

Purifikasi Minyak Jelantah menggunakan Adsorben Kombinasi Karbon Aktif dan Bentonit

Purification of used Cooking Oil using a Combination of Activated Carbon and Bentonite Adsorbents

Barita Aritonang^{1*}, Ahmad Hafizullah Ritonga², Karnirius Harefa³, Dicky Yuswardi Wiratma⁴, Herlina⁵

^{1,2,3,4,5} Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam
Jl. Sudirman No.38 Lubuk Pakam Kab.Deli Serdang 20512. Sumatera Utara-Indonesia
Email: baritaaritonang11@gmail.com

Abstrak

Pemakaian minyak jelantah berulang kali pada suhu pemanasan yang tinggi dapat menurunkan kualitas minyak, ditandai dengan perubahan warna gelap, aroma tidak sedap, meningkatnya kadar bilangan peroksida (BP) dan asam lemak bebas (ALB), serta menimbulkan penyakit obesitas, kolesterol, jantung dan kanker. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian adsorben kombinasi karbon aktif dan bentonit dalam menurunkan kadar BP dan ALB pada minyak jelantah. Metode yang digunakan untuk memurnikan minyak jelantah adalah proses adsorpsi menggunakan adsorben kombinasi karbon aktif dari limbah kulit buah manggis dan bentonit. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 600 °C selama 3 jam. Proses aktivasi dilakukan secara kimia dengan zat aktivator H₃PO₄ variasi konsentrasi 1M, 3M, dan 5M. Proses aktivasi bentonit dilakukan dengan menggunakan HCl 5M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari kulit buah manggis yang diaktivasi dengan H₃PO₄ 5M, serta bentonit dengan HCl 5M masing-masing sebanyak 5 gram, efektif menurunkan kadar ALB dan BP pada minyak jelantah. Sampel minyak jelantah tanpa pemberian karbon aktif dan bentonit memiliki kadar BP sebesar 16 meq O₂/kg, setelah diberikan adsorben kombinasi karbon aktif dan bentonit sebanyak 5 gram kadar BP turun menjadi 3,6 meq O₂/kg. Demikian juga kadar ALB pada minyak jelantah tanpa pemberian adsorben kombinasi karbon aktif dan bentonit sebesar 2,2%, setelah diberikan adsorben kombinasi karbon aktif dan bentonit kadar ALB turun menjadi 0,09%. Kadar ALB dan BP memenuhi standar SNI 3741:2013. Kesimpulan dari hasil penelitian karbon aktif dan bentonit efektif digunakan untuk memurnikan minyak jelantah karena memiliki daya adsorpsi yang sangat kuat sehingga mampu menurunkan kadar ALB dan BP.

Kata kunci: Karbon aktif; Bentonit; Bilangan peroksida; Asam lemak bebas; Minyak jelantah.

Abstract

The repeated use of cooking oil at high temperatures can significantly degrade its quality, as indicated by darkened color, unpleasant odor, elevated peroxide value (PV), and free fatty acid (FFA) levels. This deterioration can contribute to health risks such as obesity, high cholesterol, heart disease, and cancer. This study investigated the effectiveness of combined activated carbon and bentonite adsorbent in reducing peroxide value and free fatty acid levels in used cooking oil. The purification method involved an adsorption process using a combination of activated carbon derived from mangosteen peel waste and bentonite. The carbonization process was carried out at 600°C for 3 hours, followed by chemical activation with H₃PO₄ at varying concentrations of 1M, 3M, and 5M. Bentonite was activated using 5M HCl. The results demonstrated that 5 grams of activated carbon from mangosteen peel, treated with 5M H₃PO₄, and bentonite activated with 5M HCl, were highly effective in lowering the peroxide value and free fatty acid levels in used cooking oil. Initially, the PV of the untreated used cooking oil was 16 meq O₂/kg, reduced to 3.6 meq O₂/kg after treatment with the combined adsorbents. Similarly, the FFA content decreased from 2.2% to 0.09%. Both peroxide value and free fatty acid levels met the standards set by SNI 3741:2013. In conclusion, using activated carbon and bentonite is an efficient method for purifying used cooking oil, as their strong adsorption capacity effectively reduces peroxide value and free fatty acid levels.

Keywords: Activated carbon; Bentonit; Peroxide value; Free fatty acids; Used cooking oil

1. PENDAHULUAN

Minyak jelantah merupakan minyak goreng bekas yang telah digunakan berulang kali, biasanya lebih dari dua atau tiga kali penggorengan. Minyak jelantah umumnya diperoleh dari hasil proses memasak di rumah tangga, restoran

* Corresponding Author: Barita Aritonang, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Indonesia

E-mail : baritaaritonang11@gmail.com

Doi : 10.35451/jfm.v7i1.2331

Received : September 29, 2024. Accepted: October 26, 2024. Published: October 31, 2024

Copyright (c) 2024 Barita Aritonang. Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

cepat saji, pedagang jajanan gorengan serta industri makanan seperti produksi snack, kerupuk, dan mi instan. Minyak goreng bekas yang dipakai berulang kali pada suhu pemanasan yang tinggi dapat menurunkan kualitas minyak, yang ditandai dengan perubahan warna, dan aroma tidak sedap. Selain itu, terjadi penurunan bilangan iod, meningkatnya kadar bilangan peroksida (BP) dan asam lemak bebas (ALB), serta pembentukan senyawa berbahaya seperti aldehid dan keton. Senyawa aldehid dan keton ini dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti, obesitas, peningkatan kadar kolesterol, kanker, serta penyakit degeneratif lainnya. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 3741:2013, batas maksimum kadar BP yang diperbolehkan pada minyak goreng adalah 10 meq O₂/kg, sedangkan kadar ALB 0,3% [1,2].

Metode yang efektif dan efisien digunakan untuk memurnikan minyak jelantah agar menghasilkan minyak yang baru dan aman untuk dikonsumsi kembali adalah proses adsorpsi. Adsorpsi adalah proses terjadinya penyerapan partikel pada permukaan suatu zat menggunakan adsorben. Adsorben yang sering digunakan untuk memurnikan minyak jelantah adalah karbon aktif ataupun bentonit. Karbon aktif merupakan material amorf yang memiliki luas permukaan berkisar antara 300 hingga 3500 m²/g, dan kemampuan adsorpsinya sangat tinggi [3–5]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif adalah melalui proses aktivasi secara kimia menggunakan pelarut asam pospat (H₃PO₄). Adapun tujuan dilakukan proses aktivasi adalah untuk membersihkan pengotor dan memperbesar pori-pori karbon aktif dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon, sehingga mampu menyerap senyawa organik maupun anorganik secara efektif. Untuk mengetahui kualitas karbon aktif yang dihasilkan setelah dilakukan proses aktivasi dapat diketahui dari kadar air, kadar abu, daya serap iodin, kadar zat menguap, dan karbon terikat, berdasarkan standar SNI 06-3730-1995 [6,7].

Salah satu bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan karbon aktif berasal dari bahan alam adalah kulit buah manggis. Kulit buah manggis dapat digunakan untuk pembuatan karbon aktif karena memiliki kandungan selulosa 65%, hemiselulosa 25%, dan lignin 10%. Selulosa yang terkandung dalam kulit buah manggis memiliki gugus -OH hidroksil yang dapat berinteraksi dengan agen pengoksidasi, sehingga dapat membantu membuka struktur pori dan meningkatkan luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Keberadaan selulosa juga memberikan fondasi yang kuat untuk pembentukan pori-pori yang efektif dalam menyerap berbagai senyawa, baik organik maupun anorganik. Selain itu, hemiselulosa dapat meningkatkan sifat adsorpsi, sementara lignin berfungsi sebagai pengikat yang memperkuat jaringan karbon aktif. Sementara itu, bentonit merupakan jenis mineral lempung yang terdiri dari 85% montmorilonit, dihasilkan melalui proses pelapukan vulkanik dengan sifat adsorpsi yang tinggi, viskositas, dan kemampuan mengembang yang baik saat terpapar dengan air, sehingga banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses pemurnian minyak jelantah [3,8].

Beberapa penelitian sebelumnya yang telah berhasil memurnikan minyak jelantah menggunakan adsorben ataupun bentonit, yakni [9], memurnikan minyak jelantah dengan karbon aktif dari ampas kopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari ampas kopi efektif menurunkan kadar BP dari 12,0 meq O₂/kg menjadi 9,3 meq O₂/kg, sedangkan kadar ALB turun dari 0,97% menjadi 0,33%. Demikian juga penelitian oleh [10], memurnikan minyak jelantah dengan karbon aktif dari kulit biji kakao. Hasil penelitian menunjukkan karbon aktif dari kulit biji kakao efektif menurunkan kadar ALB dari 0,98% menjadi 0,25%. Begitu juga dengan penelitian [2], memurnikan minyak jelantah dengan karbon aktif dari kombinasi kulit telur bebek dan kulit durian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif mampu menurunkan kadar BP dan ALB pada minyak jelantah, diperoleh kadar BP sebesar 0,0386 meq/kg dan kadar ALB sebesar 0,2186%. Penelitian yang dilakukan oleh [11], melaporkan tentang pemurnian minyak jelantah dengan bentonit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentonit efektif menurunkan kadar ALB dari 11,86% menjadi 1,65%. Didukung dengan penelitian oleh [12], melaporkan bahwa bentonit efektif memurnikan minyak jelantah, hasilnya diperoleh kadar ALB sebesar 1,42%, memenuhi standar SNI 3741:2013.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian kombinasi adsorben karbon aktif dari kulit buah manggis dan bentonit pada minyak jelantah dalam menurunkan kadar BP dan ALB.

2. METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan meliputi bentonit, kulit buah manggis, minyak goreng baru, minyak jelantah dari penggorengan ayam, Na₂CO₃ 0,1 N, H₃PO₄ (1, 3, dan 5M), HCl 5M, NaCl 10%, aquadest, etanol 95%, NaOH 16%, KOH 0,1 M, fenoltalein, CH₃COOH, CHCl₃, larutan KI jenuh, Na₂S₂O₃ 0,1 M, amilum 1%, kertas saring, dan aluminium foil.

Alat

Alat yang digunakan termasuk peralatan gelas kimia (Iwaki Pyrex®), lumpang, alu, ayakan 100 mesh, corong, gelas ukur, statif dan klem, buret (Iwaki Pyrex®), pipet tetes, erlenmeyer (Pyrex®), neraca analitik (Citizen), hotplate stirer (Denville Scientific INC), termometer, oven (SL® El Lab), cawan porselin, pH meter, corong pisah, desikator, tanur (LabTech), *Fourier Transform Infrared* (FT-IR), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Prosedur

Aktivasi bentonit dengan asam klorida

Bentonit ditimbang sebanyak 100 gr dimasukkan dalam beaker gelas lalu dilarutkan dengan 500 ml HCl konsentrasi 5M, kemudian dipanaskan pada suhu 70°C dan diaduk menggunakan magnetik stirer selama 2 jam. Setelah itu, bentonit dinetralkan, disaring, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 5 jam hingga beratnya stabil lalu dikarakterisasi dengan FT-IR.

Karbonisasi karbon aktif dari kulit buah manggis

Kulit buah manggis dimasukkan ke dalam furnace pada suhu 600°C selama 3 jam hingga menghasilkan arang. Setelah itu, arang didinginkan dalam desikator, kemudian dihaluskan menggunakan blender dan disaring menggunakan ayakan 100 mesh. Selanjutnya dilakukan proses aktivasi dengan asam pospat.

Aktivasi karbon dari kulit buah manggis secara kimia dengan asam pospat

Sebanyak 20 gram karbon dari kulit buah manggis dimasukkan kedalam beaker gelas lalu dilarutkan dengan H₃PO₄ sebanyak 250 ml dengan variasi konsentrasi 1, 3 dan 5M, kemudian diaduk menggunakan magnetik stirer selama 1 jam dan dibiarkan mengendap selama 24 jam. Setelah dibiarkan mengendap selama 24 jam lalu disaring, karbon aktif yang diperoleh dicuci dengan akuadest hingga pH netral mencapai 7. Apabila pH nya belum netral dicuci lagi dengan akuadest lalu disaring kembali, filtratnya diambil dan dicek dengan kertas universal hingga mencapai pH netral. Karbon aktif yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian dikarakterisasi berdasarkan SNI 06-3730-1995 yaitu kadar air, abu, iodin dan karbon terikat serta dengan FT-IR dan SEM.

Purifikasi minyak jelantah dengan dan tanpa menggunakan kombinasi adsorben karbon aktif dan bentonit

Ditimbang minyak jelantah sebanyak 100 gram, lalu dimasukkan ke dalam beaker gelas dan ditambahkan massa karbon aktif dengan variasi (1, 3 dan 5 gram) dan bentonit sebanyak 5 gram. Campuran tersebut diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 250 rpm selama 1 jam, lalu disaring menggunakan kertas saring. Minyak yang telah dimurnikan kemudian dianalisis kadar BP dan ALB.

Penentuan kadar BP

Ditimbang minyak jelantah sebanyak 10 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, lalu ditambahkan kedalamnya 30 mL campuran asam asetat-kloroform (3:2). Kemudian, campuran digoyang-goyangkan selama 30 menit hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan larutan KI jenuh sebanyak 0,5 mL dan didiamkan selama 1 menit sambil sesekali digoyang lalu ditambahkan akuadest sebanyak 30 mL. Setelah itu, campuran dititrasi dengan natrium tiosulfat 0,1 M hingga warna kuning lemah dan ditambahkan larutan amilum 1% sebanyak 0,5 mL hingga berwarna biru, kemudian titrasi dilanjutkan sampai terjadi perubahan warna, dari biru menjadi bening.

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{\text{mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times M \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 1.000}{\text{Berat Sampel (gr)}}$$

Penentuan kadar ALB

Ditimbang minyak jelantah sebanyak 10 gram lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan etanol 95% sebanyak 50 lalu dipanaskan pada suhu 40°C dan ditambahkan indikator fenoltalein sebanyak 2 mL, setelah itu dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 M hingga terjadi perubahan warna dari bening menjadi warna merah jambu.

$$\text{Asam Lemak Bebas} = \frac{V \text{ NaOH} \times M \text{ NaOH} \times BM \text{ Asam Laurat}}{\text{Berat Sampel (gr)} \times 1.000} \times 100\%$$

3. HASIL

Hasil karakterisasi karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995

Karbon aktif dari kulit buah manggis diaktivasi secara kimia menggunakan H₃PO₄ dengan variasi konsentrasi 1, 3, dan 5M. Karbon aktif yang dihasilkan dikarakterisasi sesuai SNI 06-3730-1995, meliputi kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat, dan daya serap iodin, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

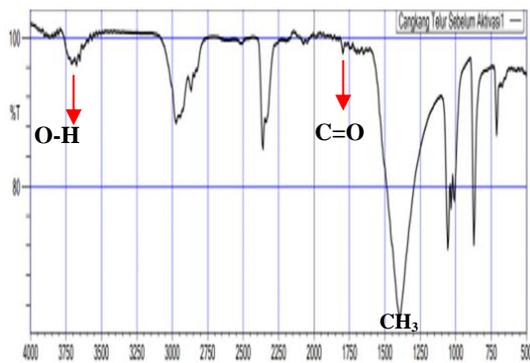
Tabel 1. Karakteristik karbon aktif kulit buah manggis sebelum dan sesudah aktivasi kimia

Parameter	Karbon Tanpa Aktivasi	Karbon Aktivasi H ₃ PO ₄ 1M	Karbon Aktivasi H ₃ PO ₄ 3M	Karbon Aktivasi H ₃ PO ₄ 5M	SNI 06-3730-1995
Kadar air (%)	17,2	10,3	7,2	4,2	Maks. 15%
Kadar abu (%)	12,5	8,2	6,4	3,4	Maks. 10%
Kadar daya serap iodium (mg/g)	650	770	800	890	Min 750 mg/g
Kadar Karbon Terikat (%)	45	82	87	92	Min 65%

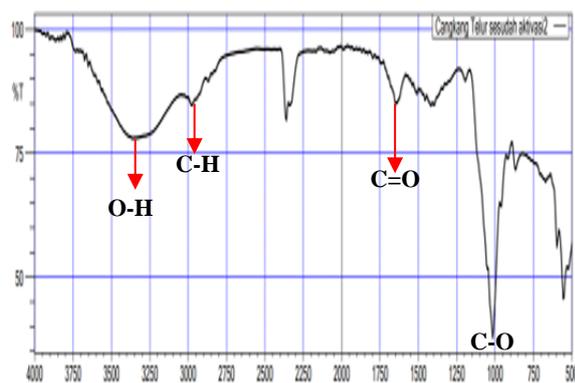
Tabel 1, menunjukkan bahwa kadar air tertinggi terdapat pada karbon yang tidak diaktivasi (17,2%) dan terendah pada karbon yang diaktivasi dengan H₃PO₄ 5M (4,2%). Kadar abu tertinggi pada karbon yang tidak diaktivasi (12,5%) dan terendah pada karbon yang diaktivasi (3,4%). Daya serap iodin terendah pada karbon yang tidak diaktivasi (650 mg/g) dan tertinggi pada karbon yang diaktivasi (890 mg/g). Kadar karbon terikat terendah pada karbon yang tidak diaktivasi (45%) dan tertinggi pada yang diaktivasi (92%). Konsentrasi zat aktivator optimal adalah H₃PO₄ 5M.

Hasil karakterisasi karbon aktif sebelum dan sesudah diaktivasi dengan H₃PO₄ berdasarkan FTIR

Analisis FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi karbon aktif dari kulit manggis sebelum dan setelah diaktivasi dengan H₃PO₄. Spektrum diukur antara 4000 cm⁻¹ hingga 500 cm⁻¹ untuk melihat perubahan struktur kimia selama proses aktivasi. Hasil spektrum FT-IR karbon aktif ditampilkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Karbon sebelum diaktivasi



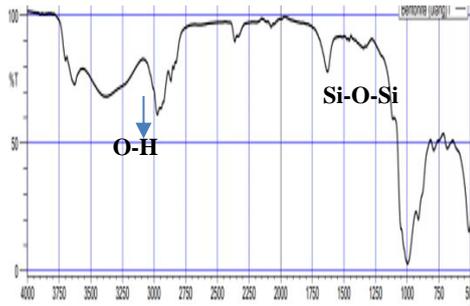
Gambar 2. Karbon sesudah diaktivasi

Karbon setelah diaktivasi dengan H₃PO₄ daya adsorpsinya semakin meningkat dan bersifat lebih polar atau hidrofilik hal ini dapat dilihat dari puncak O-H, C=O dan C-O semakin meningkat dengan intensitas yang kuat dan tajam karna lebih banyak gugus hidroksil dan karbonil terbentuk di permukaan karbon sehingga lebih reaktif dan lebih mudah mengadsorpsi molekul polar.

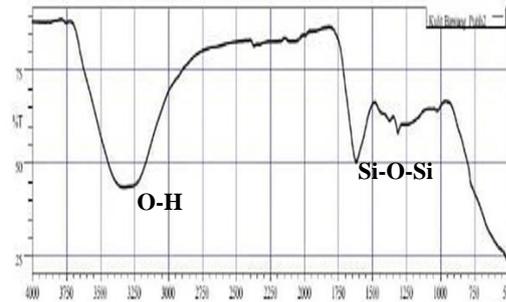
Hasil karakterisasi bentonit sebelum dan sesudah aktivasi dengan HCl berdasarkan FTIR

Analisis gugus fungsional bentonit teknis dilakukan menggunakan FT-IR, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4. Hasil spektra menunjukkan perubahan dan pergeseran puncak mengindikasikan adanya interaksi antar

gugus fungsional bentonit sebelum dan setelah aktivasi.



Gambar 3. Bentonit komersil sebelum diaktivasi

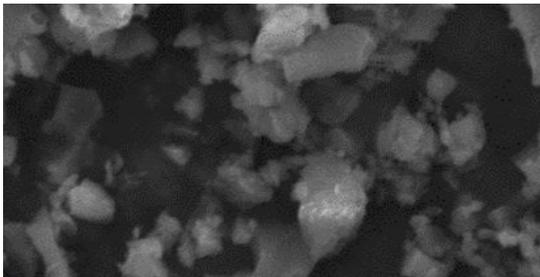


Gambar 4. Bentonit komersil sesudah diaktivasi

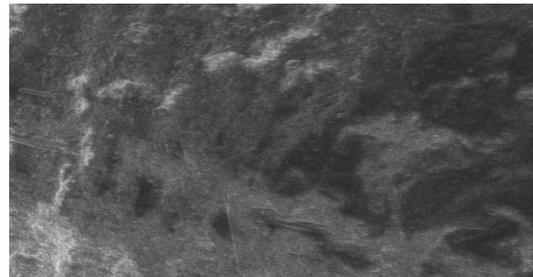
Keberhasilan aktivasi bentonit dengan asam klorida ditunjukkan oleh pergeseran puncak OH dari $3448,72 \text{ cm}^{-1}$ ke $3433,29 \text{ cm}^{-1}$, melemahnya puncak Al-O dan Fe-O, serta peningkatan keteraturan struktur Si-O-Si. Aktivasi ini meningkatkan kapasitas adsorpsi dengan menggantikan kation dalam pori-pori bentonit dan menghilangkan pengotor dari permukaannya.

Hasil karakterisasi karbon aktif sebelum dan sesudah diaktivasi dengan H_3PO_4 berdasarkan SEM

Morfologi permukaan karbon aktif dari kulit buah manggis yang dianalisis dengan SEM menunjukkan perbedaan sebelum dan setelah diaktivasi dengan H_3PO_4 5M, seperti terlihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Karbon sebelum aktivasi

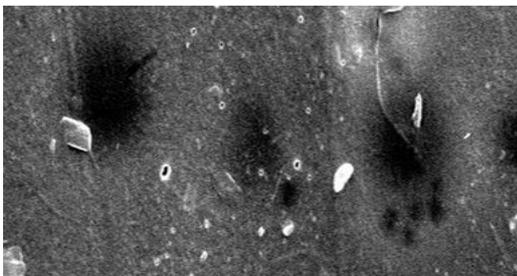


Gambar 6. Karbon sesudah aktivasi

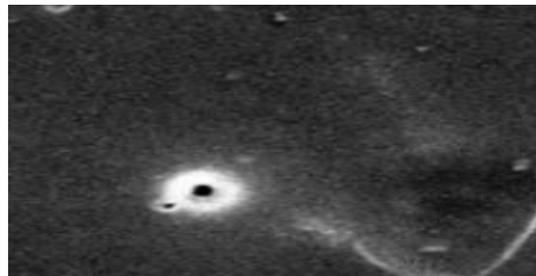
Pada Gambar 5, karbon aktif dari kulit buah manggis sebelum diaktivasi dengan H_3PO_4 5M menunjukkan pori-pori yang sangat kecil dan tertutup oleh pengotor dari penguapan air, abu, dan zat terbang selama karbonisasi. Setelah diaktivasi dengan H_3PO_4 5M (Gambar 6), pori-pori menjadi terbuka terlihat rongga-rongga yang besar. Zat aktivator H_3PO_4 efektif menghilangkan pengotor, dan semakin tinggi konsentrasinya, semakin besar pori yang terbentuk, sehingga meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi karbon

Hasil karakterisasi bentonit sebelum dan sesudah diaktivasi dengan HCl berdasarkan SEM

Morfologi permukaan bentonit yang dianalisis dengan SEM menunjukkan perbedaan sebelum dan setelah diaktivasi dengan HCl 5M, seperti terlihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Karbon sebelum aktivasi



Gambar 8. Karbon sesudah aktivasi

Gambar 7, menunjukkan bentonit sebelum diaktivasi dengan asam klorida. Analisis SEM dengan perbesaran 3000 kali memperlihatkan banyak pengotor pada permukaan yang menghambat proses adsorpsi, sehingga adsorbat tidak dapat masuk ke dalam pori. Gambar 8, menunjukkan bentonit setelah diaktivasi, di mana pengotor hilang dan permukaan menjadi lebih halus serta bersih. Semakin banyak pori yang terbuka, semakin banyak adsorbat yang

dapat terjepit. Pori-pori yang lebih besar setelah aktivasi meningkatkan kinerja adsorpsi, terutama untuk memurnikan minyak jelantah

Purifikasi minyak jelantah dengan dan tanpa menggunakan kombinasi adsorben karbon aktif dan bentonit aktivasi 5M

Konsentrasi H₃PO₄ yang optimal digunakan untuk mengaktivasi karbon dari kulit buah manggis adalah 5M, sementara bentonit diaktivasi dengan HCL 5M. Pengaruh kombinasi karbon aktif dan bentonit terhadap kadar BP dan ALB dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Penentuan kadar BP dan ALB pada minyak jelantah dengan dan tanpa menggunakan kombinasi adsorben karbon aktif dan bentonit

Sampel	Variasi Massa Adsorben					
	Tanpa Karbon Aktif dan Bentonit	Karbon aktif 1 gr	Karbon aktif 3 gr	Karbon aktif 5 gr	Bentonit 5 gr	Kombinasi Karbon aktif dan Bentonit 5 gr
Kadar BP Minyak Jelantah (meq O ₂ /kg)	16,5	9,8	7,5	4,2	4,4	3,6
Kadar ALB Minyak Jelantah (%)	2,2	0,28	0,19	0,16	0,12	0,09

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa sampel minyak jelantah tanpa pemberian kombinasi karbon aktif dan bentonit diperoleh kadar BP tertinggi sebesar 16 meq O₂/kg dan kadar ALB tertinggi sebesar 2,2%. Sebaliknya, sampel minyak jelantah yang diberi kombinasi karbon aktif dan bentonit sebanyak 5 gram memiliki kadar BP terendah sebesar 3,6 meq O₂/kg dan kadar ALB terendah sebesar 0,09%.

4. PEMBAHASAN

Pengaruh aktivasi karbon aktif dengan H₃PO₄ terhadap kadar air, abu, iodin dan karbon terikat

Pengujian kadar air dilakukan untuk menentukan sifat higroskopis karbon aktif, yaitu kemampuan daya serapnya. Menurut SNI 06-3730-1995 batas maksimum kadar air yang diperbolehkan adalah 15%. Berdasarkan Tabel 1, karbon aktif dari kulit manggis sebelum diaktivasi diperoleh kadar air sebesar 17,2%, melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI 06-3730-1995. Namun, setelah diaktivasi dengan H₃PO₄ pada konsentrasi 1M, kadar air turun menjadi 10,3%. Selanjutnya diaktivasi lagi dengan H₃PO₄ 3M, hasilnya kadar air semakin menurun menjadi 7,2%, kemudian diaktivasi kembali dengan H₃PO₄ 5M, hasilnya kadar air semakin menurun menjadi 4,2%. Kadar air menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi H₃PO₄. Kadar air semakin menurun disebabkan H₃PO₄ berfungsi sebagai agen dehidrasi yang dapat mengikat molekul air dan mempercepat proses penguapan selama aktivasi serta memperbesar pori-pori karbon aktif. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh [13] dan [14], kadar air pada karbon aktif semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam pospat. Kadar air dalam penelitian memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu kurang dari 15%.

Kadar abu merupakan banyaknya jumlah oksida logam yang tersisa dalam karbon aktif, seperti silikon, sulfur, kalsium. Menurut SNI 06-3730-1995, batas maksimum kadar abu yang diperbolehkan adalah 10%. Berdasarkan Tabel 1, karbon dari kulit manggis yang tidak diaktivasi memiliki kadar abu sebesar 12,5%, melebihi batas maksimum menurut SNI 06-3730-1995. Namun, setelah diaktivasi dengan H₃PO₄ 1M, kadar abu turun menjadi 8,2%. Selanjutnya diaktivasi lagi dengan H₃PO₄ 3M, kadar abu kembali turun menjadi 6,4%. Kemudian diaktivasi kembali dengan H₃PO₄ 5M kadar abu semakin turun menjadi 3,4%. Kadar abu semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi H₃PO₄. Hal ini disebabkan oleh kemampuan H₃PO₄ dalam melarutkan dan menghilangkan komponen anorganik selama proses aktivasi, sehingga mengurangi kandungan abu pada karbon aktif. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh [15] dan [16], melaporkan bahwa, semakin bertambah konsentrasi H₃PO₄ maka semakin berkurang kadar abu. Kadar abu dalam penelitian memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu kurang dari 10%.

Daya serap iodin menunjukkan kemampuan karbon aktif menyerap molekul kecil, terutama zat organik dan senyawa dengan berat molekul rendah. Uji ini digunakan untuk menilai seberapa baik karbon aktif menyerap zat dalam fase cair. Semakin tinggi daya serap iodin, semakin luas permukaan karbon aktif dan semakin efektif kemampuannya menyerap zat target. Menurut SNI 06-3730-1995, batas minimal daya serap iodin adalah 750 mg/g. Berdasarkan Tabel 1, karbon aktif dari kulit manggis sebelum diaktivasi diperoleh kadar daya serap iodin sebesar 650 mg/g, belum memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 06-3730-1995. Namun, setelah diaktivasi dengan H₃PO₄ pada konsentrasi 1M, daya serap iodin meningkat 770 mg/g. Selanjutnya diaktivasi lagi dengan

H₃PO₄ 3M, hasilnya daya serap iodin semakin meningkat menjadi 800 mg/g. Kemudian diaktivasi kembali dengan H₃PO₄ 5M, hasilnya daya serap iodin semakin meningkat menjadi 890 mg/g. Kadar iodin semakin tinggi seiring dengan meningkatnya konsentrasi H₃PO₄. Peningkatan ini disebabkan oleh kemampuan H₃PO₄ dalam memperluas dan mengembangkan struktur mikropori pada karbon aktif, sehingga dapat menyerap lebih banyak adsorbat. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh [17], melaporkan bahwa semakin meningkat konsentrasi H₃PO₄ maka semakin meningkat daya serap iodin pada karbon aktif. Dalam penelitian ini daya serap iodin karbon aktif dari limbah kulit buah manggis memenuhi standar SNI 06-3730-1995.

Pengukuran kadar karbon terikat bertujuan untuk menentukan kandungan karbon murni setelah aktivasi, yang dipengaruhi oleh variasi kadar air, kadar abu, dan daya serap iodin. Menurut SNI 06-3730-1995, batas minimal kadar karbon terikat adalah 65%. Berdasarkan Tabel 1, karbon aktif dari kulit manggis sebelum diaktivasi diperoleh kadar karbon terikat sebesar 45%, belum memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 06-3730-1995. Namun, setelah diaktivasi dengan H₃PO₄ pada konsentrasi 1M, kadar karbon terikat meningkat menjadi 82%. Selanjutnya diaktivasi lagi dengan H₃PO₄ 3M, hasilnya kadar karbon terikat semakin meningkat menjadi 87%. Kemudian diaktivasi kembali dengan H₃PO₄ 5M, hasilnya kadar karbon terikat semakin bertambah meningkat menjadi 92%. Kadar karbon terikat semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi H₃PO₄, yang mengindikasikan bahwa konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak karbon. Peningkatan ini disebabkan oleh kemampuan H₃PO₄ dalam memperbaiki proses aktivasi, sehingga memungkinkan pengikatan karbon yang lebih efisien. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh [18], semakin meningkat konsentrasi asam pospat maka semakin banyak karbon yang terikat sehingga daya adsorpsi karbon aktif meningkat pula. Kadar karbon terikat pada karbon aktif dari kulit buah manggis memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu min 65%.

Pengaruh aktivasi karbon aktif dengan H₃PO₄ berdasarkan FTIR

Kemampuan adsorpsi karbon aktif sangat dipengaruhi oleh jenis dan jumlah gugus fungsi yang terdapat di permukaannya, melalui analisis FT-IR dapat diidentifikasi berbagai gugus fungsi, seperti hidroksil dan karbonil, serta gugus eter yang berperan penting dalam kemampuan karbon aktif. Berdasarkan Gambar 1, karbon sebelum diaktivasi dengan H₃PO₄, puncak bilangan gelombang 3353,2 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi O-H hidroksil. Setelah diaktivasi (Gambar 2) mengalami pergeseran bilangan gelombang dengan intensitas yang tajam dan kuat menjadi 3355,4 cm⁻¹. Karbon sebelum diaktivasi tidak ada muncul gugus C-H. Setelah diaktivasi muncul puncak bilangan gelombang 2858 cm⁻¹ adanya vibrasi C-H dari metil dan metilen. Karbon sebelum diaktivasi memiliki daya adsorpsi yang lemah hal ini dapat dilihat pada bilangan gelombang 1604,2 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus karbonil C=O dengan intensitas yang lemah. Setelah diaktivasi karbon memiliki daya adsorpsi yang sangat kuat hal ini dapat dilihat telah terjadi pergeseran bilangan gelombang dari 1604,2 cm⁻¹ menjadi 1625,3 cm⁻¹ dengan intensitas yang lebih kuat dan tajam. Karbon sebelum diaktivasi bersifat hidrofobik, setelah diaktivasi bersifat hidrofilik dapat meningkatkan daya adsorpsi yang kuat, hal ini dapat dilihat pada puncak 1000–1300 cm⁻¹. Kehadiran gugus O-H, C=O dan C-O menandakan bahwa karbon aktif memiliki sifat yang lebih polar, membuatnya lebih efektif sebagai adsorben, terutama dalam pemurnian minyak jelantah [19–21].

Pengaruh aktivasi bentonit dengan HCl berdasarkan FTIR

Aktivasi bentonit dengan HCl dimulai dengan merendamnya dalam larutan HCl. Ion-ion seperti Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺, dan Al³⁺, di pori-pori dan permukaan bentonit digantikan oleh ion hidrogen (H⁺), sehingga pori-pori terbuka, permukaan meluas, dan kapasitas adsorpsi meningkat. Berdasarkan Gambar 3, spektrum FT-IR bentonit komersial sebelum aktivasi menunjukkan vibrasi OH pada puncak 3448,72 cm⁻¹, vibrasi Si-O-Si pada puncak 1041 cm⁻¹, dan vibrasi Al-O pada puncak 918,1 cm⁻¹. Vibrasi OH yang terikat dengan Fe³⁺ dan Al³⁺ muncul pada 798,55 cm⁻¹ dan 794,6 cm⁻¹. Setelah diaktivasi dengan asam klorida (Gambar 4), vibrasi OH bergeser dari 3448,72 cm⁻¹ ke 3433,29 cm⁻¹ karena ikatan OH melemah akibat penggantian ion Ca²⁺ dengan Na⁺ yang lebih lemah dan proses dehidrasi. Aktivasi HCl menggantikan kation dalam pori bentonit dengan H⁺ dan melepaskan ion Al³⁺, Mg²⁺, serta Fe³⁺, sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi bentonit dan membersihkan pengotor di permukaannya. HCl mampu membersihkan pengotor dan senyawa organik di permukaan bentonit, memperbaiki sifat kimianya. Proses ini melemahkan ikatan OH, yang terlihat dari pergeseran puncak OH pada analisis FT-IR, karena ion Ca²⁺ digantikan oleh ion yang lebih lemah, seperti Na⁺, disertai proses dehidrasi. Setelah diaktivasi, bentonit memiliki pori-pori terbuka dan permukaan lebih reaktif, sehingga efektif digunakan sebagai adsorben [12,25,26].

Pengaruh aktivasi karbon aktif dengan H₃PO₄ berdasarkan SEM

Pada Gambar 5, karbon sebelum aktivasi menunjukkan pori-pori besar yang tertutup oleh sisa senyawa organik dan abu. Strukturnya tampak kasar, dengan partikel-partikel besar yang menggumpal. Proses ini menghasilkan gas (seperti CO, CO₂, dan metana), cairan (seperti tar dan air), serta karbon dari degradasi selulosa dan lignin. Semakin

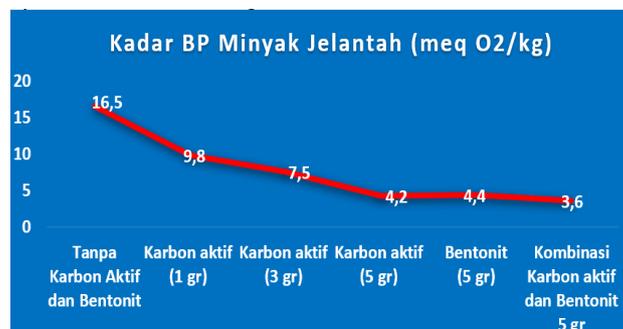
tinggi suhu karbonisasi, semakin banyak pengotor, sehingga pori-pori tertutup. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif sebelum aktivasi memiliki luas permukaan rendah dan kapasitas adsorpsi yang lemah. Gambar 6 menunjukkan karbon teraktivasi dengan pori-pori mikro dan meso yang rapat serta tersebar merata, menghasilkan luas permukaan lebih besar. Aktivasi dengan asam fosfat menghilangkan senyawa volatil dan komponen non-karbon, membuat struktur karbon lebih murni dan efektif untuk adsorpsi[22–24].

Pengaruh aktivasi bentonit dengan HCl berdasarkan SEM

Pada Gambar 7, permukaan bentonit sebelum aktivasi tampak padat dan tidak teratur, dengan partikel yang saling menempel dan menggumpal. Pori-pori kecil masih tertutup oleh sisa senyawa organik, mineral, dan pengotor, sehingga mengurangi efektivitas adsorpsi. Struktur yang minim pori menunjukkan bahwa bentonit mentah memiliki luas permukaan rendah. Gambar 8 menunjukkan bahwa setelah aktivasi, permukaan bentonit mengalami pengikisan dan pembukaan pori-pori secara signifikan. Pori-pori mikro dan meso terlihat lebih jelas dan tersebar merata, sehingga meningkatkan luas permukaan. Aktivasi dengan HCl 5M berhasil menghilangkan pengotor dan kation terikat pada permukaan, menghasilkan struktur bentonit yang lebih murni dan terbuka. Proses ini secara signifikan meningkatkan luas permukaan dan jumlah pori aktif, memungkinkan bentonit menyerap molekul atau ion dari larutan dengan lebih efisien[27–29].

Pengaruh Pemberian Karbon Aktif dan Bentonit Terhadap Kadar BP

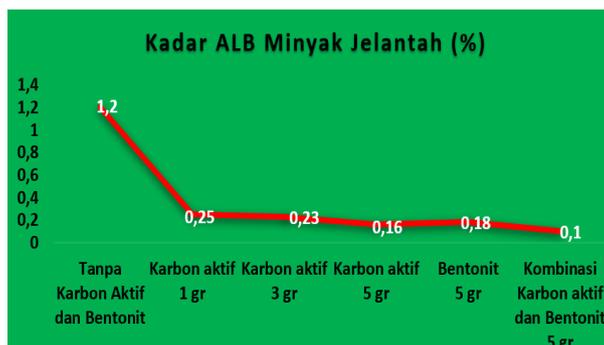
Berdasarkan Gambar 9, minyak jelantah tanpa perlakuan karbon aktif dan bentonit memiliki kadar BP yang sangat tinggi, yaitu 16,5 meq O₂/kg, menandakan bahwa minyak tersebut telah teroksidasi dan tidak layak dikonsumsi. Pemberian 1 gr karbon aktif pada minyak jelantah dapat menurunkan kadar BP menjadi 9,8 meq O₂/kg, meskipun penurunan ini masih belum signifikan. Selanjutnya pemberian 3 gr karbon aktif, kadar BP semakin turun menjadi 7,5 meq O₂/kg. Pemberian karbon aktif sebanyak 5 gram, kadar BP semakin turun menjadi 4,2 meq O₂/kg. Sementara itu, pemberian 5 gr bentonit dapat menurunkan kadar BP dari 16,5 meq O₂/kg menjadi 4,4 meq O₂/kg, meskipun tidak seefektif karbon aktif. Pemberian adsorben kombinasi karbon aktif dan bentonit sebanyak 5 gr sangat efektif menurunkan kadar BP menjadi 3,6 meq O₂/kg. Hal ini menunjukkan bahwa kedua adsorben tersebut bekerja efektif bersama dalam menghilangkan senyawa peroksida dan radikal bebas, sehingga membuat minyak lebih aman untuk digunakan[4,9,30].



Gambar 9. Pengaruh karbon aktif dan bentonit terhadap kadar BP

Pengaruh Pemberian Karbon Aktif dan Bentonit Terhadap Kadar ALB

Berdasarkan Gambar 10, variasi massa adsorben secara signifikan mempengaruhi penurunan kadar asam lemak bebas (ALB) dalam minyak jelantah. Penurunan ALB ini menunjukkan efektivitas adsorben dalam memurnikan minyak. Kadar ALB pada minyak jelantah tanpa pemberian adsorben mencapai 1,2%, setelah pemberian karbon aktif 1 gr dapat menurunkan kadar ALB menjadi 0,25%. Pemberian karbon aktif sebanyak 3 gr pada minyak jelantah kadar ALB semakin menurun menjadi 0,23% dan pemberian karbon aktif 5 gr kadar ALB semakin menurun menjadi 0,16%. Penggunaan 5 gr bentonit dapat menurunkan kadar ALB menjadi 0,18%, meskipun sedikit dibawah karbon aktif. Kombinasi 5 gram karbon aktif dan bentonit efektif menurunkan kadar ALB menjadi 0,10%. Secara keseluruhan, peningkatan massa adsorben menurunkan ALB, dengan kombinasi karbon aktif dan bentonit memberikan hasil paling optimal[3,29,31].



Gambar 10. Pengaruh karbon aktif dan bentonit terhadap kadar ALB

5. KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari limbah kulit buah manggis dan bentonit efektif sebagai adsorben untuk memurnikan minyak jelantah. Karbon aktif yang diaktivasi dengan H_3PO_4 5M memiliki kemampuan terbaik dalam mengadsorpsi asam lemak bebas (ALB) dan bilangan peroksida (BP), sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995. Hasil purifikasi menunjukkan bahwa kombinasi karbon aktif dan bentonit mampu menurunkan kadar ALB dan BP minyak jelantah di bawah batas maksimum SNI 3741:2013. Kadar BP awal 16 meq O_2/kg turun menjadi 3,6 meq O_2/kg setelah penambahan 5 gram adsorben. Kadar ALB awal 2,2% turun menjadi 0,09% setelah perlakuan yang sama.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, masukan, dan arahan yang sangat berharga dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Qory DR, Ginting Z, Bahri S. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Salak (*Salacca Zalacca*) Sebagai Adsorben Alami dengan Aktivator H_2SO_4 . *J Teknol Kim Unimal* 2021;10:26–36.
- [2] Aritonang B, Sijabat S, Ritonga AH. EFEKTIVITAS ARANG AKTIF CANGKANG TELUR BEBEK DAN KULIT DURIAN SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN KADAR BILANGAN PEROKSIDA DAN ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK GORENG BEKAS. *J Kim SAINTEK DAN Pendidik* 2019;3:28–32.
- [3] Febrianti N. PEMURNIAN MINYAK JELANTAH DENGAN MEMANFAATKAN METODE FISIKA MENGGUNAKAN BENTONIT DAN KARBON AKTIF. *JIMR J Int Multidiscip Res* 2023;2:16–23.
- [4] Hidayat JP, Hariyadi A, Chosta F. Unjuk Kinerja Adsorpsi Bentonit dan Arang Aktif Terhadap Karakteristik Mik Jelantah. *J Sains Dan Teknol Pangan* 2022;7:5600–14.
- [5] Aritonang B, Ritonga AH, Harefa K. The Influence of Nano Bentonit Filler Material and Cyclic Natural Rubber Grafted Oleic Acid as a Compatibilizer on the Blend of Cyclic Natural Rubber/Polyamide. *Formosa J Sustain Res* 2024;3:273–82.
- [6] Maslahat M, Kamalia E, Arrisujaya D. Sintesis Dan Karakterisasi Mikro Partikel Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Anal Anal Environ Chem* 2022:177–88.
- [7] Aritonang B, Ambarwati NF, Sinaga EM, Ritonga AH. Sintesis dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Kulit Salak Sebagai Adsorben Terhadap Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tekstil. *J Multidisiplin Madani* 2022;2:2611–26.
- [8] Dwijayanti E, Munadi R, Hasbi H. Pengaruh Arang Aktif Tempurung Kemiri (*Aleurites Moluccanus L. Willd*) dengan Variasi Suhu terhadap Kualitas Minyak Jelantah. *J Kolaboratif Sains* 2023;6:1207–13.
- [9] Andarwati S. Penggunaan Arang Aktif Ampas Kopi untuk Menurunkan Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas (ALB) pada Minyak Goreng Bekas. *KOVALEN J Ris Kim* 2023;9:250–7.
- [10] Pratiwi I. Analisis Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah Dengan Adsorben Arang Kulit Biji Kakao (*Theobroma cacao L.*) 2024.
- [11] Anwar RN, Sunarto W, Kusumastuti E. Pemanfaatan bentonit teraktivasi asam klorida untuk pengolahan minyak goreng bekas. *Indones J Chem Sci* 2016;5:189–94.
- [12] Annisah A, Bahar Y, Husni A. Pengolahan bentonit bekas sebagai adsorben pada proses penurunan kadar ffa

- dan warna minyak jelantah. *J Tek Kim* 2021;27:29–37.
- [13] Aritonang B. Daya Adsorpsi Karbon Aktif Dari Cangkang Kemiri Terhadap Kadar Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas. *J Kim Sainstek Dan Pendidik* 2018;2:21–30.
- [14] Husnah M, Lubis RY. Asam Fosfat Sebagai Aktivator Karbon Aktif Tempurung Buah Nipah. *Phi J Pendidik Fis Dan Terap* 2023;8:47–53.
- [15] Masyithah C, Aritonang B, Gultom E. Pembuatan arang aktif dari limbah kulit durian sebagai adsorben pada minyak goreng bekas untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida. *J Kim Sainstek Dan Pendidik* 2018;2:66–75.
- [16] Hasanah H, Sirait R, Lubis RY. PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR H₃PO₄ TERHADAP KARBON AKTIF AMPAS TEBU: Hayatul Hasanah, Ratni Sirait, Ridwan Yusuf Lubis. *J ONLINE Phys* 2022;8:11–5.
- [17] Purnamawati N. Uji Kualitas Sintesis Karbon Aktif Dari Pelepah Aren Teraktivasi Asam Fosfat. *J Res Educ Chem* 2023;5:120.
- [18] Rizki RG, Bahri S, Ginting Z. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit dalam Biji Kopi (Endocarp) Menggunakan Aktivator Koh dan H₃PO₄. *J Teknol Kim Unimal* 2022;11:183–92.
- [19] Elina R, Rori DC. Karakterisasi FTIR pada Karbon Aktif Terimpregnasi ZnO. *J Pendidik Tambusai* 2023;7:23827–31.
- [20] WAHYUDI ACHA. Karakterisasi Komposit TiO₂ Karbon Aktif Tandan Pisang Menggunakan FTIR Dan SEM-EDX 2021.
- [21] Eso R. Efek Variasi Konsentrasi Zat Aktivator H₃PO₄ Terhadap Morfologi Permukaan dan Gugus Fungsi Karbon Aktif Cangkang Kemiri. *Gravitasi* 2021;20:19–23.
- [22] Mendame LL, Silangen P, Rampengan A. Perbandingan Karakteristik Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa dan Arang Tempurung Kemiri Menggunakan Scanning Electron Microscopic dan Fourier Transform Infra Red. *J FisTa Fis Dan Ter* 2021;2:105–8.
- [23] Sholahuddin A. ANALISIS MORFOLOGI KARBON AKTIF DARI KULIT JAGUNG DENGAN METODE SEM SEBAGAI ADSORBEN 2023.
- [24] Alifatin Z. KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA (Coconut Shell) MENGGUNAKAN Scanning Electron Microscope (SEM) UNTUK PURIFIKASI MINYAK GORENG JELANTAH 2023.
- [25] Bukit BF, Sirait SH. KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT BENTONIT DAN KITOSAN SERTA TITANIUM DIOKSIDA MENGGUNAKAN FTIR. *JUITECH J Ilm Fak Tek Univ Qual* 2020;4:49–53.
- [26] Wahyuningsih P. Bentonit Tersulfatasi sebagai Katalis dalam Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Quim J Kim Sains Dan Terap* 2022;4:5–8.
- [27] Ruskandi C, Siswanto A, Widodo R. Karakterisasi fisik dan kimiawi bentonit untuk membedakan natural sodium bentonit dengan sodium bentonit hasil aktivasi. *J Polimesin* 2020;18:53–60.
- [28] Azis HA, Mustam M, Ramdani N, Amin II, Sari N, Gregorius G. Penggunaan Adsorben Bentonit pada Proses Pencucian Kering dalam Pemurnian Biodiesel Minyak Jelantah. *J Tek Kim USU* 2023;12:108–15.
- [29] Atikah A. Penurunan Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas Menggunakan Adsorben Ca Bentonit. *J Distilasi* 2018;2:35–45.
- [30] Suri MF, Maahury MG. Pembuatan komposit karbon aktif-bentonit dalam bentuk granular untuk pemurnian minyak jelantah 2022.
- [31] Poli FF. Pemurnian minyak kelapa dari kopra asap dengan menggunakan Adsorben arang aktif dan bentonit. *J Ind Res (Jurnal Ris Ind)* 2016;10:115–24.