

UJI EFEKTIVITAS ADSORBEN DARI KULIT DURIAN TERHADAP KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

EFFECTIVENESS TEST OF DURIAN PEEL ADSORBENTS ON COD AND TSS LEVELS IN LIQUID WASTE OF TOFU INDUSTRY

**Alfira Putri Damayanti¹, Dennis Farina Nury^{2*}, Rifqi Sufra¹, Deviany¹,
Feerzet Achmad¹, Muhammad Zulfikar Luthfi²**

¹Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera

Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kab. Lampung Selatan, Lampung 35365

²Program Studi Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten

Jl. Raya Karang Bolong, Cikoneng, Kec. Anyar, Kab. Serang, Banten 42166

*email : dennis.farina@poltek-petrokimia.ac.id

(Received: 2025 07, 24; Reviewed: 2025 2025 12, 5; Accepted: 2025 12, 27)


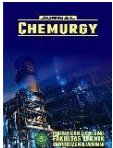
Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas adsorben arang aktif dari kulit durian dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair industri pengolahan rumput laut. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak untuk menentukan kondisi optimum. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan massa adsorben 100 gram dengan waktu kontak 2 jam, yang menghasilkan penurunan BOD sebesar 74,4 mg/L (6,06%) dan COD sebesar 224,1 mg/L (21,64%). Penurunan kadar BOD dan COD menunjukkan bahwa peningkatan massa adsorben dan waktu kontak memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan adsorpsi. Namun demikian, efektivitas adsorpsi dapat dipengaruhi oleh faktor kejenuhan adsorben, fouling pada permukaan, serta proses desorpsi yang terjadi pada waktu kontak lebih lama. Karakteristik proses adsorpsi dianalisis menggunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich. Hasil analisis menunjukkan bahwa data adsorpsi lebih sesuai dengan model isoterm Langmuir, yang mengindikasikan terjadinya adsorpsi monolayer pada permukaan homogen. Dengan demikian, optimasi massa dan waktu kontak diperlukan agar adsorpsi berlangsung efektif dalam menurunkan beban pencemar organik.

Kata Kunci: adsorpsi, arang aktif, kulit durian, BOD, COD, isoterm Langmuir

Abstract

This study aims to evaluate the effectiveness of activated carbon adsorbent derived from durian peel in reducing BOD and COD levels in wastewater from the seaweed processing industry. The adsorption process was conducted by varying the adsorbent mass and contact time to determine the optimum conditions. The best result was achieved with 100 grams of adsorbent and 2 hours of contact time, resulting in a BOD reduction to 74.4 mg/L (6.06%) and COD to 224.1 mg/L (21.64%). The decrease in BOD and COD levels indicates that increasing adsorbent mass and contact time positively influences adsorption efficiency. However, the adsorption performance may be limited by adsorbent saturation, surface fouling, and desorption at prolonged

	<p style="text-align: center;">JURNAL CHEMURGY</p> <p style="text-align: center;">E-ISSN 2620-7435</p> <p style="text-align: center;">Available online at http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK</p>	 <p style="text-align: center;">SINTA Accreditation No. 152/E/KPT/2023</p>
---	--	---

contact times. The adsorption characteristics were analyzed using Langmuir and Freundlich isotherm models. The results revealed that the Langmuir isotherm better described the adsorption process, indicating monolayer adsorption on a homogeneous surface. Therefore, optimizing the adsorbent mass and contact time is crucial to achieving efficient organic pollutant removal.

Keywords: adsorption, activated carbon, durian peel, BOD, COD, Langmuir isotherm

1. PENDAHULUAN

Durian merupakan tanaman yang tersebar di negara-negara Asia Tenggara, termasuk di Indonesia. Durian memiliki kulit berduri dengan persentase sekitar 70-85% yang didalamnya berisi biji diselimuti daging buah berwarna putih atau kuning dengan persentase hanya sebanyak 15-30% (Nury et al., 2024). Durian dikenal memiliki pohon besar yang tingginya mencapai 50 meter dan bertahan hingga puluhan bahkan ratusan tahun. Durian biasanya berbuah pada bulan Januari hingga Maret. Pada tahun 2021, Provinsi Lampung dapat menghasilkan buah durian sebanyak 20.878,5 ton. Produksi buah durian ini terus meningkat setiap tahunnya dimana dalam setiap produksinya dihasilkan limbah kulit durian yang belum banyak dimanfaatkan, sehingga dapat menjadi limbah yang mengakibatkan pencemaran lingkungan. Jika kulit durian ini dimanfaatkan dengan baik, maka dapat mengurangi limbah yang dihasilkan. Salah satu cara memanfaatkan kulit durian dengan baik adalah menjadikan kulit durian sebagai adsorben.

Industri tahu adalah salah satu jenis industri pangan berbahan baku dari kedelai yang bergerak di skala industri rumah tangga. Dalam proses pembuatannya, industri tahu menghasilkan limbah cair. Dampak negatif jika limbah cair langsung dibuang ke perairan dapat mencemari lingkungan, bau yang menyengat, adanya buih, sumber penyakit, hingga mengganggu proses fotosintesis mikroorganisme. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya tindakan berupa pengolahan dan pengujian guna mengeksplorasi kualitas limbah cair tahu agar dapat dibuang ke perairan (Viky & Nurudin, 2024). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, industri pengolahan tahu memerlukan analisis terhadap berbagai parameter untuk menguji kualitas limbahnya, termasuk *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS). Penetapan nilai-nilai ini esensial untuk menentukan apakah limbah tahu tersebut masih memenuhi standar keselamatan untuk dibuang ke perairan, dengan nilai standar kualitas COD sebanyak 300mg/L dan TSS 200 mg/L (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014, 2014). Dalam pengelolaan limbah cair, metode yang digunakan meliputi teknik fisik, kimia, dan biologi. Untuk mengurangi kadar parameter tersebut, salah satu teknik yang efektif adalah melalui proses adsorpsi menggunakan karbon aktif.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan untuk menguji efektivitas adsorben berbahan dasar kulit durian dalam menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solids* (TSS) pada limbah cair industri tahu. Kegiatan penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Sumatera, dengan tahapan utama meliputi persiapan adsorben, proses adsorpsi, dan analisis hasil.

2.1 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah cair dari industri tahu yang diambil dari Sentra Industri Tahu di Pringsewu, Lampung. Kulit durian segar yang tidak membusuk diperoleh dari pedagang buah di Pringsewu, Lampung dan digunakan sebagai bahan baku adsorben. Selain itu, bahan kimia lain yang digunakan meliputi larutan KOH 30% (v/v) sebagai aktivator untuk

proses aktivasi karbon, aquades sebagai pelarut, serta larutan KMnO_4 , H_2SO_4 , larutan KI, indikator kanji, dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,05 N untuk keperluan analisis COD.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *furnace* untuk proses karbonisasi, oven untuk pengeringan, mortar dan ayakan 30 mesh untuk proses penghalusan dan pengayakan arang kulit durian, serta *shaker orbital* tipe SK-0180-Pro untuk proses adsorpsi, neraca analitik, alat filtrasi dengan pompa vakum, serta desikator.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian uji efektivitas adsorben kulit durian ini terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu:

1. Persiapan Adsorben Kulit Durian

Kulit durian dibersihkan dari kotoran yang menempel melalui pencucian berulang, kemudian dipotong kecil-kecil dengan ukuran sekitar 3 cm dan dijemur hingga kering. Proses karbonisasi dilakukan dengan memanaskan kulit durian dalam *furnace* pada temperatur 300°C selama 1 jam. Hasil karbonisasi kemudian didiamkan dalam desikator selama 15 menit untuk menghilangkan kelembaban, dihaluskan menggunakan mortar, dan diayak menggunakan saringan 30 mesh untuk memperoleh ukuran partikel seragam.

2. Proses Aktivasi

Serbuk karbon hasil karbonisasi selanjutnya diaktivasi dengan cara direndam dalam larutan KOH 30% (v/v) selama 18 jam dengan perbandingan massa karbon dan volume larutan KOH sebesar 1:3 (m/v). Setelah proses aktivasi selesai, karbon disaring, dicuci dengan aquades hingga mencapai pH 7 (netral), dan kemudian dikeringkan kembali dalam oven pada temperatur 110°C hingga massa konstan.

3. Proses Adsorpsi

Sampel limbah cair tahu sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan karbon aktif kulit durian dengan variasi massa sebesar 0,15; 0,30; 0,45; 0,60; 0,75; dan 1,00 gram. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan orbital shaker pada kecepatan 120 rpm dan variasi waktu kontak selama 12, 24, 36, 48, dan 60 menit. Setelah proses adsorpsi selesai, sampel didiamkan pada temperatur kamar selama 1 jam sebelum dilakukan analisis lebih lanjut.

4. Analisa TSS secara Gravimetri pada Limbah Cair Tahu

Pengujian analisa TSS mengacu pada (SNI 06-6989.3- 2004) yang dilakukan dengan meletakkan kertas saring pada alat filtrasi yang telah terpasang pompa vakum. Kemudian, saring 20 ml aquades menggunakan kertas saring. Kertas saring tersebut di oven selama 1 jam pada temperatur 105°C selama 1 jam. Setelah itu timbang kertas saring dan didapatkan hasil berat kertas saring. Setelah itu, pipet sampel yang telah melalui proses adsorpsi sebanyak 10 ml. Kemudian, saring menggunakan kertas saring yang telah disiapkan dan dioven kembali selama 1 jam dengan temperatur 105°C . Timbang kertas saring tersebut dan didapatkan berat kertas saring dan residu.

$$TSS = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \quad (1)$$

Keterangan

a = Berat kertas saring + residu kering (mg)

b = Berat kertas saring (mg)

c = Volume sampel (mL)

TSS = Total padatan tersuspensi (mg/L)

5. Analisa COD secara Titrasi pada limbah Cair Tahu

Pengujian analisa COD dilakukan dengan memasukkan sampel sebanyak 15 ml ke dalam 5 erlenmeyer yaitu sampel 1, 2, 3, 4, dan 5. Kemudian, tambahkan larutan KMnO_4 sebanyak 5 ml. Sampel ditambahkan larutan KI 10% sebanyak 5 tetes dan 10 ml H_2SO_4 6 M untuk memberikan suasana asam. Selanjutnya, menyiapkan larutan untuk titrasi yaitu dengan menuangkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,05 N ke dalam buret. Titrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai warnanya menjadi kuning cerah. Tambahkan indikator kanji sebanyak 3-5 tetes, dan akan muncul warna biru pada larutan yang menandakan bahwa terdapat sisa-sisa I_2 didalam sampel. Titrasi kembali dilanjutkan sampai warna sampel kembali seperti warna semula (SNI 6989.15:2019) (Simaremare et al., 2022).

$$COD = \frac{(V_b - V_s) \times N_{thiosulfate} \times Mr_{O_2} \times 1000}{V_{so}} \quad (2)$$

V_b = volume natrium tiosulfat pada titrasi blanko (ml)

V_s = volume natrium tiosulfat pada titrasi sampel (ml)

V_{so} = volume sampel

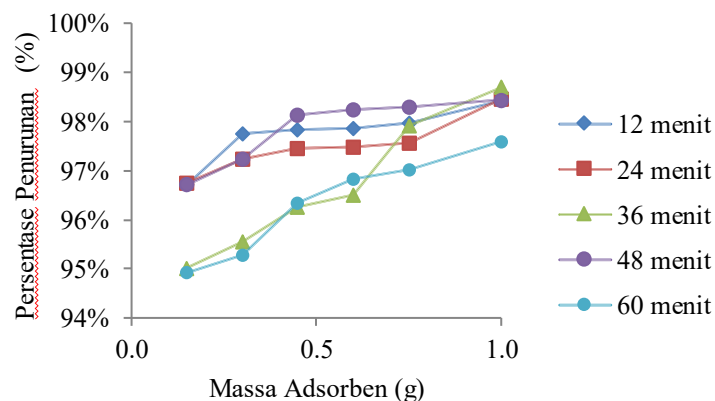
$N_{thiosulfate}$ = normalitas natrium tiosulfat (0,05 N)

Mr_{O_2} = massa relatif O_2 (32 gr/mol)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penurunan Kadar TSS

Kadar TSS awal limbah tahu sebelum proses adsorpsi didapat sebesar 474,4 mg/L. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar TSS limbah industri tahu melebihi batas kadar maksimum yang ditentukan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk TSS dari limbah industri tahu sebanyak 200 mg/L. Oleh sebab itu, untuk menurunkan kadar TSS dilakukan proses adsorpsi dengan memanfaatkan karbon aktif kulit durian sebagai adsorben. Setelah itu, dilanjutkan dengan menentukan nilai penurunan kadar TSS dengan metode gravimetri. Hasil dari penurunan kadar TSS setelah proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Penurunan Kadar TSS

Pada Gambar 1 menunjukkan pengaruh adsorben terhadap penurunan kadar TSS berdasarkan variasi waktu kontak dan variasi massa adsorbennya. *Total Suspended Solid* (TSS) ialah pengukuran jumlah mg/L padatan yang tidak larut atau tersuspensi dan biasanya sebagai padatan berpasir atau lumpur yang menyebabkan kekeruhan pada perairan. Tercapainya penurunan kadar TSS pada filtrat dari hasil adsorpsi karena kemampuan dari zat adsorben dalam menyerap zat tersuspensi (Maulana & Marsono, 2021). Berdasarkan data yang didapat pada Gambar 1, hasil menunjukkan bahwa semakin banyak massa adsorben yang digunakan, maka akan semakin baik adsorben tersebut dalam menurunkan kadar TSS. Persentase penurunan merupakan selisih dari kadar awal TSS sebelum proses adsorpsi 30 dengan kadar akhir TSS setelah proses adsorpsi yang dinyatakan dalam persen (Rahman et al., 2021).

Adanya peningkatan persentase TSS tersebut disebabkan karena semakin banyak adsorben yang digunakan maka akan semakin besar kapasitas serapnya. Penurunan kadar TSS optimum dari adsorben kulit durian yaitu pada massa adsorben 1 gram dan waktu kontak 36 menit dengan persentase penurunan sebesar 98,69%. Sedangkan untuk persentase penurunan kadar TSS terendah terdapat pada massa adsorben 0,15 gram pada waktu kontak 60 menit dengan persentase penurunan sebesar 94,92%. Dari hasil yang didapat secara keseluruhan, pada semua variasi massa adsorben dari kulit durian dan waktu kontak mampu menurunkan kadar TSS yang cukup besar mencapai >94%. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Rahman bahwa pada uji TSS mampu menurunkan kadar TSS sebanyak 94,84%; 95,05%; dan 96,60% pada massa adsorben 0,5, 1, dan 1,5

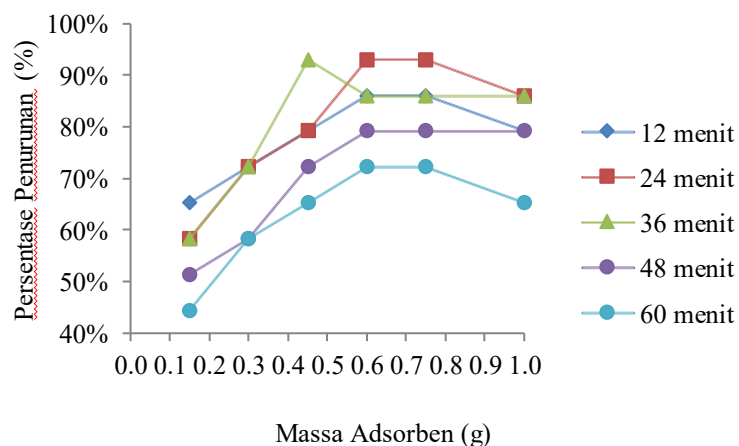
gram (Rahman et al., 2021). Dari hasil penelitian tersebut, dapat diartikan bahwa penurunan TSS ini lebih efektif dengan massa adsorben yang lebih banyak. Hal tersebut terjadi karena dengan semakin banyak massa adsorben, luas permukaan total yang tersedia untuk kontak antara adsorben dan adsorbat meningkat. Hal ini memungkinkan lebih banyak molekul TSS menempel pada permukaan adsorben, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan.

Selain itu, dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada massa yang sama dengan waktu kontak yang berbeda terdapat hasil yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak, maka persentase penurunan TSS menurun. Hal tersebut dapat disebabkan karena beberapa faktor, pertama, kapasitas adsorpsi yang kurang maksimal menjadi salah satu penyebab utama. Adsorben yang telah mencapai titik jenuh tidak lagi mampu menyerap partikel-partikel organik dari limbah (Afifah et al., 2024). Kedua, kemungkinan terjadinya fouling atau penyumbatan pada permukaan adsorben (Rahma & Mahmud, 2020). Ketiga, terdapat dinamika keseimbangan antara proses adsorpsi dan desorpsi. Pada waktu kontak yang lebih lama, bisa terjadi pelepasan kembali (desorpsi) partikel yang sebelumnya telah terikat pada permukaan adsorben. Jika laju desorpsi lebih tinggi dibandingkan laju adsorpsi, maka konsentrasi zat pencemar seperti TSS dapat menjadi stabil, atau bahkan meningkat (Putri & Hasna, 2024). Dengan mempertimbangkan ketiga faktor tersebut, penting untuk mengoptimalkan massa adsorben dan waktu kontak guna mencapai efisiensi maksimal dalam proses adsorpsi, tanpa melewati ambang batas kemampuan adsorben dalam menyerap polutan.

Jika desorpsi lebih dominan daripada adsorpsi pada waktu kontak yang lebih lama, TSS dapat tetap stabil atau bahkan meningkat (Nurafriyanti et al., 2017). Pada waktu kontak 36 menit, terdapat kenaikan persentase penurunan TSS yang cukup signifikan yaitu pada massa 0,6 sampai 1 gram. Kenaikan persentase penurunan secara signifikan tersebut disebabkan karena peningkatan situs aktif adsorben. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan, semakin banyak situs aktif yang tersedia untuk menyerap partikel tersuspensi. Dengan lebih banyak situs aktif, jumlah partikel yang bisa diadsorpsi juga meningkat, sehingga terjadi penurunan TSS yang signifikan (persentase penurunan meningkat).

3.2 Penurunan Kadar COD

Penurunan kadar COD dilakukan melalui metode titrasi di Laboratorium Teknik 2 Institut Teknologi Sumatera. Kadar COD awal sebelum melalui tahap adsorpsi didapat sebanyak 1440 mg/L, sedangkan berdasarkan peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk COD dari limbah industri tahu sebanyak 300 mg/L. Oleh sebab itu, dilakukan penurunan kadar COD dengan memanfaatkan adsorben dari kulit durian. Hasil dari penurunan kadar COD pada limbah industri tahu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Penurunan Kadar COD

Gambar 2 menunjukkan pengaruh massa karbon aktif dan waktu kontak terhadap penurunan COD pada limbah cair industri tahu. Tujuan adanya variasi massa adsorben dan waktu kontak adalah guna

menentukan berat adsorben dan waktu yang dibutuhkan untuk dapat menyerap adsorbat secara maksimal hingga adsorben mengalami titik jenuh. Semakin banyak adsorben yang dikontakkan pada adsorbat, maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi, sehingga kuantitas adsorpsi semakin besar (Legiso et al., 2020). Dari data yang didapat, terjadi penurunan kadar COD setelah proses adsorpsi. Semakin besar massa adsorben yang digunakan maka persentase penurunan COD juga semakin meningkat. Pada rentang massa adsorben 0,15 sampai 0,45 gram mengalami kenaikan pada penurunan kadar COD untuk setiap variasi waktu kontak. Hal tersebut juga didukung oleh studi yang dilakukan oleh Ilmanafia & Sudarminto (2023), penggunaan adsorben arang aktif dari bonggol jagung terbukti mampu menurunkan kadar BOD dan COD dalam limbah cair industri pengolahan rumput laut. Hasil terbaik diperoleh pada kondisi massa adsorben 100 gram dan waktu kontak 2 jam, dengan penurunan BOD sebesar 6,06% dan COD sebesar 21,64%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan massa adsorben dan waktu kontak berpengaruh positif terhadap efektivitas penyerapan bahan organik oleh arang aktif bonggol jagung (Ilmanafia & Sudarminto, 2023). Kenaikan persentase penurunan COD tersebut disebabkan karena semakin banyak massa adsorben, maka akan semakin banyak karbon aktif yang dapat berkontak dengan zat organik terdapat dalam limbah cair industri tahu. Selain itu, penambahan massa karbon aktif juga dapat menambah luas permukaan karbon aktif, sehingga semakin banyak zat organik yang dapat diserap (Farina Nury et al., 2023; Komala et al., 2021).

Massa optimum karbon aktif yang didapat pada studi ini yaitu sebesar 0,6 gram dan proses adsorpsi dinyatakan berhenti karena persentase penurunan COD sudah tidak mengalami kenaikan, dikarenakan molekul zat organik dalam limbah industri tahu yang berikatan dengan karbon aktif semakin sedikit. Pada penambahan massa karbon aktif 0,6 gram, persentase penurunan kadar COD tertinggi terdapat pada waktu kontak 24 menit yaitu sebanyak 93,06%, sedangkan persentase penurunan kadar COD terendah terdapat pada waktu kontak 60 menit yaitu sebanyak 72,22%.

Pada penambahan massa karbon aktif 0,75 gram, persentase penurunan kadar COD cenderung stabil. Hal ini disebabkan karena banyaknya massa karbon aktif yang digunakan dapat menyebabkan adsorben mencapai titik jenuh apabila permukaan karbon aktif telah terisi oleh adsorbat. Selain itu, banyaknya massa karbon aktif yang ditambahkan ke dalam sampel menyebabkan karbon aktif tidak dapat cukup ruang untuk berinteraksi dengan zat organik yang terkandung di dalam limbah tahu. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan hatina et al., (2020) bahwa dengan bertambahnya massa adsorben menyebabkan interaksi menjadi tidak sempurna sebab banyak pori karbon aktif yang tidak dapat digunakan untuk menyerap zat organik, karena tertutup oleh karbon aktif lain (Hatina & Winoto, 2020). Namun, pada penambahan massa adsorben 1 gram terdapat beberapa variasi yang mengalami penurunan kadar COD. Hal tersebut disebabkan karena pada saat proses adsorpsi terdapat karbon aktif yang menempel pada bagian erlenmeyer karena proses pengadukan menggunakan *orbital shaker*, sehingga tidak dapat berkontak kembali dengan sampel.

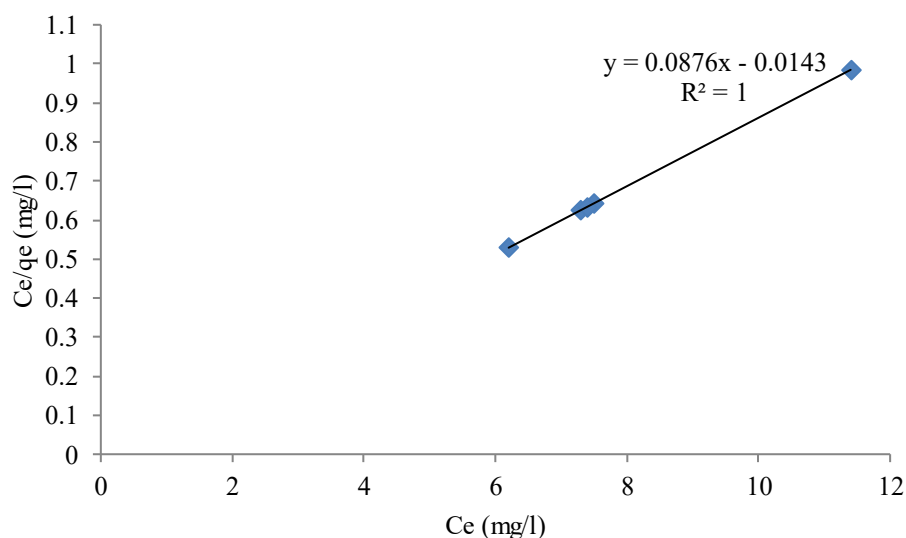
Karbon aktif dari kulit durian dengan massa optimum yaitu 0,6 gram mampu menurunkan kadar COD pada tiap penggunaan variasi waktu kontak. Berdasarkan grafik di atas, pada massa adsorben 0,6 gram dapat meningkat hingga pada waktu kontak 24 menit dan selanjutnya mengalami kemampuan adsorpsi. Pada penggunaan waktu kontak yang semakin lama, karbon aktif tidak mampu lagi menyerap adsorbat karena pori-pori karbon aktif telah terisi penuh oleh adsorbat dan selanjutnya terjadi desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat. Laju adsorpsi zat organik pada waktu kontak 12 menit hingga 24 menit lebih tinggi daripada desorpsi, sedangkan pada waktu kontak 36 menit hingga 60 menit laju desorpsi telah melebihi laju adsorpsi sehingga adsorbat terlepas kembali yang menyebabkan terjadinya penurunan persentase kadar COD. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Rizky & Silalahi (2022) dimana hasil terbaik diperoleh pada massa adsorben 100 gram dan waktu kontak 2 jam, dengan penurunan BOD sebesar 74,4 mg/L (6,06%) dan COD sebesar 224,1 mg/L (21,64%). Efektivitas adsorpsi meningkat seiring bertambahnya massa adsorben dan waktu kontak, namun menurun setelah melewati titik jenuh akibat fouling dan desorpsi (Rizky & Silalahi, 2022). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa waktu kontak optimumnya berada pada waktu 90 menit. Namun, setelah melewati waktu optimumnya, efisiensi penyerapannya mengalami penurunan. Adsorpsi zat organik dalam limbah cair tahu menggunakan karbon aktif kulit durian

terjadi sebab adanya gaya *Van der Waals*. Gaya tarik menarik terjadi antara adsorben karbon aktif dengan adsorbat zat organik, sehingga permukaan karbon aktif tertutupi oleh adsorbat. Gaya tersebut bersifat lemah sehingga dapat terlepas kembali (Wulandari et al., 2023).

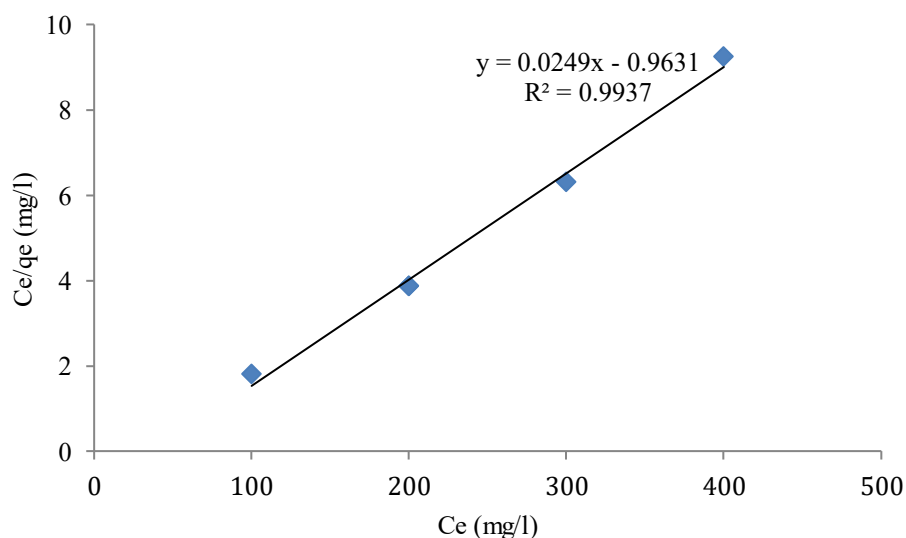
3.3 Isotermal Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi merupakan jumlah adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben (Wulandari et al., 2023). Dalam menentukan kapasitas adsorpsi dapat menggunakan metode isoterm. Isoterm adsorpsi menjelaskan hubungan antara konsentrasi adsorbat dan adsorben pada suatu larutan sehingga dapat diketahui tingkat penyerapan adsorben. Pada penelitian ini menggunakan 2 model isoterm adsorpsi yaitu *Langmuir* dan *Freundlich*. Hasil perhitungan persamaan *Langmuir* dan *Freundlich* digambar dalam bentuk grafik linear, dan dari grafik tersebut dapat terlihat nilai determinasi R^2 yang mendekati 1, maka persamaan tersebut dapat digunakan untuk mengetahui proses adsorpsi yang terjadi (Simaremare et al., 2022).

Hasil dari penurunan kadar TSS dan COD menggunakan karbon aktif kulit durian dengan variasi massa dan waktu kontak untuk persamaan Isotermal *Langmuir* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



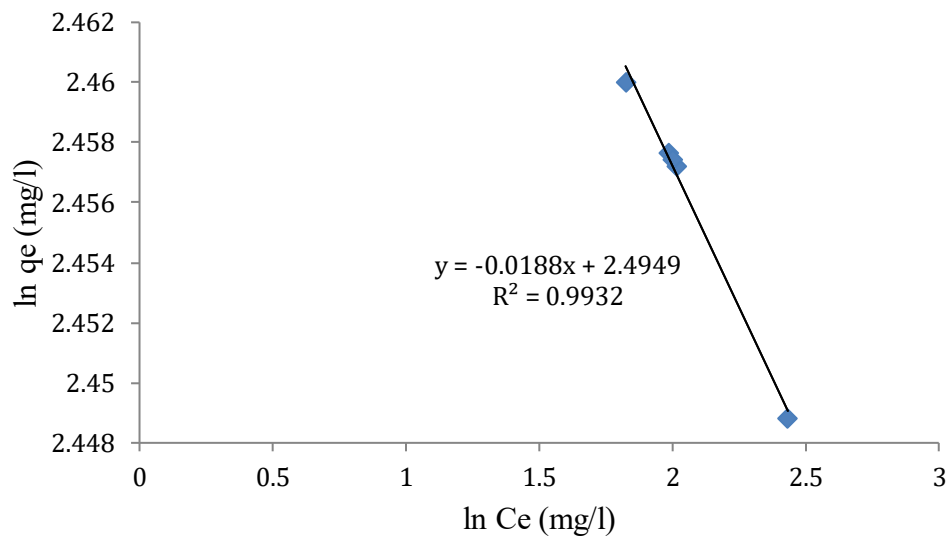
Gambar 3. Grafik Isotermal Langmuir pada Penurunan Kadar TSS



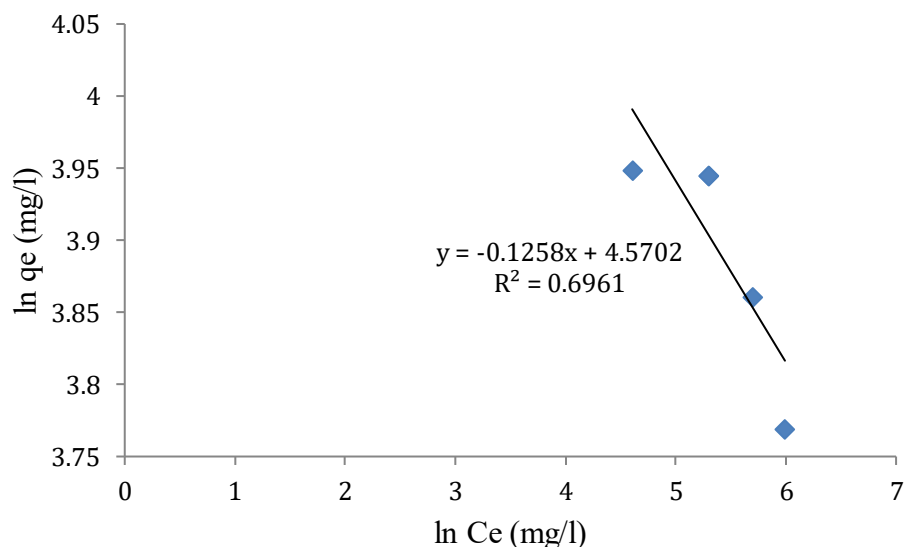
Gambar 4. Grafik Isotermal Langmuir pada Penurunan Kadar COD

Isotermal *Langmuir* digunakan untuk mengasumsikan bahwa lapisan yang terbentuk adalah lapisan tunggal, di mana ikatan antara adsorben dan adsorbat cukup kuat karena terbentuk ikatan kimia. Dari Gambar 3 di atas, diperoleh nilai $y = 0,087x - 0,014$ sehingga didapatkan nilai konstanta *Langmuir* sebesar - 6,2166 dan nilai q_m sebesar 11,49 mg/g, sedangkan pada Gambar 4 diperoleh nilai $y = 0,024x - 0,963$ sehingga didapatkan nilai konstanta *Langmuir* sebesar -0,0249 dan nilai q_m sebanyak 41,67 mg/g. Nilai q_m menunjukkan kapasitas maksimum limbah tahu yang dapat terserap dalam satu gram karbon aktif dari kulit durian.

Grafik persamaan isotermal *Freundlich* untuk penurunan kadar TSS dan COD dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar 5. Grafik Isotermal Freundlich pada Penurunan Kadar TSS



Gambar 6. Grafik Isotermal Freundlich pada Penurunan Kadar COD

Isotermal *Freundlich* digunakan untuk mengasumsikan bahwa ikatan berlapis antara adsorben dan adsorbat disebabkan oleh gaya *van der Waals* sehingga ikatan yang terbentuk tidak akan terlalu kuat. Dari Gambar 4.3 diperoleh nilai $y = -0,018x + 2,494$, sedangkan pada Gambar 4.4 diperoleh nilai $y = -0,125x + 4,570$. Dari kedua persamaan linear isotermal *Freundlich* yang didapatkan pada

penurunan kadar TSS dan COD, dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta Freundlich yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Konstanta Freundlich

1/n	n	Ln Kf	Kf
-0,018 (TSS)	-55,55	2,494	12,10962
-0,125 (COD)	-8	4,570	96,54411

Adsorpsi kulit durian terhadap limbah tahu lebih mengikuti model persamaan isothermal *Langmuir* dibandingkan dengan model persamaan isothermal *Freundlich*. Hal ini dapat dilihat pada grafik linierisasi yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi R² sebanyak 1 untuk TSS dan 0,993 (mendekati 1) untuk COD. Sedangkan pada persamaan isothermal adsorpsi *Freundlich* nilai R² sebanyak 0,993 untuk TSS dan 0,696 untuk COD. Dari model persamaan isothermal yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa proses adsorpsi yang terjadi pada penurunan kadar TSS dan COD limbah industri tahu dengan menggunakan karbon aktif dari kulit durian adalah adsorpsi fisik secara monolayer (Simaremare et al., 2022). Selain dari nilai determinasi R², terdapat kriteria lain sebagai pendukung dalam menentukan isothermal adsorpsi yaitu dengan metode evaluasi fungsi eror berupa rata-rata kesalahan relatif (Afandya & Fikrah Dian Indrawati Sawalia, 2025; Febri Juita Anggraini et al., 2023). Dengan menggunakan persamaan tersebut, didapatkan nilai kesalahan relatif pada isothermal *Langmuir* dan *Freundlich* sebagai berikut :

Tabel 2 Nilai Kesalahan Relatif pada Penurunan Kadar TSS

Ce	Nilai R Langmuir	Nilai R Freundlich
7,5	0,005	0,005
7,3	0,006	0,008
6,2	0,007	0,021
7,4	0,006	0,005
11,4	0,0068	0,023
Rata-rata	0,00616	0,0124

Tabel 3 Nilai Kesalahan Relatif pada Penurunan Kadar COD

Ce	Nilai R Langmuir	Nilai R Freundlich
7,5	0,009	0,036
7,3	0,024	0,0028
6,2	0,009	0,036
7,4	0,013	0,0037
11,4	0,069	0,054
Rata-rata	0,00616	0,0124

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 diatas merupakan data yang menunjukkan kesalahan relatif pada isothermal *Langmuir* dan *Freundlich* yang dapat menjadi kriteria tambahan dalam menentukan model isothermal adsorpsi yang sesuai. Dalam menentukan model isothermal yang akan digunakan tidak hanya dilihat dari nilai regresi (R²) yang mendekati angka 1, tetapi juga dapat dilihat dari nilai kesalahan relatif yang paling kecil. Dari kedua tabel diatas didapatkan nilai rata-rata kesalahan relatif paling kecil

terdapat pada model isothermal *Langmuir*, yaitu 0,00616 untuk TSS dan 0,0248 untuk COD, sehingga dapat disimpulkan proses adsorpsi karbon aktif terhadap penurunan kadar COD dan TSS dalam limbah cair industri tahu mengikuti model isothermal *Langmuir* yang didukung dengan nilai kesalahan relatif yang paling kecil. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Rara Arsapita (2022) yang menyatakan bahwa pada penelitian yang dilakukan menghasilkan nilai regresi (R^2) terbesar yaitu pada isothermal *Langmuir* sebesar 0,9247 dengan kesalahan relatif yang kecil yaitu sebesar 1,4704

4. KESIMPULAN

Penggunaan arang aktif dari kulit durian efektif dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair industri pengolahan rumput laut. Hasil terbaik diperoleh pada kondisi massa adsorben 100 gram dengan waktu kontak 2 jam, yang menghasilkan penurunan BOD sebesar 74,4 mg/L (6,06%) dan COD sebesar 224,1 mg/L (21,64%). Efektivitas proses adsorpsi ini dipengaruhi oleh peningkatan massa adsorben dan waktu kontak. Namun, setelah titik jenuh tercapai, efektivitas dapat menurun akibat fouling dan proses desorpsi. Karakteristik adsorpsi mengikuti model isotherm *Langmuir*, yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi berlangsung secara monolayer pada permukaan homogen. Oleh karena itu, pengendalian massa adsorben dan waktu kontak menjadi faktor penting dalam mengoptimalkan proses adsorpsi menggunakan arang aktif kulit durian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandya, M. A., & Fikrah Dian Indrawati Sawalia. (2025). Uji Performa Kombinasi Zeolit Teraktivasi Dan Arang Aktif Pada Proses Adsorpsi *Metilen Biru* : 4, 52–62.
- Afifah, Qomariyah, A., & Wulandari, E. Y. (2024). Pengaruh Limbah Sabut Kelapa Terhadap Kadar Klorida Air Sumur Sekitar Pabrik Udang di Kelurahan Klatak Banyuwangi dengan Metode Titrasi Argentometri. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 9(2), 15–39. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol9.iss2.art2>
- Farina Nury, D., Luthfi, M. Z., Deviany, D., Achmad, F., Ronggur, J., & Panjaitan, H. (2023). Pengaruh Massa Karbon Aktif dan Konsentrasi Adsorbat dalam Penyerapan Zat Warna *Metilen Blue*. 04(02), 2745–7206. <http://iontech.ista.ac.id/index.php/iontech>
- Febri Juita Anggraini, Arsapita, R., & Yasdi, Y. (2023). Efektivitas Karbon Aktif Dari Batu Bara Muda dalam Menurunkan COD pada Air Limbah Industri Tahu. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(2), 327–339. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i2.1822>
- Hatina, S., & Winoto, E. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Serbuk Kayu Merbau Dan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Untuk Pengolahan Limbah Cair Aas. *Jurnal Redoks*, 5(1), 32. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4027>
- Ilmanafia, A., & Sudarminto, H. P. (2023). Pemanfaatan Adsorben Arang Aktif Bonggol Jagung Untuk Penurunan Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Pengolahan Rumput Laut. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(4), 909–913. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i4.450>
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. <https://jdih.maritim.go.id/>, 1–83. <https://jdih.maritim.go.id/en/peraturan-menteri-negara-lingkungan-hidup-no-5-tahun-2014>
- Komala, R., Dewi, D. S., & Pandiyah, N. (2021). Proses Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah Terhadap Penurunan Kadar Cod Dan Bod Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Redoks*, 6(2), 139–148.
- Legiso, Susanto, T., Ramadhan, M. B., Roni, K. A., Lestari, D. W., & Farida. (2020). Aktivasi Karbon Aktif Dari Kulit Durian Sebagai Adsorben Limbah Dari Kegiatan Laundry. *Kementerian Perindustrian Republik Indonesia*, 16(2), 58–63.
- Maulana, M. R., & Marsono, B. D. (2021). Penerapan Teknologi Membran untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu (Studi Kasus: UKM Sari Bumi, Kabupaten Sumedang). *Jurnal Teknik ITS*, 10(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.63453>
- Nurafriyanti, N., Prihatini, N. S., & Syaughiah, I. (2017). Pengaruh Variasi pH Dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1), 56–65.

- <https://doi.org/10.20527/jukung.v3i1.3200>
- Nury, D. F., Wahyuning, I., Sugiarto, M., & Zulfikar, M. (2024). Optimasi Parameter Pembuatan Karbon Aktif Berbasis Kulit Durian Menggunakan *Metode Response Surface Methodology* (RSM) *Optimization Parameters of Durian Peel-Based Activated Carbon Using Response Surface Methodology* (RSM). *Journal of Chemical Process Engineering*, 9(2).
- Putri, Y., & Hasna Oktaviana, A. (2024). Adsorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Blue R* Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Adsorben dari Mahkota Buah Nanas. *Adsorption of Remazol Brilliant Blue R Dye on Batik Industry Waste Using Pineapple Crown Adsorbent. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 21(1), 2460–8203.
- Rahma, A., & Mahmud, M. (2020). Pengaruh Pra-Perlakuan Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Fouling Membran Ultrafiltrasi Polisulfon (Uf-Psf) Pada Penyisihan Bahan Organik Alami (Boa) Air Gambut. *Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, 1(2), 1–16. <https://doi.org/10.20527/jernih.v1i2.574>
- Rahman, A., Febria Putri, W., & Darnas, Y. (2021). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Jengkol (*Pithecellobium lobatum*) Sebagai Adsorben Dalam Menyisihkan Kadar COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu. *Lingkar: Journal of Environmental Engineering*, 2(1), 29–47. <https://doi.org/10.22373/ljee.v2i1.1871>
- Rizky, S., & Silalahi, R. (2022). Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Pada Karbon Aktif Bunga Pinus Merkusii. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, 3(3), 1–4.
- Simaremare, T. B., Halim, A., Nury, D. F., & Supriyadi, D. (2022). Penurunan Konsentrasi Cod Limbah Industri Tahu Menggunakan Adsorben Kulit Durian. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono*.
- Viky, & Nurudin, A. (2024). Pengendalian Pencemaran Air Akibat Kegiatan Industri Tahu. *Notarius*, 17(2), 656–670.
- Wulandari, R., Riyanto, C. A., & Martono, Y. (2023). Kinerja Karbon Aktif Daun Eceng Gondok pada Penurunan Kadar Fosfat Artifisial dan Surfaktan dalam Limbah Detergen. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(2), 149. <https://doi.org/10.20961/alchemy.19.2.65626.149-161>