



Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Natural Teraktivasi H_2SO_4 dengan Operasi Shaker

Dwi Annisa Fithry¹, Bode Haryanto², Durain P. Siregar³, Fikry Albanna¹

⁽¹⁾Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammdiyah Riau

⁽²⁾Departemen Teknik Kimia, Universitas Sumatra Utara

⁽³⁾Universitas Negeri Padang

DOI: 10.31004/jutin.v8i4.49413

✉ Corresponding author:
[dwiannisa@umri.ac.id]

Article Info	Abstrak
<p>Kata kunci: Pelepah kelapa sawit; Minyak jelantah; Adsorpsi; Penurunan kekeruhan; Kinetika pseudo orde dua</p>	<p>Indonesia merupakan negara penghasil utama minyak kelapa sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) terbesar di dunia, yang menyebabkan peningkatan terhadap limbah biomassa kelapa sawit dalam jumlah besar. Salah satu limbah tersebut adalah pelepah kelapa sawit yang memiliki potensi sebagai bahan adsorben yang murah dan ramah lingkungan. Di sisi lain, penggunaan minyak goreng secara berulang menghasilkan limbah minyak jelantah yang berisiko terhadap kesehatan akibat akumulasi senyawa berbahaya. Penelitian ini mengkaji pemanfaatan adsorben berbahan dasar pelepah kelapa sawit untuk pemurnian minyak jelantah melalui mekanisme adsorpsi. Berdasarkan hasil pengujian, adsorben paling efektif diperoleh pada kondisi penggunaan sebanyak 4,5 gram berukuran 100 mesh, yang mampu menurunkan kekeruhan minyak jelantah hingga 28,5 NTU, dengan nilai total kekeruhan teradsorpsi sebesar 95,5 NTU. Pemodelan kinetika menunjukkan bahwa proses adsorpsi mengikuti model kinetika pseudo orde dua, dengan nilai koefisien korelasi ($R^2 = 0,9983$), yang mengindikasikan bahwa mekanisme adsorpsi didominasi oleh chemisorption atau interaksi kimia antara permukaan adsorben dan kontaminan dalam minyak</p>
<p>Keywords: Oil palm fronds; Used cooking oil; Adsorption; Turbidity reduction; Pseudo-second-order kinetics</p>	<p>Abstract</p> <p>Indonesia is recognized as the world's leading producer of palm oil (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.), which contributes to a substantial accumulation of oil palm biomass waste. Among these, oil palm fronds present a promising potential as low-cost and eco-friendly adsorbent materials. Concurrently, the repeated use of cooking oil generates used cooking oil, a waste product that poses significant health risks due to the accumulation of harmful compounds. This study explores the application of oil palm frond-based adsorbents for the purification of used cooking oil through an</p>

adsorption mechanism. Experimental results revealed that the optimal adsorbent performance was achieved using 4.5 grams of adsorbent with a particle size of 100 mesh, which successfully reduced the turbidity of used cooking oil to 28.5 NTU, with a total adsorbed turbidity value of 95.5 NTU. Kinetic modeling indicated that the adsorption process followed a pseudo-second-order model, supported by a high correlation coefficient ($R^2 = 0.9983$), suggesting that the adsorption mechanism is dominated by chemisorption involving chemical interactions between the adsorbent surface and the contaminants in the oil.

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) ialah tanaman dari keluarga Arecaceae. Tanaman ini pertama kali dibudidayakan di Amerika Selatan. Saat ini, kelapa sawit menjadi komoditas utama dalam produksi minyak nabati dan memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian petani. Karena memerlukan lahan luas, perkebunan kelapa sawit umumnya terletak jauh dari permukiman penduduk. Nilai ekonominya yang tinggi menjadikan kelapa sawit sebagai pilihan utama bagi petani (Rahmawati, 2023).

Negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia salah satunya adalah Indonesia. Hal ini berdampak pada meningkatnya limbah kelapa sawit, salah satunya adalah pelepah kelapa sawit. Saat ini, pemanfaatan pelepah masih terbatas sebagai kompos, pakan ternak, atau bahkan tidak dimanfaatkan sama sekali. Kondisi ini menyebabkan limbah terus menumpuk tanpa memberikan nilai tambah

Namun, jika dimanfaatkan dengan baik pelepah kelapa sawit memiliki potensi sebagai salah satu energi terbarukan dengan nilai energi sekitar $\pm 1,3$ terajoule (TJ) per tahun [2]. Produksi pelepah yang tinggi sejalan dengan meningkatnya permintaan minyak sawit mentah (CPO) secara global, yang turut mendorong perluasan perkebunan kelapa sawit di Asia Tenggara, termasuk Indonesia (Ransum et al., 2015).

Berdasarkan data yang di peroleh dari United States Departement of Agriculture (USDA) pada periode 2022/2023, salah satu negara yang menjadi produsen minyak sawit terbesar di dunia adalah Indonesia, dengan angka produksi CPO (*Crude palm oil*) mencapai 45,5 juta metrik ton (MT). Negara Indonesia memiliki luas permukaan yaitu seluas 5.193.250 km² yang terdiri dari beberapa pulau dan luas lahan sawit sementara yang ada di Indonesia yaitu seluas 16,68 juta hektar (Ha). Ditjen Perkebunan Kementrian Pertanian (Kementan) mencatat bahwa luas lahan perkebunan sawit di Indonesia pada tahun 2022 yaitu mencapai 16,89 juta hektar (Ha) yang dimiliki oleh beberapa pihak yaitu sebanyak 53% (8,64 juta hektar (Ha)) milik swasta, 5% (800 ribu hektar (Ha)) milik BUMN, dan 42% (6,94 juta hektar (Ha)) milik rakyat.

Tingkat konsumsi minyak goreng di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat signifikan diakibatkan mayoritas makanan yang diolah yaitu dengan cara digoreng. Tidak hanya digunakan di rumah tangga, minyak goreng juga banyak dibutuhkan oleh industri makanan cepat saji skala besar. Namun, penggunaan minyak goreng secara berulang tidak dianjurkan karena kandungan manfaatnya menurun dan dapat menghasilkan limbah berupa minyak jelantah. Jika tidak dikelola dengan baik, minyak jelantah akan menjadi limbah cair yang mencemari lingkungan.

Minyak jelantah adalah minyak hekas penggorengan yang telah digunakan berulang kali sehingga mengandung senyawa berbahaya, seperti tepoksida dan peroksida, yang bersifat karsinogenik. Konsumsi makanan yang mengandung senyawa peroksida dalam jumlah berlebihan dapat meningkatkan risiko kanker usus. Selain berdampak buruk bagi kesehatan, pembuangan minyak jelantah secara sembarangan juga merusak lingkungan, seperti menyebabkan penyumbatan saluran air karena minyak membeku dan menghambat aliran.

Kandungan zat kotor dalam minyak jelantah juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem lingkungan (Habibati et al., 2023). Salah satu solusi penanganannya adalah dengan menggunakan arang aktif sebagai adsorben. Arang aktif merupakan material adsorben unik yang banyak digunakan dalam berbagai bidang. Selain berfungsi untuk memperluas permukaan adsorpsi, arang aktif juga mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap zat organik maupun anorganik, seperti bau, warna, dan rasa dalam air limbah domestik maupun industri, pemurnian udara, pengolahan makanan, serta dalam industri kimia (Fithry et al., 2023).

Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai adsorben dalam pemurnian minyak jelantah adalah salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan limbah-limbah yang ada dilingkungan sekitar. Limbah kelapa sawit tersebut diolah dengan metode adsorpsi. Metode ini dianggap sangat sederhana dan ekonomis, serta mudah dilakukan untuk meningkatkan kualitas dari minyak jelantah

2. METODE

Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Surfaktan serta Laboratorium Operasi Teknik Kimia yang berada dibawah naungan Departemen Teknik Kimia, Universitas Sumatra Utara, Medan.

Alat Dan Bahan

Beberapa peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini meliputi :ballmill, neraca analitik, ayakan dengan ukuran 50 mesh, 70 mesh, dan 90 mesh, oven, beaker glass, kertas saring, shaker, turbidimeter Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu : pelepah kelapa sawit, minyak jelantah, asam sulfat (H_2SO_4) 0,1 M, aquadest (H_2O).

Prosedur Penelitian

Prosedur Pengambilan Sampel Minyak Jelantah

Pada prosedur ini, minyak jelantah diperoleh dari dari agen pengumpul yang berada di wilayah Helvetia, Kota Medan. Adapun prosedur pengambilan sampel minyak jelantah sebagai berikut:

- Sampel diambil sebanyak 2 Liter menggunakan jerigen melalui agen minyak jelantah.
- Sampel kemudian langsung dibawa ke Laboratorium Operasi Teknik Kimia untuk pengolahan lebih lanjut.
- Sampel dihomogenkan dan didiamkan selama 24 jam agar pengotor dapat mengendap secara gravitasi.
- Sampel diambil bagian yang atas untuk dilakukan pengukuran kinetika kekeruhan awal dengan menggunakan instrumen turbidimeter.

Prosedur Pembuatan Adsorben Natural Pelepah Kelapa Sawit dengan Aktivasi H_2SO_4 0,1 M

Dalam penelitian ini, adsorben disiapkan dari pelepah kelapa sawit yang diaktivasi secara kimia menggunakan larutan H_2SO_4 0,1 M. Bahan baku berupa pelepah kelapa sawit diperoleh dari limbah pohon kelapa sawit yang berada di sekitar kawasan Universitas Sumatera Utara dan lingkungan Perumahan Setia Budi, Kota Medan. Proses pembuatan adsorben dilakukan melalui tahapan berikut:

- Pelepah kelapa sawit dikumpulkan, lalu dibersihkan dari daun dan kulit luarnya.
- Setelah dibersihkan, pelepah dipotong menjadi bagian-bagian kecil berukuran sekitar 3–4 cm.
- Potongan pelepah dicuci sebanyak tiga kali menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel.
- Potongan yang telah bersih kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 3 hingga 4 hari hingga kering.
- Setelah kering, pelepah dihancurkan menjadi serbuk menggunakan alat *ballmill*.
- Serbuk yang dihasilkan kemudian dipisahkan menggunakan ayakan berukuran 50 mesh, 70 mesh, dan 100 mesh.
- Masing-masing fraksi serbuk (50, 70, dan 100 mesh) ditimbang sebanyak 20 gram.
- Setiap 20 gram serbuk tersebut direndam dalam 150 mL larutan H_2SO_4 0,1 M selama 3 jam untuk proses aktivasi.
- Setelah perendaman, serbuk disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42, lalu dicuci dengan aquadest hingga mencapai pH netral.
- Serbuk yang telah bersih dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C hingga mencapai berat konstan.

Prosedur Mengukur Nilai Kekeruhan Minyak Jelantah Tanpa Adsorben

Adapun prosedur pengukuran nilai kekeruhan dari minyak jelantah tanpa adsorben sebagai berikut:

Prosedur Pengukuran Nilai Kekeruhan Minyak Jelantah Tanpa Adsorben:

- Siapkan sebanyak 100 mL sampel minyak jelantah lalu masukkan ke dalam gelas beaker.
- Ukur nilai kekeruhan awal menggunakan alat turbidimeter.
- Diamkan sampel, lalu lakukan pengukuran ulang setiap 20 menit dengan turbidimeter.
- Ulangi prosedur (c) hingga total waktu pengamatan mencapai selama 3 jam.

Prosedur Pengujian Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Adsorben Terhadap Laju Penurunan Kekeruhan Minyak Jelantah. Untuk mengevaluasi pengaruh variasi partikel adsorben dari pelepah kelapa sawit yang telah diaktivasi H_2SO_4 0,1 M terhadap penurunan kekeruhan minyak jelantah, dilakukan langkah langkah sebagai berikut:

- Sebanyak 100 ml sampe minyak jelantah dimasukkan kedalam *beaker glass*

- b. Tambahkan adsorben sebanyak 1,5 gram, 3 gram, dan 4,5 gram, dengan ukuran serbuk partikel 50 mesh yang telah diaktivasi H_2SO_4 0,1 M.
- c. Pasang jaring penahan adsorben agar tidak mengapung di permukaan, lalu campuran diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm.
- d. Setiap 20 menit, ambil sampel sebanyak 5 ml untuk diukur tingkat kekeruhannya menggunakan alat turbidimeter. Pengamatan ini dilakukan selama 5 jam.
- e. Prosedur ini kemudian diulangi untuk variasi ukuran partikel dsorben lainnya, yaitu 70 mesh dan 100 mesh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. *Pre-treatment Terhadap Pelepah Kelapa Sawit*

Dalam penelitian ini, dibutuhkan sebanyak 1,2 Kg pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku dari adsorben alami yang diaktivasi menggunakan larutan H_2SO_4 . Bahan tersebut diperoleh dari tumpukan-tumpukan pelepah kelapa sawit yang sudah ditebang di sekitar lingkungan Universitas Sumatra Utara, Medan serta lingkungan Perumahan Setia Budi, Medan.

Perlakuan awal pada pelepah kelapa sawit yaitu: pengumpulan pelepah kelapa sawit, lalu pelepah kelapa sawit dibersihkan dengan mengupas dari kulit lalu di potong-potong dengan ukuran yang seragam yaitu 3-4 cm. Selanjutnya, pelepah kelapa sawit dicuci menggunakan air hingga bersih dari pengotor lainnya, lakukan pengulangan sebanyak 3 kali . Pelepah sawit kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 4 hari. Kemudian, dihancurkan hingga menjadi serbuk dengan menggunakan alat ballmill. Setelah itu, diayak dengan variasi ukuran mesh yaitu: 50 mesh, 70 mesh, dan 100 mesh. Perlakuan selanjutnya pelepah kelapa sawit pada proses aktivasi menggunakan larutan H_2SO_4 0,1 M yaitu: serbuk pelepah kelapa sawit ditimbang sebanyak 20 gram dari masing-masing variasi ukuran mesh. Setelah itu, masing-masing variasi ukuran mesh (50 mesh, 70 mesh, 100 mesh) yang telah ditimbang, dicampurkan dengan larutan H_2SO_4 0,1 M sebanyak 200 ml selama 3 jam. Kemudian, disaring menggunakan kertas saring dan dibilas menggunakan aquadest hingga ph netral. Setelah itu, dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $100^{\circ}C$ hingga berat konstan.

b. *Karakteristik Minyak Jelantah Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi*

Penggunaan sampel minyak jelantah pada penelitian ini yaitu sebanyak 2 liter diperoleh dari agen pengumpul minyak jelantah yang berada disekitar Helvetia, Kota Medan. Agen minyak jelantah ini mengumpulkan minyak-minyak goreng bekas yang sudah tidak digunakan oleh pedagang-pedagang yang ada di sekitar kota Medan. Minyak jelantah yang sudah terkumpul, kemudian didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya, minyak jelantah diambil sebanyak 100 ml lalu diukur menggunakan turbidimeter untuk mendapatkan nilai kekeruhan awal.



Gambar 1 Minyak Jelantah Sebelum Proses Adsorpsi

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, dapat dilihat minyak jelantah sebelum melakukan proses adsorpsi memiliki tampilan berwarna coklat gelap kehitaman disertai nilai kekeruhan yang tinggi sebesar 124,4 NTU. Selanjutnya, dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan alat shaker selama 3 jam pada kecepatan 100 rpm. Pengukuran nilai kekeruhan minyak jelantah dengan menggunakan alat turbidimeter dalam waktu selama 20 menit sekali.

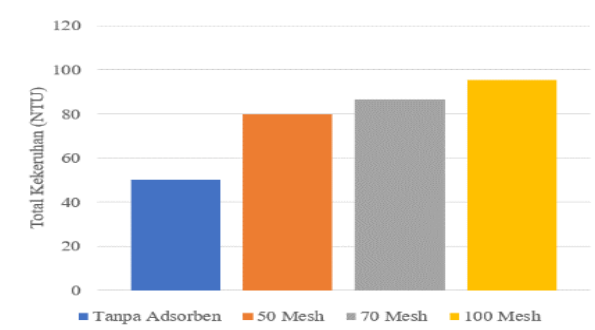


Gambar 2 Minyak Jelantah Setelah Proses Adsorpsi

Berdasarkan pada Gambar 4, terlihat bahwa minyak jelantah yang telah dilakukan proses adsorpsi terjadi perubahan warna dari coklat gelap kehitaman menjadi lebih cerah, yaitu coklat terang. Selain perubahan warna, terjadi pula penurunan nilai kekeruhan, yaitu mencapai 15.5 NTU.

c. Pengaruh Perbedaan Ukuran Mesh Adsorben Terhadap Penurunan Kekeruhan Minyak Jelantah

Adsorben yang digunakan pada penelitian ini menggunakan variasi ukuran yaitu: ukuran 50 mesh, 70 mesh, 100 mesh dan menggunakan variasi berat massa (1,5 gram, 3 gram, dan 4,5 gram). Tujuan dari variasi ukuran mesh untuk mengamati sejauh mana luas permukaan adsorben memengaruhi kemampuan penurunan kekeruhan pada minyak jelantah. Hasil pengamatan pengaruh ukuran dan massa adsorben terhadap kejernihan minyak jelantah dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 3 Grafik Total Penurunan Nilai Kekeruhan Pada Variasi Ukuran Mesh Adsorben Terhadap Pemurnian Minyak Jelantah

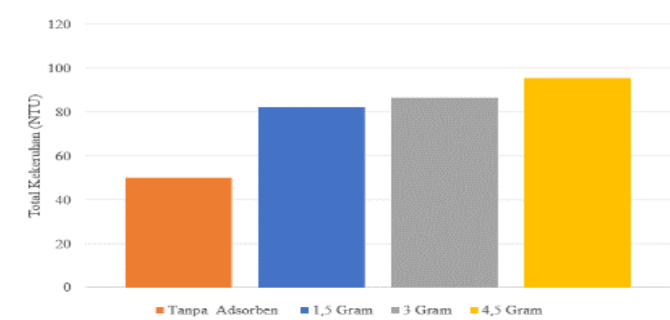
Pada Gambar 6 terlihat perbandingan total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah dari masing-masing ukuran adsorben. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah tanpa adsorben sebesar 50,3 NTU. Total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah menggunakan adsorben berukuran 50 mesh sebesar 79,8 NTU. Total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah menggunakan adsorben berukuran 70 mesh sebesar 86,4 NTU. Total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah menggunakan adsorben berukuran 100 mesh sebesar 95,5 NTU.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adsorben berukuran 100 mesh lebih banyak total penurunan nilai kekeruhan terhadap minyak jelantah dibandingkan dengan adsorben berukuran 50 mesh dan 70 mesh. Hal ini menyebabkan bahwa adsorben berukuran 100 mesh memiliki bentuk ukuran yang lebih kecil dan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan 50 mesh dan 70 mesh. Luas permukaan yang besar dapat menghasilkan proses adsorpsi yang lebih optimal, karena permukaan penyerapan adsorben terhadap zat-zat pengotor (adsorbat) lebih luas sehingga adsorbat yang terserap semakin banyak.

Hal ini sejalan dengan teori pada penelitian sebelumnya dimana (Fathurrahmaniah et al., 2022) menyatakan bahwa luas permukaan adsorben dapat mempengaruhi daya serap pada proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan semakin besar ukuran *grain size* (*mesh*), maka kemampuan daya serapnya akan bertambah kuat dan permukaan dari adsorben semakin luas. Jika semakin kecil ukuran suatu adsorben yang digunakan, maka luas permukaan semakin besar sehingga interaksi antara sisi adsorben dengan adsorbat akan sangat efektif sehingga daya serapnya semakin baik. (Al Qory & Ginting, 2021)

a. Pengaruh Perbedaan Massa Adsorben Terhadap Penurunan Kekeruhan Minyak Jelantah

Dalam penelitian ini, digunakan perbedaan pada massa adsorben sebesar 1,5 gram, 3 gram, 4,5 gram guna mengevaluasi kapasitas penyerapan yang optimal diantara variasi berat massa tersebut. Efek dari perbedaan massa adsorben terhadap tingkat kekeruhan minyak jelantah dapat dilihat pada Gambar 8 berikut:



Gambar 4 Grafik Pengaruh Perbedaan Massa Adsorben Terhadap Penurunan Kekeruhan Minyak Jelantah

Berdasarkan Gambar 8 terlihat perbandingan total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah dari variasi massa adsorben. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah tanpa adsorben sebesar 50,3 NTU. Total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah dengan menggunakan massa adsorben sebanyak 1,5 gram sebesar 82,2 NTU. Total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah menggunakan massa adsorben sebanyak 3 gram sebesar 86,7 NTU. Total nilai kekeruhan yang menurun terhadap minyak jelantah menggunakan massa adsorben sebanyak 4,5 gram sebesar 95,5 NTU.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat diperoleh total nilai kekeruhan 4,5 gram lebih banyak penurunan total nilai kekeruhan minyak jelantah dibandingkan 1,5 gram dan 3 gram. Hal ini disebabkan bahwa semakin banyak massa adsorben, maka daya serap adsorben terhadap partikel-partikel pengotor (adsorbat) sehingga dapat menurunkan nilai kekeruhan pada minyak jelantah.

Pada penelitian (Octiani et al., 2023) menyatakan bahwa hubungan antara massa adsorben dan waktu kontak berbanding lurus dengan presentase adsorpsi, apabila semakin banyak massa adsorben maka semakin meningkat daya serap dalam proses adsorpsi. Situasi serupa terjadi pada massa adsorben. Dengan meningkatnya massa adsorben, permukaan aktif yang tersedia dalam bentuk pori-pori pada permukaan adsorben banyak yang kosong untuk berinteraksi secara optimal dengan adsorbat. Selain itu, seiring bertambahnya massa adsorben, luas permukaan adsorben dan banyaknya jumlah partikel meningkat, sehingga meningkatkan kinerja adsorpsi.

b. Penentuan Model Kinetika Adsorpsi

Penentuan kinetika adsorpsi bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat proses penyerapan (laju adsorpsi) yang berlangsung antara suatu adsorben terhadap partikel-partikel pengotor (adsorbat), yang sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak adsorpsi. Waktu kontak adsorpsi sangat diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi yang dapat dijadikan sebagai ukuran dalam penentuan kinetika adsorpsi.

Dalam menentukan kinetika adsorpsi dapat menggunakan model kinetik yang berbeda untuk menggambarkan tingkat penyerapan adsorben terhadap adsorbat. Dalam berbagai penelitian, data kinetika adsorpsi diperoleh secara empiris dengan menggunakan 2 model persamaan kinetika yaitu: persamaan *pseudo* orde satu dan persamaan *pseudo* orde dua (Bode et al., 2019). Menurut Lagergren (1898) persamaan *pseudo* orde satu dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

Integrasi pada kondisi $q_t = 0$ s/d $q_t = q_t$ dan $t = 0$ s/d $t = t$ dari persamaan diatas diperoleh bentuk persamaan linier orde satu berikut:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2)$$

Keterangan:

q_e = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

q_t = konsentrasi pada waktu (t)

k_1 = konstanta laju adsorpsi

t = waktu (menit)

Parameter q_e (mg/g) dan k_1 (menit^{-1}) dapat ditentukan melalui grafik hubungan antara $\ln(q_e - q_t)$ terhadap waktu (t) dimana dari kemiringan dan titik potong grafik tersebut dapat diperoleh nilai k_1 , q_e dan koefisien korelasi R^2 .

Menurut Ho dan McKay (1999), persamaan orde satu yang dirumuskan oleh Lagergren (1898) dalam persamaan (1) dapat dikembangkan menjadi bentuk model *pseudo* orde dua melalui pendekatan sistematis sebagai berikut:

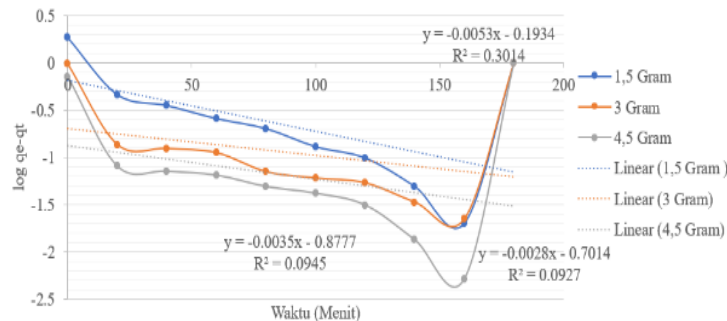
$$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (3)$$

Dengan melakukan integrasi terhadap persamaan tersebut pada batas $q_t = 0$ s/d $q_t = q_e$ dan $t=0$ s/d $t = t$ maka diperoleh bentuk linier dari model *pseudo* orde dua, yaitu:

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

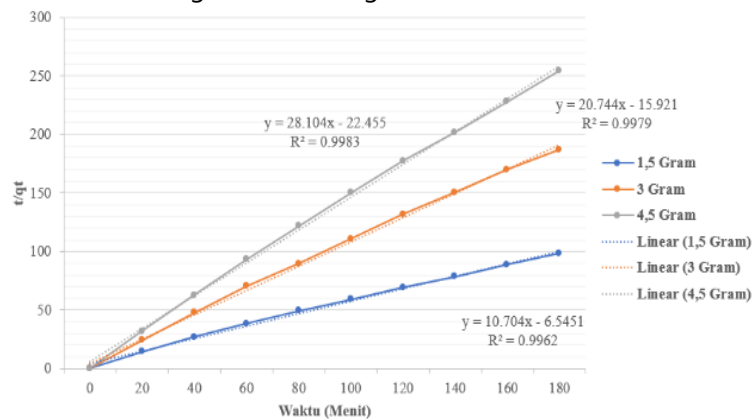
Melalui grafik hubungan (4) terhadap waktu (t) dapat dihitung parameter k, q_e cal dan R^2 q_e (mg/g) dan k_1 (min^{-1}) [15].

Pada penelitian ini, pembahasan difokuskan pada penggunaan model *pseudo* orde satu dengan persamaan Lagergren (1898) dan rumus (4) *pseudo* orde dua Ho dan McKay (1999). Visualisasi grafik dari model *pseudo* orde satu dalam studi ini dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 5 Grafik Model Kinetika Pseudo Orde Satu Pada Ukuran Partikel Adsorben 100 Mesh

Berdasarkan Gambar 9 terlihat hasil grafik pemodelan kinetika *pseudo* orde satu dengan menggunakan adsorben berukuran 100 mesh yang diaduk pada kecepatan 100 rpm selama 3 jam. Maka diperoleh nilai koefisien korelasi (R^2) pada adsorben dengan massa 1,5 gram sebesar $R^2 = 0,3014$, pada adsorben dengan massa 3 gram sebesar $R^2 = 0,0927$, pada adsorben dengan massa 4,5 gram $R^2 = 0,0945$.



Gambar 6 Grafik Model Kinetika Pseudo Orde Dua Pada Ukuran Partikel Adsorben 100 Mesh

Berdasarkan Gambar 10, ditampilkan grafik pemodelan kinetika adsorpsi menggunakan model *pseudo* orde dua, dengan menggunakan adsorben berukuran 100 mesh dengan kecepatan 100 rpm selama 3 jam. Maka diperoleh nilai koefisien korelasi (R^2) pada adsorben dengan massa 1,5 gram sebesar $R^2 = 0,9962$, pada adsorben dengan massa 3 gram $R^2 = 0,9979$, dan pada adsorben dengan massa 4,5 gram sebesar $R^2 = 0,9983$.

Jika dibandingkan antara grafik pada Gambar 9 dan Gambar 10, terlihat bahwa perbandingan antara grafik *pseudo* orde satu dan *pseudo* orde dua yang diperoleh bahwa korelasi koefisien (R^2) lebih cenderung pada *pseudo* orde dua. Hal ini mengindikasikan bahwa model *pseudo* orde dua lebih sesuai dalam menggambarkan proses adsorpsi yang terjadi. Dari grafik tersebut juga adanya keterkaitan yang kuat antara variabel waktu (t) dan nilai t/q_t , dimana semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, maka akan semakin besar pula nilai t/q_t (Baunsele & Missa, 2020).

Dari hasil percobaan ini, dapat disimpulkan bahwa nilai korelasi koefisien adsorpsi terbaik yaitu pada model kinetika *pseudo* orde 2 dengan nilai $R^2 = 0,9983$. Nilai koefisien korelasi (R^2) orde dua lebih mendekati angka satu, maka adsorpsi melibatkan reaksi kimia. Sebaliknya, apabila nilai koefisien korelasi (R^2) mendekati angka satu dalam model *pseudo* orde satu, maka hal ini mengindikasikan bahwa mekanisme adsorpsi cenderung bersifat fisik. Berdasarkan hasil penelitian, model *pseudo* orde dua menunjukkan kecocokan yang lebih baik dalam

mempresentasikan laju adsorpsi. Model ini diasumsikan menggambarkan proses adsorpsi yang melibatkan interaksi kimia antara permukaan adsorben dan molekul adsorbat (Farida et al., 2017).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisi yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa adsorben dari pelepah kelapa sawit yang teraktivasi H_2SO_4 0,1 M dengan perbedaan massa 4,5 gram dengan ukuran 100 mesh memiliki daya adsorpsi paling baik pada pemurnian minyak jelantah yang dapat menurunkan nilai kekeruhan hingga 28,5 NTU dan total nilai kekeruhan yang teradsorpsi sebesar 95,5 NTU. Pemodelan kinetika yang paling sesuai untuk menggambarkan proses adsorpsi ini adalah model pseudo orde dua, berdasarkan nilai koefisien korelasi tertinggi yang diperoleh, yaitu $R^2 = 0,9983$. Nilai ini menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi didominasi oleh proses kimia antara permukaan adsorben dan zat pencemar (adsorbat) dalam minyak jelantah.

5. REFERENSI

- Rahmawati, A. (2023). Keragaman genetik varietas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, 5(1), 35–40. <https://doi.org/10.53863/kst.v5i01.677>
- Nugroho, Y. P. M. M. (2023).
- Ransum, P. P., Sawit, D. K., & Ayu, S. R. (2015). The effect giving ration based oil palm frond and leaves on VFA (pp. 1–11).
- Habibati, H., Farwati, R., Anggraini, M., Oktarina, M., & Studi, J. K. (2023). Demonstrasi pembuatan pengharum ruangan dari minyak jelantah: Sebuah studi kasus di salah satu SMA di Palembang, Indonesia. *Jurnal Studi Kegiatan*, 1(1), 33–40.
- Fathurrahmaniah, F., Ewisahrani, E., & Nursa'ban, E. (2022). Potensi arang tempurung kelapa sebagai adsorben pemurnian minyak goreng bekas. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(1), 19–23. <https://doi.org/10.56842/jp-ipa.v3i1.110>
- Al Qory, D. R., & Ginting, Z. (2021). Pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon aktif dari biji salak (*Salacca zalacca*). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2(1), 26–36.
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian kinetika adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben sabut kelapa. *Jurnal*, 5(2), 76–85
- Octiani, D. P., Wulandari, W. T., & Wardani, G. A. (2023). Pengaruh waktu kontak dan massa karbon aktif sebagai adsorben kafein pada kopi robusta. *Jurnal*, 3(2), 145–153.
- Bode, H., Warren, S. K., & Febri, S. T. (2019). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(1).
- Farida, H., Rikardo, G. J., & Maradona, S. (2017). Adsorpsi zat warna metilen biru dengan karbon aktif dari kulit durian menggunakan KOH dan NaOH sebagai aktivator. *Jurnal Methylene*, 6(1), 49–55.
- Fithry, D. A., dkk. (2023). Review: Pembuatan arang aktif berbasis limbah pertanian dengan microwave. *JUTIN*, 3(1).