

Pengaruh Perbedaan Ukuran dan Massa Adsorben Pelepah Sawit Teraktivasi dalam Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Metode *Shaker*

Dwi Annisa Fithry¹, Bode Haryanto², Naia Salsa Billah³, Astrina Hutabarat⁴, Hidayat Prayogo⁵

^{1,3,5}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau
Jl. Tuanku Tambusai Ujung, Pekanbaru, Riau

^{2,4}Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Dr. T. Mansur No. 9, Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara
E-mail: dwiannisa@umri.ac.id

Abstract

Used oil more commonly referred to as used cooking oil is household waste that contains carcinogenic compounds which are very dangerous if consumed by the human, so that it does not become waste in the community can be used as raw material for making biodiesel. Used cooking oil processing can be done with the use of adsorbents so that used cooking oil becomes clear and its quality can be maintained. Palm Oil has the potential to be used as carbon which functions as an Adsorbent in the refining of used cooking oil. In this study, palm fronds were carbonized using pyrolysis with a temperature of 350⁰C then mashed and sifted with mesh sizes of 50, 70, and 100 mesh. Followed by the activation process using 0.1 M sulfuric acid solution (H₂SO₄) for 3 hours and then dried using an oven. The results of the study showed that the best turbidity was an adsorbent measuring 100 mesh with a mass of 4.5 grams, the final turbidity obtained with a value of 15.9 NTU with a total turbidity reduction of 108.6 NTU.

Keywords: adsorbent, palm frond, activated carbon, sulfuric acid, pyrolysis

Abstrak

Minyak bekas pakai atau lebih sering disebut sebagai minyak jelantah merupakan limbah rumah tangga yang mengandung senyawa bersifat karsinogenik yang sangat berbahaya apabila dikonsumsi oleh tubuh manusia, agar tidak menjadi limbah di masyarakat dapat dimanfaatkan keberadaannya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pengolahan minyak jelantah dapat dilakukan dengan penggunaan adsorben supaya minyak jelantah menjadi jernih dan mutunya dapat dipertahankan. Pelepah Sawit berpotensi untuk dijadikan karbon yang berfungsi sebagai Adsorben dalam pemurnian minyak jelantah. Pada penelitian ini, pelepah sawit dikarbonisasi menggunakan pirolisis dengan suhu 350⁰C kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran mesh 50, 70, dan 100 mesh. Dilanjutkan dengan proses aktivasi menggunakan larutan asam sulfat (H₂SO₄) 0,1 M selama 3 jam lalu dikeringkan menggunakan oven. Hasil dari penelitian menunjukkan kekeruhan yang paling baik adalah adsorben ukuran 100 mesh dengan massa 4,5 gram, kekeruhan akhir yang didapat dengan nilai 15,9 NTU dengan total penurunan kekeruhan sebanyak 108,6 NTU.

Kata Kunci: adsorben, pelepah kelapa sawit, karbon aktif, asam sulfat, pirolisis

1. Pendahuluan

Minyak bekas pakai atau lebih sering disebut sebagai minyak jelantah merupakan limbah rumah tangga yang mengandung senyawa bersifat karsinogenik yang terbentuk selama proses penggorengan. Pemakaian minyak jelantah terus-menerus dan dikonsumsi oleh tubuh manusia dapat menimbulkan penyakit seperti kanker [1]. Berdasarkan dari data Badan Pusat Statistik jumlah minyak goreng di kota Medan tahun 2023 mencapai 278.000,00 Kiloliter (KL) per tahun [2]. Jumlah tersebut

tentu saja sejalan dengan jumlah minyak jelantah yang dihasilkan.

Minyak jelantah agar tidak menjadi limbah di masyarakat dapat dimanfaatkan keberadaannya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pengolahan minyak jelantah dapat dilakukan dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben supaya minyak jelantah menjadi jernih dan mutunya dapat dipertahankan. Penelitian sebelumnya yang telah dan sering dilakukan dalam memurnikan minyak jelantah adalah dengan menggunakan adsorben berbahan alam atau limbah pertanian dan perkebunan [3].

Adsorpsi merupakan proses pemisahan antara senyawa dengan pelarut melalui pori-pori suatu padatan. Proses adsorpsi sendiri telah lama ditemukan dan digunakan oleh manusia sebagai media pemisah untuk memurnikan suatu senyawa [4]. Adsorben merupakan bahan yang berbentuk padatan yang bisa menyerap suatu senyawa tertentu baik berupa cair atau gas [5]. Contoh adsorben yang mudah ditemui adalah: zeolite, karbon aktif dan aluminium.

Pelepah sawit adalah jenis limbah padat yang dihasilkan dari perkebunan sawit juga merupakan sumber dari energi biomassa terbesar yang terletak di perkebunan. Kandungan yang terdapat pada pelepah sawit berupa selulosa, lignin, dan hemiselulosa menyebabkan pelepah sawit dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk membuat karbon aktif [6].

Karbon aktif adalah bahan amorf yang memiliki permukaan yang luas juga daya serap yang tinggi [7]. Proses pembuatan karbon aktif sendiri adalah dengan dikarbonisasi menggunakan pirolisis, dimana pemanasan berlangsung pada suhu <math><10000\text{C}</math>. Pirolisis sendiri adalah proses konversi termal di mana material diproses dalam kondisi atmosfer inert tanpa adanya udara atau oksigen, cara ini lebih unggul digunakan dalam mengubah biomassa menjadi arang [8].

Arang hasil karbonisasi biasanya memiliki pori yang kecil untuk itu diperlukannya tindakan lanjutan yaitu aktivasi menggunakan bahan kimia salah satunya menggunakan Asam Sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat memiliki sifat yang mudah larut didalam air, *dhydrating agent*, dan dapat mengoksidasi dan memiliki situs aktif yang luas [9].

2. Metodologi

Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi massa dan ukuran, yakni massa 1,5, 3, dan 4,5 gram, dan ukuran 50, 70, dan 100 mesh. Ada dua tahap yang dilakukan pada proses ini yaitu tahap karbonisasi dan tahap adsorpsi.

Bahan baku pelepah sawit di potong kecil-kecil dengan ukuran berkisar antara 3-4 cm, kemudian dicuci dan dikeringkan dibawah sinar matahari langsung selama 3 hari. Selanjutnya dikarbonisasi menggunakan pirolisis dengan suhu 3500C selama 2 jam.

Pelepah sawit yang telah terkarbonisasi di haluskan menggunakan ball mill dan diayak menggunakan mesh, dilanjutkan proses aktivasi karbon dengan H_2SO_4 0,1 M selama 3 jam. Kemudian dicuci menggunakan aquadest hingga pH adsorben netral dan dikeringkan menggunakan oven hingga berat konstan. Selanjutnya adsorben ditimbang masing-masing

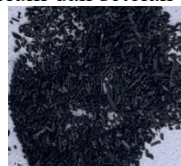
ukuran sesuai dengan varian massa yang digunakan.

Proses adsorpsi diawali dengan mengukur minyak jelantah sebanyak 100 ml kemudian dicampurkan dengan adsorben yang telah ditimbang, selanjutnya *Shaker* adsorben selama 3 jam sambil diukur menggunakan turbidimeter dengan interval waktu pengukuran setiap 20 menit.

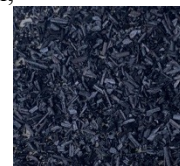
3. Hasil dan Pembahasan

1.1 Karakteristik Adsorben

Berikut perbandingan gambar adsorben sebelum dan setelah diaktivasi,



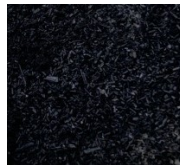
Gambar 1. Mesh 50 sebelum aktivasi.



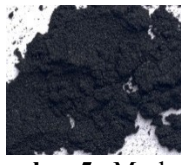
Gambar 2. Mesh 50 setelah aktivasi.



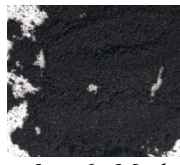
Gambar 3. Mesh 70 sebelum aktivasi.



Gambar 4. Mesh 70 setelah aktivasi.



Gambar 5. Mesh 100 sebelum aktivasi.



Gambar 6. Mesh 100 setelah aktivasi.

1.2 Karakteristik Minyak Jelantah Sebelum dan Setelah Proses Adsorpsi

Karakteristik minyak jelantah secara fisik yaitu memiliki warna coklat cenderung gelap, warna gelap pada minyak jelantah disebabkan oleh oksidasi dari vitamin E (tokoferol) [3]. Minyak jelantah memiliki kekeruhan awal sebesar 124,4 NTU yang telah diukur menggunakan Turbidimeter. Tingginya kekeruhan disebabkan oleh banyaknya zat pengotor yang terkandung didalam minyak jelantah.



Gambar 8. Minyak jelantah sebelum dan setelah adsorpsi.

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa minyak jelantah sebelum diadsorpsi masih berwarna gelap, dan yang setelah dilakukan proses

adsorpsi minyak jelantah yakni warnanya berubah menjadi lebih jernih dan terbebas dari partikel pengotor. nilai kekeruhannya sendiri mengalami penurunan yang signifikan bergantung pada jumlah karbon aktif yang digunakan.

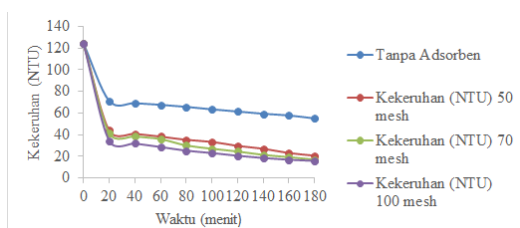
Variasi	% FFA		
	50 Mesh	70 Mesh	100 Mesh
1,5 gram	0,43206751	0,357323	0,316421
3 gram	0,31968285	0,295404	0,292168
4,5 gram	0,29102313	0,285558	0,269732

Gambar 9. Tabel % FFA minyak jelantah.

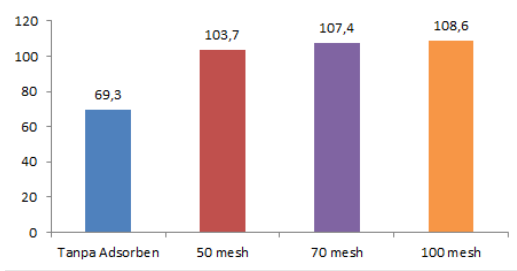
Gambar diatas merupakan hasil dari uji kadar asam pada minyak jelantah setelah diadsorpsi, hasil menunjukkan pengurangan yang sangat besar dari jumlah awal yaitu sebesar 2,87%. Kadar asam terendah ditunjukkan oleh adsorben dengan berat massa 4,5 gram yaitu sebesar 0,27%.

1.3 Pengaruh luas permukaan adsorben terhadap kekeruhan minyak jelantah

Pelepah sawit yang telah dikarbonisasi memiliki struktur pori yang kasar dan tidak teratur, hal ini disebabkan oleh penguapan selulosa yang tegradasi mengakibatkan lepasnya zat pengotor. Berkurangnya senyawa hidrokarbon membuat permukaan karbon aktif semakin terlihat, dilanjutkan dengan proses aktivasi untuk mengoksidasi molekul-molekul serta memecahkan ikatan hidrokarbon sehingga luas permukaan karbon bertambah besar yang mempengaruhi daya serap adsorpsi [6]. Pengaruh luas permukaan pada adsorben terhadap kekeruhan minyak jelantah pada berat 4,5 gram dengan ukuran 50,70 dan 100 mesh dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 10. Pengaruh variasi luas permukaan adsorben terhadap kekeruhan minyak jelantah.



Gambar11. Total mesh penurunan kekeruhan minyak jelantah.

Dari gambar 10 dapat dilihat grafik penurunan kekeruhan dan hubungannya dengan waktu adsorpsi dari karbon aktif dengan kecepatan 100 rpm. Hasil dari penelitian didapatkan adanya perbedaan jarak yang besar dari nilai Turbidimeter. Turbidimeter sendiri merupakan alat untuk mengetahui gambaran fisik penurunan kekeruhan sampel setelah diadsorpsi dengan satuan NTU [10].

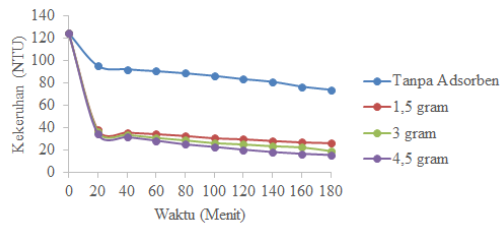
Pada percobaan awal dilakukan pengukuran kekeruhan terhadap minyak jelantah tanpa adsorben didapatkan hasil $t_0 = 124,4$ NTU. Pengukuran dilakukan sebagai bahan perbandingan dengan adsorpsi menggunakan karbon aktif.

Dari gambar 10 dapat dilihat perbedaan signifikan antara kekeruhan tanpa adsorben dan dengan adsorben karbon aktif pada menit awal, hasil dari pengukuran nilai kekeruhan tanpa adsorben pada menit 20 adalah $t_0 = 95,4$ NTU, hal ini disebabkan kotoran yang ada pada minyak mengalami pengendapan. Sedangkan hasil pada pengukuran adsorben karbon aktif variasi massa 4,5 gram dengan ukuran mesh 50 pada menit awal adalah $t_0 = 44$ NTU, pada mesh 70 sebesar $t_0 = 41,6$ dan dari mesh 100 didapatkan $t_0 = 34,5$. Hal ini disebabkan oleh pori-pori dari adsorben langsung menyerap dan mengikat zat pengotor dari minyak jelantah, untuk hasil yang lebih baik dapat dilihat pada gambar 10 hasil dari pengontakan adsorben selama 3 jam. Pada mesh 50 didapatkan nilai akhir kekeruhannya 20,7 NTU, pada mesh 70 sebesar 17 NTU dan pada mesh 100 sebesar 15,8 NTU.

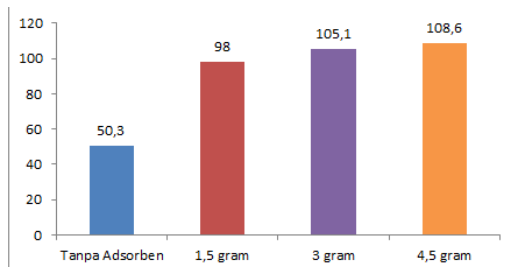
Dari gambar 11 dapat dilihat grafik total penurunan kekeruhan minyak jelantah dimana tanpa adsorben sebesar 69,3 NTU, dengan menggunakan adsorben arang aktif 50 mesh 103,7 NTU, adsorben arang aktif 70 mesh 107,4 NTU dan pada adsorben arang aktif 100 mesh didapatkan hasil yang lebih besar yaitu 108,6 NTU. Terbukti dari hasil analisa adsorben arang aktif ukuran 100 mesh memiliki daya serap yang lebih besar dibanding ukuran mesh lainnya, hal ini disebabkan oleh luas permukaan pada arang aktif 100 mesh lebih besar dibandingkan

adsorben 50 dan 70 mesh yang membuatnya memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih cepat dari biasanya.

1.4 Pengaruh perbedaan massa adsorben terhadap kekeruhan minyak jelantah



Gambar 12. Pengaruh perbedaan massa terhadap kekeruhan minyak jelantah.



Gambar 13. Total massa penurunan kekeruhan minyak jelantah.

Dari gambar 12 dapat dilihat pengaruh perbedaan massa terhadap kekeruhan minyak jelantah, perbedaan yang signifikan terlihat pada menit 20 dari proses adsorpsi dimana pada massa 1,5 gr didapatkan nilai kekeruhan sebesar $t_0 = 38,1$ NTU, massa 3 gr sebesar $t_0 = 36,9$ NTU dan massa 4,5 gr sebesar $t_0 = 34,5$ NTU.

Pada hasil analisa adsorpsi selama 3 jam didapatkan penurunan kekeruhan yang lebih baik yaitu pada massa 1,5 sebesar 26,4 NTU, massa 3 gr sebesar 19,3 gr dan massa 4,5 gr sebesar 15,8 NTU. Dari gambar 13 dapat dilihat total pengaruh massa terhadap penurunan kekeruhan minyak jelantah, dimana total kekeruhan tanpa adsorben bernilai 50,3 NTU sementara dengan menggunakan adsorben massa 1,5 gr memiliki total penurunan kekeruhan 98 NTU, massa 3 gr 105,1 NTU dan massa 4,5 gr 108,6 NTU hal ini terjadi dikarenakan semakin banyak massa yang digunakan maka semakin banyak pori-pori yang mengikat kotoran pada minyak.

Hasil analisa menunjukkan nilai penurunan kekeruhan terbesar ada pada variasi massa adsorben 4,5 gr yang menunjukkan bahwa semakin banyak massa yang digunakan semakin banyak pula luas permukaan yang ada, membuat besarnya daya serap yang tersedia pada adsorben

sehingga proses adsorpsi berjalan lebih maksimal.

3.5 Penentuan model kinetika adsorpsi

Kinetika adsorpsi bertujuan untuk mengetahui kecepatan adsorben dalam menyerap suatu polutan baik dalam bentuk padat maupun cair yang merupakan salah satu faktor penting dalam adsorpsi [4]. Kinetika adsorben juga mempengaruhi kekeruhan dari adsorben, penurunan kekeruhan pada minyak jelantah membuktikan berhasil atau tidaknya aktivasi dari adsorben dan pembentukan situs aktif [11].

Pada penelitian ini digunakan pemodelan pseudo-kinetik (PFO) orde satu dan orde dua. PFO model digunakan dalam penetapan hubungan antara laju adsorpsi dengan jumlah situs adsorpsi yang terdapat pada adsorben, sedangkan pada penelitian ini digunakan untuk menggambarkan kapasitas adsorpsi dari variasi adsorben seiring waktu.

Persamaan orde satu atau disebut juga persamaan *lagergren* adalah persamaan awal yang menggambarkan laju adsorpsi dalam fase cair dan padat. Orde ini memiliki asumsi bahwasannya penyerapan adsorpsi secara keseluruhan dikendalikan dari laju proses atau terjadi reaksi kimia pada permukaan adsorben. PFO orde satu dapat dilihat dari persamaan berikut,

$$\ln(q_e - qt) = \ln q_e - \ln k_1 t \quad (1)$$

q_e = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

qt = konsentrasi pada waktu t

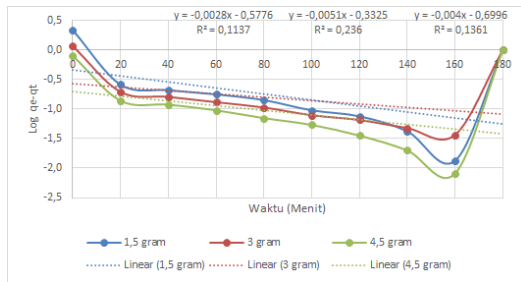
K_1 = konstanta laju adsorpsi

t = waktu adsorpsi

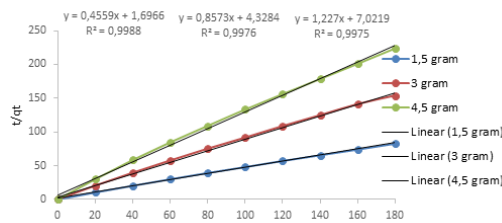
Persamaan orde dua umumnya berkaitan untuk laju proses adsorpsi dalam mengontrol keseluruhan dari kinetika adsorpsi, model ini berasumsi bahwa laju reaksi pertukaran ion di permukaan bertanggung jawab dalam kinetika penghilangan, orde reaksi pada reaksi ini adalah 2 terhadap jumlah adsorpsi yg tersedia. Persamaan kinetika orde dua dapat ditulis dengan persamaan berikut,

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

Dimana k_2 = konstanta persamaan kinetika orde dua juga merupakan faktor skala waktu. Penggunaan persamaan orde dua pada kinetika adsorpsi menunjukkan nilai konstanta sangat berpengaruh terhadap kondisi operasi. Berikut hasil dari persamaan orde satu dan dua,



Gambar 14. Persamaan pseudo orde-1 pada variasi adsorben 100 mesh.



Gambar 15. Persamaan pseudo orde-2 pada variasi adsorben 100 mesh.

Kedua gambar diatas merupakan grafik pemodelan pseudo orde-1 dan orde-2 dari adsorben 100 Mesh dengan kecepatan 100 rpm, Pada gambar 14 dapat dilihat kinetika orde satu yang menunjukkan hubungan antara laju adsorpsi ($\log(q_e - q_t)$) dengan waktu (t). Pada variasi massa adsorben 1,5 gr didapatkan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar = 0,1137, pada massa 3 gr $R^2 = 0,236$ dan pada massa 4,5 gr $R^2 = 0,1361$.

Pada gambar 15 pemodelan pseudo orde kedua didapatkan hasil pada variasi massa 1,5 gr $R^2 = 0,9988$, massa 3 gr $R^2 = 0,9976$ dan massa 4,5 gr $R^2 = 0,9975$. Dari perbandingan kedua grafik dapat dilihat bahwa data adsorpsi adsorben arang aktif 100 mesh cenderung mengarah kepada pemodelan pseudo orde-2 dibuktikan dengan nilainya yang mendekati angka satu, perbandingan pseudo orde 1 dan 2 dapat dilihat pada tabel berikut,

Waktu (menit)	ct	qt	Pseudo Orde ke-1			Pseudo Orde ke-2	
			qe	qe-qt	log qe-qt	t/qt	t/qt
0	41,467	0,000	0,804	0,804	-0,1	0	
20	11,500	0,666		0,139	-0,9	30	
40	10,633	0,685		0,119	-0,9	58	
60	9,567	0,709		0,096	-1,0	85	
80	8,433	0,734		0,070	-1,2	109	
100	7,700	0,750		0,054	-1,3	133	
120	6,867	0,769		0,036	-1,4	156	
140	6,167	0,784		0,020	-1,7	178	
160	5,633	0,796		0,008	-2,1	201	
180	5,267	0,804		0,000	0,0	224	

Gambar 16. Tabel perbandingan pseudo orde satu dan dua.

4. Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa adsorben yang diaktivasi

menggunakan asam sulfat dengan ukuran mesh 100 dan berat massa 4,5 gram memiliki daya serap yang lebih baik dibanding dengan nilai kekeruhan sebesar 15,9 NTU dan koefisien korelasi sebesar 0,998.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prodi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Riau yang telah memberikan penulis kesempatan ikut serta kedalam MBKM Riset, Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara yang telah memberikan penulis ruang untuk melakukan riset penelitian, serta teman-teman MBKM Riset yang banyak membantu penulis selama penelitian berjalan.

Daftar Pustaka

- [1] Hadrach H, Kasman M, Sari FM. Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *J Daur Lingkung* 2018;1:16–21. <https://doi.org/10.33087/daurling.v1i1.4>.
- [2] Statistik BP. Rata-rata Konsumsi Perkapita Seminggu Menurut Kelompok Minyak dan Kelapa Per Kabupaten_kota 2023.
- [3] Muhammad, Hafidzi N, Nikmah F, Hidayah, Nurul U, Haqiqi, Arghob K. Arang Aktif Kayu Leucaena Leucocephala sebagai Adsorben Minyak Goreng Bekas Pakai (Minyak Jelantah). *Phys Educ Res J* 2020;2:123–30. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.2.6176>.
- [4] Ismadji S, Soetardjo FE, Santoso SP, Putro JN, Yuiana maria, Hartono SB, et al. Adsorpsi Pada Fase Cair Kesetimbangan, Kinetika Dan Termodinamika. 2021.
- [5] Rahman NA, Parawitasari Pardede E, Mularen A. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Berbasis Cangkang Telur. *Pros SENIATI* 2022;6:785–93. <https://doi.org/10.36040/seniati.v6i4.5048>.
- [6] Mentari, Vidyanova A, Handika G, Maulina S. Perbandingan Gugus Fungsi dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat (H3PO4) dan Asam Nitrat (HNO3). *J Tek Kim USU* 2018;7:16–20. <https://doi.org/10.32734/st.v1i2.299>.
- [7] Sagita N, Aprilia H, Arumsari A. Penggunaan Karbon Aktif Tempurung Pala (Myristica fragrans Houtt) Sebagai Adsorben untuk Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai. *Pros Farm* 2020;6:74–80.
- [8] Maulina S, Putri FS. Pengaruh Suhu, Waktu, dan Kadar Air Bahan Baku

- Terhadap Pirolisis Serbuk Pelepah Kelapa Sawit. *J Tek Kim USU* 2017;6:35–40.
- [9] Mukhlis, Itnawita, Kartika AC, Cani FF. Evaluasi Kemampuan HCl dan H₂SO₄ Sebagai Aktivator Adsorben Bubuk Kulit Batang Sagu (Metroxylon Sagu). *J Sains Dan Kesehat* 2021;11:111–20.
- [10] Alyeris ASO. Analisis Uji Laboratorium Pemanfaatan Karbon Aktif Limbah Pelepah Sawit Sebagai Adsorben Terhadap Pengolahan Air Terproduksi. 2021.
- [11] Haryanto B, Pelawi A, Octavia, Sidauruk SY, Alexander V, Tambun R, et al. Natural operation in removing waste compounds within cooking oil using corn cob as adsorbent. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 2023;1241. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1241/1/012114>.