Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
5 (3) 2025, Page: 29540-29548

Evaluasi Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah: Studi Penggunaan Katalis Asam

Muhammad Ilham[1], Sri Rizki Primandari[2], Yolly Fernanda[3], Durain Parmanoan[4]
[1234]Universits Negeri Padang, Indonesia
Alamat: Jl.Prof.Dr.Hamka,Air Tawar Bar.,Kec. Padang Utara,Kota Padang,Sumatera Barat 25171,Indonesia
Corresponding Author: sri.primandari@ft.unp.ac.id

Published: oktober , 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4). Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian parameter fisik biodiesel terhadap standar mutu biodiesel SNI 7182:2015. Metode penelitian menggunakan eksperimen laboratorium dengan variasi suhu 50°C, 60°C, dan 70°C, serta waktu reaksi 60, 80, dan 100 menit. Parameter yang diuji meliputi bilangan asam, densitas, dan viskositas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan waktu reaksi memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Kondisi optimum diperoleh pada suhu 60°C dan waktu reaksi 60 menit, menghasilkan biodiesel dengan bilangan asam 0,561 mg KOH/g, densitas 883,28 kg/m³, dan viskositas 3,007 cSt.. Semua hasil tersebut memenuhi batas mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015.

Kata Kunci: Biodiesel, Minyak Jelantah, Asam Sulfat, Esterifikasi-Transesterifikasi, Evaluasi, SNI 7182:2015.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Pemanfaatan bahan bakar berkelanjutan menjadi prioritas di berbagai negara, termasuk Indonesia, untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil tidak hanya mempercepat penurunan cadangan minyak bumi, tetapi juga menyebabkan berbagai dampak lingkungan seperti polusi udara dan emisi gas rumah kaca. Sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan biodiesel berbasis minyak nabati. Untuk mendukung hal tersebut, pemerintah telah mengimplementasikan program mandatori biodiesel sejak tahun 2008, yang dimulai dengan kadar campuran 2,5% dan meningkat bertahap hingga mencapai B35 pada tahun 2023, dengan target peningkatan ke B40 pada tahun 2025 (Dewan Energi Nasional, 2020). Program ini diatur dalam Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2015, yang mendorong penggunaan biodiesel dalam sektor transportasi, industri, dan pembangkit listrik.

Untuk menjaga keberlanjutan program tersebut, diperlukan pengembangan bahan baku biodiesel yang ramah lingkungan dan ekonomis. Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah minyak jelantah atau used cooking oil (UCO), yaitu limbah minyak goreng bekas dari rumah tangga dan industri makanan. Menurut Traction Energi Asia, potensi ketersediaan UCO di Indonesia mencapai sekitar 1,2 juta kiloliter per tahun, menjadikannya sumber bahan baku yang sangat potensial. Namun, sebagian besar minyak jelantah masih dibuang sembarangan atau digunakan kembali untuk memasak, yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Padahal, minyak jelantah dapat diolah menjadi produk bernilai guna seperti sabun, lilin, dan terutama biodiesel (Kenarni, 2023).

Dibandingkan minyak nabati murni, biodiesel dari minyak jelantah memiliki beberapa keunggulan, antara lain lebih ekonomis, memiliki angka setana tinggi, sifat pelumasan yang baik, serta menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah. Namun, tantangan utama dalam pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel adalah tingginya kandungan asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA). Kandungan FFA yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan sabun selama proses transesterifikasi sehingga menurunkan efisiensi konversi biodiesel (Mukminin et al., 2022; Reaksi, 2013). Penelitian Kenarni (2023) menunjukkan bahwa kadar FFA di atas 1% dapat menurunkan rendemen biodiesel dan menyulitkan proses pemisahan sabun dari gliserol.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan tahap esterifikasi awal menggunakan katalis asam guna menurunkan kadar FFA sebelum dilakukan proses transesterifikasi. Menurut Efendi et al. (2018), katalis asam yang sering digunakan dalam proses esterifikasi meliputi asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), dan beberapa asam organik lainnya. Selain katalis asam homogen, penelitian terbaru juga mengembangkan katalis asam heterogen seperti zeolit tersulfonasi, resin penukar ion, dan material karbon tersulfonasi yang lebih ramah lingkungan (Ramadhani et al., 2024).

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas katalis asam sulfat (H_2SO_4) dalam menurunkan kadar FFA minyak jelantah. Penelitian (Adolph, 2016), menunjukkan bahwa proses esterifikasi minyak kelapa sawit mentah pada suhu 60°C dengan konsentrasi katalis 1,4% selama 130 menit mampu menurunkan kadar FFA dari 10,59% menjadi 2,23%. Sementara penelitian Megawati et al. (2022) mengoptimalkan volume katalis H_2SO_4 (6–8 ml) dan waktu pengendapan (12–25 jam), menghasilkan penurunan kadar FFA hingga 39,5%. Namun, sebagian besar penelitian tersebut belum mengevaluasi secara sistematis pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi terhadap hasil akhir biodiesel, padahal kedua parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan kualitas produk.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penggunaan katalis asam sulfat (H_2SO_4) dalam pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel dengan meninjau pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi terhadap parameter kualitas biodiesel. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil uji laboratorium terhadap standar mutu biodiesel nasional SNI 7182:2015, guna menentukan kondisi optimum serta menilai kelayakan biodiesel dari minyak jelantah sebagai bahan bakar alternatif berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini termasuk ke dalam kategori eksperimen laboratorium, yang bertujuan untuk mengevaluasi kualitas biodiesel hasil pengolahan minyak jelantah menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4). Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi terhadap penurunan kadar asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA), serta untuk memperoleh kondisi reaksi yang paling efektif dalam menghasilkan biodiesel dengan karakteristik fisik yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 7182:2015).

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan yang dibagi ke dalam dua tahapan utama, yaitu: (1) proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4), dan (2) pengujian karakteristik kualitas biodiesel yang dihasilkan. Daftar alat dan bahan yang digunakan pada masing-masing tahapan disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Alat dan bahan pembuatan biodiesel

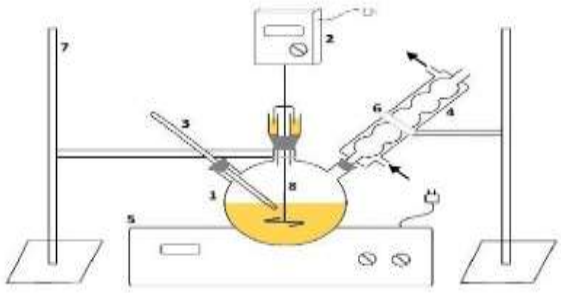
No	Nama Alat/Bahan	Fungsi
1	Pemanas (*hote plate)*	Untuk mengatur suhu reaksi 50°C, 60°C, dan 70°C
2	Thermometer	Untuk memastikan suhu reaksi sesuai dengan variasi
3	Labu leher tiga	Tempat terjadinya reaksi kimia antara minyak jelantah, methanol dan katalis (asam-basa).
4	Pengaduk magnetic atau manual	Untuk mengaduk campuran secara konstan selama

		proses esterifikasi dan transesterifikasi.
5	Kondensor	Digunakan untuk menstabilkan suhu di dalam reactor esterifikasi dan transesterifikasi.
6	Corong pisah (*separatory funnel*)	Untuk memisahkan biodiesel dari gliserol setelah reaksi dan memisahkan air pencuci dari biodiesel.
7	Timbangan dan gelas ukur	Untuk mengukur volume bahan seperti minyak jelantah, katalis asam-basa, methanol dan aquadest.
8	Wadah penyimpanan	Untuk menyimpan hasil akhir biodiesel.
9	Aquades	Mencuci biodiesel yang dihasilkan setelah reaksi transesterifikasi
10	Metanol (CH_3OH)	Reaktan alkohol untuk transesterifikasi
11	Minyak Jelantah	Bahan baku utama biodiesel
12	Kalium Hidroksida (KOH) dan Asam Sulfat (H_2SO_4)	Katalis pada reaksi esterifikasi dan transesterifikasi

Tabel 2. Alat dan bahan pembuatan biodiesel

No	Nama Alat/Bahan	Fungsi
1	Piknometer	Mengukur nilai massa jenis densitas
2	Viskositas oswald	Memanaskan sampel pada suhu reaksi
3	Bola hisap	Menghisap cairan biodiesel untuk mengukur nilai viskositas
4	Buret	Mengukur volume larutan KOH 0,1 N yang dihabiskan saat pengujian angka asam dengan menggunakan metode titrasi
5	Larutan KOH 0,1 N	Larutan basa untuk menetralkan asam lemak bebas (FFA) dalam sampel
6	Indikator phenolphthalein	Indikator dalam titrasi bilangan asam
7	Timbangan digital	Menimbang berat sampel
8	*Bomb Calorimeter*	Mengukur nilai kalor biodiesel

Skema rangkaian alat produksi biodiesel dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alat pembuatan biodiesel (Ihsan & Adi, 2017)

Prosedur Penelitian

a. Tahap Esterifikasi

Minyak jelantah yang memiliki kadar FFA tinggi dipanaskan dan dicampur dengan metanol serta katalis asam sulfat (H_2SO_4) untuk menurunkan kadar FFA hingga di bawah 1%.

b. Tahap Transesterifiksi

Minyak hasil esterifikasi direaksikan kembali dengan metanol dan katalis basa (KOH) untuk menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol.

c. Kemurnin Biodiesel

Biodiesel hasil reaksi dipisahkan dari gliserol menggunakan corong pisah, dicuci dengan air hangat, lalu dikeringkan untuk menghilangkan sisa air dan katalis.

d. Pengujian Kualitas Biodiesel

Biodiesel diuji berdasarkan parameter berikut:

- Bilangan asam
- Densitas
- Viskositas

Setiap hasil pengujian dibandingkan dengan batas mutu pada SNI 7182:2015.

Berikut beberapa gambar pada saat melakukan pengujian karakteristik biodiesel dari minyak jelantah setelah biodiesel selesai diproduksi melalui proses esterifikasi-transesterifikasi:



Gambar 2. Pengujian bilangan asam



Gambar 3. Pengujian densitas



Gambar 4. Pengujian viskositas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Setelah proses sintesis biodiesel selesai, dilakukan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi kualitas biodiesel yang dihasilkan dari setiap variasi suhu dan waktu reaksi. Parameter yang diuji meliputi bilangan asam, densitas, viskositas, dan nilai kalor. Setiap hasil pengujian dibandingkan dengan batas mutu SNI 7182:2015 serta untuk menentukan kondisi optimum suhu dan waktu reaksi yang menghasilkan biodiesel dengan kualitas terbaik. Evaluasi menyeluruh ini bertujuan untuk memastikan biodiesel yang dihasilkan aman, layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif, dan memiliki performa optimal.

Tabel 3. Data hasil pengujian kualitas biodiesel

No	Variasi suhu (°C)	Variasi waktu	Pengujian Kualitas Biodiesel		
			Bilangan Asam (mg-KOH/g)	**Densitas (kg/m_3)**	**Viskositas (cSt)**
1.	50°C	60	0,8415	884,38	3,619
		80	0,561	885,12	3,611
		100	0,8415	882,73	3,908
2.	60°C	60	0,561	883,28	3,007
		80	0,561	885	3,066
		100	0,8415	885,75	3,879
3.	70°C	60	0,8415	891,76	3,569
		80	0,561	881,3	3,501
		100	1,122	893,88	3,845

Berdasarkan hasil karakterisasi, kualitas biodiesel yang dihasilkan dalam penelitian ini dibandingkan dengan standar SNI 7182:2015 untuk menilai kesesuaiannya dan menentukan apakah biodiesel tersebut memenuhi mutu yang ditetapkan. Perbandingan ini memastikan bahwa biodiesel aman dan layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif, sekaligus memberikan gambaran apakah diperlukan penyesuaian atau optimalisasi lebih lanjut dalam proses produksinya. Berikut adalah data spesifikasi biodiesel menurut SNI 7182:2015 sebagai acuan perbandingan dengan hasil uji yang dapat dilihat pada tabel 4:

Tabel 4. Spesifikasi biodiesel standar SNI 7182;2015

No	Parameter Uji	Batas Minimal	Batas Maksimal
1.	Densitas	850 kg/m^3	890 kg/m^3
2.	Viskositas	2,3 cSt	6,0 cSt
3.	Bilangan Asam	-	0.5 mg KOH/g

Pembahasan

Evaluasi Nilai Bilangan Asam

Bilangan asam digunakan untuk menilai jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel. Nilai ini dinyatakan dalam mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan 1 gram asam lemak metil ester. Biodiesel dengan bilangan asam rendah memiliki kualitas lebih baik karena lebih stabil terhadap oksidasi dan aman digunakan pada mesin diesel, karena tidak menimbulkan potensi korosi yang tinggi.

Tabel 5. Perbandingan hasil uji bilangan asam dengan standar SNI 7182:2015

No	Variasi suhu (°C)	Variasi waktu	**Bilangan Asam (mg-KOH/g)**	Nilai Standar SNI 7182:2015
1.	50°C	60	0,8415	Maksimal 0.5 mg KOH/g
		80	0,561	
		100	0,8415	
2.	60°C	60	0,561	
		80	0,561	
		100	0,8415	
3.	70°C	60	0,8415	
		80	0,561	
		100	1,122	

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian bilangan asam biodiesel dari minyak jelantah pada variasi suhu reaksi 50°C, 60°C, dan 70°Cdengan waktu reaksi 60, 80, dan 100 menit. Bilangan asam diukur dalam mg KOH/g, yang menunjukkan jumlah asam lemak bebas (FFA) yang masih tersisa dalam biodiesel. Nilai bilangan asam yang rendah menandakan kualitas biodiesel yang baik karena FFA yang sedikit meningkatkan stabilitas dan performa bahan bakar.

Pada suhu 50°C, bilangan asam awal tercatat 0,8415 mg KOH/g pada waktu 60 menit, menunjukkan bahwa waktu reaksi singkat belum cukup untuk menurunkan FFA secara maksimal. Ketika waktu reaksi ditingkatkan menjadi 80 menit, bilangan asam menurun signifikan menjadi 0,561 mg KOH/g, yang merupakan nilai optimal pada suhu ini. Namun, pada waktu reaksi 100 menit, bilangan asam kembali meningkat menjadi 0,8415 mg KOH/g, kemungkinan akibat terjadinya reaksi balik atau pembentukan kembali FFA.

Pada suhu 60°C, bilangan asam relatif stabil pada 60 dan 80 menit, keduanya tercatat 0,561 mg KOH/g, menunjukkan bahwa reaksi esterifikasi berlangsung efektif pada suhu ini dengan durasi waktu sedang. Namun, pada waktu 100 menit, bilangan asam meningkat menjadi 0,8415 mg KOH/g, menandakan bahwa waktu reaksi yang terlalu panjang dapat memicu reaksi samping yang meningkatkan FFA.

Pada suhu 70°C, bilangan asam tidak stabil. Pada 60 menit, tercatat 0,8415 mg KOH/g, menurun menjadi 0,561 mg KOH/g pada 80 menit, yang menunjukkan waktu reaksi 80 menit sebagai kondisi terbaik. Namun, pada 100 menit, bilangan asam meningkat drastis hingga 1,122 mg KOH/g, melebihi batas maksimum standar SNI 7182:2015 sebesar 0,8 mg KOH/g. Peningkatan ini diduga akibat degradasi termal dan penguapan metanol pada suhu tinggi, sehingga rasio molar reaktan tidak seimbang dan reaksi esterifikasi tidak berjalan optimal.

Dengan demikian, kondisi optimal untuk menghasilkan biodiesel dengan bilangan asam rendah terdapat pada suhu 50°Cdengan waktu reaksi 80 menit, serta suhu 60°Cdengan waktu 60–80 menit. Pada kondisi ini, bilangan asam biodiesel berada pada 0,561 mg KOH/g, yang memenuhi standar SNI 7182:2015. Penyesuaian suhu dan durasi reaksi sangat penting untuk meminimalkan

FFA, meningkatkan efisiensi pembentukan metil ester, dan menjamin kualitas biodiesel sesuai standar.

Evaluasi Nilai Densitas

Densitas biodiesel merupakan sifat fisik penting yang menentukan performa, kualitas, dan kompatibilitasnya sebagai bahan bakar pengganti diesel. Densitas adalah rasio massa terhadap volume suatu zat, biasanya diukur dalam kg/m³.

Tabel 6. Perbandingan hasil uji densitas dengan standar SNI 7182:2015

No	Variasi suhu (°C)	Variasi waktu	**Densitas (kg/m₃)**	Nilai Standar SNI 7182:2015
1.	50°C	60	884,38	850 kg/m³ - 890 kg/m³
		80	885,12	
		100	882,73	
2.	60°C	60	883,28	
		80	885	
		100	885,75	
3.	70°C	60	891,76	
		80	881,3	
		100	893,88	

Tabel di atas menunjukkan densitas biodiesel dari minyak jelantah pada variasi suhu 50°C, 60°C, dan 70°C dengan waktu reaksi 60, 80, dan 100 menit, dibandingkan dengan standar SNI 7182:2015 (850–890 kg/m³).

Pada suhu 50°C, densitas biodiesel berkisar antara 882,73–885,12 kg/m³, masih berada dalam batas standar, menunjukkan reaksi pada suhu ini menghasilkan biodiesel dengan kepadatan sesuai standar. Densitas relatif stabil pada berbagai waktu reaksi.

Pada suhu 60°C, densitas berada di kisaran 883,28–885,75 kg/m³, juga memenuhi standar. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi pada suhu sedang menghasilkan biodiesel dengan densitas yang konsisten.

Pada suhu 70°C, densitas bervariasi lebih lebar, antara 881,3–893,88 kg/m³. Beberapa nilai melebihi batas maksimum SNI (890 kg/m³), terutama pada waktu reaksi tertentu, menunjukkan bahwa suhu tinggi dapat mempengaruhi konsistensi densitas akibat kemungkinan penguapan metanol atau degradasi termal.

Secara keseluruhan, kondisi optimal untuk mendapatkan densitas biodiesel sesuai standar adalah pada suhu 50–60°C, dengan variasi waktu reaksi yang tidak menimbulkan fluktuasi signifikan.

Evaluasi Nilai Viskositas

Viskositas memegang peranan penting dalam proses injeksi bahan bakar. Pengujian viskositas dilakukan untuk menentukan tingkat kekentalan suatu minyak. Biodiesel harus memiliki viskositas yang sesuai dengan rentang standar, seperti yang tercantum dalam ASTM D6751 dan SNI 7182:2015, yaitu sekitar 2,0–6,0 cSt pada suhu 40 °C.

Tabel 7. Perbandingan hasil uji viskositas dengan standar SNI 7182:2015

No	Variasi suhu (°C)	Variasi waktu	**Viskositas (cSt)**	Nilai Standar SNI 7182:2015
1.	50°C	60	3,619	2,3 cSt - 6,0 cSt
		80	3,611	
		100	3,908	
2.	60°C	60	3,007	
		80	3,066	
		100	3,879	
3.	70°C	60	3,569	
		80	3,501	
		100	3,845	

Tabel di atas menunjukkan hasil pengujian viskositas biodiesel dari minyak jelantah pada variasi suhu 50°C, 60°C, dan 70°C dengan waktu reaksi 60, 80, dan 100 menit, dibandingkan dengan standar SNI 7182:2015 yang menetapkan viskositas biodiesel berada dalam rentang 2,3–6,0 cSt pada suhu 40 °C.

Pada suhu 50°C, viskositas biodiesel berkisar antara 3,611–3,908 cSt pada waktu reaksi 60 menit. Nilai ini masih berada dalam batas standar, menunjukkan bahwa pada suhu rendah, kekentalan biodiesel relatif stabil dan sesuai standar. Meskipun data untuk waktu reaksi 80 dan 100 menit tidak tercantum, kecenderungan viskositas pada suhu ini biasanya tidak mengalami fluktuasi besar karena reaksi transesterifikasi berlangsung secara konsisten pada suhu moderat.

Pada suhu 60°C, viskositas berada pada kisaran 3,007–3,879 cSt pada waktu reaksi 60 menit, yang tetap memenuhi standar SNI. Hal ini menunjukkan bahwa suhu sedang mampu menghasilkan biodiesel dengan kekentalan yang konsisten, dan perubahan waktu reaksi pada suhu ini tidak menyebabkan kenaikan viskositas yang signifikan. Rentang nilai yang lebih rendah pada suhu ini (3,007–3,066 cSt) dibandingkan dengan suhu 50°C kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya efisiensi reaksi esterifikasi, yang membuat rantai metil ester lebih pendek sehingga menghasilkan biodiesel yang sedikit lebih encer.

Pada suhu 70°C, viskositas biodiesel bervariasi antara 3,501–3,845 cSt pada waktu reaksi 60 menit, masih dalam batas standar SNI. Namun, nilai viskositas cenderung lebih tinggi dibandingkan pada suhu 60°C, yang dapat disebabkan oleh perubahan komposisi metil ester akibat degradasi termal atau penguapan sebagian metanol pada suhu tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa suhu tinggi dapat mempengaruhi kekentalan biodiesel, meskipun nilai viskositas tetap berada dalam standar yang ditetapkan.

Secara keseluruhan, semua sampel biodiesel dari ketiga variasi suhu pada waktu reaksi yang diuji menunjukkan viskositas yang memenuhi standar SNI 7182:2015. Viskositas cenderung stabil pada suhu 50–60°C, sedangkan pada suhu 70°C terjadi sedikit peningkatan nilai viskositas, namun masih dalam batas aman. Hasil ini menegaskan pentingnya pengaturan suhu dan durasi reaksi agar biodiesel yang dihasilkan memiliki viskositas optimal, mendukung kelancaran injeksi bahan bakar, dan sesuai standar mutu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh variasi suhu (50°C, 60°C, 70°C) dan waktu reaksi (60, 80, 100 menit) terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah menunjukkan bahwa kedua parameter tersebut berpengaruh nyata terhadap bilangan asam, densitas, viskositas, rendemen, dan nilai kalor biodiesel. Proses esterifikasi mampu menurunkan FFA dari 14,24% menjadi 0,423-0,846% dan setelah transesterifikasi turun lebih lanjut ke 0,282-0,564%, sesuai dengan SNI 7182:2015. Hasil terbaik diperoleh pada suhu 60°C dengan waktu 60 menit, menghasilkan biodiesel dengan densitas 882,73–889 kg/m³, dan viskositas 3,007 cSt. Hal ini membuktikan bahwa kondisi optimum berada pada suhu 60°C dan waktu reaksi 60 menit untuk menghasilkan biodiesel berkualitas sesuai standar nasional.

Sebagai tindak lanjut, penulis memberikan saran berupa (1) optimalkan proses pada suhu 60°C dengan waktu reaksi 60-80 menit untuk kualitas terbaik, (2) lakukan pengendalian suhu agar tidak melebihi 65-70°C karena dapat meningkatkan densitas dan FFA, (3) teliti variabel lain seperti konsentrasi katalis, rasio metanol–minyak, dan metode pemurnian, (4) lakukan uji performa biodiesel pada mesin diesel untuk mengetahui pengaruhnya terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang, serta (5) dorong pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel baik di tingkat rumah tangga maupun industri untuk mendukung energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

Adolph, R. (2016). *Penurunan kadar Free Fatty Acid (FFA) pada Crude Palmp Oil (CPO) dengan proses esterifkasi menggunakan katalis asam sulfat (penurunan kadar Free Fatty Acid (FFA) pada Crude Palmp Oil (CPO) dengan proses esterifkasi menggunakan katalis asam sulfat (H2SO4)*. *d*(Oktober), 1–23.

Dewan Energi Nasional. (2020). Bauran Energi Nasional 2020. In *Dewan Energi Nasional*.

Efendi, R., Faiz, H. A. N., & Firdaus, E. R. (2018). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi- Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, *7182*, 402–409.

Ihsan, M., & Adi, I. (2017). *Laporan Kerja Praktik Laboratorium Penurunan Kadar Ffa (Free Fatty Acid) Pada Proses Esterifikasi Untuk Meningkatkan Kualitas*.

Kenarni, N. R. (2023). Pemanfaatan Minyak Jelantah dalam Pembuatan Lilin Aromaterapi. *Jurnal Bina Desa*, *4*(3), 343–349. https://doi.org/10.15294/jbd.v4i3.39225

Megawati, E., Pratama, A. H., Warsa, I. K., Octavian, A., Putra, P., & Effendi, N. (2022). *Optimasi volume katalis H 2 SO 4 dan waktu esterifikasi pada tahapan proses biodisel*. *28*(1), 37–43.

Mukminin, A., Megawati, E., Warsa, I. K., Yuniarti, Y., Umaro, W. A., & Islamiati, D. (2022). Analisis Kandungan Biodiesel Hasil Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Berdasarkan Perbedaan Kosentrasi Katalis NaOH Menggunakan GC-MS. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, *8*(1), 146–158. https://doi.org/10.35326/pencerah.v8i1.1897

Ramadhani, D., Muh, P., & Mardhiyah, I. (2024). *Minyak Jelantah*. *7*(2).

Reaksi, R. T. (2013). *Penurunan Kadar Amoniak* . *11*(1), 39–44.