

## Activation of Coconut Shell Charcoal and Application for Bleaching Waste Cooking

### *Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dan Aplikasi Untuk Pemucatan Minyak Jelantah*

Siti Jamilatun <sup>a,1,\*</sup>, Martomo Setyawan <sup>a,2</sup>, Lutfiatul Janah <sup>a,3</sup>, Rifka Alfiyani <sup>a,4</sup>, Ilham Mufandi <sup>b,5</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, D.I.Yogyakarta, 55191

<sup>b</sup> Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Delhi, Hauz Khas, New Delhi 110016, India

<sup>1</sup> sitijamilatun@che.uad.ac.id \*; <sup>2</sup> martomo@che.uad.ac.id; <sup>3</sup> lutfiatul1700020126@webmail.uad.ac.id; <sup>4</sup> rifka1711020140@webmail.uad.ac.id; <sup>5</sup> ilhammufandi@chemical.iitd.ac.in

\* corresponding author

#### ARTICLE INFO

##### Article history

Received February 19, 2021

Revised August 31, 2021

Accepted September 16, 2021

##### Keywords

Activated carbon

Charcoal

Stearin

Used cooking oil

#### ABSTRACT

*This study aimed to determine coconut shell-activated charcoal's ability in the bleaching process of waste cooking oil. Activation of coconut shell charcoal was carried out by using 5 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution. Activated charcoal was performed through a pyrolysis process at a temperature of 350 °C for 1 hour. The experiment was carried out in four stages: activation of activated charcoal, testing the characteristics of activated charcoal, bleaching waste cooking oil, and testing the characteristics of waste cooking oil. Parameters of moisture content, ash content, and iodine absorption rate were studied as the characteristics of activated charcoal. Meanwhile, parameters of water content, specific gravity, and color test were studied as the characteristics of waste cooking oil. The experimental results showed that the characteristics of activated charcoal: ash content, water content, and iodine absorption were 2.4% – 2.8%, 0.5% – 1%, and 371,896 – 548,745 mg/g respectively. While the characteristics of waste cooking oil: water content, specific gravity, absorbance were 0.493% – 0.503%, 0.888% – 0.892%, and 0.001 – 0.006. The results of this study were standardized by using the Indonesian National Standard Method (SNI) with results show that 40 mesh of activated charcoal is better than 20 mesh.*

*This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.*



## 1. Pendahuluan

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera*. L) merupakan tanaman tropis yang tumbuh subur di Indonesia dan sangat dikenal oleh masyarakat dengan banyak manfaat. Pemanfaatan tanaman kelapa umumnya lebih diutamakan pada daging buahnya saja untuk diolah menjadi santan [1-2]. Bagian lain dari tanaman kelapa seperti tempurung kelapa pemanfaatannya belum maksimal dan mempunyai nilai ekonomi yang rendah. Nilai tambah dan daya guna tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif [3-8]. Secara langsung arang dari tempurung kelapa dapat digunakan sebagai bahan bakar berwujud padatan tanpa proses ekstraksi yang rumit, seperti yang dipersyaratkan biofuel berbasis liquid. Keuntungan yang lain dari arang adalah memiliki kandungan bahan yang dapat digunakan sebagai pupuk serta untuk mempertahankan sumber daya air di perkebunan. Sebagai bahan perantara, arang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk sintesis nanopartikel [9-10], karbon aktif, karbon hitam, serat karbon [8].

Arang aktif diperoleh dari proses aktivasi arang [11], ada dua cara aktivasi yaitu kimia dan fisika [12]. Langkah aktivasi secara kimia yakni bahan baku berupa arang terlebih dahulu diperkecil ukurannya, kemudian arang direndam dalam bahan kimia. Larutan untuk aktivasi biasanya berupa asam contohnya adalah asam klorida (HCl) [13], asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) [14], atau basa seperti natrium hidroksida (NaOH) [15], dan dari garam seperti natrium klorida (NaCl) [16], seng klorida ( $ZnCl_2$ ) [17]. Arang direndam dalam larutan aktivator selama kurang lebih 24 jam [18,19]. Setelah proses perendaman kemudian arang ditiriskan serta dicuci hingga mencapai pH netral dan selama 1-2 jam dipanaskan pada suhu 600-900 °C. Larutan aktivator Asam sulfat karena memiliki keunggulan dibandingkan larutan aktivator asam yang lainnya yaitu: 1) memiliki sifat *dehydrate agent*, 2) memiliki banyak situs aktif, dan 3) pori-pori karbon/arang dapat dibuka/diperluas menggunakan asam sulfat secara cepat dengan cara membenturkan beberapa partikel berupa oksida-oksida logam (magnesium, besi, aluminium dan kalsium) [20,21].

Sedangkan langkah aktivasi secara fisika yakni, bahan baku berupa arang tempurung kelapa, sebelum diaktivasi, arang terlebih dahulu diperkecil ukurannya kemudian disaring. Selanjutnya adalah proses paling penting dalam pembentukan arang yaitu proses *burning* di dalam *furnace* dengan menggunakan temperatur 1000 °C dan uap yang dialirkan. Proses aktivasi secara fisika menggunakan media aliran gas sebagai proses karbonisasi untuk aktivasi seperti uap air dan karbon dioksida ( $CO_2$ ) [22,23].

Peneliti sebelumnya telah memanfaatkan arang aktif tempurung kelapa untuk menjernihkan asap cair (*liquid smoke*) dan mengurangi bau asap yang menyengat, selanjutnya asap cair digunakan untuk pengawetan ikan nila [24]. Arang aktif juga dapat dimanfaatkan untuk pemurnian minyak jelantah [25]. Kategori minyak jelantah/limbah minyak goreng yakni minyak goreng yang digunakan lebih dari dua atau tiga kali penggorengan, jika dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan pencemaran [26]. Minyak jelantah cukup berbahaya jika tetap digunakan salah satunya dapat menimbulkan sejumlah penyakit seperti kanker, pengendapan lemak pada pembuluh darah, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan [27]. Kandungan nilai peroksida dipengaruhi oleh frekuensi penggorengan yang tinggi dan penggunaan minyak yang berulang kali.

Pemanfaatan minyak jelantah dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel [27,28], untuk pembuatan sabun [29] dan lilin. Minyak jelantah yang keruh dan berbau dapat dimurnikan dengan metode adsorpsi [30,31]. Sifat fisika dan kimia yang terjadi pada substrat dengan produk yang terserap melalui permukaan partikel yang disebut proses adsorpsi. Pada proses adsorpsi dibedakan dua bahan yaitu adsorben sebagai zat yang menyerap (arang aktif), sedangkan adsorbat merupakan zat yang diserap (zat warna dan kotoran-kotoran). Metode adsorpsi dapat dilakukan pada wujud benda padatan dengan padatan, gas dengan padatan, gas dengan cairan, dan cairan dengan padatan. Jumlah pori-pori dan perbedaan energi potensial antara permukaan arang aktif dan zat yang diserap menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Menurut penelitian sebelumnya, sekitar 95 sampai 97% zat warna dapat diserap oleh arang aktif dari total zat warna yang terdapat di dalam minyak, selain itu juga, arang aktif dapat menyerap bau dan menurunkan jumlah bilangan peroksida sehingga dapat memperbaiki mutu minyak [32-36].

Penelitian ini fokus pada proses aktivasi arang tempurung kelapa dan aplikasi untuk pemucatan minyak jelantah. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan data proses aktivasi arang tempurung kelapa, karakteristik arang tempurung kelapa sebelum dan sesudah proses aktivasi serta karakteristik dari minyak jelantah sesudah proses pemucatan dengan arang aktif tempurung kelapa. Proses aktivasi dilakukan dengan cara kimia menggunakan larutan  $H_2SO_4$  5 N, selanjutnya dianalisis kadar air, kadar abu dan bilangan Iod [30-33]. Proses pemucatan minyak jelantah dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan arang aktif tempurung kelapa sebagai adsorben yang selanjutnya akan dianalisis kadar air, berat jenis, dan uji warna dengan spektrofotometer UV-Vis.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Material

Material utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang tempurung kelapa, asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan konsentrasi 5 N, dan minyak jelantah. Arang tempurung kelapa diperoleh dari daerah Kasihan, Bantul, Yogyakarta dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 5 N yang diperoleh dari Laboratorium Satuan Proses Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.

## 2.2. Prosedur

### 1) Aktivasi

Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel ukuran arang tempurung kelapa yaitu 20 mesh dan 40 mesh yang diaktivasi menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) konsentrasi 5 N selama 48 jam. Kemudian arang tempurung kelapa dikeringkan di dalam *furnace* dengan suhu 350 °C selama 1 jam yang berguna untuk membuka pori-pori. Tahap terakhir dalam aktivasi adalah proses analisis arang tempurung kelapa untuk mengetahui kadar air, kadar abu, dan bilangan Iod.

#### a) Uji Kadar Air

Uji kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terkandung di dalam arang tempurung kelapa. Alat yang digunakan adalah oven yang dioperasikan pada suhu 105 °C selama 30 menit kemudian ditimbang sampai diperoleh berat yang konstan. Persamaan uji kadar air dapat dilihat pada persamaan 1 [15-20].

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{\text{massa awal karbon (g)} - \text{massa akhir karbon aktif (g)}}{\text{massa akhir karbon aktif (g)}} \times 100\% \quad (1)$$

#### b) Uji Kadar Abu

Uji kadar abu dilakukan menggunakan oven yang beroperasi pada suhu 600 °C selama 2 jam. Persamaan uji kadar abu dapat dilihat pada persamaan 2 [15-20].

$$\% \text{ Kadar abu} = \frac{\text{massa akhir karbon aktif (g)}}{\text{massa akhir karbon aktif (g)}} \times 100\% \quad (2)$$

#### c) Uji Bilangan Iod

Penentuan daya serap Iod pada arang tempurung kelapa dilakukan dengan metode titrasi iodometri. Persamaan dapat dilihat pada persamaan 3 [15-20].

$$\% \text{ Kadar Iod} = fp \frac{(\text{Vol Titran Blanko} - \text{Vol Tiosulfat}) \times 126,91 \times N \text{ Tiosulfat}}{\text{berat sampel}} \quad (3)$$

Di mana fp merupakan faktor pengenceran.

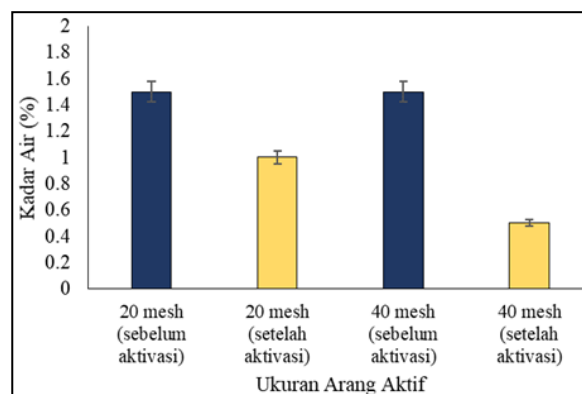
### 2) Pemucatan Minyak Jelantah

Pada tahap ini digunakan untuk pemucatan/penyerapan minyak jelantah. Variabel yang digunakan dalam proses penyerapan yaitu ukuran arang aktif tempurung kelapa (20 mesh dan 40 mesh) dan kecepatan pengadukan ketika proses penyerapan yaitu 200, 350, 300, dan 350 rpm. Penelitian ini menggunakan perbandingan arang tempurung kelapa dan minyak jelantah sebanyak 1 gram: 50 ml. Proses penyerapan atau pemucatan minyak jelantah dilakukan dengan lama proses penyerapan selama 15 menit. Selanjutnya minyak jelantah hasil penyerapan arang tempurung kelapa diuji kadar air, berat jenis, dan nilai adsorbansinya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Pengaruh Aktivasi Arang Aktif Terhadap Kadar Air

Kualitas arang aktif dipengaruhi oleh kadar air yang terdapat pada arang aktif sehingga kadar air pada arang aktif dikaitkan dengan kemampuan arang aktif dalam mengadsorpsi. Hasil pengujian kadar air arang aktif tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 1.



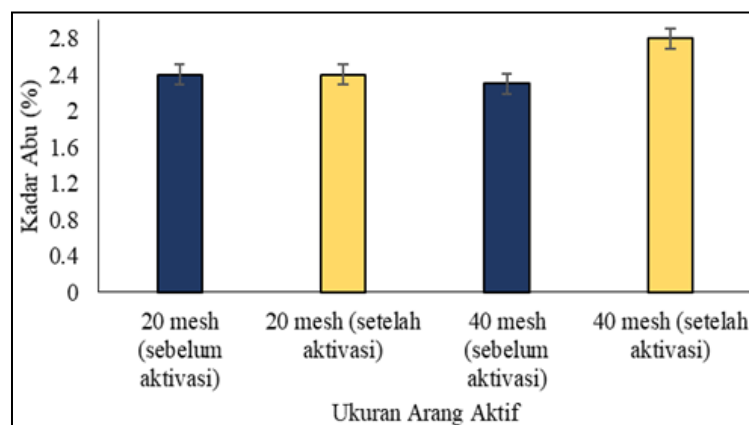
Gambar 1. Pengaruh aktivasi terhadap kadar air

Berdasarkan Gambar 1, pengaruh arang tempurung kelapa sebelum dan sesudah aktivasi mengalami perbedaan yang signifikan. Arang tempurung kelapa dengan ukuran 20 mesh dan 40 mesh mengalami penurunan kadar air setelah dilakukan proses aktivasi, sebaliknya arang tempurung kelapa yang belum diaktivasi tidak mengalami penurunan kadar air. Arang yang belum diaktivasi memiliki nilai kadar air yang sama sedangkan arang aktif yang sudah diaktivasi memiliki kadar air yang berbeda yaitu 1% dan 0,5%. Penyebab turunnya kadar air adalah terjadi kontak langsung antara arang aktif dan  $H_2SO_4$  sebagai media aktivator sehingga molekul air didalam arang aktif dapat terikat secara sendirinya.

Kadar air menjadi salah satu faktor penting dalam pembuatan arang aktif sebagai adsorben. Kadar air maksimal yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995) sebesar 15%. Aktivasi pada arang aktif dapat menyebabkan kadar air menurun dikarenakan aktivasi  $H_2SO_4$  memiliki sifat higroskopis yang dapat menyerap kandungan air. Proses ini dapat menyebabkan pori-pori arang semakin besar atau semakin luas. Sehingga arang memiliki kemampuan yang meningkat untuk menyerap kadar air. Hasil ini selaras dengan hasil penelitian dari [37] yang melakukan penelitian pembuatan arang aktif menggunakan aktivasi  $ZnCl_2$  dan  $Na_2CO_3$  dengan hasil sebagai adsorben dengan hasil kadar air 1,18% dan 0,4%. Penelitian yang selaras lainnya telah dilakukan oleh [38] yang menggunakan variabel ukuran partikel 100, 140, dan 200 mesh dengan hasil kadar air pada arang aktif menunjukkan penurunan setelah dilakukan aktivasi menggunakan  $H_2SO_4$ .

### 3.2. Pengaruh Ukuran Arang Terhadap Kadar Abu

Kadar abu dikaitkan dengan aktivitas asam sulfat yang berperan dalam melarutkan oksida logam dan logam yang terkandung dalam arang aktivasi tempurung kelapa. Kadar abu yang dihasilkan merupakan pengotor arang aktif sehingga semakin sedikit nilai kadar abu dalam arang aktif maka semakin baik kualitas arang aktif. Hasil pengujian kadar abu arang aktif tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.

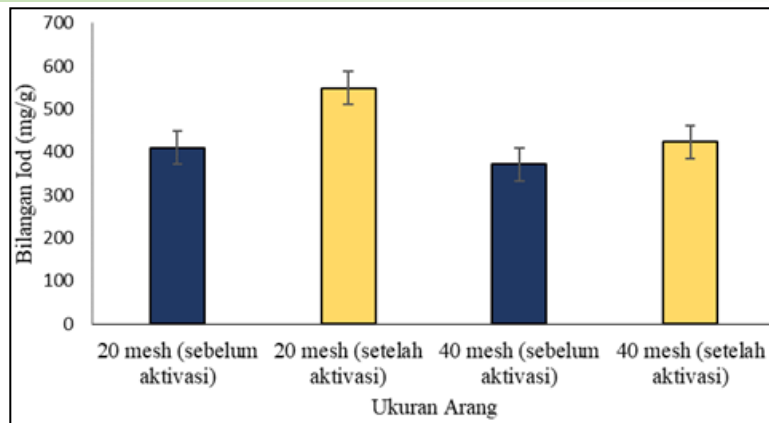


Gambar 2. Pengaruh Ukuran Arang Terhadap Kadar Abu

Dari Gambar 2 terlihat bahwa kadar abu sebelum dan setelah proses aktivasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan karena sampel arang yang diuji mengalami pengabuan secara menyeluruh. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh beberapa faktor, diantaranya suhu yang digunakan terlalu tinggi dan waktu yang digunakan untuk melakukan proses pembakaran di furnace terlalu lama. Untuk itu perlu ditinjau kembali mengenai pengaruh suhu dan waktu yang digunakan untuk uji kadar abu dari arang tempurung kelapa. Pengaruh suhu dan waktu pada arang aktif sangat penting untuk menentukan kadar abu. Semakin lama waktu karbonisasi, maka kadar abu yang dihasilkan semakin meningkat [39].

### 3.3. Pengaruh Ukuran Arang Terhadap Daya Serap Iod

Daya serap arang aktif terhadap larutan iod berkaitan dengan luas permukaan dari arang aktif. Semakin besar angka iod maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi zat terlarut. Metode yang digunakan yakni dengan titrasi iodometri. Ada 2 variasi ukuran arang aktif yang digunakan yaitu 20 mesh dan 40 mesh. Masing-masing diaktivasi dengan asam sulfat 5 N. Hasil pengukuran daya serap terhadap larutan iod dari arang aktif tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 3.

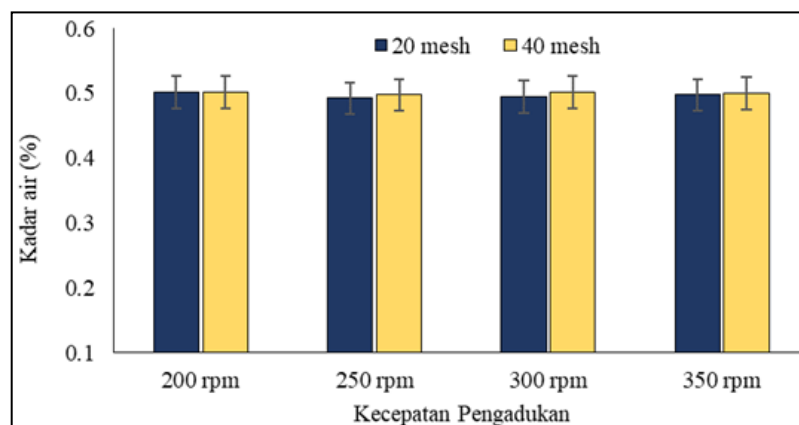


**Gambar 3.** Pengaruh Ukuran Arang Terhadap Bilangan Iod Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Berdasarkan Gambar 3, arang aktif yang diaktivasi memiliki kemampuan menyerap Iod lebih tinggi daripada arang aktif yang belum diaktivasi. Kadar serap Iod pada arang aktif digunakan untuk mengetahui kemampuan daya serap arang aktif. Daya serap Iod yang tinggi menandakan bahwa arang aktif memiliki struktur pori yang banyak sehingga menjadi tempat kontak/tumbukan antara arang aktif dan partikel Iod. Hasil penelitian ini sebanding dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh [40] menggunakan  $H_2SO_4$  sebagai aktivasi pada arang aktif kulit pisang dengan hasil daya serap Iod mengalami kenaikan pada aktivasi  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 1-3 M.

### 3.4. Kadar Air Minyak Jelantah Setelah Penjerapan

Kandungan air pada minyak goreng dapat mengakibatkan reaksi hidrolisis sehingga trigliserida akan terurai menjadi asam lemak bebas yang menyebabkan terjadinya bau tengik pada minyak goreng. Solusi dalam meningkatkan kualitas minyak goreng yaitu dengan cara mengurangi kandungan air seminimal mungkin dengan cara penjerapan menggunakan arang aktif. Hasil penelitian kadar air minyak jelantah setelah penjerapan dapat dilihat pada Gambar 4.

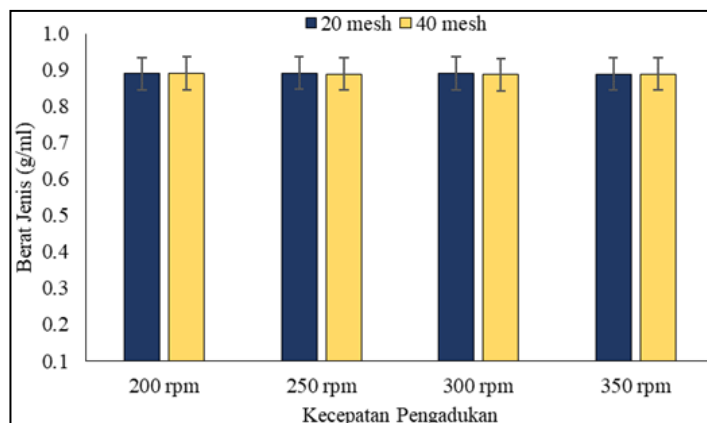


**Gambar 4.** Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Kadar Air Minyak Jelantah

Gambar 4 menunjukkan hasil variasi kecepatan pengaduk pada kadar air minyak jelantah. Kadar air yang diperoleh dari minyak jelantah sebelum penjerapan yakni 2,5% – 2,98% sedangkan kadar air minyak jelantah setelah penjerapan sekitar 0,4926% – 0,5020%. Jika dilihat dari parameter *control* maka kadar air telah mengalami penurunan yang cukup signifikan namun jika dilihat berdasarkan SNI 3741-1995 syarat mutu kadar air dalam minyak goreng maksimal 0,3% sehingga hasil ini masih belum memenuhi standar mutu. Proses pengadukan yang dilakukan pada waktu penjerapan dengan arang aktif tempurung kelapa menyebabkan benturan/tumbukan antar molekul air yang ada di dalam minyak jelantah sehingga molekul air akan mengisi pori-pori pada arang tempurung kelapa yang menyebabkan terjadinya penurunan kadar air pada minyak setelah proses penjerapan. Selain itu penurunan kadar air pada minyak jelantah dipengaruhi oleh waktu pengadukan yang mana semakin lama waktu pengadukan maka kadar air minyak semakin menurun. Hasil ini sebanding dengan penelitian purifikasi minyak goreng yang dilakukan oleh [41] dengan variabel waktu purifikasi arang aktif.

### 3.5. Kadar Air Minyak Jelantah Setelah Penjerapan

Salah satu penentuan kualitas minyak adalah berat jenis minyak jelantah karena keadaan ini mencerminkan kemurnian dari minyak jelantah. Berat jenis merupakan perbandingan antara berat minyak dengan berat air pada volume tertentu. Berat jenis juga dikaitkan dengan fraksi yang ada di dalam minyak. Semakin besar fraksi berat komponen yang ada dalam minyak jelantah maka semakin tinggi pula berat jenisnya. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.

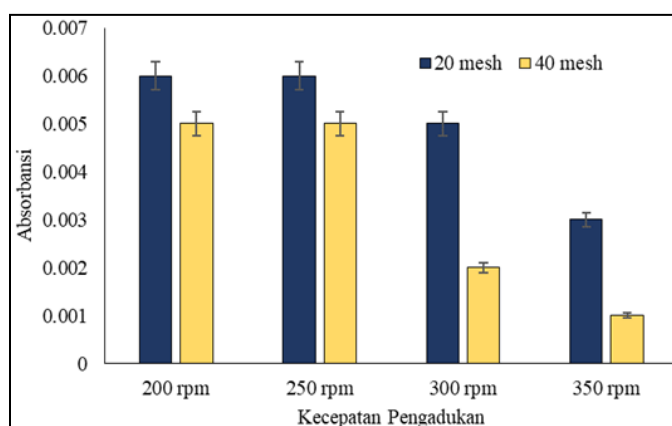


**Gambar 5.** Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Berat Jenis Minyak Jelantah

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa berat jenis dari minyak jelantah hasil penjerapan berada pada kisaran 0,880 – 0,8920 g/mL. Sedangkan berat jenis sebelum penjerapan berada pada nilai 0,8940 g/mL. Dari hasil ini dapat diartikan bahwa berat jenis minyak jelantah sudah memenuhi standar SNI 3741-1995 yaitu maksimal 0,9 g/mL. Penurunan nilai berat jenis ini terjadi karena adanya adsorpsi komponen dalam minyak jelantah oleh pori-pori pada arang aktif tempurung kelapa.

### 3.6. Kadar Air Minyak Jelantah Setelah Penjerapan

Minyak goreng berfungsi sebagai media penghantar panas dan menambah cita rasa pada makanan yang digoreng. Namun penggunaan minyak goreng secara berulang akan menyebabkan penurunan kualitas pada minyak goreng dan kesehatan bagi pengguna minyak goreng karena adanya degradasi pada minyak goreng yang disebabkan oleh terputusnya rantai kimia pada minyak goreng tersebut. Minyak goreng akan mengalami perubahan warna. Selain itu terdapat kandungan karbohidrat, protein, dan lemak yang ada dalam makanan akan tertinggal dalam minyak goreng. Pada penelitian ini kualitas minyak goreng telah diuji menggunakan metode spektrofotometri untuk mengukur nilai absorbansinya.



**Gambar 6.** Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Minyak Jelantah

Gambar 6 diatas menunjukkan hubungan antara nilai absorbansi dengan perlakuan penjerapan arang aktif pada kecepatan pengadukan yang berbeda-beda mulai dari 200, 250, 300, dan 350 rpm. Semakin cepat proses pengadukan maka nilai absorbansi mengalami penurunan. Hal ini berlaku pada arang aktif tempurung kelapa ukuran 20 mesh dan 40 mesh. Hasil ini dapat diartikan bahwa semakin cepat pengadukan maka kandungan yang ada di dalam minyak jelantah seperti karbohidrat,

protein, dan lemak akan lebih banyak terjerap oleh arang aktif tempurung kelapa. Hasil penelitian ini juga menampilkan pengaruh warna minyak jelantah dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Minyak Jelantah Hasil Penjerapan

Gambar 7 menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan pada warna minyak jelantah hasil penjerapan dengan arang aktif tempurung kelapa. Warna minyak jelantah hasil penjerapan cenderung sama dengan warna kontrol atau minyak jelantah murni. Hal ini dapat disebabkan karena jumlah arang aktif tempurung kelapa yang digunakan untuk penjerapan tidak sebanding dengan volume minyak jelantah yang akan dijerap. Selain itu proses pengadukan yang dilakukan tidak maksimal karena magnet yang digunakan memiliki ukuran yang terlalu kecil sedangkan luas permukaan wadah tempat penjerapan besar. Untuk memperoleh hasil yang lebih baik maka kedua faktor ini perlu diteliti kembali. Oleh sebab itu perlu dilakukan kajian terhadap pengaruh volume minyak jelantah dan jumlah arang aktif yang digunakan untuk penjerapan. Argumen ini diperkuat dengan hasil penelitian dari [42] bahwa adsorpsi arang aktif dipengaruhi oleh jumlah adsorben yang digunakan yang mana semakin banyak jumlah adsorben maka proses penyerapan semakin bagus.

#### 4. Kesimpulan

Arang tempurung kelapa diaktivasi menggunakan asam sulfat 5 N selama 48 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar abu arang aktif sebesar 2,4% – 2,8%, kadar air arang aktif sebesar 0,5% – 1%, kadar serapan iod yaitu sebesar 371,895 – 548,747 mg/g. Selanjutnya arang aktif tempurung kelapa digunakan untuk menjernihkan minyak jelantah dengan berbagai perlakuan atau pengadukan yang berbeda-beda. Hasil penelitian menunjukkan kadar air minyak jelantah yaitu sebesar 0,4926% – 0,5025%, berat jenis minyak jelantah antara 0,888% – 0,892% dan absorbansi antara 0,001-0,006.

#### Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih atas bantuan pendanaan penelitian melalui skim Penelitian Hibah Bersaing dana internal melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.

#### Daftar Pustaka

- [1] K. Patel et al., "Utilization of Coconut shell As Coarse Aggregate in Concrete," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 06, no. 02, pp. 299–303, 2019.
- [2] J. Siriphanich, P. Saradhulhat, T. Romphophak, K. Krisanapook, S. Pathaveerat, and S. Tongchitpakdee, "Coconut (Cocos nucifera L)," *Postharvest Biol. Technol. Trop. Subtrop. fruits*, vol. 3, pp. 8-35e, 2011, doi: 10.1016/B978-1-84569-735-8.50002-4.
- [3] Lestari, Retno S. D., Sari, Denni Kartika., Rosmadiana, Afriyanti., Dwipermata, Bening. 2016. Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Aktivator Asam Fosfat Serta Aplikasinya Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Jurnal TEKNIKA*. ISSN: 1693-024 12 (6): 419 – 430. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

- [4] Masthura., Zulkarnain. 2018. Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau. *Journal of Islamic Science and Technology* Vol. 4, No.1. UIN Sumatera Utara Medan.
- [5] Jin, W., Singh, K., and Zondlo, J., 2015, Co-processing of pyrolysis vapors with bio-chars for ex-situ upgrading, *Renewable Energy* 83, 638-645.
- [6] Chaiwong, K., Kiatsiroat, T., Vorayos, N., and Thararax, C., 2013, Study of bio-oil and biochar production from algae by slow pyrolysis, *Biomass Bioenerg.*, 56,600-606.
- [7] Guo, F., Li, X., Liu, Y., Peng, K., Guo, C., and Rao, Z., 2018, Catalytic cracking of biomass pyrolysis tar over char-supported catalysts, *Energ. Convers. Manag.* 167, 81–90.
- [8] S. Jamilatun, M. Setyawan, S. Salamah, D.A. Ayu Purnama dan R. Melani Putri, Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa Dengan Aktivasi Sebelum dan Susudah Pirolisis, Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2015.
- [9] S. D. Lakshmi, P. K. Avti, and G. Hegde, “Nano-Structures & Nano-Objects Activated carbon nanoparticles from biowaste as new generation antimicrobial agents: A review,” *Nano Structures & Nano-Objects*, vol. 16, pp. 306–318, 2018, doi: 10.1016/j.nanoso.2018.08.001.
- [10] E. McGillicuddy, L. Morrison, M. Cormican, P. Dockery, and D. Morris, “Science of the Total Environment Activated charcoal as a capture material for silver nanoparticles in environmental water samples,” *Sci. Total Environ.*, vol. 645, pp. 356–362, 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.145.
- [11] H. Wang, J. Xu, X. Liu, and L. Sheng, “Preparation of straw activated carbon and its application in wastewater treatment: A review Fixed carbon,” *J. Clean. Prod.*, no. xxxx, p. 124671, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124671.
- [12] Y. Gao, Q. Yue, B. Gao, and A. Li, “Insight into activated carbon from different kinds of chemical activating Agents: A Review,” *Sci. Total Environ.*, p. 141094, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141094.
- [13] J. Huy et al., “Journal of Industrial and Engineering Chemistry Effect of surfactant , HCl and NH<sub>3</sub> treatments on the regeneration of waste activated carbon used in selective catalytic reduction unit,” *J. Ind. Eng. Chem.*, pp. 8–11, 2015, doi: 10.1016/j.jiec.2015.08.003.
- [14] M. Olivares-marín, C. Fernández-gonzález, A. Macías-garcía, and V. Gómez-serrano, “Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Preparation of activated carbon from cherry stones by physical activation in air . Influence of the chemical carbonisation with H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 94, pp. 131–137, 2012, doi: 10.1016/j.jaap.2011.11.019.
- [15] X. Gong, R. Zhao, M. Peng, and D. Wang, “Experimental study on no removal by surface activated bamboo charcoal,” *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 10, no. 2, pp. 474–479, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.09.007>.
- [16] M. K. Marichelvam and A. Azhagurajan, “Removal of mercury from effluent solution by using banana corm and neem leaves activated charcoal,” *Environ. Nanotechnology, Monit. Manag.*, vol. 10, pp. 360–365, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.08.005>.
- [17] H. Nassar, A. Zyoud, A. El-Hamouz, R. Tanbour, N. Halayqa, and H. S. Hilal, “Aqueous nitrate ion adsorption/desorption by olive solid waste-based carbon activated using ZnCl<sub>2</sub>,” *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 18, p. 100335, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100335>.
- [18] S. Jamilatun, Budhijanto, Rochmadi, and A. Budiman, “Thermal Decomposition and Kinetic Studies of Pyrolysis of Secondary cracking. *International Journal of Renewable Energy Development*, 6(3), 193–201, 2017.
- [19] S. Jamilatun dan S. Salamah, “Pemanfaatan Asap Cair Food Grade yang Dimurnikan dengan Arang Aktif sebagai Pengawet Ikan Nila”, *Eksergi*, 14 (2), 29-34, 2017.
- [20] S. Jamilatun, Budhijanto, Rochmadi, A. Yuliestyan, and A. Budiman, “Effect of grain size, temperature and catalyst amount on pyrolysis products of *Spirulina Platensis* Residue (SPR)”, *International Journal of Technology* 10(3), 541-550, 2019



- [21] J. Cárdenas, A. Orjuela, D. L. Sánchez, P. C. Narváez, B. Katryniok, and J. Clark, "Pretreatment of used cooking oils for the production of green chemicals: A review," *J. Clean. Prod.*, vol. 289, p. 125129, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125129>.
- [22] Y. Zhao, C. Wang, L. Zhang, Y. Chang, and Y. Hao, "Converting waste cooking oil to biodiesel in China: Environmental impacts and economic feasibility," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 140, p. 110661, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110661>.
- [23] N. Zhao et al., "The potential co-benefits for health, economy and climate by substituting raw coal with waste cooking oil as a winter heating fuel in rural households of northern China," *Environ. Res.*, vol. 194, p. 110683, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110683>.
- [24] Jamilatun, S., Kusuma, D., Shakti ASS, dan Ferdiant, F., 2010, Pembuatan Biocoal Sebagai Bahan Bakar Alternatif dari Batubara dengan Campuran Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati, Glugu dan Sekam Padi, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, ISSN 1693 – 4393.
- [25] Yulianti, Agi., Taslimah., Sriatun. 2010. Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit untuk Pemucatan Minyak Goreng Sisa Pakai. Universitas Diponegoro: Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 13 (2) (2010): 36 – 40.
- [26] Alamsyah, Muhammad., Ruslan Kalla., La Ifa. 2017. Pemurnian Minyak Jelantah Dengan Proses Adsorpsi. Universitas Muslim Indonesia: Journal of Chemical Process Engineering Vol.02, No.02.
- [27] Y. Liu, X. Yang, and Z. Zhu, "Economic evaluation and production process simulation of biodiesel production from waste cooking oil," *Curr. Res. Green Sustain. Chem.*, p. 100091, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100091>.
- [28] A. Gaur, S. Mishra, S. Chowdhury, P. Baredar, and P. Verma, "A review on factor affecting biodiesel production from waste cooking oil: An Indian perspective," *Mater. Today Proc.*, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.432>.
- [29] T. Maotsela, G. Danha, and E. Muzenda, "Utilization of Waste Cooking Oil and Tallow for Production of Toilet 'Bath' Soap," *Procedia Manuf.*, vol. 35, pp. 541–545, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.07.008>.
- [30] Ramdja, A. Fuadi., Lisa Febrina., Daniel Krisdianto. 2010. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu Sebagai Adsorben. Universitas Sriwijaya: Jurnal Teknik Kimia, No. 1, Vol. 17.
- [31] Nasrun, David., Theresia Samangun., Ir. Taufik Iskandar., Zuhdi Ma'sum. 2017. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Arang Aktif Dari Sekam Padi. Universitas Tribhuwana Tungadewi.
- [32] Sahara, Emmy., Sulihingtyas, Wahyu D., Mahardika, I Putu A.S. 2017. Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes Erecta*) Yang Diaktivasi Dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Universitas Udayana: Jurnal Kimia 11 (1).
- [33] Asrijal, St. Chadijah., Aisyah. 2014. Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Pada Karbon Aktif Ampas Tebu Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal. UIN Alauddin Makassar.
- [34] Lapailaka, Titus., Nofita Rince Besituba., Theodorus M. Da Cunha. 2018. Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Kenari (*Canarium Vulgare Leenh*) Sebagai Adsorben Pada Minyak Jelantah. Universitas Nusa Cendana.
- [35] Sukoyo, Agung., Gunomo Djoyowasito., Yusuf Wibisono. 2019. Sintesis Karbon Aktif Berbahan Dasar Mikroalga *Chlorella Vulgaris* Berbantuan Iradiasi Gelombang Mikro Menggunakan Aktivator KOH. Jurnal Rekayasa Mesin. 10(20). 121 –129.
- [36] Triyanto, Agus. 2013. Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Ampas Tebu Teraktivasi Dan Penetralan Dengan NaHSO<sub>3</sub>. Universitas Negeri Semarang.
- [37] G. S. Pambayun, R. Y. E. Yulianto, M. Rachimoallah, E. M. M. Putri, J. T. Kimia, and F. T. Industri, "Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, 2013.

- [38] E. H. Sri Ayu Emy Istighfarini, Syarfi Daud, "Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut," *J. FTEKNIK*, vol. 1, no. 2004, pp. 2234–2239, 2007, doi: 10.16285/j.rsm.2007.10.006.
- [39] K. D. L. F. Lestari, R. D. Ratnani, Suwardiyono, and N. Kholis, "Pengaruh waktu dan suhu pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa sebagai upaya pemanfaatan limbah dengan suhu tinggi secara pirolisis," *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–38, 2017.
- [40] M. S. Dewi, E. Budi, and E. Susilaningsih, "Pemanfaatan arang aktif kulit pisang raja untuk menurunkan kadar ion Pb(II)," *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 4, no. 3, 2015.
- [41] M. dan T. Santoso, "Purifikasi Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Arang Kulit Kacang Tanah," *Media Eksakta*, vol. 20, no. 5, pp. 297–298, 2001, doi: 10.1007/978-0-85729-323-7\_1804.
- [42] M. Nitsae, "Studi Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Arang Aktif Tempurung Lontar," *J. Kim. Ris.*, vol. 6, no. 1, pp. 46–57, 2021.