

## PENGARUH TERMPERATUR DAN WAKTU KONTAK TERHADAP ADSORPSI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN ADSORBEN DARI BAGAS

### *THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND CONTACT TIME ON THE ADSORPTION OF WASTE COOKING OIL USING BAGASSE ADSORBENT*

Rantiana Sera<sup>1</sup>, Donny Lesmana<sup>2</sup>, dan Atika Maharani<sup>3</sup>

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung  
E-mail: serarantiana@gmail.com

Dikirim 17 Juni 2019; Direvisi 12 Juli 2019; Disetujui 23 Juli 2019

**Abstrak:** Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sering digunakan oleh masyarakat. Minyak goreng yang sudah digunakan akan mengalami perubahan sifat dan bila ditinjau dari komposisi kimianya minyak goreng bekas mengandung senyawa yang bersifat karsinogenik yang dapat membahayakan kesehatan. Salah satu cara untuk mengolah minyak goreng bekas ialah dengan metode adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kadar free fatty acid (FFA) dan warna yang terdapat pada minyak goreng bekas menggunakan adsorben dari bagasse, dilakukan variasi temperatur adsorpsi 32, 40, dan 50oC, serta waktu adsorpsi selama 45, 90, dan 180 menit. Dalam penelitian ini diperoleh hasil terbaik penurunan kadar FFA pada temperatur 40-50oC dengan waktu kontak 180 menit sebesar 85.10% dan terjadi perubahan warna yang lebih jernih sebesar 14.925% pada temperatur 50oC dengan waktu kontak 180 menit.

**Kata kunci:** adsorpsi, bagasse, FFA, minyak goreng bekas, warna

**Abstract:** *Cooking oil is one of the basic needs that is often used by the community. Cooking oil that has been used will change its properties and when viewed from its chemical composition used cooking oil contains carcinogenic compounds that can endanger health. One way to process used cooking oil is by the adsorption method. This study aimed to reduce the levels of free fatty acid (FFA) and color found in used cooking oil using adsorbent from bagasse, adsorption temperature variations were 32, 40, and 50oC, and the adsorption time was 45, 90 and 180 minutes, respectively. In this study the best results were obtained for decreasing FFA at a temperature of 40-50oC with a contact time of 180 minutes at 85.10% and a clearer color change of 14.925% at a temperature of 50oC with a contact time of 180 minutes.*

**Keywords :** *adsorption, bagasse, color, FFA, used cooking oil*

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia sebagai pengolah bahan-bahan makanan. Minyak merupakan salah satu kelompok yang termasuk kelompok lipida. Satu sifat yang khas dan mencirikan golongan lipida (termasuk minyak) adalah daya larutnya dalam pelarut organik (misal eter, benzene, kloroform) atau sebaliknya ketidaklarutannya dalam pelarut air (Ramdja, 2010). Minyak goreng yang digunakan berkali-kali pada suhu penggorengan yang

cukup tinggi akan merusak kualitas minyak itu sendiri dan dapat mengakibatkan minyak cepat berasap atau berbusa (Rahayu dkk., 2014).

Pemanasan pada suhu tinggi dan lama dapat menyebabkan kerusakan asam lemak tak jenuh sehingga membentuk asam lemak jenuh dan berbagai jenis gugus radikal bebas (Edwar dkk., 2011). Penurunan mutu minyak goreng bekas dapat dilihat dari warna menjadi lebih gelap, aroma menjadi kurang enak, serta kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang tinggi (Rahayu dkk.,2014).

Masyarakat memiliki kebiasaan yakni memakai minyak goreng secara berulang-ulang hingga menjadi minyak jelantah. Secara fisik, minyak goreng yang baru dipakai satu-dua kali masih terlihat jernih sehingga cenderung untuk dipakai kembali. Alasan yang paling utama adalah penghematan biaya. Akan tetapi, ada persoalan terhadap penggunaan minyak bekas pakai tersebut yaitu keamanan minyak bagi kesehatan (Suroso, 2013).

Minyak jelantah yang berasal dari beberapa kali pengulangan penggorengan akan berwarna coklat gelap, kental dan berbau tengik akibat dari reaksi-reaksi selama pemanasan minyak (Yeni, 2014). Standar minyak goreng yang ditampilkan pada Tabel 1 tentu saja tidak terpenuhi oleh minyak jelantah karena minyak jelantah sudah mengalami kerusakan dan dekomposisi.

Tanda awal kerusakan minyak goreng ialah terbentuknya akrolein dari hidrasi gliserol yang membentuk aldehida tak jenuh (Viantini, 2015). Selain itu reaksi oksidasi pada minyak yang mula-mula membentuk peroksida dan hidroperoksida, kemudian selanjutnya akan terkonversi menjadi aldehida, keton, dan asam-asam lemak bebas (Viantini, 2015).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai metode-metode yang dapat digunakan untuk mengolah minyak goreng bekas agar kembali layak digunakan sesuai dengan standar mutu minyak goreng yang diperbolehkan. Wannahari dan Nordin pada tahun 2012 melakukan penelitian tentang pengurangan nilai peroksida pada minyak goreng bekas menggunakan adsorben *bagasse* tebu. Dalam penelitiannya dilakukan variasi berat adsorben dan waktu kontak antara adsorben dengan minyak goreng bekas. Didapatkan hasil bahwa kondisi optimum tercapai pada saat berat adsorben 7.5 gram dan waktu kontak selama 10 menit dengan penurunan nilai peroksida sebesar 21%. Sedangkan untuk penurunan FFA dicapai kondisi optimum pada berat 7.5 gram dan

waktu kontak 60 menit dengan nilai penurunan sebesar 82.14%.

Chairul Irawan, dkk pada tahun 2013 telah meneliti tentang pengurangan asam lemak bebas dan warna dari minyak goreng bekas dengan proses adsorpsi menggunakan campuran serabut kelapa dan sekam padi, dan didapatkan hasil optimum pada berat adsorben 20 gram dengan rasio sekam padi dan serabut kelapa sebesar 30:70 dengan penurunan kadar FFA 57,07% dan kadar warna 37,04%.

Pada tahun 2016 Gabriela Bonassa, dkk. Melakukan penelitian tentang aplikasi abu ampas tebu untuk minyak goreng bekas. Didapatkan hasil yakni waktu kontak selama 300 menit dengan berat adsorben 3,4 gram mampu menurunkan kadar bilangan asam sebesar 68%.

Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang penurunan kadar asam lemak bebas, dan perubahan warna pada minyak goreng bekas yang digunakan oleh pedagang waralaba dengan menggunakan proses adsorpsi dan *bagasse* tebu sebagai adsorbennya. Dimana adsorben akan dikontakan kedalam minyak goreng bekas dengan variasi perlakuan yaitu suhu adsorpsi sebesar 32, 40, dan 50°C serta waktu kontak adsorpsi selama 45, 90, dan 180 menit.

Penulis melakukan penelitian untuk menentukan serta menghitung besarnya pengaruh temperatur dan waktu kontak terhadap penurunan kadar asam lemak bebas dan perubahan warna dan kadar trigliserida pada minyak goreng bekas dengan menggunakan metode adsorpsi dan *bagasse* tebu sebagai adsorbennya. Dimana adsorben akan dikontakan kedalam minyak goreng bekas dengan variasi perlakuan yaitu suhu dan waktu kontak, lalu akan dihitung kadar asam lemak bebas, trigliserida dan diamati perubahan warna minyak sebelum dan sesudah diadsorpsi.

## B. Landasan Teori

### 1. Minyak Goreng Bekas (Jelantah)

Minyak jelantah merupakan minyak limbah hasil dari penggorengan yang dilakukan secara berulang-ulang sehingga menjadikan asam lemak yang terkandung didalamnya semakin jenuh. Biasanya minyak jelantah dapat dijumpai pada limbah rumah tangga, pedagang kaki lima, restoran, hotel maupun industri rumah tangga (Girsang, 2015). Minyak goreng tersusun atas asam lemak berbeda yaitu sekitar dua puluh jenis asam lemak. Asam lemak yang dikandung dalam minyak sangat menentukan mutu minyak itu sendiri, karena asam lemak tersebut menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak (Noriko, 2012).

Di Indonesia standar mutu minyak goreng ditentukan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) melalui SNI 01-3741-2002 yaitu sebagai berikut:

**Tabel 1.** Standar Mutu Minyak Goreng Indonesia

Kriteria Uji	Satuan	Syarat
Kedaaan bau, warna dan rasa	-	Normal
Air	%b/b	Maks 0.3
Asam lemak bebas	%b/b	Maks 0.3
Bahan Makanan Tambahan	Sesuai SNI 022-M dan Permenkes No. 722/Menkes/Per/IX/88	
Cemaran Logam:		
Besi (Fe)	mg/kg	Maks 1.5
Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 0.1
Raksa (Hg)	mg/kg	Maks 0.1
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 40
Timah (Sn)	mg/kg	Maks 0.005
Seng (Zn)	mg/kg	Maks 40.0/250.0
Arsen (As)	%b/b	Maks 0.1
Angka Peroksida	% mg O <sub>2</sub> /gr	Maks 1

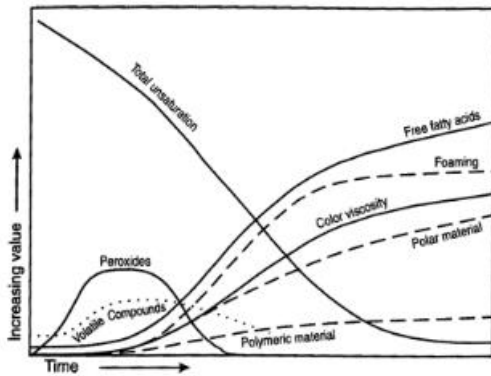
Berdasarkan Tabel 1 diatas, jika ada minyak goreng yang memiliki nilai diatas angka-angka tersebut, dapat dikatakan bahwa minyak tersebut sudah rusak dan kurang baik jika digunakan secara terus-menerus.

Kerusakan minyak atau lemak akibat pemanasan suhu tinggi (200-250<sup>0</sup>C) akan mengakibatkan keracunan dalam tubuh dan berbagai macam penyakit. Penurunan mutu minyak goreng bekas dapat dilihat dari warna yang berubah menjadi lebih gelap, aroma yang kurang sedap serta meningkatnya kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida (Rahayu, 2014).

Pada minyak yang rusak terjadi proses oksidasi, polimerisasi, dan hidrolisis. Proses tersebut menghasilkan peroksida yang bersifat toksik dan asam lemak bebas yang sukar dicerna oleh tubuh (Utari, 2013).

### 2. Reaksi Selama Proses Menggoreng

Minyak atau lemak perannya bukan hanya sebagai pengangkut vitamin-vitamin penting yang larut dalam minyak (A, D, E, dan K) dalam , melainkan juga berperan dalam proses pembentukan otak dan kecerdasan manusia serta kesehatan tubuh pada umumnya (Yulia, dkk). Selama proses penggorengan, minyak mengalami reaksi degradasi yang disebabkan oleh panas, udara, dan air sehingga mengakibatkan terjadinya oksidasi, hidrolisis, dan polimerisasi. Perubahan sifat kimia dan fisika pada minyak selama penggorengan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 1.** Perubahan Kimia dan Fisika Minyak Selama Proses Mengoreng (Choe and Min, 2007)

Dari gambar diatas, terlihat bahwa semakin lama waktu penggorengan maka akan menyebabkan nilai asam lemak bebas (*free fatty acid*), dan viskositas warna minyak makin meningkat.

#### a. Oksidasi

Proses oksidasi pada minyak goreng menyebabkan warna minyak menjadi gelap, diprediksikan bahwa senyawa berwarna pada bahan yang digoreng terlarut dalam minyak dan menyebabkan terbentuknya warna gelap. Terdapat 3 tahap reaksi oksidasi yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi (deMan, 1999). Pada tahap inisiasi, terjadi pembentukan radikal dari molekul lipida atau trigliserida. Asam lemak tak jenuh yang terdapat pada minyak memiliki ikatan rangkap, sehingga terdapat atom H yang tidak stabil pada rantai lemak. Akibat adanya pemanasan, atom H dapat lepas dari ikatannya.

Reaksi propagasi merupakan reaksi dimana satu radikal bebas lemak di konversi menjadi radikal bebas lemak yang berbeda. Pada saat radikal (R.) sudah terbentuk, senyawa tersebut akan bereaksi dengan oksigen dan membentuk radikal peroksida (ROO.). Pada saat molekul hidrogen tak jenuh (RH) bergabung akan menghasilkan *hydroperoxide* (ROOH) dan radikal bebas (R) yang baru. Reaksi propagasi juga dapat terjadi ketika oksigen ditambahkan pada rantai alkil pada lemak.

Reaksi ini berlangsung terus menerus selama asam lemak tak jenuh masih tersedia.

Tahapan terminasi terjadi ketika jumlah asam lemak tak jenuh pada minyak sudah menurun drastis. Jumlah *hydroperoxide* (dilihat dari bilangan peroksida) sudah tinggi, yang menunjukkan bahwa minyak sudah rusak (deMan, 1999).

#### b. Polimerisasi termal

Polimerisasi ialah proses pembentukan rantai molekul raksasa polimer dari unit-unit molekul terkecilnya (mer atau meros) melibatkan reaksi yang kompleks (Saptono, 2009). Polimerisasi termal merupakan proses polimerisasi minyak yang terjadi karena panas baik dengan adanya oksigen maupun tidak. Panas dapat memutus molekul minyak atau asam lemak. Komponen yang telah terputus kemudian dapat saling berinteraksi dan berikatan membentuk molekul yang lebih besar yang disebut polimer (Gupta, 2005). Ketika polimer telah terbentuk dalam jumlah yang cukup banyak, maka viskositas dari minyak akan meningkat. Polimer dapat menyebabkan degradasi minyak lebih cepat, menaikkan viskositas, mengurangi transfer panas, memproduksi buih selama penggorengan, dan membuat warna yang tidak diinginkan pada makanan. Polimer juga menyebabkan absorpsi minyak yang tinggi pada makanan (Choe E and Min, 2007).

#### c. Hidrolisis

Reaksi hidrolisis terjadi akibat interaksi antara air dengan lemak yang menyebabkan putusnya beberapa asam lemak dari minyak menghasilkan *Free Fatty Acid* (FFA) dan gliserol. FFA mudah mengalami oksidasi dan mengalami dekomposisi lebih lanjut melalui reaksi radikal bebas (Yustinah, 2015).

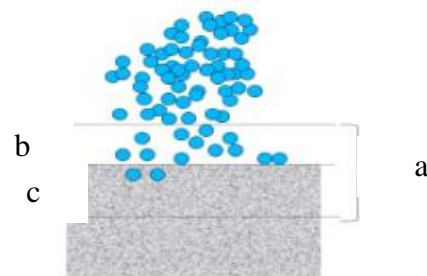
Hidrolisis merupakan proses lepasnya komponen asam lemak bebas yang terdapat pada minyak akibat proses *lipolysis*. Lipolisis adalah proses hidrolisis ikatan ester pada lemak (*triacylglycerols*) sehingga menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Asam lemak bebas rantai pendek akan menghasilkan bau khas yang tidak sedap yang dikenal dengan istilah tengik. Proses lipolisis dapat terjadi akibat pengaruh enzim, atau pemberian panas, dan air. Terbentuknya asam lemak bebas dengan 6-10 rantai hidrokarbon dapat menunjukkan kerusakan pada minyak (Rahajeng, dkk. 2014).

Air, uap, dan oksigen memulai reaksi kimia dalam minyak goreng dan makanan ketika makanan digoreng dalam minyak panas. Air, sebuah nukleofil lemah, menyerang jaringan ester dari triasilgliserol dan menghasilkan di- dan *monoacylglycerols*, gliserol, dan asam lemak bebas. Di- dan *monoacylglycerols*, gliserol, dan asam lemak bebas mempercepat reaksi hidrolisis lebih lanjut pada minyak (Choe and Min, 2007). Kandungan asam lemak bebas meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah atau pengulangan penggorengan.

### 3. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pemisahan komponen tertentu dari satu fasa fluida (larutan) ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben) (Yustinah, 2015). Perpindahan massa terjadi melalui batas antara dua fasa yaitu: gas-padat, cair-padat. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik-menarik permukaan (Asip, 2008). Karena adanya gaya tarik-menarik di permukaan, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada konsentrasinya dalam fasa gas terlarut dalam larutan.

Ilustrasi dari proses adsorpsi dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2.** Ilustrasi Proses Adsorpsi (a) Interface (b) Adsorption space (c) Surface layer of solid

Selama proses adsorpsi terjadi, ada 3 tahapan yang terjadi (Karthikeyan, et.al.2016):

1. Perpindahan dari spesies adsorbat masuk ke permukaan terluar adsorben (difusi lapisan film)
2. Perpindahan dari spesies adsorbat ke pori adsorben kecuali pada adsorpsi rendah, yang mana terjadi pada permukaan luar (difusi partikel)
3. Adsorpsi spesies adsorbat pada permukaan dalam dari adsorben.

### 4. Adsorben

Adsorben dapat didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Hendra, 2008). Adsorben ialah material yang dapat mempertahankan cairan atau gas didalamnya. Selain itu adsorben merupakan material berpori yang dalam proses adsorpsi berlangsung pada dinding pori-pori atau pada lokasi tertentu pada pori tersebut.

Minyak yang telah rusak secara umum dapat di identifikasikan berdasarkan sifat fisik dan kualitas dari makanan yang digoreng. Busa, viskositas, titik api, bau

dan warna merupakan parameter yang berhubungan dengan akumulasi signifikan dari senyawa yang terdegradasi (Somnuk, *et al.* 2013). Adsorben telah digunakan sebagai media penyerap untuk pemulihan minyak yang sudah digunakan berkali-kali khususnya dalam hal karakter fisik seperti warna dan bau (Somnuk, *et al.* 2013).

Penggunaan adsorben merupakan metode yang efektif dalam pengolahan minyak goreng bekas (Baptise, dkk., 2013). Pengurangan asam lemak bebas, warna, dan kekentalan telah dilakukan dengan menggunakan adsorben berupa bentonit dan magnesium silica (Somnuk, *et al.* 2013).

Pada umumnya ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energi yang diperlukan pada proses pembuatan gula sehingga pada prosesnya akan menghasilkan cukup banyak ampas (Lucky, 2015). Pada serat ampas tebu terdapat selulosa yang mengandung gugus aktif karboksil dan lignin yang mengandung gugus fenolat (Lucky, 2015). Komposisi kimia ampas tebu dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.** Komposisi Ampas Tebu (*Bagasse*)

Komposisi Kimia	%Kandungan
Abu Lignin	0.79
Pentosa	12.70
Sari (alkohol)	27.90
Benzen	2
Selulosa	44.7
Kelarutan dalam air panas	3.70

(Ramdja, 2010)

Pada serat ampas tebu terdapat selulosa yang mengandung gugus aktif karboksil dan lignin yang mengandung gugus fenolat. Adanya kandungan selulosa dan lignin pada ampas tebu berpotensi untuk dijadikan adsorben pada proses adsorpsi (Yoseva dkk, 2015).

Syarat adsorben yang baik antara lain:

- Memiliki daya jerap tinggi.
- Tidak beracun.
- Tidak menghasilkan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan.
- Zat padat yang memiliki luas permukaan yang besar.
- Tidak larut dalam zat yang akan diadsorpsi.
- Dapat diregenerasi.
- Tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau.
- Mudah didapat dan harganya murah.

#### 5. Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi itu sendiri antara lain (Syauqiah dkk, 2011):

##### a) Ukuran Partikel Adsorben

Semakin kecil ukuran partikel, maka laju difusi akan semakin cepat. Difusi melewati lapisan film permukaan akan sangat cepat bila dibandingkan dengan difusi kedalam interior pori (Lin, 1979). Semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaannya, sehingga akan semakin banyak zat yang teradsorpsi.

Persentase massa adsorben untuk adsorpsi minyak jelantah menggunakan ampas tebu adalah sebesar 5 sampai 10 % (Bonassa dkk, 2016). Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan didapatkan massa adsorben optimum pada proses adsorpsi minyak jelantah adalah 20% dari berat minyak dimana adsorpsi dilakukan secara batch selama 60 menit menggunakan campuran serabut kelapa dan sekam padi (Irawan dkk, 2013), rasio adsorben arang aktif kulit pisang terbaik yaitu 10% (Nasir dkk, 2014), rasio adsorben 8% adalah yang terbaik untuk perubahan warna minyak (Wannahari R & M Nordin, 2012).

##### b) Konsentrasi Adsorben

Ukuran partikel yang lebih kecil akan meningkatkan luas permukaan adsorben. Peningkatan luas permukaan ini liner

dengan log (1/ukuran partikel). Dengan tingginya luas permukaan, maka adsorbat yang akan terserap akan semakin banyak (Lin, 1979).

c) Waktu Kontak

Untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi, maka dibutuhkan waktu kontak yang cukup antara adsorbat dengan adsorben (Surezt, 2008).

d) Konsentrasi Adsorbat

Pengurangan kuantitas adsorbat dari larutannya akan sebanding dengan konsentrasi awal adsorbat pada fasa cairannya (Lin, 1979). Karena makin banyak adsorbat yang akan teradsorpsi maka laju adsorpsi akan makin meningkat.

e) Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran adsorbat akan mempengaruhi laju adsorpsi. Dimana molekul-molekul yang lebih besar akan mengurangi laju adsorpsi (Lin, 1979). Agar proses adsorpsi dapat terjadi, maka ukuran molekul adsorbat harus lebih kecil dari ukuran diameter pori adsorben (Shofa, 2012). Hal ini karena semakin besar ukuran molekulnya, kemampuan adsorbat berpindah dari fasa cairan menuju fasa padatan akan makin berkurang.

f) Kepolaran Zat

Untuk adsorben yang bersifat non-polar misalnya arang aktif, maka molekul adsorbat non-polar akan lebih kuat untuk diadsorpsi dibandingkan dengan molekul polar. Contoh adsorbat non-polar yakni methanol, etanol, kelompok hidrokarbon.

g) Temperatur

Pada adsorpsi fisika, terjadi pembebasan sejumlah energi (eksotermis) saat molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben. Sehingga jika suhu menurun, maka kemampuan adsorpsi akan meningkat dan jumlah molekul adsorbat pada permukaan adsorben akan bertambah (Shofa, 2012). Lain halnya dengan adsorpsi kimia yang merupakan proses endotermis, sehingga pada adsorpsi kimia laju adsorpsi akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Proses adsorpsi merupakan proses endotermis, maka peningkatan suhu akan meningkatkan

jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Temperatur berpengaruh terhadap proses adsorpsi karena dapat meningkatkan laju perpindahan material yang akan diadsorpsi ke dalam pori, namun temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan desorpsi dimana desorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi (Bonassa dkk, 2016). Pemanasan pada suhu di atas 60°C dapat merusak warna pada minyak (Irawan dkk, 2013).

h) Pengadukan

Jika proses pengadukan relatif kecil, maka adsorban sukar menembus lapisan film antara permukaan adsorben dan *film diffusion* yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan (Asip, 2008).

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas dapat dilakukan dengan mengaktifasi secara fisika seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktifasi secara kimia.

## 6. Penelitian Terdahulu

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai metode-metode yang dapat digunakan untuk mengolah minyak goreng bekas agar kembali layak digunakan sesuai dengan standar mutu minyak goreng yang diperbolehkan. Dan dari penelitian-penelitian terdahulu inilah ditentukan variabel tetap pada penelitian ini.

Wannahari, R dan M.F.N Nordin, 2012 melakukan penelitian tentang pengurangan nilai peroksida pada minyak goreng bekas menggunakan adsorben *bagasse* tebu. Dalam penelitiannya dilakukan variasi berat adsorben dan waktu kontak antara adsorben dengan minyak goreng bekas. Didapatkan hasil bahwa kondisi optimum tercapai pada saat berat adsorben 7.5 gram dan waktu kontak selama 10 menit dengan

penurunan nilai peroksida sebesar 21%. Sedangkan untuk penurunan FFA dicapai kondisi optimum pada berat 7.5 gram dan waktu kontak 60 menit dengan nilai penurunan sebesar 82.14%.

Chairul Irawan, dkk pada tahun 2013 telah meneliti tentang pengurangan asam lemak bebas dan warna dari minyak goreng bekas dengan proses adsorpsi menggunakan campuran serabut kelapa dan sekam padi, dan didapatkan hasil optimum pada berat adsorben 20 gram dengan rasio sekam padi dan serabut kelapa sebesar 30:70 dengan penurunan kadar FFA 57,07% dan kadar warna 37,04%.

Pada tahun 2014 Lucia H Rahayu, dkk pun melakukan penelitian tentang potensi sabut dan tempurung kelapa sebagai adsorben untuk meregenerasi minyak jelantah, pada penelitiannya ia melakukan variasi metode perlakuan awal adsorben, dan didapatkan hasil bahwa metode terbaik ialah metode tidak diarangkan dan dihilangkan ligninnya dengan hasil penurunan kadar FFA dan bilangan peroksida berturut-turut 75,73%, 93,39%. Sementara itu kemampuan adsorpsi dari serabut dan tempurung kelapa dalam mengadsorpsi senyawa warna masih sangat kecil yaitu hanya 0,093% dari total senyawa warna.

Pada tahun 2016 Gabriela Bonassa, dkk. Melakukan penelitian tentang aplikasi abu ampas tebu untuk minyak goreng bekas. Didapatkan hasil yakni waktu kontak selama 300 menit dengan berat adsorben 3,4 gram mampu menurunkan kadar bilangan asam sebesar 68%. Kemudian ditahun yang sama Ernawati, dkk juga melakukan penelitian mengenai penurunan asam lemak bebas pada minyak goreng bekas menggunakan ampas tebu untuk pembuatan sabun. Didapatkan hasil yakni waktu kontak terbaik terjadi selama 72 jam tanpa pemanasan dan dapat menurunkan kadar FFA sebesar 50% dengan massa adsorben yang digunakan sebesar 5 gram.

## METODOLOGI

Metode Penelitian dilakukan secara beberapa tahapan sebagai berikut:

### 1. Pembuatan adsorben

*Bagasse* (ampas tebu) yang digunakan berasal dari pabrik gula di daerah Lampung Tengah yakni PT. Gunung Madu Plantation. Tahapan dalam persiapan adsorben dari *bagasse* (ampas tebu) mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Wannahari, et.al. 2012 adalah sebagai berikut: *washing* (pencucian), dehidrasi (penghilangan kadar air), *size reduction* (pengecilan ukuran), pengayakan, aktivasi, netralisasi, dan pengeringan.

### 2. Persiapan minyak jelantah

Minyak jelantah yang digunakan ialah minyak yang diperoleh dari waralaba di Kota Bandar Lampung. Sebelum dikontakan dengan adsorben, minyak jelantah disaring dan dipanaskan terlebih dahulu, kemudian dimasukkan kedalam *beaker glass* untuk dianalisis kadar FFA (*Free Fatty Acid*) dan warna sebelum dikontakkan dengan adsorben.

### 3. Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan secara batch dalam sebuah gelas *beaker* yang diletakan diatas *hot plate*. Minyak jelantah sebanyak 100 ml dikontakan dengan 3,4 gram adsorben. Kemudian minyak jelantah yang sudah bercampur dengan adsorben dipanaskan diatas *hot plate* pada suhu dan waktu yang telah divariasikan, selain itu juga dilakukan pengadukan 100 rpm oleh *magnetic stirrer*. Setelah adsorpsi selesai, adsorben dan minyak hasil adsorpsi dipisahkan menggunakan kertas saring kemudian minyak hasil adsorpsi dimasukkan kedalam botol penyimpanan untuk selanjutnya dilakukan analisis produk setelah adsorpsi.



#### 4. Analisis produk

Analisis pada produk meliputi uji kadar asam lemak bebas dan perubahan warna minyak. Analisis kadar asam lemak bebas dilakukan menggunakan teknik titrasi asam basa dengan indikator PP dan NaOH 0,1 N sebagai titran nya. Perhitungan persentase kadar asam lemak bebas dapat dihitung dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$FFA (\%) = \frac{V \times C_{NaOH} \times BM_{NaOH}}{m} \quad (1)$$

Keterangan:

FFA : Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid*)

V : Volume NaOH yang digunakan (ml)

C : Konsentrasi larutan NaOH

BM : Berat Molekul

M : Berat sampel yang di titrasi (gram)

Sedangkan analisis warna dilakukan dengan teknik spektrometri menggunakan UV-Vis Spektrofotometer dengan panjang gelombang 450 nm dan akan menghasilkan nilai absorbansi pada tiap-tiap sampel yang dianalisis.

Analisis trigliserida dilakukan menggunakan UV-Vis Spektrofotometer dengan panjang gelombang 380 nm dan akan menghasilkan nilai absorbansi pada tiap-tiap sampel yang dianalisis.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

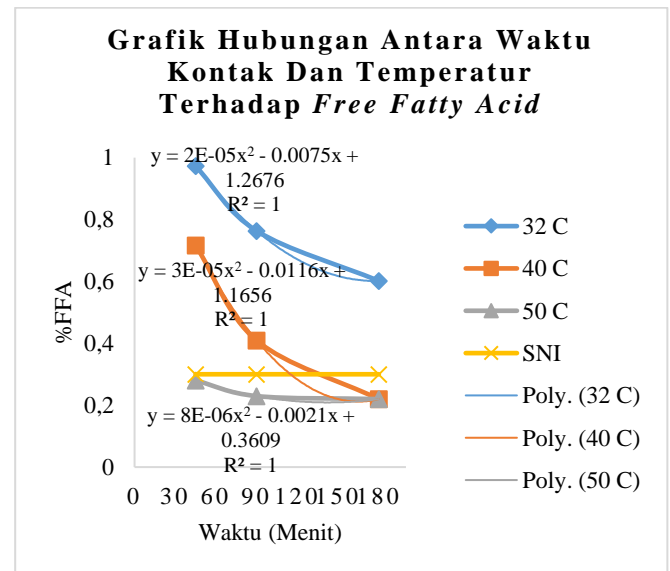
#### A. Penurunan Asam Lemak Bebas

Penelitian ini dilakukan dengan variasi temperatur yaitu 32°C, 40°C, dan 50°C serta variasi waktu kontak selama 45 menit, 90 menit, dan 180 menit. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, data hasil penelitian mengenai nilai penurunan kadar FFA secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel berikut:

**Tabel 2.** Kadar Asam Lemak Bebas

Suhu Adsorpsi (°C)	Waktu Kontak (menit)	FFA (%)	Penurunan (%)
Minyak Jelantah Sebelum Proses Adsorpsi		1.47	-
32	45	0.97	33.99
32	90	0.76	48.21
32	180	0.60	59.16
40	45	0.71	51.37
40	90	0.40	72.23
40	180	0.21	85.10
50	45	0.27	80.99
50	90	0.22	84.42
50	180	0.22	85.08

Dari data pada Tabel 2, dapat dilihat penurunan kadar asam lemak bebas setelah proses adsorpsi menggunakan *bagasse*. Jika data tersebut diplot kedalam sebuah grafik, maka dapat dilihat pada Gambar berikut:



**Gambar 3.** Hubungan Waktu Kontak dan Temperatur Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas

Dari grafik diatas terlihat bahwa adanya hubungan antara waktu kontak dengan kadar FFA dalam sampel. Semakin lama waktu kontak adsorpsi maka kadar FFA dalam sampel makin rendah namun laju penyerapan FFA semakin kecil. Laju penyerapan FFA pada waktu 45 menit, 90 dan 180 menit berturut-turut sebesar 0,0057 mol/menit, 0,0039 mol/menit dan 0,0003 mol/menit. Hal ini disebabkan karena semakin lama adsorben berkontak dengan adsorbat maka pada situs aktif adsorben akan dipenuhi oleh adsorbat, sehingga pada waktu kontak terlama yakni 180 menit kelajuannya menurun akibat sudah terisinya situs aktif permukaan adsorben oleh adsorbat. Pada kondisi temperatur 40°C dengan waktu kontak 180 menit memberikan produk terbaik dengan nilai FFA terendah dibandingkan dengan kondisi yang lain yakni sebesar 0.2196%.

Dari data pada Tabel 2 kadar FFA sebelum diadsorp sebesar 1.47%, sehingga terjadi penurunan %FFA sebesar 85.10%. Hal ini disebabkan karena asam lemak bebas yang terdapat pada minyak jelantah mengandung senyawa yang memiliki gugus –COOH dan gugus tersebut dapat berikatan dengan gugus –OH yang dimiliki oleh selulosa yang terkandung dalam adsorben ampas tebu (Irawan, 2013). Gugus –OH ini bersifat elektronegatif (basa) dan polar sehingga dapat berinteraksi dengan gugus –COOH dari FFA minyak jelantah yang bersifat elektropositif (asam) dan polar (Rahayu, dkk., 2014). Semakin tinggi temperatur adsorpsi maka tumbukan antar molekul adsorben makin cepat, sehingga menimbulkan gaya tarik-menarik berupa gaya *Van der Waals* dan menyebabkan adsorbat dapat tertarik ke dalam pori-pori adsorben.

Perbedaan temperatur 40°C dan 50°C dengan waktu kontak yang sama tidak memberikan perbedaan hasil yang berarti. Hal ini menandakan bahwa pada temperatur diatas 40°C dengan waktu kontak 180 memungkinkan terjadinya proses penjenuhan adsorben sehingga

menyebabkan daya serapnya menurun. Selain itu juga jika temperatur dinaikan terus-menerus, akan ada kemungkinan terjadinya degradasi termal pada proses adsorpsi dan dapat merusak struktur adsorben yang dipakai sebagai media penyerap (Viantini dan Yustinah, 2015) sehingga akan memberikan pengaruh yang tidak berarti terhadap penurunan asam lemak bebas (Mangallo, 2014). Temperatur adsorpsi tidak hanya mempengaruhi daya adsorpsi nya melainkan hasil adsorpsinya juga (Laksono, E.W., 2002).

### B. Perubahan Warna

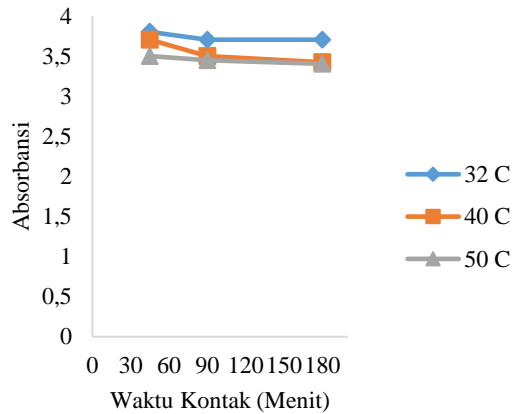
Data perubahan warna secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel berikut:

**Tabel 3.** Perubahan Warna Minyak

Suhu Adsorpsi (°C)	Waktu Kontak (menit)	Abs	Reduced (%)
Minyak Sebelum Proses Adsorpsi	Jelantah	4	-
32	45	3.801	4.975
32	90	3.704	7.4
32	180	3.704	7.4
40	45	3.704	7.4
40	90	3.5	12.5
40	180	3.423	14.425
50	45	3.5	12.5
50	90	3.449	13.775
50	180	3.403	14.925

Pada Tabel 3 diatas terlihat bahwa perolehan warna minyak setelah adsorpsi yang paling jernih adalah pada temperatur 50°C dengan waktu kontak selama 180 menit yaitu dengan nilai absorbansi sebesar 3.403. Jika Tabel 3 diubah kedalam sebuah grafik, maka akan terlihat seperti Gambar berikut:

## Grafik Hubungan Waktu Kontak Dan Temperatur Terhadap Warna



**Gambar 4.** Hubungan Waktu Kontak dan Temperatur Terhadap Warna

Ampas tebu memiliki kandungan selulosa sebesar 44.7%. Selulosa memiliki gugus hidroksil –OH dan zat warna pada minyak jelantah mengandung gugus-gugus yang dapat bereaksi dengan gugus –OH pada selulosa (Irawan, dkk., 2013). Sehingga zat warna tersebut dapat terikat pada adsorben dari *bagasse*. Perlakuan dengan adsorben ampas tebu pada berbagai perlakuan jika dilihat secara kasat mata hampir semua terlihat sama warnanya. Kekeruhan minyak jelantah dapat berkurang akibat kemampuan ampas tebu dalam menyerap partikel padat penyebab kekeruhan. Luas permukaan adsorben dari *bagasse* bertindak sebagai penjerap bahan yang tersuspensi pada minyak jelantah. Kemampuan adsorben ini disebabkan akibat adanya situs-situs aktif yang terdapat pada adsorben *bagasse* yang terbentuk selama proses aktivasi (Mangallo, 2014). Hal inilah yang menyebabkan perubahan warna pada minyak. Dari hasil analisis yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa semakin kecil nilai absorbansi, maka semakin jernih sampel yang dianalisis.

Produk dengan nilai absorbansi terbesar didapat pada kondisi temperatur 32°C dengan waktu kontak selama 45 menit yaitu sebesar 3.801. Dengan nilai sebesar 3.801 ini hanya terjadi penurunan nilai absorbansi sebesar 4.975% dari nilai absorbansi awal jelantah. Hal ini disebabkan karena pada waktu kontak 45 menit adsorben belum jenuh dari partikel-partikel penyebab kekeruhan minyak. Sedangkan adsorpsi telah dihentikan, sehingga penyerapan berlangsung kurang maksimal.

Kejernihan minyak menunjukkan jumlah partikel padat yang tersuspensi pada minyak jelantah. Penyerapan yang sedikit menunjukkan bahwa partikel yang tersuspensi di dalamnya sedikit dan kejernihan minyak sudah tinggi (Girsang, dkk., 2015). Semakin cerah warna minyak yang dianalisis akan menghasilkan nilai absorbansi yang semakin kecil (BPLG, 2009 dalam Irawan, dkk., 2013).

Absorbansi cahaya pada UV-Vis menyebabkan transisi elektronik yaitu perpindahan elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital berenergi lebih tinggi (Viantini, 2015). Zat warna, suspensi koloid, dan hasil degradasi dalam minyak akan diserap oleh permukaan adsorben (Rosita dalam Pakpahan, dkk., 2013).

Fenomena adsorpsi disebabkan oleh adanya interaksi antara molekul-molekul komponen dengan permukaan bahan penyerap dimana gaya-gaya Van Der Waals bekerja serta adanya gaya tarik menarik Coloumb yang prinsip kerjanya karena adanya perbedaan muatan positif dan negatif (Kusumaningrum, dkk., 2016).

### C. Kadar Trigliserida

Data hasil penurunan kadar trigliserida pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.** Kadar Trigliserida

Suhu Adsorpsi (°C)	Waktu Kontak (menit)	TG (mg/dL)	Penurunan (%)
Minyak Jelantah Sebelum Proses Adsorpsi		51	-
32	45	25.7272	49.55437
32	90	23.6363	53.65419
32	180	23.2727	54.3672
40	45	24.5454	51.87166
40	90	23.3636	54.18895
40	180	22.6363	55.61497
50	45	23.7272	53.47594
50	90	23.2727	54.3672
50	180	22.4545	55.97148

Tabel diatas menunjukkan perolehan kadar trigliserida pada minyak jelantah. Persentase penurunan trigliserida terkecil adalah pada temperatur 32°C dengan waktu kontak 45 menit.

Diketahui bahwa semakin cepat waktu kontak maka semakin kecil penurunan kadar trigliserida, dan semakin rendah temperatur menyebabkan makin kecil pula penurunan kadar trigliseridanya. Terlihat bahwa produk terbaik yaitu dengan penurunan kadar trigliserida yang paling kecil ada pada temperatur 32°C dengan waktu adsorpsi selama 45 menit yakni sebesar 25.727 mg/dL. Kadar trigliserida pada minyak jelantah sebelum diadsorpsi sebesar 51 mg/dL sehingga pada kondisi ini terjadi penurunan kadar trigliserida sebesar 49.55% dari kadar trigliserida awal sebelum minyak jelantah diadsorpsi. Sedangkan untuk minyak baru mengandung trigliserida sebanyak 3.6 mg/dL. Sehingga hasil yang didapat belum mencapai kondisi seperti pada kondisi minyak yang baru. Dapat dikatakan bahwa semakin kecil penurunan kadar trigliserida

maka semakin baik produk yang dihasilkan. Karena trigliserida esensinya adalah minyak, sehingga jika jumlah atau kadar trigliserida tinggi, ini menandakan bahwa minyak yang terdapat dalam sampel juga banyak. Trigliserida tersusun atas asam lemak bebas dan gliserol (Diana, 2015). Semakin lama waktu kontak adsorpsi maka kadar trigliserida dalam sampel makin rendah namun laju penyerapan trigliserida semakin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin lama adsorben berkontak dengan adsorbat maka pada situs aktif adsorben akan dipenuhi oleh adsorbat berupa trigliserida, sehingga pada waktu kontak terlama yakni 180 menit kelajuannya menurun akibat sudah terisinya situs aktif permukaan adsorben oleh adsorbat.

Proses adsorpsi dapat terjadi dengan adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan yang tidak seimbang. Gaya ini menyebabkan padatan cenderung menarik molekul-molekul yang lainnya bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas maupun fasa larutan kedalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan (Sarwadi, 2014). Kinetika adsorpsi merupakan laju penyerapan suatu fluida oleh adsorben dalam jangka waktu tertentu (Hanum, dkk., 2017).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Temperatur dan waktu kontak adsorpsi mempengaruhi penurunan asam lemak bebas dan perubahan warna minyak. Semakin tinggi temperatur, dan semakin lama waktu kontak dengan adsorben maka semakin besar penurunan nilai kadar asam lemak bebas dan perubahan warna pada minyak. Produk terbaik di dapat pada temperatur 50°C selama 180 menit waktu kontak dengan nilai kadar FFA sebesar 0.2196%, nilai absorbansi warna 3.403 dengan persentase penurunan berturut-turut

sebesar 85.10% dan 14.925%. Karakteristik produk penelitian yang diperoleh telah memenuhi kriteria standar mutu minyak goreng yang tertuang dalam SNI No. 01-3741-2002.

Adapun saran yang diberikan ialah untuk kedepannya disarankan melakukan adsorpsi dengan menggunakan ukuran adsorben yang lebih halus atau lebih kecil agar didapatkan luas permukaan yang lebih besar, sehingga daya serap terhadap asam lemak bebas serta perubahan warnanya dapat lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asip, F. (2015). Uji Efektifitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi Ion Fe Dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.15 No.2.
- Baptise, B. J., Esther, N., Mirela, P., & Richard, K. (2013). Adsorption Isotherm and Kinetics Modeling of Carotene and Free Fatty Acids Adsorption from Palm Oil onto Montmorillonite. *International Journal of Biosciences Vol. 3, NO. 3*, 15-24.
- Bonassa, G., Schneider, L. T., Alves, H. J., Ricardo, T., Meier, W., Frigo, E. P., & Teleken, J. G. (2016). Sugarcane Bagasse Ash for Waste Cooking Oil Treatment Applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*.
- BPLG. 2009. *Standar Operating Procedure (SOP) tentang Analisis Tingkat Kecerahan Warna dengan Nanocolor*. Jakarta: Badan Pusat Lingkungan Geologi.
- Choe, E and Min, D.B.,. (2007). Chemistry of Deep Fat-Frying Oils. *Journal of Food Science*. Vol. 00, Nr. 0.
- Coulson and Richardson. 2002. *Particle Technology and Separation Process*. 5<sup>th</sup> ed. Vol. 2 : Butterworth Heinemann.
- DeMann, J. M. (1999) *Principles of Food Chemistry Third Edition*, An Aspen Publication, Gaithersburg Maryland.
- Diana A,M., Nuryana F,M. 2015. *Metabolisme Glukosa, Urea, dan Trigliserida (Teknik Spektrofotometri)*.
- Edwar, Z. (2011). Pengaruh Pemanasan Terhadap Kejenuhan Asam Lemak Minyak Goreng Sawit dan Minyak Goreng Jagung. *J Indon Med Assoc*, Vol. 61, No. 6.
- Girsang, E. (2015). Serbuk Biji Salak (Salacca zalacca) Sebagai Biosorben Dalam Memperbaiki Kualitas Minyak Goreng Bekas. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*. SNPS.Surakarta.
- Hajar, E. I., & Mufidah, S. (2016). Penurunan Asam Lemak Bebas pada Minyak Goreng Bekas Menggunakan Ampas Tebu untuk Pembuatan Sabun. *Jurnal Integrasi Proses Vol. 6, No. 1*, 22-27.
- Hanum, F., Gultom, R. J., & Simanjuntak, M. (2017). Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru dengan Karbon Aktif dari Kulit Durian Menggunakan KOH dan NAOH sebagai Aktivator. *Jurnal Teknik Kimia USU, Vol.6, No. 1*, 49-55.
- Hendra,R. (2008). *Pembuatan Karbon Aktif*. Depok:Universitas Indonesia.
- Indriyani Kus. (2005). Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Aktivator Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

- Irawan,dkk. (2013). Pengurangan Kadar Asam Lemak Bebas (Free Fatty Acid) dan Warna Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Campuran Serabut Kelapa dan Sekam Padi. *Konversi*, Vol 2 No.2.
- Jamilatun Siti.2014.*Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Asap Cair*.Yogyakarta:Universitas Ahmad Dahlan
- Jimenez V,et al.*Materials for Activated Carbon Fiber Synthesis*.Spain:University of Castilla.
- Karthikeyan K.T,et al. (2016). A Discussion About Surface Diffusion Mechanism for the Adsorption of Basic Green 4 Dye on to Various Nano Structured Carbon Materials. *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology*. Vol.14 (165-174).
- Kurniadin, A., & Murdiono. (2011). *Penjernihan Minyak Goreng Bekas dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Arang Biji Salak*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Kusumaningrum, W., & Nurhayati, I. (2016). Penggunaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Media Adsorpsi untuk Menurunkan Kadar Fe (BEsi) dan Mn (Mangan) Pada Air Sumur Gali di Desa Gelam Candi. *Jurnal Teknik Waktu Volume 14 Nomor 01*, 1-7.
- Laksono, E.W., (2007). Studi Mekanisme Adsorpsi Menggunakan XPS. *Juridik Kimia FMIPA UNY*. ISBN: 978-979-99314-2-9. Yogyakarta.
- Lin Chien. (1979). *Kinetics and Mechanism of Adsorption of Heavy Metal Ions on Activated Carbon*. Texas: Texas Tech University.
- Lucky,P, Y. (2015). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Adsorben Untuk Peningkatan Kualitas Air Gambut. *JOM*, Vol.2 No.1.
- Mangallo, B. dkk. (2014). Efektivitas Arang Aktif Kulit Salak Pada Pemurnian Miyak Goreng Bekas. *Chem.Prog*. Vol. 7, No. 2.
- Nasir, N. W., Nurhaeni, & Musafira. (2014). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Kepok (Musa Normalis) sebagai Adsorben untuk Menurunkan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas. *Online Jurnal of Natural Science*, Vol.3(1), 18-30.
- Noriko,N. dkk. (2012). Analisis Penggunaan dan Syarat Mutu Minyak Goreng pada Penjaja Makanan di Food Court UAI. *Al Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, Vol. 1 No.3
- Pakpahan,dkk. (2013). Pengurangan FFA dan Warna Dari Minyak Jelantah Dengan Adsorben Serabut Kelapa dan Jerami. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol.2, No.1.
- Putra Alfian,dkk. (2012). *Recovery Minyak Jelantah Menggunakan Mengkudu Sebagai Adsorben*. Prosiding Seminar Nasional PERTETA. Desember. Malang
- Rahayu L.H, dkk. (2014). Potensi Sabut dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Untuk Meregenerasi Minyak Jelantah. *Momentum*, Vol.10,No.1.
- Rahajeng. (2016, Desember). *Ketengikan Minyak*. Retrieved from <http:kompasiana.com>

- Ramdja, A., dkk. (2010). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu Sebagai Adsorben. *Jurnal Teknik Kimia*, No.1, Vol.17
- Saptono,R. (2008). *Pengetahuan Bahan Polimer*. Departemen Metalurgi dan Material FTUI. Depok.
- Sarwadi, & Putra, A. (2014). Pengaruh Konsentrasi Arang Ampas Tebu terhadap Daya Serapnya pada Limbah Cair Kelapa Sawit. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 3, No. 3, 128-134.
- Shofa. (2012). *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*. Program Sarjana Universitas Indonesia, Depok.
- Somnuk Chutapa, et al. (2013). Cytotoxicity of Used Frying Oil Recovered by Different Adsorbents. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 47 : 874-884.
- Surezt, A. (2008). Pengaruh Suhu, Konsentrasi Zat Aktivator dan Waktu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri. Indralaya.Universitas Sriwijaya
- Surezt Azhary,dkk. (2008). Pengaruh Suhu, Konsentrasi Zat Aktivator dan Waktu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri. Indralaya.Universitas Sriwijaya
- Suroso. (2013) Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar Air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, (77-88).
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, Vol. 12, No. 1, 11-20
- Utari, W. dkk. (2013). Efektifitas Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar Bilangan Peroksida dan Penjernihan Warna pada Minyak Goreng Bekas. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Viantini Frima & Yustinah. (2015). Pengaruh Temperatur Pada Proses Pemurnian Minyak Goreng Bekas Dengan Buah Mengkudu. Jakarta:Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Wannahari, R, N,. (2012). Reduction of Peroxide Value in Used Palm Cooking Oil Using Bagasse Adsorbent. *American International Journal of Contemporary Research*. Vol. 2, No. 1.
- Yeni (2014, September) Bahaya Minyak Jelantah Bagi Kesehatan, <http://www.jeniusz.wordpress.com>.,
- Yoseva, P. L., Muchtar, A., & Sophia, H. (2015). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Adsorben untuk Peningkatan Kualitas Air Gambut. *JOM FMIPA Volume 2 No. 1*, 56-63.
- Yulia, E., Mulyati, A. H., & Nuraeni, F. (t.thn.). *Kualitas Minyak Goreng Curah yang Berada di Pasar Tradisional di Daerah Jabotabek pada Berbagai Penyimpanan*. Bogor: Universitas Pakuan
- Yustinah. (2015). Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH Pada Proses Pembuatan Arang Aktif Terhadap Kualitas Minyak Bekas Setelah Proses Pemurnian. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015*. ISSN:2407-1846.

Zhang, Q., Saleh, A. S., Chen, J., & Shen, Q. (2012). Chemical Alterations Taken Place During Deep-Fat Frying Based on Certain Reaction Products : A Review. *Chemistry and Physics of Lipids*, 662-681.

Zulfa Aditya. (2011). *Uji Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Zeolit Alam Malang dan Lampung*. Depok: Universitas Indonesia.