

## **PENURUNAN KADAR FFA (*FREE FATTY ACID*) MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG AKTIF AMPAS TEBU PADA PROSES PEMBUATAN BIODIESEL**

Yuli Hananto<sup>1\*</sup>, Juwita Rosdiana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember, Jember 68101 Indonesia

\*Email: yuli.hananto@polije.ac.id

### **Abstract**

*One of the obstacles in utilizing used cooking oil as a raw material for making biodiesel is the high FFA (Free Fatty Acid) content. An alternative way that can be used to reduce FFA levels is to use adsorbents to adsorb free fatty acids. This study aims to use bagasse as an adsorbent for activated charcoal to reduce the FFA content of used cooking oil in the process of making biodiesel. The process of reducing the FFA of used cooking oil was carried out by an adsorption process using activated bagasse charcoal with an increased temperature of 100 °C to accelerate the rate of adsorption and evaporation of water trapped in the used cooking oil while stirring at 500 rpm with a magnetic stirrer. The most optimal adsorbent mass for bagasse activated charcoal is to use a mass of 15% w/v used cooking oil, because it has the lowest average FFA value compared to other masses. The most optimal adsorption time for used cooking oil is at 60 minutes of adsorption because it has the lowest average FFA value compared to other adsorption times. FAME.*

**Keywords:** Activated charcoal, Bagasse, Biodiesel, FFA content, Used cooking oil.

### **Abstrak**

Salah satu kendala dalam memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah kadar FFA (*Free Fatty Acid*) yang tinggi. Cara alternatif yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar FFA adalah menggunakan adsorben untuk mengadsorpsi asam lemak bebas. Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan ampas tebu sebagai bahan adsorben arang aktif untuk menurunkan kadar FFA minyak jelantah pada proses pembuatan biodiesel. Proses penurunan FFA minyak jelantah dilakukan proses adsorpsi menggunakan arang aktif ampas tebu dengan suhu ditingkatkan 100 °C untuk mempercepat laju adsorpsi dan penguapan air yang terjebak di dalam minyak jelantah sambil dilakukan pengadukan 500 rpm dengan *magnetic stirrer*. Massa adsorben arang aktif ampas tebu yang paling optimal adalah menggunakan massa 15% b/v minyak jelantah, karena memiliki rata-rata nilai FFA paling rendah dibanding massa lainnya. Waktu adsorpsi minyak jelantah paling optimal adalah pada 60 menit adsorpsi karena memiliki nilai rata-rata FFA paling rendah dibanding waktu adsorpsi lain. Berdasarkan uji kualitas biodiesel yang menggunakan minyak jelantah hasil adsorpsi sebagai bahan baku didapatkan hasil bahwa biodiesel belum mampu memenuhi standar angka setana dan kadar FAME.

**Kata-kata kunci:** Ampas tebu, Arang aktif, Biodiesel, Minyak jelantah, Kadar FFA.

### **1. Pendahuluan**

Kebutuhan energi dunia akan terus meningkat sejalan dengan penambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi, yang diperkirakan akan tumbuh rata-rata 1,7% hingga 2030 [19]. Salah satu sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat adalah bahan bakar motor (BBM), konsumsi BBM yang tinggi disebabkan penggunaan untuk transportasi, keperluan industri, bahan bakar pembangkit energi listrik dan lain-lain. Hal tersebut tidak berbanding lurus dengan ketersediaan minyak bumi yang semakin menipis. Selama ini solar yang merupakan bahan bakar mesin diesel dianggap tidak memerlukan perhatian karena di masyarakat yang selalu menjadi topik perbincangan adalah bahan bakar bensin. Sedangkan menurut Budiartie (2018) konsumsi solar Indonesia pada tahun 2017 sebesar 14,49 juta kiloliter lebih besar dibanding konsumsi premium yang hanya 7,03 juta kiloliter. Berdasarkan kebutuhan akan bahan bakar solar yang tinggi diperlukan adanya energi alternatif untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dari minyak bumi,

salah satunya adalah menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar terbarukan yang dapat menurunkan konsumsi akan bahan bakar solar [6].

Menurut Prihandana dan Hendroko (2007), biodiesel merupakan ester yang dibuat menggunakan minyak tanaman, lemak binatang, ganggang, atau bahkan minyak goreng bekas [19]. Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan aditif bahan bakar diesel untuk mengurangi emisi kendaraan atau dalam bentuk murninya sebagai bahan bakar kendaraan. Salah satu minyak yang dapat diubah menjadi biodiesel adalah minyak jelantah yang selama ini dibuang ke lingkungan dan mencemari lingkungan. Menurut Kuncayho, dkk (2013), “produktifitas dari minyak jelantah adalah 6,43 juta ton/tahun yang ketersediaannya tersebar diseluruh kawasan Indonesia” [13]. Maka dari itu limbah yang jumlahnya sangat besar ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel serta dapat mengurangi biaya produksi jika dibandingkan dengan menggunakan minyak nabati lainnya.

Kendala dalam memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah kadar FFA yang tinggi. FFA dalam bahan baku dapat menyebabkan reaksi penyabunan jika bereaksi dengan katalis basa yang digunakan dalam proses transesterifikasi. Selama ini cara yang digunakan untuk menurunkan kadar FFA adalah proses esterifikasi yang membutuhkan waktu lebih lama selama proses pembuatan biodiesel.

Cara alternatif yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar FFA adalah menggunakan adsorben untuk mengadsorpsi asam lemak bebas. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah limbah-limbah pertanian, seperti bonggol jagung, serabut kelapa, ampas tebu, gabah padi dan lain-lain. Bahan tersebut merupakan limbah yang jarang dimanfaatkan tetapi mengandung karbon yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi [2]. Sebelum digunakan sebagai adsorben, terlebih dahulu limbah pertanian tersebut diubah menjadi arang aktif dengan melalui serangkaian proses untuk memperbaiki karakteristik bahan adsorben. Beberapa penelitian yang menggunakan adsorben arang aktif untuk menurunkan kadar FFA adalah, (1) Wannahari dan Nordin (2012) [39] dengan menggunakan arang aktif ampas tebu terbukti dapat menurunkan kadar asam lemak bebas hingga 82,144 %, (2) Wijayanti (2009) [40], adsorben arang aktif dari ampas tebu dapat menyerap FFA >80% dan (3) Rahayu et al. (2018) [23], arang aktif ampas tebu adalah adsorben terbaik dalam mengadsorpsi FFA dibandingkan ampas nanas dan serabut kelapa.

Pada penelitian ini menggunakan ampas tebu atau ampas tebu yang diubah menjadi arang aktif. Setiap tebu yang diproses gula yang dimanfaatkan hanya 5% dan dihasilkan ampas tebu sebesar 90%, sisanya berupa tetes tebu (molase) dan air [40]. Limbah tebu yang berupa ampas tebu jarang dimanfaatkan kembali, kebanyakan digunakan sebagai bahan bakar boiler pada pabrik gula dan juga sebagai pakan ternak. Maka dari itu menggunakan ampas tebu sebagai bahan adsorben arang aktif merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan manfaat dari ampas tebu. Serta kandungan karbon yang tinggi dalam ampas tebu menjadi dasar untuk dimanfaatkan sebagai arang aktif [41].

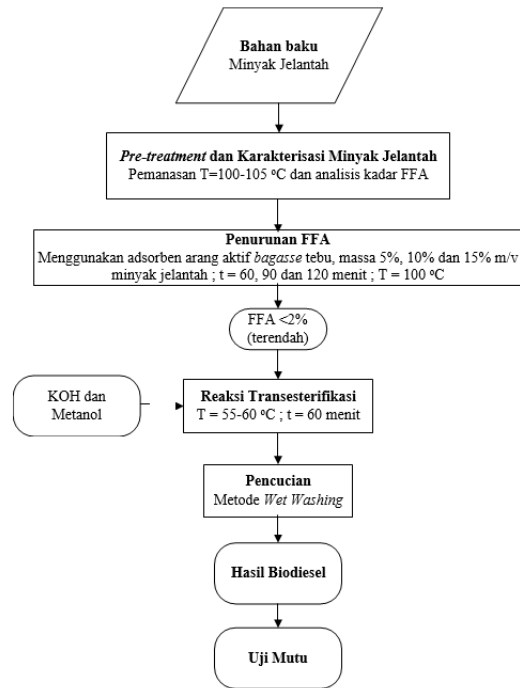
## 2. Metode

### 2.1. Alat dan Bahan

Bahan yang dibutuhkan selama penelitian adalah ampas tebu dari penjual es tebu, minyak jelantah curah dari penjual tahu bulat,  $H_3PO_4$ , metanol 99%, etanol 97%, indikator PP, KOH, aquades, silica gel, aluminium foil. Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah oven, *furnace*, neraca analitik, desikator, *hot plate*, ayakan 100 mesh, *crush porselen*, labu ukur, Erlenmeyer, *beaker glass*, gelas ukur, buret, statif, pipet volume, pipet, spatula, *magnetic stirrer*, termometer, kertas saring, corong pemisah, corong, cawan, serta peralatan uji parameter dan karakteristik biodiesel.

### 2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilaksanakan melalui dua tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Tahapan penelitian disajikan dalam Gambar 1.



**Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Biodiesel**

### 2.2.1. Penelitian Pendahuluan

Bahan baku yang digunakan adalah minyak jelantah dari penjual tahu bulat. Kemudian minyak jelantah dihomogenkan dengan cara diaduk secara manual kemudian dipanaskan pada suhu 100-105 °C agar kandungan air yang terdapat dalam minyak jelantah dapat menguap serta mengurangi kadar air. Selanjutnya minyak jelantah disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan dengan pengotor yang terkandung dalam minyak jelantah.

Setelah melakukan proses persiapan bahan baku, minyak jelantah hasil proses tersebut dilakukan uji penentuan kadar FFA. Cara menentukan kadar FFA menurut [39] dan [23] yaitu sampel minyak jelantah ditimbang sebanyak 28,2 gr dalam erlenmeyer, ditambah 50 ml etanol 97% netral kemudian dipanaskan sampai mendidih dan dititrasi menggunakan larutan KOH 0,1 M dengan ditambahkan 2 ml indikator PP sampai berwarna merah jambu dan tidak hilang selama kurang lebih 15 detik kemudian dicatat volume titran yang dibutuhkan.

Kadar FFA dihitung menggunakan rumus sesuai BSNI-SNI 7182:2015 sebagai berikut:

$$FFA = \frac{mlKOH(ml) \times MKOH \times BM \text{ Bahan}}{10 \times \text{Massa minyak Jelantah}(g)} \quad (1)$$

Dimana: ml KOH = Volume titran KOH, BM = Berat molekul asam lemak yang dominan dalam sampel minyak (gr/mol), M KOH = Molaritas larutan KOH (mol/L).

Pembuatan arang aktif dimulai dengan proses dehidrasi, kemudian ampas tebu dikarbonisasi menggunakan suhu 400 °C selama 2 jam [21], [31], dikarenakan pada suhu lebih dari 400 °C kadar karbon semakin turun dan kadar abu semakin meningkat [31]. Selanjutnya ampas tebu hasil karbonisasi disaring menggunakan ayakan 100 mesh [38], [41], dan terakhir diaktivasi menggunakan asam fosfat 2,5% selama 20 jam yang bertujuan penambahan asam fosfat akan menjadi pembersih kotoran pada permukaan arang aktif [23], [41]. Cara membuat larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2,5% yaitu menggunakan labu pengencer dengan volume tertentu, kemudian mengencerkan asam fosfat yang telah diketahui volume yang dibutuhkan dengan aquadest sampai garis tera. Tahap setelah perendaman yaitu arang dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan sisa zat aktivator sampai pH netral, kemudian dikeringkan menggunakan oven [1], [2] dan [26].

Berdasarkan penelitian yang berkaitan dengan penggunaan arang aktif sebagai adsorben untuk menurunkan FFA dalam minyak jelantah didapatkan variasi massa adsorben dan waktu adsorpsi. [41] menggunakan arang aktif ampas tebu sebagai adsorben dengan persentase penyerapan FFA tertinggi menggunakan massa adsorben 10% m/v minyak jelantah dengan waktu kontak 90 menit, mampu menyerap FFA >80%. [25] menggunakan massa adsorben ampas tebu tanpa aktivasi 10% m/v minyak jelantah mampu menurunkan FFA sebesar 57,3%. Kemudian, [39], menggunakan massa adsorben 5% dengan waktu adsorpsi 60 menit, hasil terbaik mampu menurunkan FFA sebesar 82%. Sedangkan [10] menggunakan ampas tebu tanpa aktivasi dengan massa adsorben 5% m/v mampu menurunkan kadar FFA sebesar 50%. Maka dari itu pada penelitian ini menggunakan variasi massa adsorben ampas tebu teraktivasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 5%, 10% dan 15% m/v minyak jelantah dan variasi waktu adsorpsi 60 menit, 90 menit dan 120 menit.

**2.2.2. Penelitian Utama**

Pada proses penurunan FFA minyak jelantah dilakukan proses adsorpsi menggunakan arang aktif ampas tebu dengan suhu di tingkatkan 100 °C untuk mempercepat laju adsorpsi dan penguapan air yang terjebak di dalam minyak jelantah sambil dilakukan pengadukan 500 rpm dengan magnetic stirer agar kontak antara minyak jelantah dan adsorben semakin besar kemungkinannya [35].

Pada proses transesterifikasi terjadi konversi trigliserida menjadi metil ester, trigliserida direaksikan dengan larutan metoksida yaitu campuran metanol dan katalis KOH. Persentase KOH yang digunakan adalah 1% m/v minyak jelantah [4], rasio minyak jelantah dan metanol adalah 1:6 [4], [37]. Kecepatan pengadukan juga berpengaruh terhadap hasil biodiesel, maka kami memakai kecepatan pengadukan 300 rpm [5] dan waktu transesterifikasi 60 menit dalam suhu 55-60 °C [3], [4], [12]. Kemudian setelah proses reaksi dan terbentuk metil ester (biodiesel) dan gliserol, campuran tersebut diseparasi menggunakan corong pemisah selama 24 jam.

Pada proses pencucian akan dihilangkan sisa metanol, sisa katalis dan pengotor yang mungkin terdapat dalam biodiesel kasar. Metode pencucian yang digunakan adalah metode wet washing menggunakan air, biodiesel kasar ditambahkan aquadest dengan perbandingan 1 : 1 dengan suhu 60 °C [20]. Kemudian dikocok beberapa saat dan diulangi sampai warna aquadest cucian menjadi lebih jernih. Untuk menghilangkan sisa aquadest dapat dilakukan pemanasan pada suhu 110 °C menggunakan oven selama 30 menit.

**2.3. Parameter Pengamatan**

Parameter pengamatan pada penelitian ini adalah kadar FFA (*Free Fatty Acid*) dan karakteristik biodiesel sesuai dengan BSNI-SNI 7182:2015 [3] yang meliputi densitas, bilangan asam, angka setana, kadar *Fatty Acid Metyl Ester* (% FAME), nilai kalor, dan viskositas.

**2.4. Analisis Data**

Pada penelitian ini digunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktorial dan 3 kali pengulangan pada proses penurunan kadar FFA minyak jelantah. Faktor pertama perlakuan dilakukan pada massa adsorben arang aktif ampas tebu (M) dan faktor kedua pada waktu adsorpsi FFA menggunakan arang aktif ampas tebu (T). Faktor (M) memiliki 3 taraf yang terdiri dari 5%, 10% dan 15% m/v minyak jelantah, sedangkan faktor (T) juga memiliki 3 taraf yaitu 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Tabel rancangan percobaan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Spesifikasi model pengujian dan kondisi pengujian.**

Massa Adsorben	Waktu Adsorpsi		
	60 menit (T1)	90 menit (T2)	120 menit (T3)
5% (M1)	M1T1	M1T2	M1T3
10% (M2)	M2T1	M2T2	M2T3
15% (M3)	M3T1	M2T2	M3T3

Data hasil penelitian diuji menggunakan uji statistik keragaman (*Analysis of Variance*) atau ANOVA untuk mengetahui pengaruh variasi massa adsorben dan waktu adsorpsi. Jika non signifikan, maka Fhitung < Ftabel 0,05 dan jika sangat signifikan maka Fhitung > F tabel 0,01. Namun jika antar perlakuan terjadi

perbedaan yang signifikan (berbeda nyata) dengan ketentuan Fhitung di antara Ftabel 0,05 dan Ftabel 0,01, maka dilakukan Uji Lanjut Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan taraf error 1% dan 5%.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pre-treatment dan Karakterisasi Minyak Jelantah

Minyak jelantah yang digunakan adalah minyak hasil penggorengan dari beberapa tempat, yaitu penjual sempol, rumah tangga dan roti SIP. Awal mulanya minyak jelantah yang digunakan adalah hasil dari penggorengan tahu bulat, tetapi pada keadaan di lapangan untuk menggoreng tahu bulat hanya dibutuhkan sedikit minyak sehingga untuk mengumpulkan minyak jelantah dengan volume banyak membutuhkan waktu yang lama. Kemudian setelah ditelaah minyak jelantah yang dibutuhkan hanya membutuhkan spesifikasi memiliki nilai FFA lebih dari 2% sehingga apabila menggunakan minyak jelantah dari berbagai tempat tidak menyebabkan perbedaan.

Setelah didapatkan minyak jelantah dengan volume tertentu kemudian dilakukan *pre-treatment* dengan cara pemanasan minyak jelantah untuk menguapkan air yang masih terjebak pada minyak jelantah. Air yang masih terjebak dalam minyak jelantah dapat mengandung mineral-mineral seperti Ca, Mg dll akan diserap oleh arang aktif berdasarkan [18], sehingga akan menyebabkan penyerapan terhadap FFA minyak jelantah berkurang. Maka dari itu pemanasan minyak jelantah sebagai proses *pre-treatment* penting untuk dilakukan.

Selain *pre-treatment* minyak jelantah perlu untuk diketahui kadar FFA terlebih dahulu yang merupakan bagian dari proses karakterisasi sehingga dapat diketahui dengan pasti penurunan kadar FFA setelah adsorpsi. Proses pengukuran kadar FFA dilakukan dengan menggunakan metode alkalimetri, dimana KOH standar digunakan sebagai titran yang berfungsi untuk bereaksi dengan FFA dalam minyak jelantah. Indikator yang digunakan adalah indikator PP yang berfungsi untuk menunjukkan titik akhir dari titrasi, etanol berfungsi untuk melarutkan minyak jelantah sehingga FFA dapat bereaksi dengan KOH standar pada saat titrasi.

Pengukuran kadar FFA dalam minyak jelantah dimulai dengan menimbang massa dari minyak jelantah sebesar 7,05 gr untuk digunakan dalam perhitungan, minyak jelantah setelah ditimbang ditambahkan etanol 97% sebanyak 12,5 ml. Tahap selanjutnya adalah pemanasan dan pengadukan minyak jelantah beserta etanol untuk melarutkan minyak jelantah dengan suhu 55 – 60 °C sampai minyak dan etanol homogen kemudian ditetesi dengan 0,5ml indikator PP. Volume minyak jelantah dan etanol yang digunakan merupakan ¼ resep dari panduan pengukuran FFA karena untuk mengurangi konsumsi etanol yang berlebih, tetapi perlu untuk memperhatikan perubahan warna yang terjadi karena volume yang kecil serta perubahan warna pada pengujian FFA sulit diamati mengingat warna minyak jelantah yang keruh. Larutan minyak dan etanol yang homogen kemudian dititrasi dengan larutan KOH standar hingga terjadi perubahan warna, karena warna minyak yang keruh tidak harus warnanya pink tetapi cukup berwarna peach atau sampai terlihat berubah warna karena KOH telah bereaksi dengan indikator PP, apabila dititrasi sampai warna pink menandakan telah jauh melewati titik akhir titrasi. Hasil dari pengukuran nilai FFA dari minyak jelantah sebelum di adsorpsi terdapat pada tabel Tabel 2.

**Tabel 2. Pengukuran Nilai FFA Minyak Jelantah sebelum adsorpsi**

Ulangan	Massa Minyak Jelantah (gr)	Volume KOH terpakai (ml)	Nilai FFA (%)
1	7,051	8,4	2,265
2	7,055	8,2	2,2100
3	7,054	8,2	2,2104
Rata-rata			2,228

#### 3.2 Penurunan Kadar FFA minyak jelantah

Dalam proses pembuatan biodiesel dibutuhkan minyak yang memiliki nilai FFA <2% karena apabila nilai FFA minyak bahan baku >2% akan menyebabkan reaksi penyabunan pada proses transesterifikasi karena bereaksi dengan katalis basa yang digunakan yang juga merupakan penyebab kegagalan pembuatan biodiesel. Penurunan nilai FFA pada minyak sering dilakukan dengan menggunakan proses esterifikasi yaitu mereaksikan minyak jelantah menggunakan katalis asam, tetapi esterifikasi membutuhkan waktu dan

bahan kimia yang lebih banyak sehingga pada penelitian ini menggunakan arang aktif ampas tebu untuk menurunkan nilai FFA pada minyak jelantah.

Proses penurunan nilai FFA dilakukan dengan mengadsorpsi FFA dalam minyak jelantah menggunakan arang aktif ampas tebu, tahap pertama adalah mengukur volume minyak jelantah sebanyak 200 ml kemudian dicampur dengan arang aktif dengan variasi massa 5%, 10% dan 15% b/v minyak jelantah. Kemudian dipanaskan sampai suhu 100°C selama adsorpsi dengan variasi waktu 60, 90 dan 120 menit sambil diaduk dengan magnetic stirer pada kecepatan 500 rpm. Pemanasan dan pengadukan berfungsi untuk mempermudah adsorpsi dan menguapkan kandungan air apabila masih tersisa.

Setelah proses adsorpsi kemudian campuran arang aktif dan minyak jelantah disaring menggunakan kertas saring dengan pori-pori halus selama  $\pm 24$  jam. Pada proses penyaringan banyak minyak jelantah yang terjebak di dalam arang aktif sehingga pada penelitian ini untuk membantu proses penyaringan setelah adsorpsi tidak langsung dilakukan penyaringan tetapi diendapkan sebentar sampai dingin kemudian disaring. Sisa-sisa minyak pada arang aktif diperas menggunakan kain saring untuk mempermudah penyaringan dan memperkecil minyak jelantah terbuang karena tidak tersaring.

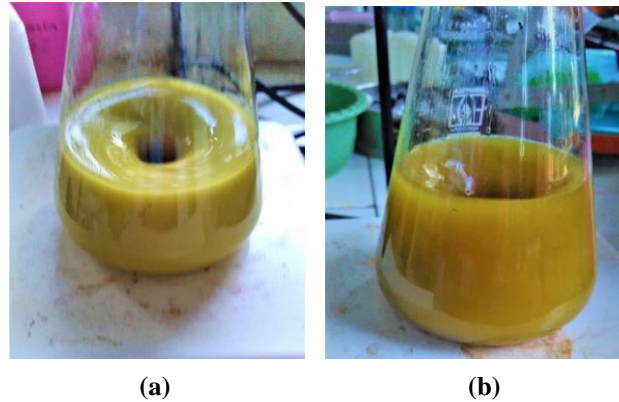
Hasil dari adsorpsi FFA dalam minyak jelantah menggunakan arang aktif ampas tebu menunjukkan bahwa beberapa nilai FFA sampel masih berada di atas 2% dimana sampel tersebut tidak dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel, sedangkan nilai FFA terendah yang mampu dijerap diserap oleh arang aktif terdapat pada variasi MIT3 atau massa arang aktif 15% b/v minyak dan waktu adsorpsi 60 menit. Penurunan FFA dalam minyak jelantah terbilang kecil jika dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu, dimana hal tersebut disebabkan oleh rendahnya konsentrasi zat aktivator yaitu asam fosfat yang hanya sebesar 2,5%, pertimbangan yang telah dilakukan adalah kekhawatiran akan penambahan angka asam pada minyak jelantah apabila menggunakan konsentrasi tinggi pada zat aktivator mengingat asam fosfat merupakan asam kuat. Konsentrasi rendah zat aktivator dapat menyebabkan permukaan arang aktif kotor mengingat fungsi dari zat aktivator adalah membersihkan arang dari sisa zat pengotor, sehingga menyebabkan pori-pori arang aktif tertutup. Penyebab lain dari rendahnya penurunan FFA minyak jelantah adalah karena arang aktif tidak diaktivasi secara fisika atau termal, dimana aktivasi fisika atau termal berfungsi untuk lebih membersihkan pori-pori arang aktif menggunakan gas-gas oksidator [14]. Berdasarkan fakta tersebut maka menyebabkan pori-pori arang aktif kurang bersih dari zat pengotor sehingga terdapat kemungkinan pori-pori tertutup dan tidak dapat menyerap asam lemak bebas secara optimal.

### 3.3 Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi sendiri dimulai dengan membuat larutan metoksida yaitu campuran antara metanol dan KOH, kemudian dicampurkan dengan minyak jelantah. Larutan tersebut kemudian diaduk menggunakan *stirer* dengan kecepatan 300 rpm sambil dipanaskan dengan suhu terjaga 55°-60°C selama 60 menit untuk mempercepat laju reaksi dan suhu tersebut diatur tidak terlalu tinggi agar metanol tidak menguap. Pada awal pengadukan minyak jelantah dan larutan metoksida yang terlihat adalah larutan berubah seperti jus alpukat atau terlihat kental seperti Gambar 2 (a).

Setelah proses berjalan maka beberapa perubahan akan terjadi dan dapat diketahui keberhasilan dari proses transesterifikasi yang dilakukan. Pada tahap akhir proses transesterifikasi telah terbentuk biodiesel dan gliserol yang terlihat dari penampakan fisik larutan seperti pada Gambar 2 (b).

Warna yang terbentuk pada tahap akhir transesterifikasi berbeda dengan pada awal transesterifikasi, larutan lebih terlihat berwarna coklat jernih seperti tidak tercampur krim. Hal tersebut disebabkan oleh pembentukan metil ester atau biodiesel dan gliserol yang mulai memisah sehingga gliserol yang memang berwarna coklat jernih menyebabkan larutan berubah.



Gambar 2. (a) Proses transesterifikasi awal dan (b) proses transesterifikasi akhir

### 3.4 Karakterisasi Biodiesel

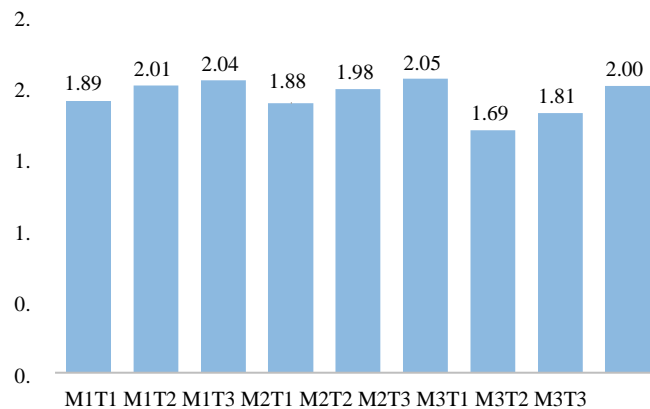
Berikut ini merupakan hasil dari uji kualitas biodiesel yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kualitas Biodiesel Penelitian Berdasarkan SNI 7182 – 2015

Parameter	Standar SNI	Hasil Penelitian
Massa jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	850-890	858.4
Viskositas kinematik (cSt)	2,3-6,0	4,885
Angka setana	Min 51	43,29
Bilangan asam (Mg-KOH/ g)	Maks 0,5	0,335
Angka iodin (%- massa)	Maks 115	8,3
Kadar FAME (%- massa)	Min 96,5	91,383
Nilai kalor (MJ/Kg)	Min 40	49,02322

### 3.5 Analisis Data

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil penurunan angka asam lemak bebas pada minyak jelantah yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses transesterifikasi awal dan (b) proses transesterifikasi akhir

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai FFA terendah terdapat pada sampel M3T1 atau massa arang aktif ampas tebu 15% b/v minyak dan waktu adsorpsi 60 menit. Nilai FFA tersebut telah mencapai target atau standar untuk dilanjutkan dalam pembuatan biodiesel yakni membutuhkan nilai FFA <2%, tetapi penurunan FFA tersebut cukup rendah jika dibandingkan dengan beberapa jurnal yang telah disebutkan, hal itu disebabkan arang aktif ampas tebu pada penelitian ini tidak melewati tahap aktivasi

secara fisika sehingga pelebaran pori-pori pada arang tidak cukup optimal sehingga mengurangi kemampuan dalam menyerap asam lemak bebas.

Interaksi dari dua perlakuan yang menghasilkan nilai FFA terendah belum tentu merupakan perlakuan yang terbaik pada pengujian rancangan penelitian sehingga diperlukan pengujian lanjut menggunakan uji statistik keragaman (ANOVA) dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% .

**Tabel 4. Hasil Sidik Ragam Pada Tabel ANOVA**

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel		Notasi
					5%	1%	
Perlakuan	8	0,343746	0,04296825				
Waktu (T)	2	0,197622	0,098811	98,7167679	3,55	6,01	**
Massa (M)	2	0,117787	0,0588935	58,8379	3,55	6,01	**
Interaksi (TM)	4	0,028337	0,0708425	7,07756566	3,55	6,01	**
Galat	18	0,018017	0,00100094				
Total	34	0,361763					

Keterangan : NS = Tidak berbeda nyata pada (p = 0,05)

\* = Berbeda nyata

\*\* = Sangat berbeda nyata pada (p = 0,05 dan p = 0,01)

Berdasarkan pengujian sidik ragam menggunakan tabel ANOVA dapat diketahui bahwa massa adsorben, waktu adsorpsi dan interaksi massa dan waktu memiliki hasil berbeda nyata terhadap nilai FFA minyak jelantah. Maka dari itu dilanjutkan menggunakan uji lanjut DMRT dan didapatkan hasil pada Tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Pengujian DMRT**

Perlakuan	Rata-rata	1,697	1,82	1,888	1,898	1,985	2,007	2,011	2,046	2,058	Simbol
M3T1	1,697	0									A
M3T2	1,82	0,123	0								B
M2T1	1,888	0,191	0,068	0							C
M1T1	1,898	0,201	0,078	0,01	0						D
M2T2	1,985	0,288	0,165	0,097	0,087	0					E
M3T3	2,007	0,31	0,187	0,119	0,109	0,022	0				F
M1T2	2,011	0,314	0,191	0,123	0,113	0,026	0,004	0			G
M1T3	2,046	0,349	0,226	0,158	0,148	0,061	0,039	0,035	0		H
M2T3	2,058	0,361	0,238	0,17	0,16	0,073	0,051	0,047	0,012	0	I

Pengambilan keputusan uji lanjut DMRT yaitu menyatakan bahwa perlakuan M3T2 dengan M3T1 berbeda nyata, M2T1 dengan M3T2 berbeda nyata dan M2T2 dengan M1T1 juga berbeda nyata. Arti dari berbeda nyata sendiri merupakan perbedaan yang benar-benar terjadi karena perbedaan taraf perlakuan yang diberikan bukan karena kebetulan belaka. Maka dapat disimpulkan bahwa sampel M3T1 atau perlakuan massa adsorben 15% dan waktu adsorpsi 60 menit berbeda nyata terhadap semua perlakuan sehingga merupakan perlakuan terbaik dari variasi lain.

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil sebagai berikut: Massa adsorben arang aktif ampas tebu yang paling optimal adalah menggunakan massa 15% b/v minyak jelantah, karena memiliki rata-rata nilai FFA paling rendah dibanding massa lainnya. Waktu adsorpsi minyak jelantah paling optimal adalah pada 60 menit adsorpsi karena memiliki nilai rata-rata FFA paling rendah



dibanding waktu adsorpsi lain. Berdasarkan uji kualitas biodiesel yang menggunakan minyak jelantah hasil adsorpsi sebagai bahan baku didapatkan hasil bahwa biodiesel belum mampu memenuhi standar angka setana dan kadar FAME.

## 5. Referensi

1. Arita, S., M. B. Dara dan J. Irawan. 2008. "Pembuatan Metil Ester Asam Lemak Dari CPO Off Grade Dengan Metode Esterifikasi-Transterifikasi". *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 15, No. 2, Hal. 34-43.
2. Arsad, E. dan S. Hamdi. 2010. "Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Industri". *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. Vol. 2, No.2, Hal. 43-51.
3. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. SNI 7182-2015 Standar Mutu Biodiesel. Jakarta.
4. Banihani, F.F. 2016. Transesterification and Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil: Effect of Operation Variables on Fuel Properties. *American Journal of Chemical Engineering*. Vol. 4, No. 6, Page. 154-160
5. Bello, E. I, T.I. Ogedengbe, L. Lajide and H. A. Daniyan. 2016. "Optimization of Process Parameters for Biodiesel Production Using Response Surface Methodology". *American Journal of Energy Engineering*. Vol. 4, No. 2, Hal. 8-16.
6. Budiartie, G. 2018. "Disebut Bikin Rugi, Berapa Banyak Konsumsi Solar dan Premium". Dalam *CNBC Indonesia*. 20 Maret 2018. Jakarta.
7. Enweremadu, C.C. and O.J. Alamu. 2010. "Development and Characterization of Biodiesel From Shea Nut Butter". *Int. Agrophysics*, 2010, 24, 29-34.
8. Evika. 2011. Penggunaan Adsorben Arang Aktif Tempurung Kelapa Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
9. Gurgel, L. V. A. and L. F. Gill. 2009. "Adsorption of Cu(II), Cd(II) and Pb(II) From Aqueous Single Metal Solutions By Succinylated Twice-Mercerized Sugarcane Bagasse Functionalized With Triethylenetetramine". *Water Research* 43. Page. 4479-4488
10. Hajar, E. W. I. dan S. Mufidah. 2016. "Penurunan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng Bekas Menggunakan Ampas Tebu Untuk Pembuatan Sabun". *Jurnal Integrasi Proses*. Vol. 6, No.1, Hal. 22-27.
11. Hanif. 2009. "Analisis Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dari Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Alternatif Motor Diesel". *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 6, No.2
12. Rachmanita, R. E. dan Safitri, A. 2020. "Pemanfaatan Minyak Biji Alpukat (*Persea americana* Mill) sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel dengan Pemurnian Water Washing". *Jurnal Ilmiah Sains*. Vol. 20, No. 2, Page. 88-99
13. Kuncayho, P., Fathallah, A. Z. M. Fathallah, dan Semin. 2013. "Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia". *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2.
14. Kurniawan, B. 2015. Adsorpsi Pb(Ii) Dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom Dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara. Tugas Akhir. Universitas Negeri Semarang.
15. Laila, L. dan L. Oktavia. 2017. "Kaji Eksperimen Angka Asam dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit dari PT. Smart Tbk". *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, Vol. 2, No.1, Hal. 27-31.
16. Laksono, S. T. 2013. Pengaruh Jenis Katalis NaOH dan KOH Serta Rasio Lemak Dengan Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel Berbahan Baku Lemak Sapi. Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makassar.
17. Miskah, S., R. Apriani dan D. Miranda. 2017. "Pengaruh Waktu Reaksi Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Konversi Biodiesel Dari Lemak Ayam Dengan proses Transesterifikasi". *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.1, No. 23, Hal. 57-66
18. Niandita, A. O. 2018. Analisis Penggunaan Adsorben Abu Sekam Padi untuk Penurunan Kadar FFA dan Pemurnian Biodiesel dari Minyak Jelantah. Skripsi. Politeknik Negeri Jember
19. Prihandana, R. dan Hendroko, R. 2007. Energi Hijau Pilihan Bijak Menuju Negeri Mandiri Energi. Cetakan ke 1. Jakarta: Penebar Swadaya.
20. Prihanto, A. Dan T. A. B. Irawan. 2017. Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis dan Rasio Molar Metanol-Minyak Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi. *Jurnal Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*. Vol. 1, No.1, Hal. 30-36
21. Purba, A.G., F. Hamzah dan F. Restuhadi. 2017. Pemanfaatan Arang Aktif Dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas dengan Metode Aktivasi-Kimia-

- Fisika Menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Jurnal Online Mahasiswa Faperta Universitas Riau. Vol. 4, No. 1, Hal. 1-15.
22. Rahayu, A. N. dan Adhithiyawarman. 2014. "Pemanfaatan Tongkol jagung Sebagai Adsorben Besi Pada Air Tanah". JKK. Vol. 2, No. 3, Hal. 7-13.
  23. Rahayu, L. H. dan S. Purnavita. 2014. "Pengaruh Suhu dan Waktu Adsorpsi Terhadap Sifat Kimia-Fisika Minyak Goreng Bekas Hasil Pemurnian Menggunakan Adsorben Ampas Pati Aren Dan Bentonit". Jurnal Momentum, Vol. 10, NO.2, Hal.35-41, ISSN 0216-7395.
  24. Rahayu, L. H., S. Purnavita dan H. Y. Sriyana. 2014. "Potensi Sabut Dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Untuk Meregenerasi Minyak Jelantah". Jurnal Momentum, Vol. 10, No.1, Hal 47-53, ISSN 0216-7395.
  25. Ratno, L. J. Mawarani dan Zulkifli. 2013. "Pengaruh Ampas Tebu sebagai Adsorbent pada Proses Pretreatment Minyak Jelantah terhadap Karakteristik Biodiesel". Jurnal Teknik Pomits. Vol. 2, No.2, Hal. B-258.
  26. Sandi, A.P. dan Astuti. 2014. "Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Terhadap Struktur dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (Aleurites moluccana)". Jurnal Fisika Unand. Vol. 3, No. 2, Hal. 115- 120, ISSN.2302-8491.
  27. Santoso, H., I. Kristianto dan A. Setyadi. 2013. Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur. Lembaga Pengabdian dan Penelitian kepada Masyarakat, Universitas Katolik Parahayangan.
  28. Satriana, N. E. Husna, Desrina dan M. D. Supardan. 2012. "Karakteristik Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Jelantah Menggunakan Teknik Kavitas Hidrodinamik". Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia, Vol. 4, No.2, Hal. 15-20.
  29. Setiati, R., D. Wahyuningrum, S. Siregar dan T. Marhaendrajana. 2016."Optimasi Pemisahan Lignin Ampas Tebu Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida". Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat. Vol. 4, No.2, Hal. 258.
  30. Setyadi, P. dan C. S. Wibowo. 2015. "Pengaruh Pencampuran Minyak Solar Dengan Biodiesel Pada Nilai Angka Setana". Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Vol.2, Hal. 93-99
  31. Shofa. 2012. Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. Skripsi. Universitas Indonesia
  32. Siahaan, S., M. Hutapea dan R. Hasibuan. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Sekam Padi. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 2, No. 1, Hal. 26-30.
  33. Sivaramakrishnan, K. 2011. "Determination of Higher Heating Value of Biodiesel". International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), Vol. 3, No. 11, Hal. 7981-7987, ISSN : 0975-5462.
  34. Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D). Edisi 7. Bandung: Alfabeta.
  35. Triyanto, A. 2013. Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Menggunakan Arang Ampas Tebu Teraktivasi dan Penetralkan dengan NaHSO<sub>3</sub>. Tugas Akhir. Universitas Negeri Semarang.
  36. Ulfindrayani, I. F. dan Q. A'yuni. 2018. "Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas dan Kadar Air pada Minyak Goreng yang Digunakan oleh Pedagang Gorengan di Jalan Manyar Sabrangan, Mulyorejo, Surabaya". Jurnal of Pharmacy and Science. Vol.3, No.2, Hal.18.
  37. Usta, M.S., Dr. Y.B. Mathur and A. Samad. 2016. Optimization of Transesterification Process for Production of Thumba Methyl Ester. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 5, Issue. 1, Page. 311-316.
  38. Utomo, S. 2014. Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Aktivator NaOH. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014, Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta
  39. Wannahari, R. and M. Firdhaus Mad Nordin. 2012. "The Recovery of Used Palm Cooking Oil Using Bagasse as Adsorbent". In American Journal of Engineering and Applied Science. Vol. 5, No. 1, Page. 59-62.
  40. Widyanagari, S. 2008. Penggunaan Adsorben dalam Proses Pemurnian Biodiesel Jarak Pagar (Jatropha curcas Linn). Skripsi. Institut Pertanian Bogor
  41. Wijayanti, R. 2009. Arang Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.