



## Arang Kulit Biji Kakao (*Theobroma cacao L*) sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah

Dafit Ari Prasetyo <sup>1\*</sup>, Muhammad Rio Aditya Saputro <sup>1</sup> dan Zeni Ulma <sup>1</sup>

**Sitasi:** Prasetyo, D.A.; Saputro, M.R.A.; Ulma, Z. (2023). Arang Kulit Biji Kakao (*Theobroma cacao L*) sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V2i1, hlm.12-22 <https://doi.org/10.25047/jteta.v2i1.24>



**Copyright:** © 2023 oleh para penulis.

Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Jember

\* Korespondensi: [dafit@polije.ac.id](mailto:dafit@polije.ac.id); Tel.: +62 8999 707 395

**Abstract:** Indonesia as one of the largest producing and exporting countries of crude palm oil (CPO). However, Indonesia still has not utilized the potential of the waste that generated by using CPO as cooking oil, namely used cooking oil. The high content of free fatty acids (FFA) in used cooking oil will cause the saponification reaction and interfere the processing into biodiesel. Cocoa bean shell charcoal (*Theobroma cacao L*) has a  $K_2CO_3$  content similar to its commercial product, and contains some traces of silicates and sulfates so that it can increase the efficiency of reducing free fatty acids. In this study, tests were carried out to reduce FFA levels in used cooking oil using charcoal from cocoa bean husks activated with HCl, varying the concentrations of 6, 8 and 10 Molar, as well as the temperature treatment during the process of mixing used cooking oil with activated charcoal adsorbent, which was 75, 100, and 150°C. The best FFA reduction results were found in the A3T2 reactor which reached 80%, where the best HCl concentration was 10 Molar and the temperature of the mixing process with the adsorbent was 100°C and produced a biodiesel yield of 75%. The quality of the biodiesel produced complies with SNI 7182-2015 standards, 867 kg/m<sup>3</sup> of density, 0.5 mg KOH/g of acid number, 1.52 cSt of kinematic viscosity, 48.081 MJ/kg of calorific value and 143.99%-mass of methyl ester content.

**Keywords:** Biodiesel, Cocoa, Free Fatty Acid, Used Cooking Oil

**Abstrak:** Indonesia sebagai salah satu negara penghasil dan pengeksport minyak kelapa sawit (CPO) terbesar di dunia, namun masih belum memanfaatkan potensi limbah yang dihasilkan pada penggunaan CPO sebagai minyak goreng yaitu minyak jelantah. Kandungan asam lemak bebas (ALB) yang tinggi pada minyak jelantah akan membentuk reaksi penyabunan dan mengganggu proses pengolahan menjadi biodiesel. Arang kulit biji kakao (*Theobroma cacao L*) memiliki kandungan  $K_2CO_3$  yang mirip dengan produk komersilnya, serta mengandung beberapa jejak silikat dan sulfat sehingga dapat meningkatkan efisiensi penurunan asam lemak bebas. Pada penelitian ini dilakukan uji penurunan kadar ALB pada minyak jelantah dengan menggunakan arang dari kulit biji kakao yang diaktivasi dengan HCl yang divariasikan konsentrasinya yaitu 6, 8, dan 10 Molar, serta perlakuan suhu pada saat proses pencampuran minyak jelantah dengan adsorben arang aktif yaitu sebesar 75, 100, dan 150°C. Hasil penurunan ALB terbaik terdapat pada reaktor A3T2 yang mencapai 80% dimana konsentrasi HCl terbaik adalah 10 Molar dan suhu proses pencampuran dengan adsorben adalah 100°C serta menghasilkan rendemen biodiesel sebesar 75%. Kualitas biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 7182-2015 yaitu densitas 867 kg/m<sup>3</sup>, bilangan asam 0,5 mg KOH/g, viskositas kinematis 1,52 cSt, nilai kalor 48,081 MJ/kg serta kadar metil ester 143,99%-massa.

**Kata kunci:** Asam Lemak Bebas, Biodiesel, Kakao, Minyak Jelantah

## 1. Pendahuluan

Konsumsi BBM Indonesia setiap tahunnya meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk, pertumbuhan industri, pertumbuhan sektor pertanian dan transportasi. Hal ini berdampak pada tingginya harga biodiesel dibandingkan bahan bakar fosil. Sehingga penting dilakukan penelitian untuk menurunkan harga biodiesel agar dapat dibandingkan dengan minyak solar. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil dan pengeksport minyak kelapa sawit (CPO) terbesar di dunia. Badan Pusat Statistik (BPS) menyampaikan bahwa ekspor minyak sawit selama tahun 2016 sampai tahun 2019 cenderung mengalami peningkatan. Peningkatan ekspor minyak sawit terbesar terjadi pada tahun 2019 dengan volume ekspor sebesar 29,5 juta ton dengan nilai ekspor US\$15,6 miliar [1] dan pada 24 September 2021 melalui Kementerian Perdagangan menetapkan Peraturan Menteri Perdagangan No. 56 Tahun 2021 tentang Penetapan Harga Patokan Ekspor Atas Produk Pertanian dan Kehutanan yang Dikenakan Bea Keluar harga referensi CPO ditetapkan sebesar US\$ 1.196,60/MT [2].

Berdasarkan badan pengelola dana perkebunan kelapa sawit (BPDPKS) terdapat sekitar 24% dari seluruh bagian buah sawit yang dapat diambil sebagai CPO [3] sedangkan dari total 52.048 kg CPO dan Palm Kernel Oil (PKO) terdapat 32% yang dipasarkan dalam negeri dimana 9.860 kg atau sekitar 18,6% yang diproduksi sebagai minyak goreng dan margarin dan 11,06% diolah menjadi biodiesel [4]. Meningkatnya produksi minyak goreng dari rumah tangga seperti rumah makan dan industri merupakan masalah yang berkembang. Limbah ini mengakibatkan instalasi pengolahan air limbah bermasalah dan menjadi kemungkinan penyebab kesehatan manusia. Minyak jelantah sebagai limbah memiliki potensi yang tinggi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku. Minyak jelantah yang mengandung asam lemak bebas (FFA) yang tinggi dapat menyebabkan masalah saponifikasi [5].

Biodiesel mendapat perhatian dalam hal menipisnya bahan bakar fosil di seluruh dunia. Keuntungan utama penggunaan biodiesel adalah merupakan salah satu bahan bakar terbarukan yang tersedia dimana tidak beracun, dapat terurai secara alami, dan mengurangi efek rumah kaca [5]. Selain itu, biodiesel juga dapat digunakan dengan cara digunakan secara langsung atau dicampur dengan bahan bakar fosil tanpa modifikasi mesin yang besar [6].

Kabupaten Jember merupakan penghasil komoditas kakao terbesar ketiga di Provinsi Jawa Timur dengan jumlah produksi di tahun 2019 sebesar 2.997 Ton atau sebesar 8.81% dan meningkat di tahun 2020 sebesar 3.085 Ton [7]. Bagian tanaman kakao ini yang memiliki nilai jual adalah buah biji kakaonya, sedangkan kulit biji kakao (*cacao pod husk*) merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan biji kakao. Kulit ini berwarna coklat, sedikit kasar dan berserat. Limbah kulit biji kakao ini mudah dan banyak didapatkan, karena 12% bagian dari buah kakao merupakan kulit ari permukaan biji kakao [8].

Menurut penelitian Rachmat (2017) arang kulit kakao pada suhu pengarangan 350°C memiliki kemampuan dalam menurunkan FFA minyak jelantah hingga 86,7%. Hal ini lebih efektif dibandingkan dengan esterifikasi menggunakan  $H_2SO_4$  yang hanya mampu menurunkan hingga 80,8%. Selain itu, pada arang kulit kakao berdasarkan hasil XRD menunjukkan bahwa fraksi senyawa  $K_2CO_3$  dari kulit buah kakao sama dengan  $K_2CO_3$  komersil (SAP,99%) yaitu sebanyak  $\geq 60\%$  sehingga dapat digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel [9]. Sehingga, melalui penelitian ini diharapkan mendapatkan hasil konsentrasi asam HCl terbaik pada saat pengaktivasian arang kulit biji kakao serta suhu terbaik pada saat adsorpsi dalam menurunkan kadar FFA pada minyak jelantah. Melalui penelitian ini juga dianalisis kualitas biodiesel yang dihasilkan berdasarkan SNI 7182-2015 [10].

## 2. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan bahan baku berupa minyak jelantah yang didapatkan dari campuran pedagang gorengan dan pengusaha catering, sedangkan kulit biji kakao didapatkan dari pusat penelitian dan pengembangan kakao, Kabupaten Jember, secara lengkap alur penelitian ini terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku minyak jelantah yang diperoleh dihomogenkan dengan cara diaduk dan dipanaskan pada suhu 105-110°C (digunakan alat termokopel untuk kontrol suhu) selama  $\pm 60$  menit menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* guna mencampur minyak jelantah yang berasal dari berbagai sumber pengambilan minyak jelantah serta menghilangkan kandungan air sehingga tidak terbentuk lebih lanjut kandungan asam lemak bebas apabila masih terdapat kandungan air [5]. Proses persiapan bahan baku minyak jelantah secara lengkap terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Minyak Jelantah dan Proses Homogenisasi

### 2.2. Pembuatan Adsorben

Adsorben dibuat dengan menggunakan limbah kulit biji kakao yang dikeringkan terlebih dahulu dibawah sinar matahari selama 6 jam (pukul 09:00-15:00) selama  $\pm 3$  hari. Kulit biji kakao kering selanjutnya diarangkan dengan menggunakan alat pirolisis sederhana dengan menjaga proses pemanasan pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 4$  jam. Selanjutnya arang kulit biji kakao dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 60 mesh. Arang yang telah berukuran seragam ini selanjutnya diaktivasi menggunakan HCl dengan konsentrasi 6, 8 dan 10 Molar sebagai variabel bebas. Proses aktivasi dengan Asam Klorida dilakukan dengan pengadukan oleh magnetic stirrer dan pemanasan diatas *hot plate* dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit, digunakan termometer untuk mengontrol suhu. Setelah itu, arang dipisahkan dari larutan asam dan dinetralkan pHnya hingga mendekati  $\text{pH} = 7$  dengan menggunakan aquades. Arang kulit kakao selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam, pendinginan di desikator selama 15 menit, dan sebelum adsorben siap untuk digunakan arang aktif disimpan dalam wadah kedap udara.



**Gambar 3.** Proses Pirolisis, Pengayakan, dan Perendaman HCl Arang Kulit Kakao

### 2.3. Reaksi Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan dengan membubuhkan 15 gram (15% m/v) arang kulit kakao yang sudah diaktivasi kedalam 100 mL minyak jelantah sesuai dengan pembagian reaktor Tabel 1. Proses adsorpsi ini dilakukan selama 90 menit, kecepatan 500 rpm dengan variasi suhu pada Tabel 1. Setelah dilakukan pengadukan selanjutnya minyak jelantah dipisahkan dengan arang kulit kakao dengan menggunakan kertas saring untuk selanjutnya dilakukan uji kadar FFA dengan metode uji AOCS-5a-40 1989 [11], densitas dengan standar uji ASTM D1298-99 (Reapproved 2005) [12], dan kadar asam berdasarkan standar ASTM D974-14 [13]. Setelah didapatkan hasil kualitas minyak jelantah, selanjutnya variasi penurunan FFA terbaik akan dilanjutkan ke pembuatan biodiesel.

**Tabel 1.** Variasi dan Penamaan Reaktor

Suhu Proses Adsorpsi	Konsentrasi HCl Aktivasi Arang Kulit Kakao		
	A1 (6 M)	A2 (8 M)	A3 (10 M)
T1 ( $75^{\circ}\text{C}$ )	A1T1	A2T1	A3T1
T2 ( $100^{\circ}\text{C}$ )	A1T2	A2T2	A3T2
T3 ( $150^{\circ}\text{C}$ )	A1T3	A2T3	A3T3



**Gambar 4.** Proses Adsorpsi, Pemisahan Arang dan Minyak Jelantah, serta Uji Kadar FFA

#### 2.4. Reaksi Transesterifikasi

Minyak jelantah hasil dari variasi penurunan kadar FFA terbaik dilanjutkan ke proses pembuatan biodiesel dengan reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi minyak jelantah dilakukan dengan menggunakan metanol dengan tingkat kemurnian 97% dengan perbandingan 9:1 dari reaksi stoikiometrik serta menggunakan katalis basa KOH pro analisis sebanyak 1% m/v dari volume metanol. Proses transesterifikasi dilakukan pada suhu 60°C selama 60 menit menggunakan *hot plate* dengan kecepatan pengadukan 700 rpm menggunakan *magnetic stirrer*.

Proses dilanjutkan dengan pemisahan biodiesel dan gliserol pada corong pemisah sampai terbentuk 2 lapisan larutan ( $\pm 8$  jam). Gliserol yang terbentuk dibuang, sedangkan biodiesel kasar (*crude biodiesel*) dipindahkan pada *beaker glass* untuk selanjutnya dimurnikan dari pengotornya dengan metode *dry washing* menggunakan adsorben arang kulit kakao dengan variasi terbaik.



**Gambar 5.** Proses Transesterifikasi dengan Metanol 97% dan Katalis KOH pro analisis, Pemisahan Biodiesel dan Gliserol, serta Gliserol dan *Crude Biodiesel*

#### 2.5. Uji Kualitas Biodiesel

Biodiesel murni yang dihasilkan selanjutnya dianalisis kualitas mutunya dengan standar SNI 7182-2015 tentang Biodiesel [10] yaitu antara lain uji kualitas viskositas kinematis, densitas, angka setana, bilangan asam, angka iodin, kadar metil ester, dan nilai kalor.

### 3. Hasil

#### 3.1. Kualitas Minyak Jelantah

Minyak Jelantah yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari sisa penggorengan beberapa usaha gorengan dan catering di Kabupaten Jember, dimana total minyak jelantah yang dikumpulkan sekitar  $\pm 3$  liter sesuai dengan kebutuhan jumlah variasi dan pengulangannya (9 variasi sampel dan 3 ulangan percobaan, @ 100 mililiter). Minyak goreng tersebut digunakan hingga lebih dari 4 kali penggorengan dimana terjadi perubahan warna minyak, sehingga terlebih dahulu mengetahui karakteristik dari minyak jelantah tersebut mulai dari kadar FFA, densitas, dan bilangan asam. Tabel 2 merupakan data pengujian hasil karakterisasi minyak jelantah hasil homogenisasi.

**Tabel 2.** Karakteristik Minyak Jelantah

Karakteristik	Satuan	Nilai
Kadar FFA	%	4,58
Densitas	g/cm <sup>3</sup>	0.906
Bilangan Asam	Mg KOH/g	9,16

### 3.2. Penurunan Kadar FFA

Penyebab meningkatnya kadar FFA minyak jelantah disebabkan oleh adanya proses oksidasi dan hidrolisis yang tergabung dengan lemak netral [5]. Menurut Ketaren (1986) Proses oksidasi dapat berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak atau lemak [14]. Terjadinya reaksi oksidasi ini akan mengakibatkan bau tengik pada minyak dan lemak. Oksidasi biasanya dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida, hal tersebut menyebabkan kadar FFA meningkat lebih dari 2% yang akan menghambat proses transesterifikasi. Data pengukuran kadar FFA pada minyak jelantah diuji menggunakan metode AOCS-5a-40 1989 [11]. Data hasil pengukuran FFA dengan 3 kali ulangan dihasilkan rata-rata penurunan FFA pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Hasil Penurunan Kadar FFA setiap Variasi

Variasi	Kadar FFA (%)	Bilangan Asam (mg KOH/g)	Penurunan FFA (%)
A1T1	2,54	5,08	46
A2T1	2,31	4,61	50
A3T1	2,21	4,42	52
A1T2	1,29	2,58	72
A2T2	1,14	2,27	75
A3T2	0,93	1,86	80
A1T3	1,52	3,03	67
A2T3	1,66	3,32	64
A3T3	1,83	3,66	60

### 3.3. Kualitas Biodiesel

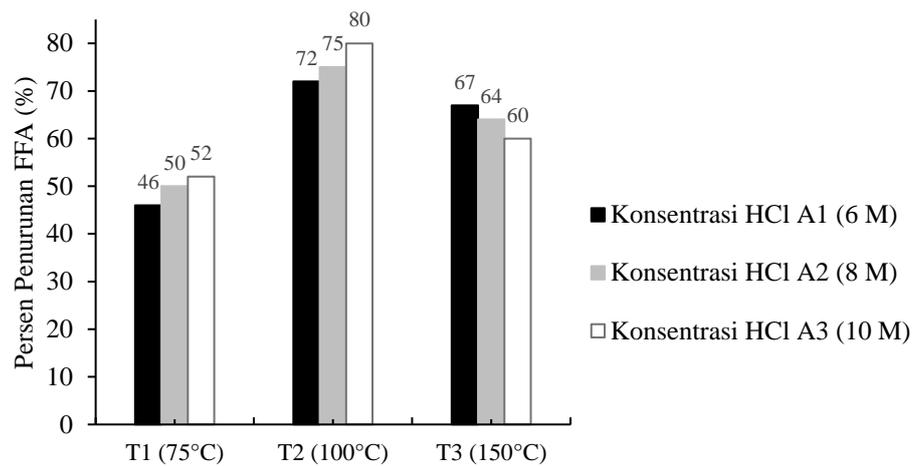
Karakterisasi bertujuan untuk mengidentifikasi sifat dan karakter dari biodiesel hasil penelitian. Parameter yang digunakan berdasarkan standar SNI No. 7182 tahun 2015 [10], dengan parameter yang diujikan seperti: densitas, bilangan asam, viskositas, angka setana, angka iodin, bilangan penyabunan, nilai kalor, dan kadar metil ester. Data pada Tabel 4 disajikan dengan membandingkan hasil penelitian dengan standar parameter SNI 7182-2015.

**Tabel 4.** Hasil Uji Karakteristik Biodiesel

No	Parameter	Satuan	Standar	Hasil Penelitian	Keterangan
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850-890	867	Sesuai
2	Viskositas kinematis 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3-6,0	1,52	Belum sesuai
3	Angka setana	-	min 51	43,835	Belum sesuai
4	Bilangan asam	mgKOH/g	maks 0,5	0,5	Sesuai
5	Angka iodin	%-massa	maks 115	11,8	Sesuai
6	Kadar metil ester	%-massa	min 96	143,99	Sesuai
7	Nilai kalor	MJ/kg	Min 40	48,081	Sesuai

## 4. Pembahasan

Berdasarkan hasil uji di laboratorium didapatkan A3T2 sebagai variasi terbaik pada penurunan kadar FFA minyak jelantah mampu menurunkan kadar FFA hingga 80%. Terjadi naik dan turunnya data perlakuan sampel terhadap kadar FFA, dikarenakan adanya hasil interaksi yang berbeda setiap perlakuan. Disajikan juga grafik perbandingan kadar FFA berdasarkan interaksi antara suhu dan konsentrasi asam pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Penurunan Kadar FFA (%) Berdasarkan Konsentrasi Aktivasi Asam dan Suhu

Proses penurunan kadar FFA pada penelitian ini sangat dipengaruhi oleh kadar asam dan kenaikan suhu. Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan untuk proses aktivasi arang kulit kakao maka penurunan kadar FFA semakin tinggi. Asam HCl merupakan jenis asam kuat, jenis asam kuat ini digunakan untuk mengaktifkan arang bertujuan untuk membuka pori-pori adsorben untuk mempermudah penyerapan zat menjadi lebih baik terutama kadar FFA minyak jelantah. Sama seperti halnya asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) yang dilakukan pada penelitian Wibowo, dkk (2011) bahwa konsentrasi asam yang semakin tinggi akan menciptakan ukuran pori yang berukuran lebih besar [15].

Begitu pula dengan suhu, semakin meningkat suhu adsorpsi maka akan semakin tinggi kemampuan arang aktif dari kulit biji kakao dalam melakukan penyerapan kandungan asam lemak bebas. Hal ini sejalan dengan penelitian Al-Ghourri, dkk (2005) bahwa kenaikan suhu pada proses adsorpsi maka akan mengakibatkan kenaikan kapasitas dan laju adsorpsi [16]. Peningkatan laju adsorpsi ini dapat menimbulkan gaya adsorpsi yang kuat di antara sisi aktif adsorben dan molekul yang berdekatan dengan fasa adsorbat [17].

Namun, pada suhu 150°C kadar FFA justru mengalami kenaikan, kenaikan tersebut menandakan suhu adsorpsi berpengaruh terhadap kadar FFA hasil adsorpsi dimungkinkan terjadinya reaksi pelarutan pada adsorben akibat adanya energi kinetik tumbukan semakin besar. Menurut Rahayu (2014) suhu di atas 100°C pemanasan minyak jelantah akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada minyak jelantah dan menambah kadar asam lemak bebas [18]. Suhu 150°C juga dimungkinkan terjadinya reaksi oksidasi minyak jelantah. Menurut Sari (2019) Reaksi oksidasi pada minyak menghasilkan senyawa organik yaitu aldehid dan keton. Senyawa inilah yang akan menimbulkan ketengikan pada minyak jelantah, selain itu akibat lain yang ditimbulkan oleh proses oksidasi adalah perubahan warna, turunnya kandungan vitamin, dan dapat mengakibatkan keracunan [19].

Berdasarkan hasil penurunan kadar FFA minyak jelantah didapat variasi terbaik untuk diolah menjadi biodiesel yaitu variasi A2T3, dimana rendemen yang dihasilkan dari variasi ini sebesar 75%. Menurunnya rendemen biodiesel yang dihasilkan karena beberapa perlakuan, terutama adanya proses penyerapan adsorben arang aktif yang berlebih dan proses ketika penyaringan dengan kertas saring sehingga banyak bagian minyak ataupun crude biodiesel yang ikut tersaring. Kekurangan dari penggunaan adsorben arang aktif ini adalah tidak mampunya untuk memilah zat yang akan diserap, sehingga mempengaruhi hasil rendemen biodiesel.

Densitas biodiesel berdasarkan SNI 7182-2015 adalah 850-890  $kg/m^3$ , sedangkan hasil penelitian diperoleh 867  $kg/m^3$  yang telah memenuhi syarat. Berdasarkan hasil penelitian angka densitas terus mengalami penurunan, hal itu disebabkan karena adanya tahap pemurnian. Pada tahap pemurnian inilah terjadi beberapa perlakuan seperti

perbedaan suhu dan lamanya waktu, yang menyebabkan adanya pergerakan cepat antar partikel reaktan yang bertumbukan sehingga terjadi penurunan massa dari minyak. Densitas bahan bakar biodiesel mempengaruhi nilai kalor dan kemampuan daya yang dihasilkan pada mesin ruang bakar, densitas yang rendah dapat menyebabkan kerusakan pada mesin diesel.

Viskositas biodiesel dari hasil pengujian ini didapatkan 1,52 cSt. Berdasarkan standardisasi biodiesel SNI 7182-2015 viskositas biodiesel penelitian ini belum memenuhi standar mutu biodiesel yang dibutuhkan sebesar 2,3-6,0 cSt. Viskositas bahan bakar adalah salah satu karakteristik bahan bakar yang sangat menentukan kesempurnaan proses pembakaran. Viskositas yang tinggi menyebabkan aliran solar terlalu lambat. Nilai viskositas yang terlalu rendah juga akan mempengaruhi kinerja pompa pada mesin diesel dimana akan terbentuk partikel kabut (*spray*) yang terlalu halus dan tidak bisa masuk lebih jauh ke dalam silinder pembakaran. Hal ini mengakibatkan terbentuknya daerah yang *fuel rich zone* yang pada akhirnya menyebabkan pembentukan jelaga [20].

Nilai angka setana dapat mempengaruhi cepat atau lambat nya dalam pembakaran. Semakin besar bilangannya maka semakin cepat laju pembakaran sedangkan semakin kecilnya angka setana dapat menyebabkan *knocking* karena lambatnya laju pembakaran, sehingga dapat terjadinya kerusakan pada mesin. Angka setana yang dihasilkan biodiesel penelitian ini sebesar 43,835 berdasarkan tabel nilai tersebut masih belum memenuhi standar SNI 7182-2015.

Nilai bilangan asam pada penelitian ini diperoleh 0,5 mg KOH/gam, hal ini sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Menurunnya bilangan asam selama penelitian disebabkan adanya proses pemurnian yang baik. Tinggi rendahnya bilangan asam memengaruhi kualitas biodiesel tersebut, semakin tinggi bilangan asam maka kandungan asam lemak bebasnya juga tinggi. Bilangan asam yang tinggi dapat menyebabkan adanya kerak dan menyebabkan penyumbatan pada mesin.

Angka iodin yang tinggi (>115) dapat merugikan kinerja pembakaran, karena semakin tinggi angka iodin semakin tinggi asam lemak rangkap yang terkandung. Minyak yang memiliki asam lemak rangkap dengan jumlah tinggi akan mudah teroksidasi ketika berkontak dengan oksigen. Asam-asam lemak inilah yang akan menyebabkan korosi pada mesin saat digunakan. Berdasarkan hasil penelitian angka iodin pada biodiesel ini diperoleh 11,8%-massa, hal tersebut sesuai dengan standar yang ditetapkan SNI 7182-2015.

Bilangan Penyabunan dari hasil penelitian ini diperoleh 28,6 mg/g. Bilangan ini diukur dengan jumlah milligram KOH yang digunakan untuk menyabunkan satu gram biodiesel. Jenis dan kualitas alkohol yang digunakan pada proses transesterifikasi akan berpengaruh terhadap bilangan penyabunan. Semakin panjang rantai karbon dari alkohol yang digunakan akan menyebabkan penurunan bilangan penyabunan [14].

Nilai kalor besarnya energi yang terbuang ketika proses pembakaran sempurna berlangsung. Besar atau rendahnya nilai kalor berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar yang digunakan dalam satu periode. Nilai kalor dihitung dengan pendekatan dari bilangan iodin dan penyabunan. Nilai kalor penelitian ini diperoleh sebesar 48,081MJ/kg sesuai dengan standar SNI 7182-2015.

## 5. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kadar asam lemak bebas terbaik pada variasi A3T2 yang dapat menurunkan hingga 80%, dimana konsentrasi HCl 10 Molar paling baik dalam mengaktivasi arang kulit kakao dan proses adsorbansi terbaik pada suhu 100°C. Biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan kualitas yang telah memenuhi standar mutu SNI 7182-2015 yaitu densitas 867 kg/m<sup>3</sup>, bilangan asam 0,5 mg KOH/g, viskositas kinematis 1,52 cSt, nilai kalor 48,081 MJ/kg serta kadar metil ester 143,99%-massa, sedangkan viskositas dinamis, dan angka setana yang masih belum memenuhi.

**Ucapan Terima Kasih:** Ucapan terima kasih dari penulis kepada laboratorium Workshop Energi dan Mekanik, Politeknik Negeri Jember yang telah mengizinkan kami melakukan analisis penelitian ini.

## Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik - Indonesia, "Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2020," Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2021.
- [2] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, "Annual Report," BPDP, Jakarta, 2021.
- [3] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, "bpdp.or.id," Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, 22 March 2022. [Online]. Available: <https://www.bpdp.or.id/neraca-massa-pengolahan-minyak-sawit>. [Accessed 8 April 2023].
- [4] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, "bpbd.or.id," Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, 22 March 2022. [Online]. Available: <https://www.bpdp.or.id/proses-pengolahan-cpo-menjadi-minyak-goreng-di-industri-refinery>. [Accessed 8 April 2023].
- [5] G. Knothe, J. V. Gerpen and J. Krahl, *The handbook of Biodiesel*, Illinois: AOCS Press, 2005.
- [6] S. Nurdin, N. A. Rosnan, N. S. Ghazali, J. Gimbutun, A. H. Nour and S. F. Haron, "Economical Biodiesel Fuel Synthesis from Castor Oil using Mussel Shell-Base Catalyst (MS-BC)," *Energy Procedia*, vol. 79, pp. 576-583, 2015.
- [7] Badan Pusat Statistik, "Produksi Tanaman Perkebunan Menurut Komoditas dan Kabupaten/Kota (Ton), 2020-2021," [Online]. Available: <https://jatim.bps.go.id/indicator/54/563/1/produksi-tanaman-perkebunan-menurut-komoditas-dan-kabupaten-kota.html>. [Accessed 8 April 2023].
- [8] S. N. Wulan, "Kemungkinan Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao*, L) Sebagai Sumber Zat Pewarna (B-Karoten)," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 2, pp. 22-29, 2001.
- [9] D. Rachmat, "Pemanfaatan Kulit Biji Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Sebagai Arang Aktif Dan Katalis Pada Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah," *Scemantic Scholar*, 2017.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 7182-2015 Biodiesel," BSNI, Jakarta, 2015.
- [11] American Oil Chemists Society, "AOCS Official Method Ca 5a-40 Reapproved 1997 'Free Fatty Acid'," AOCS, Urbana, 1997.
- [12] American Society for Testing and Materials, "ASTM D1298-99 (Reapproved 2005) Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method," ASTM, West Conshohocken, 2005.
- [13] American Society for Testing and Materials, "ASTM D974-14 Standard Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration," ASTM, West Conshohocken, 2014.
- [14] S. Ketaren, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Jakarta: UI Press, 1986.
- [15] S. Wibowo, W. Syafi and G. Pari, "Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung," *Makara, Teknologi*, vol. 15, pp. 17-24, 2011.
- [16] M. Al-Ghouri, M. Khraisheh, M. Ahmad and S. Allen, "Thermodynamic behaviour and the effect of temperature on the removal of dyes from aqueous solution using modified diatomite: A kinetic study," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 287, no. 1, pp. 6-13, 2005.
- [17] O. S. Ayanda, O. S. Fatoki, F. A. Adekola, E. Suana and B. J. Ximba, "Comparative Performance Evaluation Of Activated Carbon And Fly Ash / Activated Carbon Composite For Triphenyltin Chloride Removal By Adsorption," *International Journal of Nano Corrosion Science and Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 1-12, 2014.
- [18] L. H. Rahayu and S. Purnavita, "Pengaruh Suhu Dan Waktu Adsorpsi Terhadap Sifat Kimia-Fisika Minyak Goreng Bekas Hasil Pemurnian Menggunakan Adsorben Ampas Pati Aren Dan Bentonit," *Momentum*, vol. 10, no. 2, pp. 35-41, 2014.

- [19] S. A. Sari, "Effect of Dragon Fruit Juice Addition on Changes in Peroxide Numbers and Acid Numbers of Used Cooking Oil," *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST-UNIMED)*, vol. 02, pp. 136-141, 2019.
- [20] R. Prihandana and R. Hendroko, *Energi Hijau, Pilihan Bijak menuju Negeri Mandiri Energi*, Jakarta: Penebar Swadaya, 2008.