan karbon aktif dari kulit pisang. Morfologi permukaan karbon aktif kulit pisang sebelum dan sesudah adsorpsi tersaji pada gambar 6.



Gambar 6. Morfologi karbon aktif kulit pisang perbesaran 1.000x; sebelum adsorpsi (a), dan setelah adsorpsi(b).



Gambar 7. Unsur kimia dalam karbon aktif kulit pisang; sebelum adsorpsi (a), dan setelah adsorpsi

Berdasarkan pada Gambar 6, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan morfologi permukaan karbon aktif dari kulit pisang sebelum dan sesudah

proses adsorpsi. Dibandingkan dengan karbon aktif setelah adsorpsi, karbon aktif sebelum adsorpsi (gambar a), memiliki pori-pori lebih terbuka,

permukaan lebih bersih, dan warna yang lebih gelap. Karbon aktif yang terbuat dari kulit pisang memiliki permukaan yang tampak halus dan memiliki pori-pori yang ukurannya beragam.²⁵ Setelah proses adsorpsi, karbon aktif dari kulit pisang memiliki pori-pori yang lebih tertutup, permukaan lebih padat dan bergelombang, terdapat pengotor pada permukaannya, dan warna yang lebih pucat, hal ini dimungkinkan karena kontaminan dari air limbah domestik telah menempati pori-pori dan permukaan karbon, sehingga permukaan menjadi lebih padat dan mengembang.

Berdasarkan pada Gambar 7, kandungan karbon aktif kulit pisang sebelum dan sesudah adsorpsi terlihat bervariasi. Presentase unsur C, O, dan K pada karbon aktif sebelum adsorpsi masing-masing sebesar 76,53%, 19,46%, dan 2,24%, serta unsur Mg, Si, Cl, Ca dan Cu yang memiliki presentasenya kurang dari 1%. Karbon aktif yang terbuat dari limbah pertanian memiliki komposisi kimia C, O, N, P dan Si, sedangkan sampel karbon lainnya hanya terdiri dari C dan O.²⁶ Namun, dalam penelitian ini unsur N dan P dalam karbon aktif dari kulit pisang tidak ditemukan. Hasil ini sama dengan komposisi kimia dari karbon aktif berbahan dasar biji asam yang tidak mengandung unsur N dan P.²⁷ Setelah adsorpsi, karbon aktif terdiri dari unsur C, dan O masing-masing sebesar 78,94% dan 19,87%, serta unsur S, Ni, Cu, Zn, dan Zr dalam jumlah kecil (gambar b). Kandungan unsur sebelum dan sesudah adsorpsi berbeda karena selama proses adsorpsi karbon aktif berinteraksi dengan berbagai komponen air limbah, baik organik maupun anorganik. Karbon aktif melalui interaksi fisik dan atau kimia menarik dan mengikat senyawa-senyawa tersebut ke permukaannya, sehingga karbon menjadi terisi oleh senyawa-senyawa yang teradsorpsi dari air limbah domestik dan merubah komposisinya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian, dapat disimpulkan bahwa dosis karbon aktif dari kulit pisang dan waktu kontak berpengaruh terhadap penyisihan BOD, minyak dan lemak. Karbon aktif dari kulit pisang mampu menyisihkan BOD, minyak dan lemak dalam air limbah domestik masing-masing sebesar 24% dan 97%. Adsorpsi BOD, minyak dan lemak digambarkan oleh kinetika adsorpsi *pseudo-second-order* dengan nilai R^2 sebesar 0,98 dan 0,99. Morfologi permukaan dan kandungan dalam karbon aktif sebelum dan setelah adsorpsi memiliki perbedaan, dimana pori-pori permukaan karbon aktif sebelum adsorpsi terbuka, lebih bersih, sedangkan setelah adsorpsi pori-pori lebih tertutup, permukaan padat, bergelombang, dan warna lebih pucat. Unsur yang terkandung karbon aktif sebelum adsorpsi yaitu C, O, K, sedangkan setelah adsorpsi unsur yang terkandung dalam karbon yaitu C dan O.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik. Laju Pertumbuhan Penduduk (Persen) 2020–2022.

1. <https://www.bps.go.id/indicator/12/1976/1/laju-pertumbuhan-penduduk>. 2022. Di akses pada 7 Oktober 2022, pukul 20.21 WIB.
2. Neles, Adami A, Ilham I, Wibowo D. Penerapan Geometri dalam Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik : Studi Kasus Perumahan Mutiara Sartika, Kota Kendari. Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan 2020, 6(1): 1–9. <https://doi.org/10.29080/alar.v6i1.1036>
3. Wijaya IMW, Soedjono ES. Physicochemical Characteristic of Municipal Wastewater in Tropical Area: Case Study of Surabaya City, Indonesia. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing; 2018. p. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/135/1/012018>
4. Ferreira ARL, Sanches Fernandes LF, Cortes RMV, Pacheco FAL. Assessing anthropogenic impacts on riverine ecosystems using nested partial least squares regression. Science of the Total Environment. 2017 Apr 1;583: 466–77. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.106>
5. Wikaningrum T, Pratamadina E. Potensi Penggunaan Eco Enzyme sebagai Biokatalis dalam Penguraian Minyak dan Lemak pada Air Limbah Domestik. Jurnal Serambi Engineering 2022; 7(4): 3924 - 3932. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i4.4849>
6. Cheng H, Zhu Q, Xing Z. Adsorption of ammonia nitrogen in low temperature domestic wastewater by modification bentonite. J Clean Prod. 2019 Oct 1;233: 720–730. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.079>
7. Al-Jadabi N, Laouan M, Benbouzid M, Mabrouki J, El Hajjaji S. Coagulation-flocculation technique for domestic wastewater treatment in the city of Ain Aouda, Rabat, Morocco. In: E3S Web of Conferences. EDP Sciences; 2022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233702003>
8. Das P, Quadir MA, Thaher MI, Alghasal GSHS, Aljabri HMSJ. Microalgal nutrients recycling from the primary effluent of municipal wastewater and use of the produced biomass as bio-fertilizer. International Journal of Environmental Science and Technology. 2019 Jul 1;16(7): 3355–3364. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1867-8>
9. Yadav S, Yadav A, Bagotia N, Sharma AK, Kumar S. Adsorptive potential of modified plant-based adsorbents for sequestration of dyes and heavy metals from wastewater - A review. Journal of Water Process Engineering, 2021; 42: 1 - 16. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102148>
10. Anggriani UM, Hasan A, Purnamasari I. Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu)

- dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika* 2021;12(02): 29–37.
11. Senthil Kumar P, Janet Joshiba G, Femina CC, Varshini P, Priyadharshini S, Arun Karthick MS, et al. A critical review on recent developments in the low-cost adsorption of dyes from wastewater. *Desalination Water Treat.* 2019 Dec 1;172: 395–416. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24613>
 12. Olaoye R, Afolayan O, Mustapha O, Adeleke H. The Efficacy of Banana Peel Activated Carbon in the Removal of Cyanide and Selected Metals from Cassava Processing Wastewater. *Adv Res.* 2018 Aug 16;16(1): 1–12. <https://doi.org/10.9734/AIR/2018/43070>
 13. Hatina S, Winoto E, Febriana I, Antoni. Pengaruh Karbon Aktif Kulit Pisang Putri pada Limbah Ammonia. *Jurnal Redoks.* 2021;6(1):7–16. <https://doi.org/10.31851/redoks.v6i1.5244>
 14. Pradana AA, Pujion, Yulianto B, Ruhmawati T. Perbedaan Waktu Kontak Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar Amonia Pada Limbah Cair Domestik. *Jurnal Riset Kesehatan.* 2019;11(1):215–20. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v11i1.734>
 15. Baloch MYJ, Mangi SH. Treatment of Synthetic Greywater by Using Banana, Orange and Sapodilla Peels as a Low Cost Activated Carbon. *J Mater Environ Sci.* 2019;10(10):966–86.
 16. Vigiak O, Grizzetti B, Udias-Moinelo A, Zanni M, Dorati C, Bouraoui F, et al. Predicting biochemical oxygen demand in European freshwater bodies. *Science of the Total Environment.* 2019 May 20;666:1089–105. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.252>
 17. Nieuwenhuis E, Langeveld J, Clemens F. The relationship between fat, oil and grease (FOG) deposits in building drainage systems and FOG disposal patterns. *Water Science and Technology.* 2018 May 1;77(10):2388–96. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.173>
 18. Perrich JR. *Activated Carbon Adsorption For Wastewater Treatment.* CRC Press; 2018. 55 p. <https://doi.org/10.1201/9781351069465>
 19. Wirosoedarmo R, Haji ATS, Hidayati EA. Pengaruh konsentrasi dan waktu kontak pada pengolahan limbah domestik menggunakan karbon aktif tongkol jagung untuk menurunkan BOD dan COD. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.* 2018;3(2):31–8.
 20. Sanjaya SA, Agustine PR. Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. *Konversi.* 2015 Apr;4(1):17–24. <https://doi.org/10.20527/k.v4i1.261>
 21. Nayl AEA, Elkhashab RA, El Malah T, Yakout SM, El-Khateeb MA, Ali MMS, et al. Adsorption studies on the removal of COD and BOD from treated sewage using activated carbon prepared from date palm waste. *Environmental Science and Pollution Research.* 2017 Oct 1;24(28):22284–93. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9878-4>
 22. Del Angel E, Pantoja MA, López R, Cruz AE. Treatment of domestic wastewater using activated carbon prepared from sugarcane bagasse. *Tecnología y Ciencias del Agua.* 2022 Jan 1;13(1). <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2022-01-04>
 23. Younis SA, Moustafa YM. Synthesis of urea-modified MnFe₂O₄ for aromatic micro-pollutants adsorption from wastewater: Mechanism and modeling. *Clean Technol Environ Policy.* 2017 Mar 1;19(2):527–40. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1244-6>
 24. Santos TM, de Jesus FA, da Silva GF, Pontes LAM. Synthesis of activated carbon from oleifera moringa for removal of oils and greases from the produced water. *Environ Nanotechnol Monit Manag.* 2020 Dec 1;14. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100357>
 25. Shukla SK, Al Mushaiqri NRS, Al Subhi HM, Yoo K, Al Sadeq H. Low-cost activated carbon production from organic waste and its utilization for wastewater treatment. *Appl Water Sci.* 2020 Feb 1;10(2). <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1145-z>
 26. Blachnio M, Derylo-Marczewska A, Charmas B, Zienkiewicz-Strzalka M, Bogatyrov V, Galaburda M. Activated Carbon from Agricultural Wastes for Adsorption of Organic Pollutants. *Molecules.* 2020 Nov 1;25(21). <https://doi.org/10.3390/molecules25215105>
 27. Mopoung S, Moonsri P, Palas W, Khumpai S. Characterization and Properties of Activated Carbon Prepared from Tamarind Seeds by KOH Activation for Fe(III) Adsorption from Aqueous Solution. *Scientific World Journal.* 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/415961>



©2024. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.