

Penggunaan Karbon Aktif Tempurung Pala (*Myristica fragrans* Houtt) Sebagai Adsorben untuk Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai

Novia Sagita, Hilda Aprilia, & Anggi Arumsari

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Bandung, Indonesia

email: noviasagita39@gmail.com, hilda.apriliah@gmail.com, anggiarumsari@yahoo.com

ABSTRACT: Activated carbon is carbon which was activated that improve their adsorption strength. One of the efforts could be done to improve the quality of waste cooking oil is the absorption process using activated carbon. This research aims to make activated carbon from nutmeg shell and to use it in the purification of waste cooking oil. This research is begun with the making of activated carbon, activated carbon characterization, cooking oil characterization and waste cooking oil purification. The making of nutmeg shell activated charcoal are through carbonization stage, sifting with mesh 100 sieve, and activation using 9% H_3PO_4 . The characterization of activated charcoal includes the content of water, content of ash, loss on drying, and bound carbon content. The characterization of nutmeg shell activated carbon was conducted through the process of waste cooking oil bleaching which was previously purified through degumming process and was neutralize. The result showed that the best activated carbon is activated with 9% H_3PO_4 . The characterization of activated carbon had 5.38% of water content; 1.515% of ash content; 7.35% of loss on drying content and 83.4% of bound carbon content. There is an enhancement of %transmittan from 44.2% to 67.85% after waste cooking oil was adsorbed by activated carbon.

Keywords: pala shell, activated charcoal, used cooking oil, purification

ABSTRAK: Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi sehingga dihasilkan pori-pori yang terbuka, dan daya adsorpsi menjadi lebih baik. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu minyak goreng bekas pakai salah satunya yaitu dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk dapat membuat karbon aktif dari tempurung pala dan menggunakannya untuk pemurnian minyak goreng bekas pakai. Tahapan penelitian ini meliputi proses pembuatan karbon aktif, karakterisasi karbon aktif, karakterisasi minyak goreng, dan pemurnian minyak goreng bekas pakai. Proses pembuatan arang aktif tempurung pala meliputi tahapan karbonisasi lalu diayak dengan mesh 100, dan aktivasi menggunakan aktivator H_3PO_4 9% yang menghasilkan rendemen sebesar 27.849%, dan sebagai pembanding digunakan arang aktif komersial. Karakterisasi arang aktif meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat. Karbon aktif dari limbah tempurung pala selanjutnya dilakukan pengujian dengan cara proses pemucatan (*bleaching*) terhadap minyak goreng bekas pakai yang sebelumnya telah dilakukan proses pemurnian meliputi proses *degumming* dan netralisasi sehingga diperoleh nilai %transmittan. Perlakuan yang menghasilkan kualitas karbon aktif terbaik yaitu pada arang aktif dengan aktivator H_3PO_4 9% memiliki nilai kadar air 5.38%, kadar abu 1.515%, kadar zat menguap 7.35%, kadar karbon terikat

83.4%. Hasil pengujian transmittan minyak bekas pakai terjadi peningkatan nilai %transmittan dari 44.3% menjadi 67.85% setelah dilakukan proses adsorpsi dengan karbon aktif.

Kata Kunci: tempurung pala, karbon aktif, pemurnian minyak goreng bekas pakai

1 PENDAHULUAN

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang digunakan sebagai bahan pengolahan makanan, dan penggunaannya semakin meningkat. Penggunaan minyak goreng secara berulang dapat menyebabkan terjadinya reaksi degradasi yang dapat menurunkan kualitas minyak (Triyanto, 2013). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu minyak goreng bekas pakai yaitu dengan proses adsorpsi dengan menggunakan bahan yang dapat mengadsorpsi kotoran pada minyak yang disebut adsorben. Adsorben yang biasa digunakan yaitu karbon aktif, dimana karbon aktif yang digunakan telah diaktivasi terlebih dahulu untuk memperluas pori-pori sehingga daya adsorpsi menjadi lebih baik. Suatu bahan jika semakin banyak kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin, maka akan semakin baik karbon aktif yang dihasilkan (Puspita dan Tjahjani, 2018). Beberapa penelitian tentang pembuatan karbon aktif yang telah dilakukan diantaranya berasal dari limbah padat, tanaman, dan hewan. Menurut puspita dan Tjahjani (2018), karbon aktif yang diperoleh dari tempurung keluwak dan diaktivasi dengan H_3PO_4 9% mampu mengalami perubahan warna dari kuning kecokelatan sampai warna kuning keemasan, dan dapat mengurangi bau tengik pada minyak bekas pakai. Penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa pembuatan arang aktif untuk adsorben pemurnian minyak goreng bekas dikarenakan adanya kandungan karbon yang tinggi.

Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan karbon aktif yaitu tempurung pala. Tanaman pala (*Myristica fragrans houtt*) merupakan tanaman yang dikenal sebagai bahan rempah-rempah dan merupakan jenis pala yang banyak diusahakan karena mempunyai nilai ekonomis yang tinggi (Agoes, 2010: 82). Kandungan kimia yang terdapat pada tempurung pala terdiri dari hemiselulosa 46,82%; selulosa 21,34%; lignin 12,93%; serat kasar 53,67%; abu 6,16%; kondensat asap cair yaitu fenol 0,11%;

karbonil 0,38%; dan total asam 0,46%. Sehingga seperti tempurung pala yang berasal dari limbah juga dapat diolah dan dimanfaatkan untuk pembuatan karbon aktif, karena dikategorikan sebagai kayu keras yang mempunyai kadar hemiselulosa dan kadar lignin yang tinggi (Netty, dkk., 2017: 24).

Berdasarkan uraian-uraian yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan permasalahan, yaitu apakah karbon aktif tempurung pala dapat digunakan untuk pemurnian minyak goreng bekas pakai.

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk dapat membuat karbon aktif dari tempurung pala dan menggunakannya untuk pemurnian minyak goreng bekas pakai.

Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui seberapa besar arang aktif dari tempurung pala dapat memurnikan minyak goreng bekas pakai, dan diharapkan mampu memberi informasi kepada masyarakat bahwa limbah tempurung pala juga dapat diolah lebih lanjut sebagai adsorben (arang aktif) untuk pemurnian minyak goreng.

2 LANDASAN TEORI

Karbon aktif merupakan suatu bahan amorf yang berasal dari senyawa yang mengandung karbon dengan luas permukaannya yang sangat tinggi dan mempunyai sifat sebagai penyerap. Berdasarkan fungsinya, karbon aktif dibagi menjadi dua jenis, yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Karbon aktif sebagai pemucat biasanya berbentuk seperti serbuk yang sangat halus, dan digunakan dalam fase cair yang berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang dapat menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan (Darmawan, 2008).

Menurut Sembiring dan Sinaga (2003), sifat dari arang aktif yang paling penting yaitu daya serap. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu sifat adsorben, sifat serapan, temperatur, pH, dan waktu singgung.

Pembuatan arang aktif terdiri dari tiga proses yang saling berkelanjutan, yaitu proses pengeringan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam bahan, proses karbonisasi yaitu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, dan dilakukan di dalam *furnace*, dan proses aktivasi kimia merupakan penghilangan zat-zat yang dapat menutupi pori-pori pada permukaan arang.

Menurut Standar Nasional Indonesia standar mutu arang aktif meliputi aspek berikut ini :

Tabel 1. Standar Mutu Karbon Aktif (SNI, 1995)

Uraian	Satuan	Persyaratan (Serbuk)
Kadar air	%	Max 15
Kadar abu	%	Max 10
Kadar karbon terikat	%	Min 65
Kadar zat menguap	%	Max 25%
Bagian tak mengarang	%	0

Minyak merupakan komponen utama berupa trigliserida yang merupakan ester dari asam lemak dan gliserol. Jenis minyak yang biasa digunakan untuk menggoreng biasanya termasuk kedalam minyak nabati seperti minyak kelapa, minyak kelapa sawit dan minyak kacang tanah yang mengandung asam lemak tak jenuh terutama asam oleat dan linoleat.

Faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan minyak diantaranya yaitu mutu minyak yang dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti oksidasi dimana timbulnya bau tengik pada minyak dan terjadinya degradasi rasa maupun aroma disebabkan oleh otooksida radikal asam lemak tidak jenuh dalam lemak. Pembentukan senyawa polimer selama proses menggoreng dapat terjadi karena reaksi polimerisasi adisi dari asam lemak tak jenuh. Hal ini terlihat dengan terbentuknya bahan menyerupai gummy material yang mengendap di dasar tempat penggorengan, dan hidrolisis merupakan proses pemisahan gugus OR dari gugus asil (acyl) dalam molekul ester, sehingga dapat terbentuk asam bebas dan alkohol (Triyanto, 2013).

Pemurnian merupakan tahap pertama dari proses pemanfaatan minyak goreng bekas yang hasilnya dapat digunakan sebagai minyak goreng. Tujuan utama dari pemurnian minyak goreng yaitu untuk menghilangkan rasa, bau yang tidak enak, warna yang kurang menarik dan memperpanjang daya simpan sebelum digunakan kembali

(Wijayanti, dkk., 2012).

Pada proses pemurnian minyak goreng, meliputi beberapa tahap yaitu penghilangan lendir (*degumming*), netralisasi untuk memisahkan asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak, dan pemucatan (*bleaching*) menghilangkan zat-zat warna atau pengotor yang tidak disukai dalam minyak. Adapun penentuan kualitas minyak dapat dilihat dari bilangan asam, bilangan penyabunan, dan bilangan peroksida.

3 METODOLOGI

Tempurung biji pala yang akan dipakai terlebih dahulu dilakukan proses determinasi di Herbarium Jatinangor Departemen Biologi Universitas Padjajaran Bandung sebelum digunakan. Selanjutnya dilakukan tahapan proses pembuatan karbon aktif yang meliputi proses pengeringan (*penghancuran dan pengeringan*) dan karbonisasi dengan cara dipanaskan pada tanur dengan suhu 700 °C selama 1 jam. Sampel yang telah dikarbonisasi selanjutnya dilakukan aktivasi dengan menggunakan aktivator H₃PO₄ 9%. Arang aktif yang dihasilkan selanjutnya dilakukan karakterisasi meliputi kadar abu, kadar air, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat.

Sebelum dilakukan pemurnian, sampel minyak goreng bekas pakai yang diperoleh dari hasil penggorengan rumah tangga, dilakukan karakterisasi terlebih dahulu dengan menggunakan metode titrasi meliputi penentuan asam lemak bebas (FFA), bilangan penyabunan, dan penentuan angka peroksida. Selanjutnya dilakukan proses pemurnian minyak goreng bekas pakai meliputi *degumming* (*penghilangan lendir*) dengan menggunakan NaCl jenuh, kemudian dinetralisasi dengan larutan NaOH 15%. Selanjutnya sampel minyak dikarakterisasi kembali meliputi penentuan asam lemak bebas (FFA), bilangan penyabunan dan penentuan angka peroksida.

Pemurnian dilanjutkan dengan proses pemucatan (*bleaching*) menggunakan sampel arang aktif tempurung pala yang diaktivasi, arang aktif tempurung pala tanpa aktivasi, dan arang aktif komersial. Selanjutnya dilakukan karakterisasi terhadap sampel minyak yang telah mengalami proses pemucatan (*bleaching*) dengan cara menghitung nilai %transmitan

4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Arang Aktif

Pengeringan

Tujuan dilakukannya proses pengeringan yaitu, proses menghilangkan kotoran, kandungan air atau mengurangi kadar air yang terdapat dalam bahan baku tempurung pala dengan tujuan untuk memaksimalkan pada proses selanjutnya yaitu karbonisasi dan aktivasi.

Karbonisasi

Tempurung pala dilakukan proses karbonisasi dalam tanur dengan suhu 700 °C dan dipanaskan selama 1 jam, akan mengalami perubahan warna dari cokelat sampai diperoleh warna hitam seluruhnya, perubahan ini menunjukkan bahwa tempurung pala yang diperoleh telah berubah menjadi karbon. Rendemen yang dihasilkan pada proses karbonisasi yaitu sebesar 27,849%.

Aktivasi

Proses aktivasi dilakukan dengan aktivasi kimia yaitu dengan cara karbon aktif yang diperoleh dilakukan perendaman dengan larutan H₃PO₄ 9% selama 24 jam dan dicuci dengan aquadest sampai mencapai pH yang netral. Aktivasi dengan menggunakan H₃PO₄ dimaksudkan untuk menghilangkan senyawa lignin dalam karbon dapat membentuk senyawa tar yang dapat menutupi pori-pori sehingga mengurangi daya serap karbon aktif dan tar berupa senyawa hidrokarbon yang merupakan pengotor dari hasil proses karbonisasi (Fitria, 2016).

Tujuan dilakukannya proses aktivasi yaitu untuk memperbesar pori-pori dari karbon aktif tempurung pala sehingga akan memperluas area permukaan karbon dan dapat berpengaruh terhadap daya absorpsi.

Karakterisasi arang aktif

Kadar Air

Tabel 2. Hasil perolehan kadar air

Sampel	% Kadar air
Arang Aktivasi H ₃ PO ₄ 9%	5,38%
Arang Tanpa Aktivasi	6,72%
Arang Komersial	1,69%

Kadar air dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif. Pada proses penetapan kadar air dapat disimpulkan bahwa hanya air yang merupakan senyawa volatil, karena masih adanya air yang terjebak dalam rongga dan menutupi pori-pori karbon aktif (Fitria,

2016). Hasil yang diperoleh dari ketiga sampel memenuhi syarat kualitas dari penetapan kadar air pada karbon aktif menurut SNI yaitu maksimal 15%.

Kadar Abu

Tabel 3. Hasil perolehan kadar abu

Sampel	% Kadar abu
Arang Aktivasi H ₃ PO ₄ 9%	1,52%
Arang Tanpa Aktivasi	4,43%
Arang Komersial	6,60%

Kadar abu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sisa mineral yang tertinggal pada saat bahan dipanaskan (Fitria, 2016). Hasil yang diperoleh dari ketiga sampel memenuhi syarat kualitas penetapan kadar abu menurut SNI yaitu minimal 10%.

Kadar Zat Menguap

Tabel 4. Hasil perhitungan kadar zat menguap

Sampel	% Kadar zat menguap
Arang Aktivasi H ₃ PO ₄ 9%	7,35%
Arang Tanpa Aktivasi	15,09%
Arang Komersial	21,61%

Tujuan penetapan kadar zat menguap yaitu untuk menunjukkan bahwa pada karbon aktif yang telah dibuat, hanya tersisa sedikit zat volatil yang masih tersisa pada karbon aktif tersebut sehingga tidak menutupi pori-pori karbon aktif (Fauziah, 2009). Hasil yang diperoleh ketiga sampel memenuhi syarat kualitas penetapan kadar zat menguap menurut SNI maksimal 25%. Faktor yang mempengaruhi besarnya kadar zat menguap yaitu ditentukan oleh waktu dan suhu pengarangan.

Kadar Karbon Terikat

Tabel 5. Hasil perhitungan kadar karbon yang terikat

Sampel	% Karbon yang terikat
Arang Aktivasi H ₃ PO ₄ 9%	83,40%
Arang Tanpa Aktivasi	73,66%
Arang Komersial	86,05%

Tujuan dilakukannya penetapan kadar karbon terikat yaitu untuk menentukan kadar karbon murni yang terdapat pada karbon aktif. Hasil yang

diperoleh dari ketiga sampel memenuhi syarat kualitas penetapan kadar karbon yang terikat menurut SNI yaitu maksimal 65%.

Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai *Degumming* dan Netralisasi

Tujuan dilakukannya *degumming* merupakan proses pemisahan fosfolipid (*gum*) atau pengotor yang terdapat dalam minyak goreng bekas pakai. Penggunaan larutan NaCl berperan dalam melarutkan partikel-partikel halus yang tersuspensi ke dalam air dan ikut mengendap (Hulu, 2017). Hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai rendemen sebesar 88,699%. Sedangkan netralisasi dilakukan dengan penambahan NaOH kedalam minyak goreng bekas pakai yang telah dilakukan proses *degumming*, proses netralisasi juga merupakan proses yang dilakukan untuk memisahkan asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak atau lemak, dengan cara mereaksikan asam lemak bebas dengan basa atau pereaksi lainnya sehingga membentuk sabun (*soap stock*) (Yustinah, 2014).

Karakterisasi Minyak Goreng Bekas Pakai

Tabel 6. Hasil perhitungan bilangan asam dan kadar asam

Sampel	Bilangan Asam (mg KOH/ g minyak)
Minyak Jelantah	2,58
Minyak <i>Degumming</i>	2,244
Minyak Netralisasi	1,346

Penentuan bilangan asam lemak bebas dilakukan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan asam yang terdapat dalam minyak goreng bekas pakai sehingga dapat mengetahui kualitas dari minyak tersebut. Hasil yang diperoleh pada minyak awal dan proses *degumming*, diperoleh nilai angka asam yang melebihi kadar maksimal bilangan asam yang ditetapkan oleh SNI yaitu 0,6 mg KOH/g. Bilangan asam yang tinggi dihasilkan karena meningkatnya jumlah asam lemak bebas yang terdapat didalam minyak goreng, juga akibat proses oksidasi dan akibat pemecahan ikatan rangkap asam lemak (Suroso, 2013).

Pada proses netralisasi, terjadi penurunan bilangan asam, hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa pada proses netralisasi dapat menurunkan atau menghilangkan sebagian asam

lemak bebas, karena asam lemak bebas akan bereaksi dengan basa sehingga membentuk sabun (Vianti dan Yustinah, 2015).

Tabel 7. Hasil pengujian bilangan peroksida

Sampel	Bilangan Peroksida (mg / g)
Minyak Jelantah	4,2
Minyak <i>Degumming</i>	6
Minyak Netralisasi	5

Penentuan bilangan peroksida dilakukan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kerusakan yang terdapat dalam minyak goreng bekas pakai, dan juga dapat dijadikan untuk mengetahui seberapa besar tingkat ketengikan dari minyak. Hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh bilangan peroksida yang melebihi kadar maksimal yang ditetapkan oleh SNI (2002) yaitu 2 mg/kg. Bilangan peroksida minyak goreng bekas pakai yang didapat yaitu 4,2, dan pada proses *degumming* mengalami peningkatan hingga didapatkan bilangan peroksida sebesar 6. Tingginya bilangan peroksida yang didapat menunjukkan bahwa minyak telah teroksidasi, yang ditandai dengan rasa dan bau tengik dan menunjukkan kualitas minyak semakin menurun.

Pada minyak yang telah dilakukan proses netralisasi terjadi penurunan bilangan peroksida dengan hasil nilai yang diperoleh yaitu sebesar 5, hal ini terjadi karena pada proses netralisasi minyak juga dapat menghilangkan hasil samping degradasi dari minyak (Faidhan, 2016).

Tabel 8. Hasil bilangan penyabunan

Sampel	Bilangan Penyabunan (mg KOH/ g minyak)
Minyak Jelantah	1910,906
Minyak <i>Degumming</i>	1647,9375
Minyak Netralisasi	455,812

Penentuan bilangan penyabunan dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah miligram KOH yang di perlukan untuk menyabunkan satu gram lemak atau minyak. Bilangan penyabunan yang diperoleh mengalami peningkatan dimulai dari karakterisasi minyak goreng bekas pakai awal. Sedangkan pada proses netralisasi terjadi penurunan bilangan penyabunan, hal ini dapat terjadi karena semakin besar kandungan asam

lemak bebas maka semakin tinggi jumlah asam yang tersabunkan (Faidhan, 2016).

Pemurnian Lanjutan: Pemucatan (*Bleaching*)

Pada proses pemucatan, arang aktif yang telah dibuat dimasukan kedalam minyak hasil netralisasi. Tujuan dilakukannya pemucatan yaitu untuk dapat memperbaiki warna minyak goreng bekas pakai yang diperoleh.

Berdasarkan hasil penelitian pemucatan dengan arang aktif aktivasi, arang aktif tanpa aktivasi, dan arang komersial, didapatkan hasil minyak goreng bekas pakai yang mula-mula berwarna coklat menjadi warna kuning yang lebih jernih.

% Transmittan

Tabel 9. Hasil % Transmittan

Sampel	% T
Minyak awal	82,75
Minyak jelantah + arang komersial	46,85
Minyak jelantah + arang aktivasi	67,85
Minyak jelantah + arang tanpa aktivasi	62,45
Minyak jelantah	44,3

Tujuan pengukuran % transmittan yaitu dengan spektrofotometer UV-Vis yaitu untuk menentukan kejernihan dari warna minyak yang diperoleh. Minyak dan lemak mengandung zat-zat warna yang dapat menyerap cahaya pada spektrum, warna yang diperoleh menentukan mutu dari minyak dan lemak (Riyanta, 2016).

Kejernihan yang diperoleh tidak sesuai dengan %transmittan yang baik (mendekati 100%), semakin tinggi angka yang dihasilkan maka semakin baik tingkat kejernihannya. Hal ini terjadi kemungkinan pada proses netralisasi masih adanya zat-zat lain yang terjebak dalam komponen minyak. Proses *browning* yang terjadi selama penggorengan yaitu akibat adanya panas yang diberikan dan reaksi kerusakan vitamin serta lemak esensial, serta terbentuknya zat-zat lain yang dapat mempengaruhi warna minyak. Stabilitas minyak goreng juga dapat dipengaruhi oleh ketidakjenuhan asam lemak yang terkandung dalam minyak, dan banyaknya ikatan rangkap. Ada tidaknya bahan lain juga dapat mempercepat proses kerusakan minyak (Riyanta, 2016).

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, pada proses pembuatan arang aktif dengan aktivasi H₃PO₄ 9%, arang aktif tanpa aktivasi, serta dibandingkan dengan arang aktif komersial, didapatkan hasil untuk semua parameter seperti kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat memenuhi syarat SNI.

Proses pemurnian minyak goreng bekas pakai atau jelantah dibandingkan antara proses pemurnian dengan arang aktivasi, arang tanpa aktivasi, dan arang komersial. Pemurnian minyak dengan arang aktivasi memiliki kemampuan sebagai pemucat yang lebih efektif dibandingkan dengan arang aktif tanpa aktivasi dan komersial. Perlakuan yang menghasilkan kualitas karbon aktif terbaik yaitu pada arang aktif dengan aktivator H₃PO₄ 9% memiliki nilai kadar air 5.38%, kadar abu 1.515%, kadar zat menguap 7.35%, kadar karbon terikat 83.4%. Hasil pengujian transmittan minyak bekas pakai terjadi peningkatan nilai %transmittan dari 44.3% menjadi 67.85% setelah dilakukan proses adsorpsi dengan karbon aktif.

6 SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik atau parameter dari arang aktif tempurung pala, penggunaan aktivator lain seperti CaSO₄ dan karakteristik minyak goreng seperti angka asam, bilangan peroksida, sesudah dilakukan pemurnian.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan, S. (2008). Sifat arang aktif tempurung kemiri dan pemanfaatannya sebagai penyerap emisi formaldehida papan serat berkerapatan sedang [Tesis]. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor: Bogor: 9.
- Faidhan, F. (2016). Arang Aktif dari Limbah Tulang Bebek sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas [Skripsi]. Universitas Islam Bandung: Bandung.
- Fauziah, N. (2019). Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung Dari Kulit Acacia Mangium Wild Dengan Aktivasi Fisika Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben [Skripsi]. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian: Bogor.
- Fitriani, dan Nurul, H. (2018). Pemurnian Minyak

- Goreng Bekas Menggunakan Adsorben Biji Alpukat Teraktivasi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam*. Vol. 9, No. 2.
- Hulu, D. P. C. (2017). Peningkatan Mutu Minyak Ikan Sardin Dengan Degumming Menggunakan Larutan NaCl, *JPHPI 2017*, Volume 20 Nomor 1 Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 199
- Netty, S., Christine, F. M., Engel, V. P. (2017). Asap cair hasil pirolisis cangkang pala dan cangkang kemiri. *Unsrat Press: Jakarta*: 3-24.
- Puspita, K. C., dan Siti, T. (2018). Aplikasi Karbon Aktif Tempurung Keluwak (*Pangium Edule*) Sebagai Adsorben Untuk Pemurnian Jelantah, *Journal of Chemistry*, Vol. 7, No. 1.
- Riyanta, A.B. (2016). Peningkatan Mutu Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Adsorpsi Karbon Aktif Untuk Dibuat Sabun Padat. *Pancasakti Science Education Journal*
- Suroso, A. S. (2013). Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat Terhadap Penurunan Bilangan Asam Dan Kepekatan Warna Minyak Jelantah Melalui Proses Adsorpsi. *KONVERSI* Vol. 3 No. 1 April 2014.
- Sembiring, M. T., dan Tuti, S. S. (2003). Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya), *Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara*.
- Triyanto, A. (2013). Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Ampas Tebu Teraktivasi Dan Penetralan Dengan NaHSO_3 [Skripsi]. *Universitas Negeri Semarang: Semarang*: 14.
- Wijayanti, H., Harmin, N., Rajihah, A. (2012). Pemanfaatan Arang Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Ulin Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Goreng Bekas, *Konversi*, Vol. 1, No. 1.
- Yustinah, Frima, V. A. (2015). Pengaruh Temperatur Pada Proses Pemurnian Minyak Goreng Bekas Dengan Buah Mengkudu, *Konversi*, Vol. 4, Universitas Muhammadiyah Jakarta.