

Pemanfaatan CPO Off-Grade dalam Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis CaO pada Reaksi Transesterifikasi

Fikri Maulidan*, Fanny Aulia Ramadhanti, Bambang Wahyudi

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur,
Jalan Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia

*) corresponding author: maulidanfm13@gmail.com

Received: 25 Februari 2020; **Accepted:** 30 Juni 2020; **Available online:** 31 Juli 2020

Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar minyak terbarukan yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani. Pembuatan biodiesel dari minyak nabati dapat dilakukan dengan metode transesterifikasi. Salah satu minyak nabati yang memiliki potensi untuk dikonversi menjadi biodiesel adalah CPO off-grade. CPO off-grade diolah menjadi biodiesel dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data kualitas biodiesel yang dihasilkan dari CPO Off-grade melalui reaksi esterifikasi dengan katalis H_2SO_4 dan transesterifikasi dengan katalis CaO. Tahapan melakukan penelitian ini, pertama dengan melakukan esterifikasi menggunakan metanol sebanyak 12%-b dan H_2SO_4 sebanyak 1%-b pada suhu $60^\circ C$ selama 60menit. Kemudian melakukan transesterifikasi dengan penambahan metanol sebanyak 12%-b dan CaO sebanyak 2%-b. Reaksi dijalankan pada suhu $45^\circ C$; $50^\circ C$; $55^\circ C$; $60^\circ C$; $65^\circ C$ dengan waktu 60 menit; 70 menit; 80 menit; 90 menit; 100 menit. Yield biodiesel terbesar diperoleh dari suhu transesterifikasi $65^\circ C$ selama 100 menit sebesar 29,5%. Biodiesel yang dihasilkan berdasarkan karakteristik densitas, viskositas, titik nyala, angka asam, dan angka cetane telah memenuhi standar SNI 7182:2015.

Kata kunci: asam lemak bebas; biodiesel; cpo off-grade; esterifikasi; transesterifikasi

Abstract

Biodiesel is a renewable oil fuel derived from vegetable oils or animal fats. Production biodiesel from vegetable oils can be done by transesterification method. One kind vegetable oil that has high potential as biodiesel resource is off-grade Crude Palm Oil (CPO). Off-grade CPO is processed into biodiesel by using esterification and transesterification reaction. This study aims to obtain data on the quality of biodiesel through esterification reaction with H_2SO_4 catalyst and transesterification with CaO catalyst. The first stage is esterification reaction. It has been done by Adding 12%-w methanol and H_2SO_4 by 1%-w into oil at $60^\circ C$ for 60 minutes. Then continue to transesterification reaction by adding 12%-w methanol and 2%-w CaO. The reaction is run at temperature variables $45^\circ C$; $50^\circ C$; $55^\circ C$; $60^\circ C$; $65^\circ C$ and for time variables 60 minutes; 70 minutes; 80 minutes; 90 minutes; 100 minutes. The highest yield of biodiesel was obtained from transesterification temperature of $65^\circ C$ for 100 minutes by 29.5%. The biodiesel product has been characterized its of density, viscosity, flash point, acid number, and cetane number and the result fulfilled SNI 7182: 2015 standard.

Key words: biodiesel; esterification; free fatty acids; off-grade cpo; transesterification

PENDAHULUAN

Pengembangan pembuatan bahan bakar dari bahan-bahan yang terbarukan di era ini terus-menerus dilakukan untuk memperoleh bahan bakar yang ramah lingkungan sebagai pengganti bahan bakar konvensional yang ketersediaannya terbatas dan limbah yang dihasilkan pun merusak lingkungan. Biodiesel merupakan bahan bakar minyak terbarukan yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani. Biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan petrodiesel yaitu dapat diperbarui (*renewable*), ramah lingkungan (*biodegradable*), kadar sulfur rendah (*non toxic*), dan pembakaran relatif lebih bersih [1].

Peluang Indonesia untuk menjadi penghasil biodiesel sangat besar. Indonesia sebagai produsen CPO terbesar kedua di dunia sangat potensial sebagai produsen biodiesel dengan memanfaatkan minyak yang berbasis sawit, baik CPO itu sendiri maupun turunannya [2]. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam produksi biodiesel menggunakan bahan baku minyak nabati. Mulyadi (2011) membuat biodiesel dari biji karet dengan kadar asam lemak bebas 7,4% dan konversi metil ester 97,2% [3]. Budiawan (2013) membuat biodiesel dari minyak sawit *off-grade* dengan kadar asam lemak bebas 16,18% dan menghasilkan yield terbesar 87,41% [4]. Pada penelitian ini digunakan minyak sawit *off-grade* yang kadar asam lemak bebasnya tidak terlampaui tinggi sehingga diharapkan yield biodiesel yang dihasilkan semakin besar.

Pembuatan biodiesel dari minyak nabati dapat dilakukan dengan metode transesterifikasi. Syahrir (2011) menyatakan bahwa minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam lemak bebas kurang dari 1% [5]. Pengolahan minyak nabati yang *edible* (dapat dikonsumsi) menimbulkan pro dan kontra, karena berkaitan dengan ketahanan pangan. Untuk itu dalam penelitian ini akan dibuat biodiesel dari bahan baku minyak nabati yang tidak

dimanfaatkan untuk pangan yaitu menggunakan minyak sawit dari pabrik minyak goreng yang tidak memenuhi standar (*off-grade*). Minyak kelapa sawit yang tidak layak (*off-grade*) tidak dapat diproses lebih lanjut. Dengan dimanfaatkan sebagai biodiesel maka dapat meningkatkan nilai ekonomis dari CPO *off-grade* tersebut. Proses pembuatan biodiesel akan dilakukan dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi, selanjutnya akan dibandingkan karakteristiknya dengan bahan bakar diesel konvensional.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain CPO *off-grade* dengan kadar asam lemak bebas 2,87% dari PT. Smart Tbk Surabaya, aquades, metanol 98%, asam sulfat 98%, dan kalsium oksida yang dibeli di Sumber Ilmiah Persada Surabaya.

Alat

Alat-alat yang digunakan antara lain reaktor esterifikasi yang terdiri dari labu leher tiga 1000 ml, *heating mantle*, motor pengaduk, termometer, dan kondensor serta heater.

Prosedur Penelitian

Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi ini dilakukan pada reaktor *batch* berpengaduk dengan pemanasan untuk menjaga temperatur reaksi konstan. Pada proses esterifikasi, sebanyak 500 ml CPO *off-grade* dimasukkan ke dalam reaktor esterifikasi. Setelah CPO *off-grade* mencapai suhu 60°C, ditambahkan pereaksi metanol sebanyak 12%-b dan H₂SO₄ sebanyak 1%-b. Pengaduk mulai dijalankan dengan kecepatan 400 rpm selama 60 menit.

Pemisahan produk hasil esterifikasi

Filtrat hasil esterifikasi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 1 jam. Setelah 1 jam akan terbentuk dua lapisan

yaitu lapisan atas berupa campuran H₂SO₄ dengan metanol sisa reaksi dan lapisan bawah berupa campuran metil ester dengan trigliserida. Lapisan bawah diuji kadar asam lemak bebasnya. Jika sudah kurang dari 2% maka dilanjutkan proses transesterifikasi.

Transesterifikasi

Setelah pemisahan produk esterifikasi, lapisan bawah hasil esterifikasi dengan kadar asam lemak bebas lebih kecil 2% dimasukkan ke dalam reaktor transesterifikasi dan dipanaskan pada suhu 45 °C; 50 °C; 55 °C; 60 °C; 65 °C.

Setelah suhu reaksi tercapai, ditambahkan campuran metanol sebanyak 12%-b dan katalis CaO sebanyak 2%-b direaksikan selama selama 60 menit; 70 menit; 80 menit; 90 menit; 100 menit. Endapan berupa katalis dipisahkan dari filtratnya. Filtrat yang didapat dilanjutkan ke proses pemisahan dan pemurnian biodiesel.

Pemisahan dan Pemurnian Biodiesel

Filtrat dipisahkan dengan corong pemisah hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas yang terdiri dari *crude* biodiesel dan metanol sisa reaksi dipisahkan dari lapisan bawah berupa gliserol. *Crude* biodiesel kemudian dimurnikan dengan cara dicuci dengan akuades hingga air pencuci jernih. Biodiesel dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 60 menit, kemudian dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya.

Analisis Yield

Analisis yield dilakukan dengan menimbang berat biodiesel yang dihasilkan. Kemudian dihitung mengikuti persamaan (1) dibawah ini

$$Yield = \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat CPO off-grade}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis Densitas

Densitas biodiesel dianalisis dengan metode gravimetri. Pertama dengan menimbang piknometer kosong lalu

menimbang piknometer yang sudah diisi penuh biodiesel. Selanjutnya dihitung dengan persamaan.

$$\rho = \frac{m_{\text{pikno+isi}} - m_{\text{piknometer kosong}}}{V_{\text{piknometer}}}$$

Dimana, ρ = massa jenis ($\frac{\text{gr}}{\text{ml}}$)

m = massa (gram) ; V = volume(ml) untuk massa biodiesel dihitung dengan menghitung selisih antara massa ρ .

Analisis Viskositas Kinematik

Nilai viskositas kinematik dianalisis dengan metode ASTM D445.

Analisis Titik Nyala

Angka titik nyala dianalisis dengan metode ASTM D93.

Analisis Angka Cetane

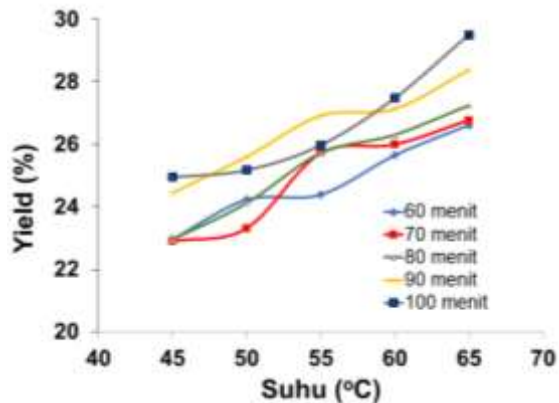
Angka cetane dianalisis dengan metode ASTM D613. Analisis viskometer kinematik, analisis titik nyala dan analisis angka cetane dilakukan di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri (BPKI) Surabaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Yield

Proses pertama yang dilakukan adalah esterifikasi. Esterifikasi dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan kadar FFA pada CPO *off-grade*. Dari hasil analisis awal diperoleh kandungan FFA CPO *off-grade* sebesar 2,87%. Esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan CPO *off-grade* 500 ml dengan metanol sebanyak 12%-b dan H₂SO₄ sebagai katalis sebanyak 1%-b pada suhu 60°C selama 60 menit. Kadar FFA CPO *off-grade* setelah esterifikasi menjadi 0,77% dan dilanjutkan ke proses transesterifikasi dengan CaO sebagai katalis sebanyak 2%-b untuk mendapatkan biodiesel.

Hubungan yield yang diperoleh dengan suhu reaksi untuk berbagai waktu reaksi ditunjukkan oleh gambar 1



Gambar 1. Pengaruh suhu reaksi terhadap parameter yield biodiesel

Dari gambar 1 dapat diketahui bahwa semakin tinggi temperatur reaksi maka diperoleh yield yang semakin besar. Reaksi transesterifikasi dapat dilangsungkan pada rentang temperatur kamar hingga mendekati titik didih metanol. Semakin tinggi temperatur reaksi maka yield biodiesel yang dihasilkan akan semakin tinggi. Pada reaksi dengan temperatur reaksi di atas titik didih metanol akan meningkatkan tumbukan antara partikel metanol dan minyak [6].

Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh data perolehan yield biodiesel pada berbagai suhu dan waktu. Diketahui bahwa kenaikan suhu dan waktu menghasilkan yield yang lebih besar. Namun dari kedua faktor tersebut, CPO *off-grade* yang ditransesterifikasi pada suhu yang lebih tinggi menghasilkan yield biodiesel relatif lebih banyak dibandingkan pada suhu di bawahnya pada waktu yang sama. Pada suhu reaksi yang berbeda dengan waktu yang sama perbedaan yield yang dihasilkan sebesar 1-3%. Sedangkan pada waktu yang berbeda dengan suhu yang sama perbedaan yield yang dihasilkan sebesar 0,3-1%. Diperoleh yield tertinggi yaitu pada suhu 65°C dan waktu 100 menit sebesar 29,5%.

Hasil ini dibawah perolehan yield biodiesel yang telah dilakukan oleh Yosepha (2016) dengan transesterifikasi minyak sawit *off-grade* menggunakan katalis NaNO_3 dengan

yield terbesar 79,58% [7]. Mahdi (2016) melakukan transesterifikasi minyak sawit (CPO) *off-grade* menggunakan katalis ZnO komersial dengan yield terbesar 96,18% [8]. Reaksi transesterifikasi minyak CPO *off-grade* dengan metanol menjadi *Fatty Acid Metil Ester* (FAME) merupakan reaksi endotermis sehingga bila suhu reaksi dinaikkan, maka kesetimbangan bergeser ke kanan/produk. Peningkatan laju reaksi ini disebabkan oleh meningkatnya konstanta laju reaksi yang merupakan fungsi dari temperatur. Semakin tinggi temperaturnya, maka semakin besar laju reaksinya. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius.

Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh suhu reaksi lebih dominan daripada waktu reaksi terhadap perolehan yield biodiesel [9]. Penggunaan katalis basa membuat reaksi dapat berlangsung pada suhu kamar. Sedangkan dengan katalis asam reaksi baru berjalan baik pada suhu 100°C. Bila tanpa katalis, reaksi membutuhkan suhu minimal 250°C [10].

Karakteristik Biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan selanjutnya dianalisis karakteristiknya dan dibandingkan dengan data standar minyak biodiesel seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji karakteristik biodiesel dari CPO *off-grade*

Parameter/ metode	Hasil Uji Biodiesel CPO <i>off- grade</i>	Minyak biodiesel SNI 7182:2015
Massa jenis, kg/m^3 (gravimetri)	871,4	850-890
Viscositas kinematik, mm^2/s	3,57	2,3-6,0
Titik nyala °C, mangkok tertutup	180,1	Min 100
Angka asam (titrimetri)	0,35	Maks 0,8
Angka cetane (ASTM D613)	51,87	Min 51

Dari tabel 1 terlihat bahwa karakteristik densitas, viskositas, titik nyala, angka asam, dan angka *cetane* telah memenuhi standart minimal mutu biodiesel SNI 7182:2015.

Perolehan yield biodiesel tertinggi yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu sebesar 29,5%. Hasil ini lebih rendah dibandingkan penelitian yang dilakukan Helwani (2015) dengan yield tertinggi sebesar 87,41%. Hal ini dapat disebabkan karena CPO *off-grade* tidak melalui proses *degumming* terlebih dahulu sehingga masih mudah terbentuk gum dan proses pemanasan yang kurang sempurna sehingga masih ada kandungan air yang tertinggal setelah pencucian yang menyebabkan mudah terbentuk emulsi yang mengurangi perolehan biodiesel [11]. Selain itu proses pemisahan gliserol yang kurang sempurna juga berpengaruh terhadap perolehan yield dan kualitas biodiesel yang dihasilkan tidak konstan seiring berjalannya waktu karena munculnya gliserol yang membuat biodiesel menjadi lebih kental dan berbau.

SIMPULAN

Hasil perolehan biodiesel (metil ester) terbesar yaitu pada suhu transesterifikasi 65°C waktu 100 menit dengan yield sebesar 29,5%. Faktor suhu reaksi lebih dominan daripada waktu reaksi transesterifikasi dimana biodiesel yang dihasilkan dari suhu reaksi lebih tinggi menghasilkan biodiesel yang lebih banyak pada waktu yang sama. Biodiesel yang dihasilkan berdasarkan karakteristik densitas, viskositas, titik nyala, angka asam, dan angka *cetane* telah memenuhi standar SNI 7182:2015. CPO *off-grade* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar alternatif yaitu biodiesel dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi.

SARAN

CPO *off-grade* sebaiknya diproses *degumming* terlebih dahulu untuk mengurangi getahnya. Setelah transesterifikasi sebaiknya

dilakukan analisis terhadap kadar gliserol untuk memastikan biodiesel yang diperoleh bebas dari gliserol.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Christian and W. Setiadi, "Turunan Bahan Kimia dari Industri Petrokimia." Ponorogo: Myria Publishers, 2019.
- [2] S. Arita, M. B. Dara, and J. Irawan, "Pembuatan Metil Ester asam lemak dari CPO off grade dengan metode esterifikasi-transesterifikasi," *J. Tek. Kim.*, vol. 15, no. 2, 2008.
- [3] E. Mulyadi and others, "Proses Produksi Biodiesel Berbasis Biji Karet," *J. Rekayasa Proses*, vol. 5, no. 2, pp. 40–44, 2011.
- [4] R. Budiawan, Zulfansyah, W. Fatra, and Z. Helwani, "Off-grade palm oil as a renewable raw material for biodiesel production by two-step processes," *Proc. Int. Conf. Chem. Eng. Sci. Appl.*, vol. 7, p. 309, 2013.
- [5] I. Syahrir, "Pembuatan Biodiesel Dari Biji Karet Dengan Proses Transesterifikasi," *Media Perspekt.*, vol. 1, pp. 37–41, 2011.
- [6] V. Wahyudi, Z. Helwani, and E. Saputra, "Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit Off-grade Menggunakan CaO / Fly Ash sebagai Katalis Pada Tahap Transesterifikasi," pp. 1–8.
- [7] W. Yoesepha *et al.*, "Produksi biodiesel dari minyak sawit off grade menggunakan katalis Na₂O/Fe₃O₄ pada tahap," pp. 1–8, 2012.
- [8] K. A. Mahdi, Yusnimar, and S. Helianty, "Transesterifikasi Biodiesel dari CPO FFA Tinggi dengan Katalis Zno Komersial (Pengaruh Variasi Jumlah Katalis Dan Rasio Mol Minyak : Metanol)," vol. 5, no. June, pp. 1–11, 2016.
- [9] E. D. Sari, "Pembentukan Biodiesel Dari Minyak Biji Karet Dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi," *Tek. Kim. Univ. Pembangunan Nas.*

- “Veteran” Jawa Timur, 2011.
- [10] H. Santoso and I. Kristianto,
“Pembuatan biodiesel menggunakan katalis basa heterogen berbahan dasar kulit telur,” 2013.
- [11] R. Z. Budiawan, W. Fatra, and Z. Helwani, “Off Grade Palm Oil as A Renewable Raw Material for Biodiesel Production by Two-Step Processes,” in *ChESA Conference*, 2013, pp. 40–50.