



Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Natural Dari Pelepah Sawit dengan Perbedaan Ukuran *Mesh* dan Massa

Dwi Annisa Fithry^{1✉}, Bode Haryanto², Rizki Affandi³, Asrina Hutabarat⁴, Anggun Febrisma⁵

Universitas Muhammadiyah Riau^(1,3,5)

Universitas Sumatera Utara^(2,4)

DOI: 10.31004/jutin.v7i2.25105

✉ Corresponding author:

[annisa@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Minyak Jelantah;
Pelepah Kelapa Sawit;
Adsorben;
Adsorpsi;
Pemurnian

Indonesia adalah produsen terbesar kedua minyak kelapa sawit di dunia saat ini setelah Malaysia. Sejak tahun 2003, jumlah produksi minyak kelapa sawit di Indonesia mencapai lebih kurang 9,9 juta ton per tahun. Menurut (BPS 2021) luas lahan kelapa sawit di Sumatera utara mencapai 442 072,76 hektar. Penelitian ini akan melakukan pemurnian minyak jelantah menggunakan adsorben natural dengan memanfaatkan limbah pelepah kelapa sawit. Pelepah sawit dicacah hingga menjadi serbuk, lalu diayak dengan ukuran 50, 70 dan 100 *mesh* setelah itu ditimbang dengan berat 1,5, 3 dan 4,5 gram. Adsorben pelepah kelapa sawit dengan variasi massa 4,5 gram memiliki daya adsorpsi paling besar dalam menurunkan minyak jelantah dan kinetika adsorpsi terbaik berdasarkan koefisien korelasinya adalah persamaan *pseudo second order*.

Abstract

Keywords:

used cooking oil;
Palm frond;
Adsorbent;
Adsorption;
purification

Indonesia is the second largest producer of palm oil in the world today after Malaysia. Since 2003, the amount of palm oil production in Indonesia has reached approximately 9.9 million tons per year. According to (BPS 2021), the area of oil palm land in North Sumatra reached 442 072.76 hectares. This research will purify used cooking oil using natural adsorbents by utilizing palm frond waste. Palm fronds are chopped into powder, then sifted with sizes of 50, 70 and 100 mesh after which they are weighed with weights of 1.5, 3 and 4.5 grams. Oil palm frond adsorbents with mass variations of 4.5 grams have the greatest adsorption power in reducing used cooking oil and the best adsorption kinetics based on the correlation coefficient is the pseudo second order equation.

1. INTRODUCTION

Indonesia adalah produsen terbesar kedua minyak kelapa sawit di dunia saat ini setelah Malaysia. Sejak tahun 2003, jumlah produksi minyak kelapa sawit di Indonesia mencapai lebih kurang 9,9 juta ton per tahun (Pranata and Arico 2019). Dengan jumlah produksi yang sebanyak itu, tentu adanya lahan yang luas untuk penanaman bibit kelapa sawit di Indonesia sendiri.

Menurut (BPS 2021) luas lahan kelapa sawit di Sumatra utara mencapai 442 072,76 hektar. Dengan lahan seluas itu, dapat menimbulkan penghasilan terhadap perekonomian masyarakat sekitar melalui pendapatan hasil sawit dan penerima tenaga kerja, Selain itu dampak yang dirasakan lingkungan adanya beberapa limbah yang dihasilkan, baik limbah padat maupun cair seperti tandan, cangkang, sabut, daun dan pelepah sawit (Anggraini, Febri, Yanova, Shally, Laura, and Rodhiyah 2019). Pelepah kelapa sawit merupakan jenis limbah padat yang paling banyak dihasilkan oleh perkebunan kelapa sawit, Tapi selama ini pelepah kelapa sawit banyak dibuang begitu saja oleh pemilik perkebunan kelapa sawit (Febriyanti et al. 2019). Pelepah kelapa sawit terdapat beberapa kandungan seperti energi potensial (*gross energy*) sebesar (4.4274 Kcal/g), protein kasar (5.56%), lemak kasar (1,12%), bahan kering (8.88%) dan abu (4.05%), zat nutrisi yang terkandung dalam bentuk biologis dan kimia (Dani, Siregar, and Rahardja 2021).

Minyak jelantah adalah minyak goreng nabati yang telah melalui banyak proses pemanasan. *Impact* yang terjadi adalah menurunnya kualitas pada minyak goreng tersebut (Hartono and Suhendi 2020). Penurunan kualitas ini terjadi karena pemanasan berulang kali, kontak minyak goreng dengan bahan pangan, kontak minyak dengan udara dan sisa-sisa bahan masakan yang tertinggal saat proses penggorengan (Okro et al. 2020). Pada penggorengan pertama minyak mengandung lemak tak jenuh yang tinggi, sehingga menjadi nilai tambah pada minyak goreng tersebut. Sedangkan penggorengan kedua dan seterusnya memiliki asam lemak jenuh tinggi seiring berapa kali minyak digunakan, hingga rusak dan benar-benar tidak bisa digunakan lagi. Asam lemak tak jenuh bisa menurunkan kolestrol darah, sedangkan asam lemak jenuh sangat berpotensi peningkatan kolestrol darah (Sulung, Chandra, and Fatmi 2019).

Banyak upaya yang bisa dilakukan untuk memanfaatkan limbah pelepah kelapa sawit, salah satunya dengan cara mengaplikasikan pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku adsorben minyak jelantah. Metode yang dianggap sederhana, ekonomis dan mudah untuk meningkatkan kualitas minyak jelantah dengan cara adsorpsi menggunakan adsorben dari pelepah sawit murni (natural). Menurut penelitian terdahulu (Waluyo et al. 2020). minyak nabati rusak disebabkan karena peristiwa oksidasi, yang mengakibatkan terbentuknya aldehid dan peroksida. Asam lemak bebas yang terbentuk pada minyak jelantah diakibatkan oleh proses hidrolisis yang terjadi selama proses penggorengan berulang kali yang biasanya dilakukan pada suhu 160-200°C.

Adsorpsi adalah proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori, ataupun adsorpsi adalah salah satu proses penyerapan logam berat dalam limbah cair (Khanifa and Suryandari 2019). Pemilihan adsorben adalah kunci keberhasilan metode adsorpsi (Fithry et al. 2020). Adsorben yang digunakan dapat berasal dari limbah pertanian dan limbah padat industri Adsorpsi juga merupakan proses transfer massa, dimana komponen dalam larutan akan berpindah ke fase padat. Adsorpsi terjadi dengan melibatkan interaksi antara adsorbat dengan adsorben. Adsorbat adalah zat yang terdapat pada fase cair. Sedangkan adsorben adalah fase padat, cair, atau gas yang dapat mengakumulasi adsorbat.

2. METHODS

Metode penelitian ini menggunakan kualitatif. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara, Laboratorium Surfaktan Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan adsorben natural pelepah sawit adalah:

1. Pelepah sawit
2. Ball mill
3. *Beaker glass*
4. *Shaker*
5. Corong kaca
6. Kertas saring
7. Ayakan

Prosedur pembuatan adsorben natural dari pelepah kelapa sawit:

1. Pelepah sawit dipotong-potong menjadi balok.

2. Pelelah sawit dicuci dengan air hingga tidak ada lagi pengotor.
3. Pelelah sawit dikeringkan dibawah matahari selama 5 hari.
4. Pelelah sawit dicacah dengan alat ball mill sehingga berbentuk serbuk
5. Serbuk yang dihasilkan akan dibentuk dengan ukuran 50, 70 dan 100 mesh

Prosedur mengukur kekeruhan minyak jelantah tanpa adsorben:

1. Sampel berupa minyak jelantah diambil sebanyak 100 ml dan dimasukkan ke dalam *beaker glass*.
2. Dilakukan pengukuran kekeruhan awal minyak jelantah dengan menggunakan turbidimeter.
3. Sampel didiamkan, ditunggu setiap 1 jam untuk melakukan pengukuran Kembali kekeruhan minyak jelantah dengan menggunakan turbidimeter.
4. Lakukan prosedur 3 sampai pada waktu yang ditentukan yaitu selama 3 jam.

Prosedur mengukur pengaruh ukuran adsorben natural terhadap kekeruhan kemampuan menurunkan minyak jelantah sebagai berikut:

1. Sampel berupa minyak jelantah diambil sebanyak 100 ml dan dimasukkan ke dalam *beaker glass*.
2. Sampel ditambahkan 1,5, 3, dan 4,5 gram adsorben pelelah sawit berbentuk serbuk dengan ukuran partikel 50 *mesh*.
3. Kemudian dipasang jaring untuk menyangga adsorben agar tidak mengapung lalu diaduk dengan kecepatan 100 rpm.
4. Sampel diambil sebanyak 5 ml setiap 20 menit, kemudian diukur kekeruhannya menggunakan turbidimeter. Percobaan dilakukan selama 3 jam.
5. Dilakukan prosedur 1 sampai 3 untuk variasi ukuran adsorben yang lain yaitu 70 dan 100 mesh.

Prosedur mengukur pengaruh massa adsorben natural terhadap kemampuan menurunkan kinetika kekeruhan minyak jelantah sebagai berikut:

1. Sampel berupa minyak jelantah diambil sebanyak 100 ml dan dimasukkan ke dalam *beaker glass*.
 2. Sampel ditambah 1,5 gram adsorben pelelah sawit berbentuk serbuk dengan ukuran partikel 50, 70 dan 100 *mesh*.
 3. Kemudian dipasang jaring untuk menyangga adsorben agar tidak mengapung lalu diaduk dengan kecepatan 100 rpm.
 4. Sampel diambil sebanyak 5 ml setiap 20 menit, kemudian diukur kekeruhannya menggunakan turbidimeter. Percobaan dilakukan selama 3 jam.
- Dilakukan prosedur 1 sampai 3 untuk variasi massa adsorben yang lain yaitu 3 dan 4,5 gram.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Perlakuan Awal Adsorben Pelelah Kelapa Sawit

Pada penelitian ini, adsorben yang digunakan adalah pelelah kelapa sawit yang diperoleh sekitaran Universitas Sumatra Utara dan perumahan setia budi, kecamatan Medan Baru, kota Medan, Sumatera Utara. Kemudian pelelah kelapa sawit dipotong kecil-kecil berbentuk persegi panjang dengan ukuran 3-5 cm, setelah itu pelelah di bersihkan dan dikupas dari kulitnya, selanjut nya pelelah yang sudah dipisah dari kulit nya melakukan proses pembersihan dengan cara direndam dan dicuci dengan menggunakan air bersih sampai pelelah benar-benar bersih sehingga warna air rendaman tidak berubah lagi. Setelah dicuci, pelelah dikeringkan dengan cara dijemur dibawah matahari dalam kurun waktu 4-5 hari. Kemudian pelelah kelapa sawit melewati proses pencacahan sehingga menjadi serbuk dan menghasilkan ukuran *mesh* 50, 70 dan 100. Serbuk pelelah kelapa sawit masing-masing *mesh* ditimbang sebanyak 1,5, 3 dan 4,5 gram.

3.2. Karakteristik Minyak Jelantah Sebelum Dan Setelah Adsorpsi

Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan adalah minyak jelantah yang diperoleh dari pengepul minyak jelantah yang ada di kota Medan. Setelah sampel diambil, sampel didiamkan selama 20 menit, lalu diukur kekeruhan awal minyak jelantah menggunakan turbidimeter sebesar 124,4 NTU. Kekeruhan pada minyak jelantah menandakan adanya partikel tersuspensi dari hasil penggorengan berulang. Karakteristik minyak jelantah sebelum diadsorpsi dapat dilihat pada gambar 1



Gambar. 1 Minyak Jelantah Sebelum Proses Adsorpsi

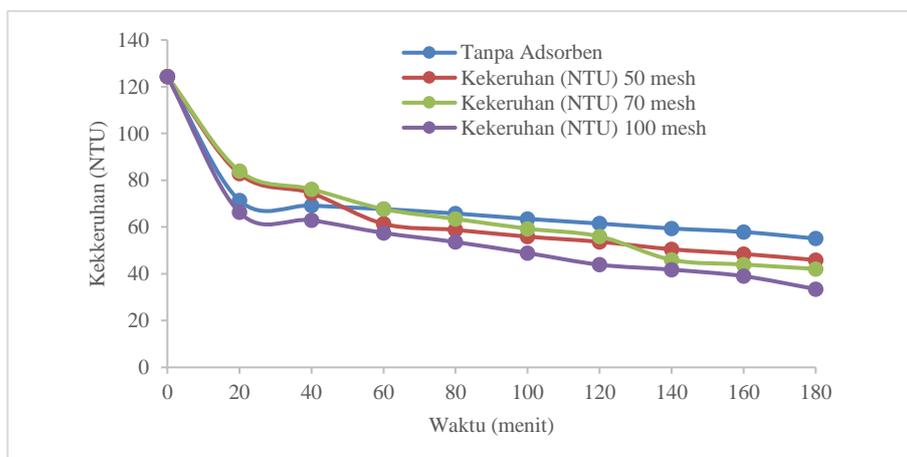
Dari Gambar. 1 dapat dilihat bahwa minyak jelantah masih dalam tingkat kekeruhan yang tinggi, ditunjukkan dari warna minyak jelantah yang gelap. Setelah dilakukan proses adsorpsi yang berlangsung selama 3 jam, terjadi perubahan warna gelap menjadi coklat dan mengalami penurunan kekeruhan menjadi 33,5 NTU. Karakteristik minyak jelantah setelah adsorpsi dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar. 2 Minyak Jelantah Setelah Proses Adsorpsi

3.3. Pengaruh Luas Permukaan Adsorben Terhadap Kekeruhan Minyak Jelantah

Luas permukaan adsorben natural sebagai salah satu parameter yang penting. Adsorben natural dapat dikatakan sebagai adsorben yang baik jika memiliki luas permukaan yang tinggi. Semakin kecil ukuran adsorben maka semakin besar luas permukaan (Dinda Robiatul Al Qory, Zainuddin Ginting 2021). Total kapasitas adsorpsi suatu adsorbat tergantung dari total luas permukaan adsorbennya. Menurut bernasconi (1995), Untuk mencapai keadaan setimbang dalam proses adsorpsi memerlukan waktu beberapa jam atau beberapa menit (Erawati and



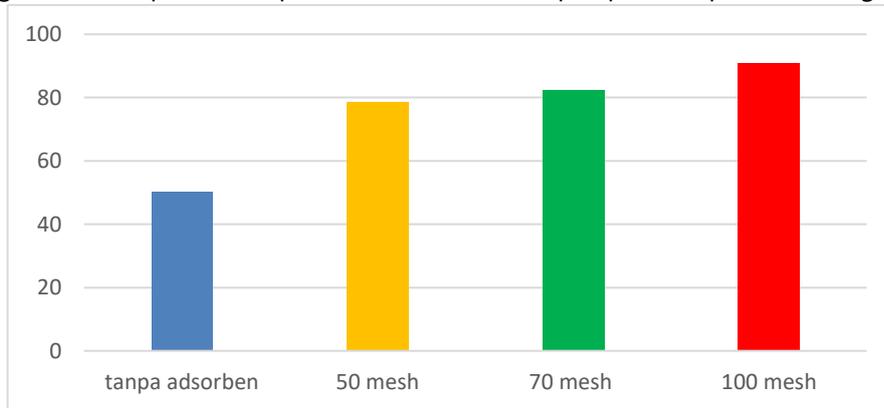
Fernando 2018).

Gambar. 3 Pengaruh Variasi Luas Permukaan Adsorben Terhadap Kekeruhan Minyak Jelantah
Gambar. 4 Pengaruh Variasi Luas Permukaan Adsorben Terhadap Total Penurunan Kekeruhan Minyak Jelantah

Massa adsorben juga berpengaruh dalam proses adsorpsi, dimana semakin banyak massa adsorben maka jumlah partikel dan luas permukaan adsorben semakin banyak sehingga tempat yang diperlakukan untuk adsorbat semakin bertambah dan akan meningkatkan daya adsorpsi (Erawati and Fernando 2018).

Saat percobaan dilakukan diperoleh kekeruhan awal dari minyak jelantah $t_0 = 124,4$ NTU. Percobaan dilakukan tanpa menggunakan adsorben, hasil yang diperoleh menjadi perbandingan untuk pengukuran kekeruhan menggunakan adsorben natural. Hasil pengukuran tanpa adsorben terlampir pada lampiran A. dengan kekeruhan minyak $t = 3$ jam yaitu 55,1 NTU. Pada grafik terlihat perbedaan yang signifikan antara kekeruhan tanpa adsorben dengan variasi adsorben natural pelepah kelapa sawit dari grafik terlihat pada $t = 20$ menit, untuk variasi adsorben 50 mesh kekeruhannya menjadi 82,8 NTU dan setelah dilakukan proses adsorpsi selama $t = 3$ jam kekeruhannya menjadi 45,9 NTU. Pada adsorben 70 mesh kekeruhan akhir yang diperoleh pada $t = 3$ jam yaitu 42,1 NTU dan untuk adsorben 100 mesh kekeruhan akhir yang diperoleh pada $t = 3$ jam yaitu 33,5 NTU.

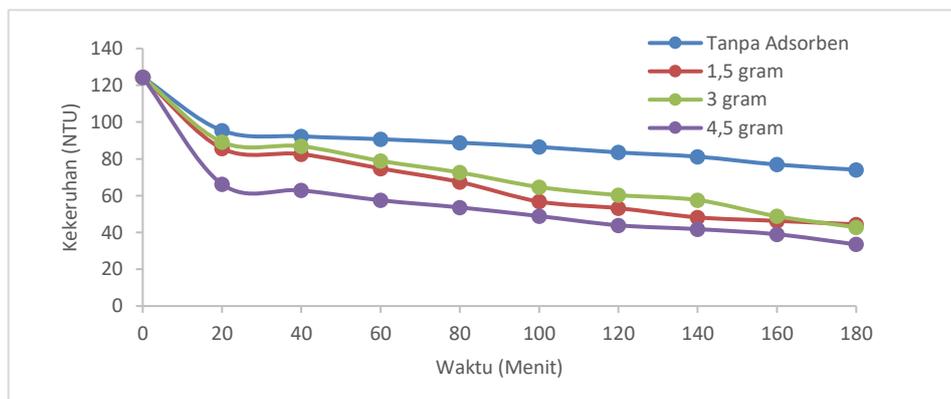
Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat pada adsorben natural pelepah kelapa sawit dengan variasi ukuran 50



mesh diperoleh total penurunan kekeruhan minyak jelantah sebesar 78,5 NTU, untuk variasi ukuran 70 mesh diperoleh total penurunan kekeruhan minyak jelantah sebesar 82,3 NTU, demikian pula untuk variasi ukuran 100 mesh diperoleh total penurunan kekeruhan minyak jelantah sebesar 90,9 NTU.

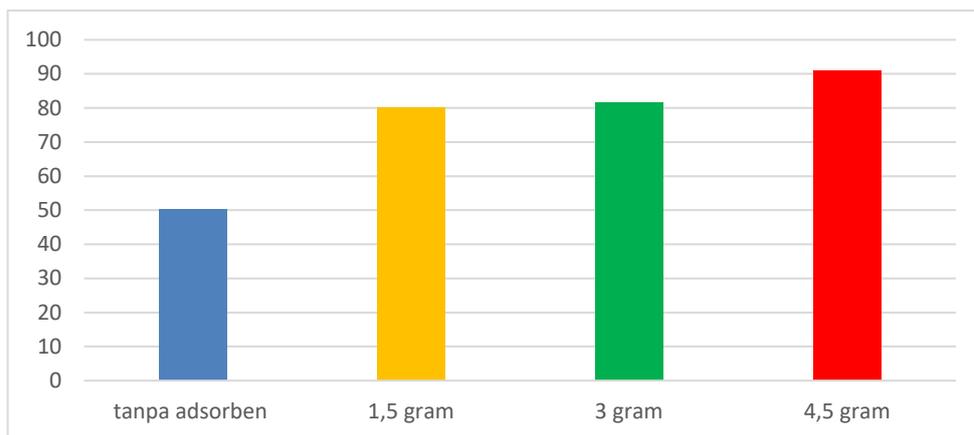
3.4. Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Kemampuan Adsorpsi Untuk Mengurangi Kekeruhan Minyak Jelantah

Penggunaan adsorben secara umum bertujuan untuk mengadsorpsi komponen-komponen bahan pengotor dalam minyak atau senyawa trigliserida. Penentuan berat adsorben perlu dilakukan untuk mengetahui apakah dengan penambahan berat akan meningkatkan daya serap dari adsorben terhadap zat warna. Dengan semakin luasnya permukaan adsorben maka komponen pengotor dalam minyak lebih banyak terserap, sehingga kejernihan, kecerahan dan kekuningannya meningkat Semakin tinggi. Semakin menurun kapasitas adsorpsi nya maka dipastikan semakin tinggi massa adsorben nya. Penurunan kapasitas adsorpsi terjadi karena adsorbat yang



belum semuanya berkaitan dengan adsorben senyawa (Takarani, Findia Novita, and Fathoni 2019).

Gambar. 5 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Terhadap Kekeruhan Minyak Jelantah



Gambar. 6 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Terhadap Kekeruhan Minyak Jelantah

Pada adsorben natural pelepah kelapa sawit variasi massa 1,5 gram dengan kecepatan 100 rpm, kekeruhan signifikan dari kekeruhan pada saat perlakuan tanpa adsorben. Dari grafik menunjukkan pada $t = 20$ menit, kekeruhan menjadi 85,7 NTU dan setelah mencapai waktu akhir $t = 3$ jam kekeruhan menjadi 44,4 NTU. Pada massa adsorben 3 gram dengan kecepatan 100 rpm, pada $t = 20$ menit kekeruhan sebesar 89,2 NTU dan setelah mencapai waktu akhir $t = 3$ jam kekeruhannya menjadi 42,8 NTU. Dan untuk massa adsorben 4,5 gram dengan kecepatan 100 rpm, $t = 20$ menit kekeruhannya sebesar 66,3 NTU dan kekeruhan akhir diperoleh pada $t = 3$ jam yaitu 33,5 NTU.

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat pada adsorben natural pelepah kelapa sawit dengan variasi massa 1,5 gram di peroleh total penurunan kekeruhan minyak jelantah sebesar 80 NTU, untuk variasi massa 3 gram diperoleh total penurunan kekeruhan minyak jelantah sebesar 81,6 NTU. Begitu pula untuk variasi 4,5 gram diperoleh total penurunan kekeruhan minyak sebesar 90,9 NTU.

3.5. Penentuan Model Kinetika Adsorpsi

Pada kinetika adsorpsi waktu mempengaruhi laju penyerapan yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat. Untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi diperlukannya waktu kontak yang dijadikan sebagai ukuran laju adsorpsi sehingga kinetika adsorpsi memiliki persamaan untuk menentukan konstanta yaitu *pseudo first order* dan *pseudo second order* (Haryanto, K Sinaga, and T Saragih 2019)

jumlah kualitas penyerapan padatan dapat dibuktikan dengan persamaan *pseudo first order* pada kondisi padat cair. Persamaan ini memiliki beberapa hipotesis antara lain, energi adsorpsi tidak bergantung pada area permukaan, kenaikan adsorpsi berdasarkan lapisan tunggal adsorbat jenuh pada permukaan adsorben, penyerapan cuma terjadi pada kondisi sekitar dan penyerapan adsorben dilihat dari model kinetika *pseudo-first-order* sebagai berikut:

Pseudo-first-order

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K_1}{2,303} t \tag{1}$$

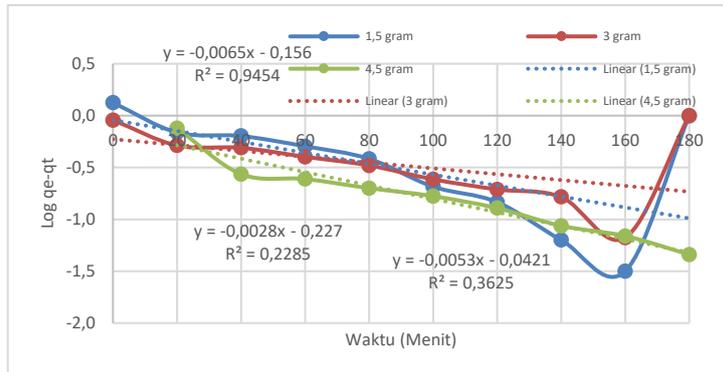
(q_t) adalah total yang teradsorpsi dalam kurun waktu tertentu (t), (q_e) adalah kapasitas adsorpsi Ketika kesetimbangan, (t) ialah waktu dengan satuan menit, dan (K_1) konstanta laju penyerapan. C_e adalah konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan (mg/L), sedangkan C_o merupakan konsentrasi awal adsorbat. $(C_o - C_e)/W \cdot V$ untuk mendapatkan (q_e) . Maka (V) adalah volume sedangkan (W) ialah berat adsorben dengan satuan gram.

Pseudo-second-order

Pada *pseudo second order* akan menjelaskan tentang kapasitas adsorpsi adsroben yang ketergantungan pada waktu yang ditentukan. Hipotesisnya menyerupai dengan *pseudo first order*, tapi pada hal ini serapan adsorbat diatur *pseudo second order*. Persamaan kinetika dapat diketahui sebagai berikut:

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{K_2 q^2 e} + \left(\frac{1}{q_e} \right) t \tag{2}$$

q_t adalah total yang teradsorpsi saat waktu t , q_e adalah kapasitas adsorpsi Ketika kesetimbangan, t ialah menit dan k_2 adalah konstanta laju. C_o ialah konsentrasi awal adsorbat, C_e ialah konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan (mg/L). q_e adalah turunan dari $(C_o - C_e)/ W \cdot V$. yang mana W adalah berat adsorben dalam gram

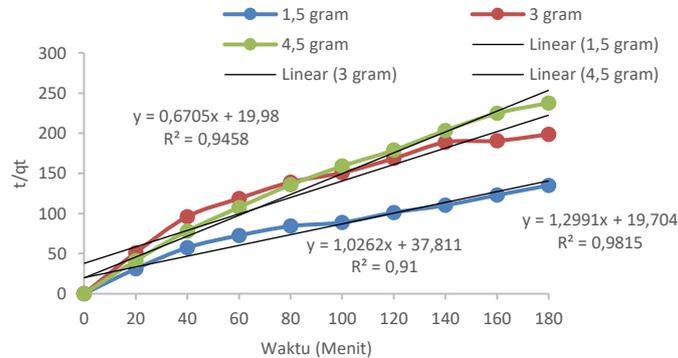


dan V adalah volume (Prastika and Alamsah 2022).

Gambar. 7 Permodelan Kinetika Pseudo Orde Ke-1 pada Variasi Ukuran Adsorben 100 Mesh

Gambar. 8 Permodelan Pseudo Orde Ke-2 Pada Variasi Ukuran Adsorben 100 Mesh

Gambar. 7 dan gambar. 8 merupakan grafik pemodelan *pseudo first order* dan *pseudo second order* pada adsorben natural pelepah kelapa sawit dengan ukuran *mesh* 100 pada kecepatan 100 rpm. Proses pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel adsorben untuk besinggungan dengan senyawa serapannya yang dalam hal ini senyawa dalam minyak jelantah. Pada gambar 4.5 menunjukkan nilai koefisien korelasi (R^2) pada adsorben 1,5 gram yaitu $R^2 = 0,3625$, pada adsorben 3 gram nilai $R^2 = 0,2285$, dan pada adsorben 4,5 gram diperoleh nilai $R^2 = 0,9454$. Pada gambar 4.6 menunjukkan nilai koefisien korelasi (R^2) pada adsorben 1,5 gram yaitu $R^2 = 0,9458$, pada adsorben 3 gram nilai diperoleh $R^2 = 0,91$, dan pada adsorben 4,5 gram diperoleh nilai $R^2 = 0,9815$.



4. CONCLUSION

Dari penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Adsorben pelepah kelapa sawit dengan variasi massa 4,5 gram memiliki daya adsorpsi paling besar dalam menurunkan minyak jelantah dengan tingkat kekeruhan 33,5 NTU pada ukuran 100 mesh.
2. Pemodelan kinetika adsorpsi terbaik berdasarkan koefisien korelasinya adalah persamaan *pseudo second order*, yaitu pada mekanisme adsorpsi melibatkan interaksi secara kimia antara adsorbat dengan adsorben, hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi (R^2) *second order* yang mendekati nilai 1

5. REFERENCES

Anggraini, Febri, Juita, Winny Yanova, Shally, Laura, and Zuli Rodhiyah. 2019. "Pemanfaatan Limbah Pelepah Dan Daun Sawit Menjadi Briket Di Desa Muaro Sebapo, Muaro Jambi."

Dani, Saputra, Ahdiat Leksi Siregar, and Istianto Budhi Rahardja. 2021. "Karakteristik Briket Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Pirolisis Dengan Perekat Tepung Tapioka." *Jurnal Asimetrik*

3:143–56.

- Dinda Robiatul Al Qory, Zainuddin Ginting, Syamsul Bahri. 2021. "Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Salak (Salacca Zalacca)." *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 2(November):26–36.
- Erawati, Emi, and Ardiansyah Fernando. 2018. "Pengaruh Jenis Aktivator Dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorbent Dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (Paraserianthes Falcataria)." *Jurnal Integrasi Proses* 7(2):58. doi: 10.36055/jip.v7i2.3808.
- Febriyanti, Fitri, Naela Fadila, Ari Susandy, Sanjaya Yazid Bindar, Anton Irawan, Ari Susandy Sanjaya, and Yazid Bindar. 2019. "Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Bio-Char, Bio-Oil Dan Gas Dengan Metode Pirolisis Utilization of Empty Fruit Bunches Waste Into Bio-Char, Bio-Oil and Gases With Pyrolysis Method." *Jurnal Chemurgy* 03(2):12–17.
- Fithry, D. A., B. Haryanto, Anita M. H., Puteri K., Azhari B. G., Ashabi S., Walid A. A., and Michael J. B. 2020. "Corn Stalk (Zea Mays L.) Ability on Copper Removal in Continuous Column (Down Flow)." (Icosteerr 2018):323–27. doi: 10.5220/0010093903230327.
- Hartono, Rudi, and Endang Suhendi. 2020. "Pemurnian Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Steam Pada Kolom Vigrek Dan Katalis Zeolite Alam Bayah." *Jurnal Integrasi Proses* 9(1):20. doi: 10.36055/jip.v9i1.7912.
- Haryanto, Bode, Warren K Sinaga, and Febri T Saragih. 2019. "Kajian Model Interaksi Pada Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd²⁺) Dengan Menggunakan Adsorben Dari Pasir Hitam." *Jurnal Teknik Kimia USU* 8(2):79–84. doi: 10.32734/jtk.v8i2.2032.
- Khanifa, Lia Nur, and Ervin Tri Suryandari. 2019. "Uji Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu²⁺ + Menggunakan Hidrochar Eichhornia Crassipes Termodifikasi H₂ O₂ 1 Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang." 2(2):64–79.
- Oko, Syarifuddin, Mustafa Mustafa, Andri Kurniawan, and Nur Afni Muslimin. 2020. "Pemurnian Minyak Jelantah Dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Arang Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Ulin (Eusideroxylon Zwageri)." *Jurnal Riset Teknologi Industri* 14(2):124. doi: 10.26578/jrti.v14i2.6067.
- Pranata, Ricky Hadi, and Zulfan Arico. 2019. "Pemanfaatan Limah Kebun Pelepah Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Pakan Ternak Bernilai Gizi Tinggi." *Biologica Samudra* 1(1):17–24.
- Prastika, Andika, and Ilham Alamsah. 2022. "Kinetika Adsorpsi Asam Tanat Pada Fotokatalis SiO₂/TiO₂." *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan* 6(1):14–22. doi: 10.33379/gtech.v6i1.1241.
- Sulung, Neila, Ahmadi Chandra, and Dini Fatmi. 2019. "Efektivitas Ampas Tebu Sebagai Adsorben Untuk Pemurnian Minyak Jelantah Produk Sanjai." *Jurnal Katalisator* 4(2):125. doi: 10.22216/jk.v4i2.4086.
- Takarani, Popy, Siska Findia Novita, and Rif'an Fathoni. 2019. "Pengaruh Massa Dan Waktu Adsorben Selulosa Dari Kulit Jagung Terhadap Konsentrasi Penyerapan." *Prosiding Seminar Nasional Teknologi V* 2(1):117–21.
- Waluyo, Untung, Aldi Ramadhani, Alvina Suryadinata, and Lia Cundari. 2020. "Review: Penjernihan Minyak Goreng Bekas Menggunakan Berbagai Jenis Adsorben Alami." *Jurnal Teknik Kimia* 26(2):70–79. doi: 10.36706/jtk.v26i2.588.