

A Purification Process of Wosting Oil Using CaO Adsorbent Based on Blood Shell Shells (*Anadara granosa*)

Maulina Nafsiatil Afro¹, Teguh Ardianto¹, Susi Rahayu¹, Dian W. Kurniawidi^{1*}

¹Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Mataram University, Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia;

Article History

Received : April 02th, 2025

Revised : May 05th, 2025

Accepted : May 16th, 2025

*Corresponding Author:

Dian W. Kurniawidi,

Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Mataram University, Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia;

Email:

diankurnia@unram.ac.id

Abstract: Blood clam shells are inorganic materials rich in *CaO* content obtained from heating *CaCO₃* at high temperatures, so they can be used as adsorbent. The purpose of this study is to determine the effect of calcination temperature of blood clam shell adsorbents, used to test the quality of used cooking oil (wosting oil). In this study, three calcination temperature variations were used, namely 800 °C, 900 °C and 1000 °C for 2 hours each. Then the quality of adsorbent was tested by knowing oxide element with SEM. The adsorption process was carried out using the contact method by immersing the adsorbent in wosting oil for one hour. Wosting oil that has been adsorbed is then tested for quality, namely: free fatty acid content, peroxide number, water content, viscosity, density, physical properties (odor and color). The results obtained are: The best quality of *CaO* adsorbent was obtained at a calcination temperature of 1000 °C which was analyzed through three parameters namely, *CaO* content, density value and surface area. The best quality of wosting oil is obtained in used cooking oil with 3 times heating with calcined adsorbent at 1000 °C which is analyzed based on several parameters as previously explained.

Keywords: CaO adsorbent, density, free fatty acid, peroxide number, viscosity, water content.

Pendahuluan

Minyak jelantah merupakan minyak goreng yang telah digunakan sebanyak 2-3 kali penggorengan dan dapat dikategorikan sebagai limbah dikarenakan dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan maupun menimbulkan masalah kesehatan bagi manusia. Mengonsumsi makanan yang menggunakan minyak jelantah dalam proses pemanasannya dapat meningkatkan resiko tekanan darah tinggi (Yusrizal *et al.*, 2022). Penggunaan minyak jelantah yang masih cukup tinggi di tengah masyarakat perlu untuk ditangani. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan pemurnian minyak jelantah.

Proses pemurnian minyak jelantah ini perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas minyak goreng serta untuk mengurangi dampak kesehatan yang dapat ditimbulkan dari minyak tersebut (Muhammad *et al.*, 2020). Salah satu

cara yang dapat dilakukan dalam pemurnian minyak jelantah yaitu dengan metode adsorpsi. Metode ini merupakan metode yang memiliki banyak keuntungan dari segi biaya, adsorpsi merupakan metode yang cukup ekonomis dikarenakan selama prosesnya biaya yang diperlukan relatif murah, dapat diregenerasi dan proses yang relatif sederhana (Maryudi *et al.*, 2021).

Sebagian besar bahan baku adsorben berasal dari bahan organik. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam mengadsorpsi minyak jelantah diantaranya: (Abdullah & Yustinah, 2020) memanfaatkan eceng gondok sebagai bio-adsorben dalam pemurnian minyak jelantah. Selain itu (Al Qory *et al.*, 2021) menggunakan adsorben berasal dari biji salak. Minyak hasil adsorpsi memiliki kadar FFA 0,108%, bilangan asam 0,244 mg KOH/g, kadar air 0,062%, dan bilangan peroksida sebesar 2,5 mek *O₂/Kg*. Peningkatan kualitas minyak jelantah

menggunakan bio-adsorben juga dilakukan oleh (Ilmannafian et al., 2024) pada penelitian ini menggunakan fiber kelapa sawit sebagai adsorben. Penelitian serupa dilakukan oleh (Rusna et al., 2024) menggunakan kulit sukun sebagai bahan baku adsorben. Selain itu, (Fitri et al., 2023) menguji sekam padi sebagai adsorben dalam pemurnian minyak jelantah.

Cangkang kerang darah merupakan material anorganik yang kaya akan kandungan kalsium karbonat ($CaCO_3$), kalsium hidroksiapatit dan kalsium posfat. Kandungan $CaCO_3$ yang dimiliki oleh cangkang kerang darah dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku adsorben karena secara fisik memiliki kutikula yang didalamnya terdapat kristal hidroksiapatit yang memiliki pori-pori yang mengandung protein mukopolisakarida. Asam protein ini dapat dikembangkan menjadi senyawa aktif yang berkembang menjadi adsorben pada proses adsorpsi (Moelyaningrum, 2020). Proses kalsinasi dengan suhu tinggi (diatas $700^{\circ}C$) akan menyebabkan senyawa $CaCO_3$ pada serbuk cangkang kerang akan terdekomposisi menjadi senyawa CaO (Susi Rahayu, 2021). Senyawa CaO juga memiliki kemampuan sebagai adsorben yang baik dikarenakan memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan material lain. CaO memiliki sifat higroskopis dan dehidrator sehingga dapat menjadi adsorben (SLamuru & Juita, 2023). Kalsium oksida memiliki keuntungan dengan biaya yang rendah, bahan yang aman bagi manusia dan berfungsi sebagai adsorben yang efektif.

Berdasarkan uraian di atas, belum banyak ditemukan penggunaan bahan anorganik sebagai adsorben dalam pemurnian minyak jelantah. Sehingga, dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan adsorben anorganik berupa CaO yang bersumber dari cangkang kerang darah melalui proses kalsinasi. Diharapkan melalui penelitian ini dapat menjadi salah satu rujukan dalam pemanfaatan limbah cangkang kerang darah sebagai adsorben. Serta dapat menjadi salah satu solusi penanganan masalah minyak jelantah yang masih banyak ditemukan ditengah masyarakat.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut, Kimia Lanjut dan Laboratorium Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2024 – April 2025.

Jenis penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif dengan tipe eksperimental berbasis laboratorium, untuk mengetahui kualitas adsorben CaO yang diujikan pada minyak goreng hasil pemanasan.

Desain eksperimen

Terdapat dua hal utama yang dilakukan dalam penelitian, yaitu: (1) Pembuatan CaO sebagai adsorben bersumber dari cangkang kerang darah, dan (2) Pengujian Adsorpsi Serbuk CaO pada minyak goreng hasil pemanasan. Serbuk cangkang kerang yang dihasilkan sebanyak 350gr dan kemudian dikalsinasi dengan tiga variasi suhu, yaitu pada suhu $800^{\circ}C$, $900^{\circ}C$ dan $1000^{\circ}C$. Jumlah serbuk CaO sebelum kalsinasi masing-masing sebanyak 70gr, dan setelah kalsinasi dihasilkan serbuk berturut-turut sebanyak 59,6gr; 47,5gr dan 39,2gr.

Adapun pengujian adsorben dilakukan pada minyak goreng bekas pemakaian (jelantah) dari penggorengan buatan, yang digunakan untuk menggoreng bahan organik alami tanpa pewarna (tempe, singkong dan kentang). Minyak goreng dipanaskan pada 3 kelompok pemanasan, yaitu pemanasan sebanyak 3x, 5x, dan 7x pemanasan.

Alat dan bahan penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini: Ayakan 100 mesh, alat EDS, buret, corong gelas, erlenmeyer, *furnace*, gelas kimia, kain putih, mortar, neraca analitik, oven, palu, piknometer, sikat, dan tissue. Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan mencakup: 1 kg cangkang kerang darah, 3liter minyak goreng komersial, alkohol 95%, aquades, ethanol, indikator PP 1%, indikator kanji, kloroform, KOH, $Na_2S_2O_3$, kalium iodida dan kertas saring Whatmann no 42.

Jenis pengujian adsorben yang dilakukan yaitu: uji komposisi Serbuk dengan Sem-EDX, uji luas permukaan adsorben dengan Uv-Vis, uji densitas dengan piknometer. Adapun uji kualitas minyak goreng meliputi uji asam lemak bebas, uji bilangan peroksida, viskositas, kadar air dan uji organoleptik minyak jelantah.

Prosedur Penelitian

Preparasi Bahan Adsorben CaO dan Ujicoba Adsorben

Proses diawali dengan pembuatan serbuk cangkang kerang darah dengan ukuran 100 mesh. Kemudian dilakukan proses kalsinasi serbuk dengan variasi suhu 800°C, 900°C dan 1000°C masing-masing selama 2 jam. Terdapat tiga klasifikasi sampel, yaitu A melambangkan serbuk yang melalui proses kalsinasi 800°C, B melambangkan serbuk yang terkalsinasi pada suhu 900°C dan C mewakili serbuk terkalsinasi pada suhu 1000°C. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap kualitas serbuk yang diperoleh.

Uji coba kemampuan serbuk CaO sebagai penyerap, maka disiapkan sampel minyak jelantah untuk dilakukan pemurnian. Preparasi minyak jelantah diawali dengan pemakaian minyak komersial pada proses penggorengan (pemanasan). Terdapat 3 variasi waktu pemanasan, yaitu sampel minyak jelantah dengan pemanasan 3 kali, 5 kali dan 7 kali. Kemudian dilakukan proses pemurnian minyak jelantah dengan merendam 10gram adsorben kedalam 100 ml minyak jelantah.

Pengambilan data

Proses pengambilan data dilakukan dengan dua tahapan yakni pengujian kualitas adsorben: penentuan kadar CaO dengan uji EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*), penentuan densitas adsorben menggunakan piknometer dan perhitungan luas permukaan adsorben menggunakan metode penyerapan *methylene blue*. Tahap selanjutnya yaitu ujicoba penyerapan menggunakan minyak hasil pemanasan. Kualitas minyak yang diuji

diantaranya adalah: kadar asam lemak bebas, bilangan peroksida, densitas, viskositas, kadar air dan sifat fisis (bau dan warna).

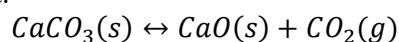
Pengolahan dan analisis data

Data yang telah diperoleh diolah dengan perhitungan manual dengan bantuan Microsoft Excel. Analisis data dilakukan dengan meninterpretasi data menggunakan referensi beberapa jurnal penelitian terdahulu, *textbook* Fisika, dan SNI 7709:2019 terkait dengan kualitas minyak goreng.

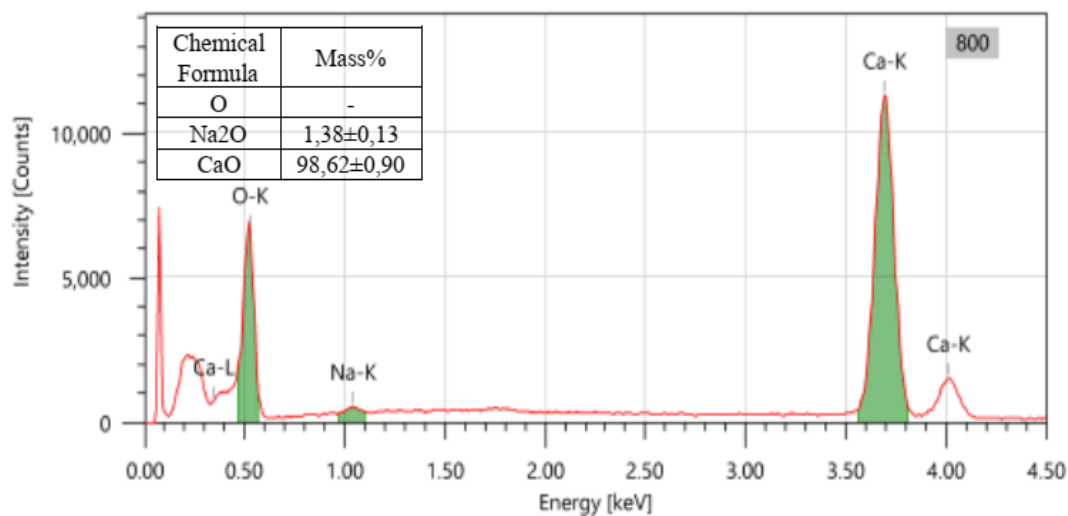
Hasil dan Pembahasan

Pembuatan CaO dari Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai Adsorben

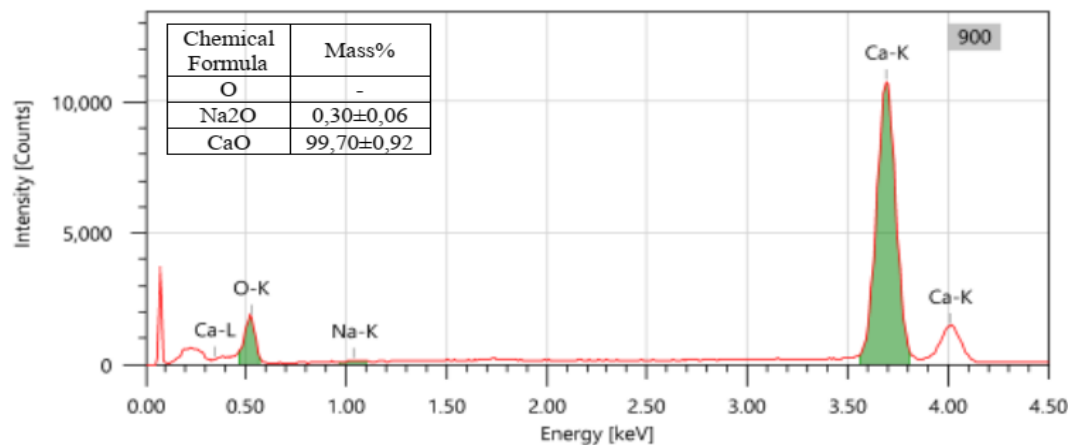
Pengujian kualitas adsorben ditentukan melalui 3 parameter, yaitu: kadar CaO , luas permukaan adsorben dan densitas adsorben. Kadar CaO pada serbuk cangkang kerang darah diperoleh nilai sebesar 98-99%. Hal ini menandakan bahwa serbuk CaO yang diperoleh sudah mampu digunakan sebagai adsorben. Kadar CaO yang tinggi ini dihasilkan karena suhu tinggi selama proses kalsinasi menyebabkan gas CO_2 yang terkandung dalam senyawa $CaCO_3$ dilepaskan. Proses pemanasan juga menyebabkan menurunnya massa serbuk disebabkan menghilangnya kadar air, unsur organik dan zat pengotor yang terkandung dalam serbuk cangkang kerang (Nadia et al., 2024). Reaksi yang terjadi pada proses kalsinasi sebagai berikut:



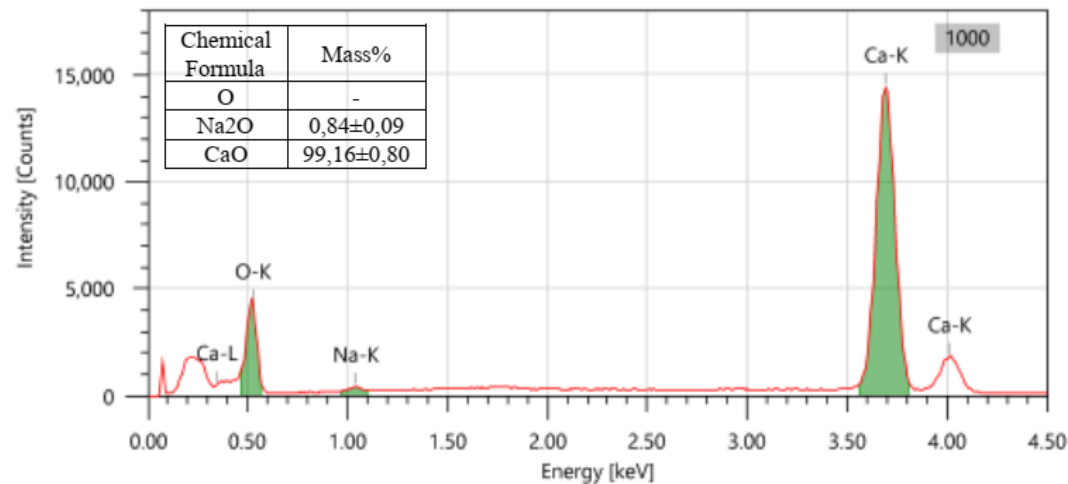
Pengukuran kadar CaO menggunakan uji EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*). Uji ini dilakukan untuk menganalisis dan mengidentifikasi unsur-unsur kimia yang terkandung di dalam sampel. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 1. Data yang tampak pada gambar 1A, 1B dan 1C menunjukkan bahwa kadar CaO tertinggi pada penelitian ini diperoleh pada suhu kalsinasi 900°C selama 2 jam.



(A)



(B)



(C)

Gambar 1. Uji SEM kadar *CaO* serbuk cangkang kerang darah

Data selanjutnya adalah luas permukaan adsorben. Penentuan luas permukaan adsorben dimulai dengan menentukan panjang gelombang maksimum *methylene blue* menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Methylene blue* dipilih karena bahan ini merupakan salah satu molekul zat berwarna kationik yang memiliki kemampuan dalam berinteraksi secara efektif dengan permukaan adsorben (Wirawan & Marlina, 2024).

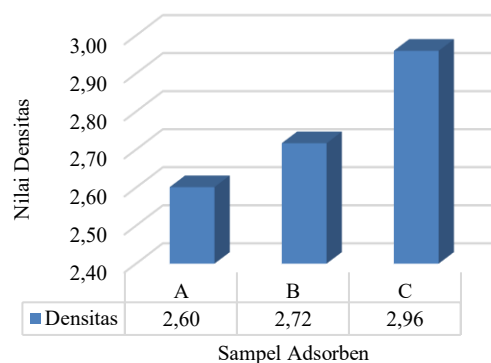
Luas permukaan adsorben pada penelitian ini semakin meningkat sebanding dengan peningkatan suhu kalsinasi adsorbennya. Hal ini menandakan bahwa meningkatnya suhu kalsinasi adsorben menyebabkan semakin terbukanya pori adsorben seperti yang terlihat pada Tabel 1. Proses pemanasan memecah ikatan hidrokarbon dalam bahan dan mengoksidasi molekul-molekul yang terdapat pada permukaan adsorben. Hal ini dapat menyebabkan bahan mengalami perubahan sifat, baik itu secara fisika maupun kimia. Perubahan fisika yang terjadi dapat berupa penambahan luas permukaan adsorben. Proses pemanasan pada suhu tinggi menyebabkan terjadinya proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂ (Fathurrahmaniah et al., 2022).

Tabel 1. Luas Permukaan Adsorben serbuk CaO cangkang kerang darah

Sampel	$s \left(\frac{m^2}{g} \right)$
A	$3,62 \times 10^4$
B	$3,66 \times 10^4$
C	$3,68 \times 10^4$

Berdasarkan bentuk serbuk adsorben yang diperoleh setelah kalsinasi memiliki tekstur yang lebih halus dibandingkan saat sebelum dilakukan proses kalsinasi. Hal ini dapat terjadi karena molekul-molekul pada permukaan serbuk telah teroksidasi dan ini mempengaruhi luas permukaan serbuk (Oko et al., 2022). Data ketiga yang diperoleh adalah nilai densitas serbuk CaO. Gambar 2 menunjukkan grafik nilai densitas yang telah diperoleh. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa peningkatan suhu kalsinasi pada serbuk CaO menyebabkan peningkatan nilai densitas serbuk. Peningkatan densitas

serbuk dapat mengindikasikan bahwa peningkatan suhu kalsinasi menyebabkan mengecilnya ukuran partikel adsorben. Hal ini menyebabkan kerapatan serta konsentrasi partikel yang lebih tinggi.



Gambar 2. Nilai Densitas Adsorben CaO serbuk cangkang kerang darah

Pengujian Adsorpsi Serbuk CaO pada minyak goreng hasil pemanasan

Pengujian kualitas minyak jelantah dilihat melalui beberapa parameter diantaranya: kadar asam lemak bebas, bilangan peroksida, kadar air, viskositas, densitas dan sifat fisis (bau dan warna). Data kualitas minyak goreng ditampilkan pada tabel 2. Penurunan kualitas minyak goreng seiring dengan seringnya dilakukan pemanasan disebabkan karena selama proses pemanasan minyak goreng mengalami perubahan struktur serta bertambahnya zat pengotor yang terkandung dalam minyak tersebut. Minyak goreng bekas atau minyak jelantah memiliki tingkat kekentalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak goreng baru. Hal ini disebabkan karena selama proses pemanasan terjadi proses pembentukan dimer dan polimer asam dan gliserid di dalam minyak goreng (Yusrizal et al., 2022). Penurunan kualitas minyak juga disebabkan karena terjadinya proses oksidasi yang dipengaruhi oleh suhu yang menyebabkan peningkatan bilangan peroksida pada minyak (Azizanie et al., 202; Pardede & Mularen, 2020; Alkaff & Nurlela, 2020).

Tabel 2. Kualitas Minyak Jelantah hasil adsorbsi dengan adsorben *CaO*

Sampel	Kualitas Minyak					Sifat Fisis	
	FFA (%)	Bilangan Peroksida (<i>mek O₂/Kg</i>)	Viskositas (<i>mPa.s</i>)	Densitas (<i>gr/cm³</i>)	Kadar Air (%)	Bau	Warna
A	0,38	13,59	38,59	0,86	0,14	N	N
A-800	0,28	11,52	41,98	0,85	-0,01	N	N
A-900	0,24	10,35	40,99	0,85	0,12	N	N
A-1000	0,23	9,57	40,00	0,85	0,06	N	N
B	0,52	14,74	42,69	0,84	0,11	TN	TN
B-800	0,19	12,32	42,99	0,83	0,12	N	N
B-900	0,24	13,14	45,89	0,83	0,08	N	N
B-1000	0,23	12,74	41,00	0,83	0,06	N	N
C	0,59	16,38	45,00	0,83	0,16	TN	TN
C-800	0,27	14,00	43,99	0,82	0,58	N	N
C-900	0,28	15,59	41,79	0,85	0,14	N	N
C-1000	0,25	13,98	41,71	0,85	0,12	N	N

N = Normal

NT= Tidak Normal

Setelah melalui proses adsorbsi, minyak jelantah pada penelitian ini menunjukkan peningkatan kualitas. Hal ini ditandai dengan penurunan kadar asam lemak bebas, bilangan peroksida dan perubahan sifat fisis minyak (bau dan warna). Penurunan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida pada minyak jelantah hasil adsorbsi terjadi karena senyawa asam lemak bebas dan senyawa peroksida yang terdapat pada minyak jelantah teradsorbsi oleh pori-pori adsorben. Pada parameter kadar asam lemak bebas minyak jelantah sudah memenuhi standar SNI yakni maksimum sebesar 0,3%. Sedangkan pada bilangan peroksida belum memenuhi standar hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ritonga *et al.*, 2021) dimana bilangan peroksida pada penelitian tersebut juga belum memenuhi standar. Sedangkan untuk sifat fisis (bau dan warna) sudah memenuhi standar.

Parameter densitas minyak jelantah mengalami penurunan nilai setelah dilakukan proses adsorbsi. Penurunan nilai densitas ini dapat disebabkan karena minyak jelantah sebelum melalui proses adsorbsi mengandung zat-zat pengotor. Namun, setelah melalui proses adsorbsi zat-zat pengotor tersebut teradsorbsi oleh adsorben. Nilai densitas pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Hartono & Suhendi, 2020) dengan memanfaatkan ziolitalam sebagai adsorben. Pada parameter viskositas Sampel A mengalami penurunan nilai viskositas secara konstan seiring

dengan peningkatan suhu kalsinasi pada adsorben. Hal ini terjadi karena adanya proses penyerapan molekul zat pengotor yang timbul karena adanya proses hidrolisis selama proses pemanasan. Sedangkan pada parameter kadar air hanya 3 sampel yang diketahui telah memenuhi standar SNI 7709:2019. Nilai kadar air untuk ketiga sampel tersebut lebih rendah daripada hasil yang diperoleh oleh (Hartono & Suhendi, 2020) dengan memanfaatkan ziolit alam sebagai adsorbennya. Hal ini dapat terjadi karena kandungan air yang terdapat pada minyak jelantah tidak teradsorbsi dengan baik oleh adsorben dalam hal ini senyawa utamanya yaitu *CaO*, dikarenakan kalsium karbonat tidak larut dalam air. Ketidakmampuan kalsium karbonat larut dalam air dapat disebabkan karena senyawa tersebut memiliki energi kisi yang sangat tinggi.

Kesimpulan

Berdasarkan data dan pembahasan terhadap penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa kualitas adsorben *CaO* terbaik diperoleh pada suhu kalsinasi 1000°C yang dianalisis melalui tiga parameter yakni, kadar *CaO*, nilai densitas dan luas permukaan. Kualitas minyak jelantah terbaik diperoleh pada minyak jelantah dengan pemanasan sebanyak 3 kali dengan adsorben terkalsinasi pada suhu 1000°C yang dianalisis berdasarkan beberapa parameter diantaranya: kadar asam lemak bebas,

bilangan peroksida, densitas, viskositas, kadar air dan sifat fisis (bau dan warna)

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada para pembimbing, penguji dan seluruh dosen Fisika sehingga dapat menyelesaikan seluruh rangkaian proses belajar Fisika hingga mendapatkan Gelar S.Si. Penulis juga ingin menyampaikan terimakasih kepada ibu Dian Wijaya Kurniawidi, M.Si atas bantuan finansial, bimbingan dan kontribusi dalam penyelesaian artikel ini. Tidak lupa ucapan terimakasih juga kepada orangtua penulis, serta adik yang selalu mencurahkan dukungan baik secara moril maupun materil kepada penulis hingga sampai di titik ini.

Referensi

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019 SNI No 7709:2019. Minyak Goreng. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. <https://www.scribd.com/document/495781640/80-Minyak-Goreng-Sawit-SNI-7709-2019-1>.
- Abdullah, S., & Yustinah, Y. (2020). Pemanfaatan enceng gondok sebagai bio-adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas. *Jurnal Konversi*, 9(2), 8. <https://doi.org/10.24853/konversi.9.2.8>
- Al Qory, D. R., Ginting, Z., Bahri, S., & Bahri, S. (2021). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Salak (Salacca Zalacca) Sebagai Adsorben Alami Dengan Aktivator H₂SO₄. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 26. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i2.4727>
- Alkaff, H., & Nurlela, N. (2020). Analisa Bilangan Peroksida Terhadap Kualitas Minyak Goreng Sebelum Dan Sesudah Dipakai Berulang. *Jurnal Redoks*, 5(1), 65. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4129>
- Azizanie, A., Destiana, I. D., & Mukminah, N. (2023). Pemurnian minyak jelantah menggunakan adsorben cangkang telur. *Jurnal Teknik Kimia*, 29(2), 87-94. <https://doi.org/10.36706/jtk.v29i2.1417>
- Fathurrahmaniah, F., Ewisahrani, E., & Nursa'ban, E. (2022). Potensi Arang Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA)*, 3(1), 19-23. <https://doi.org/10.56842/jp-ipa.v3i1.110>
- Fitri, D. R., Pasaribu, D. R., Subagiyo, L., Nuryadin, A., & Haryanto, Z. (2023). Potensi Sekam Padi Sebagai Adsorben untuk Meregenerasi Minyak Jelantah. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika (JLPF)*, 4(2), 96-102. <https://doi.org/10.30872/jlpf.v4i2.2325>
- Hartono, R., & Suhendi, E. (2020). Pemurnian Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Steam Pada Kolom Vigrek Dan Katalis Zeolite Alam Bayah. *Jurnal Integrasi Proses*, 9(1), 20-24. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/view/7912/5561>
- Lamuru, A. S., & Juita, S. (2023). Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Kalsium Oksida (CaO) Sebagai Adsorben Untuk Meningkatkan Kadar Etanol Teknis: Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Kalsium Oksida (CaO) Sebagai Adsorben Untuk Meningkatkan Kadar Etanol Teknis. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 5(1), 1-5. <https://doi.org/10.36873/jjms.2023.v5i1.801>
- Maryudi, M., Rahayu, A., Syauqi, R., & Islami, M. K. (2021). Teknologi Pengolahan Kandungan Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Proses Adsorpsi. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(1), 90-99. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i1.207>
- Moelyaningrum, A. D. (2020). Pemanfaatan Cangkang Telur Puyuh Sebagai Pengikat Logam Berat Timbal (Pb) dalam Air. *Jurnal Kesehatan*, 13(2), 96-101. <https://doi.org/10.32763/juke.v13i2.189>
- Muhammad, H. N., Nikmah, F., Hidayah, N. U., & Haqiqi, A. K. (2020). Arang Aktif Kayu Leucaena Leucocephala sebagai Adsorben Minyak Goreng Bekas Pakai (Minyak Jelantah). *Physics Education Research Journal*, 2(2), 123. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.2.6176>
- Nadia, R., Rahayu, S., & Kurniawidi, D. (2024). Indonesian Physical Review. *Indonesian Physical Review*, 7(2), 250–258. <https://doi.org/10.29303/i.pr.v4i1.72>

- Oko, S., Kurniawan, A., & Angreni, D. (2022). Pengaruh Massa Adsorben Blending CaO Dari Cangkang Telur dan Karbon Teraktivasi untuk Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue. *Metana*, 18(2), 99–104. <https://doi.org/10.14710/metana.v18i2.49376>
- Pardede, E. P., & Mularen, A. (2020). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Berbasis Cangkang Telur Purification of Used Cooking Oil Using Egg Shell Based Adsorbent. *Atmosphere*, 1(1), 8–16. <https://doi.org/10.36040/atmosphere.v1i1.2956>
- Rahayu, S., Dian W. Kurniawidi, Siti Alaa, Qurrota A'yun. (2021). The effect of CaO doping in activated carbon composite as a heavy metal adsorbent in water. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 718 (2021) 012063. *IOP Publishing*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/718/1/012063>.
- Ritonga, F. Y., Hasmita, I., Kasturi, Sartika, Z., & Saisa. (2021). Pengaruh waktu kontak dan ukuran adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas menggunakan cangkang kerang sebagai bahan baku biodiesel. *Jurnal TEKSAGRO*, 2(3), 1–11. <https://journal.lp2stm.or.id/index.php/TEKSAGRO/article/view/58>
- Rusna, R., Sami, M., & Rihayat, T. (2024). Pemanfaatan Bubuk Kulit Sukun (*Artocarpus altilis*) Sebagai Adsorben Pemurnian Minyak Jelantah. *Jurnal Teknologi*, 24(1), 41–46. <https://dx.doi.org/10.30811/teknologi.v24i1.5042>
- Wirawan, T., & Marlina, E. (2024). *Adsorpsi Methylene Blue Oleh Arang Aktif: Mini Review Adsorption Of Methylene Blue By Activated Charcoal: Mini Review*. 126–130. <https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/prosiding/article/view/1462/1000>
- Yusrizal, M. L., Afisna, L. P., Kristian, K. P., Setiawan, A., Nurhapipah, & Zahra, S. A. (2022). Uji Eksperimen Karakteristik Minyak Jelantah (Cooking Oil) Pada Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Penalaran Dan Penelitian Mahasiswa*, 6(1), 53–63. <https://jurnal.ukmpenelitianuny.id/index.php/jippm/issue/view/13>