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 (2) 2025, Page: 16340-16349

Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Transesterifikasi sebagai Pengganti Bahan Bakar Mesin Diesel

Muhammad Raihan[1], Dori Yuvenda[2], Andre Kurniawan[3], Sri Rizki Putri Primandari[4], M. Chalid Kurnia[5]
[1,2,3,4,5]Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Corresponding Author: Dori Yuvenda, e-mail: doriyuvenda@ft.unp.ac.id

Published: July, 2025

ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengaruh variasi temperatur terhadap kualitas biodiesel yang diproduksi dari minyak jelantah melalui metode transesterifikasi. Minyak jelantah dipilih sebagai bahan baku karena ketersediaannya yang melimpah serta potensinya sebagai energi alternatif ramah lingkungan. Proses transesterifikasi dilakukan pada tiga variasi suhu, yaitu 55°C, 60°C, dan 65°C, untuk mengetahui bagaimana perubahan suhu memengaruhi karakteristik biodiesel yang dihasilkan. Parameter kualitas yang dianalisis meliputi bilangan asam, densitas, dan viskositas. Selain itu, dilakukan juga uji emisi asap dengan menggunakan biodiesel terbaik pada mesin diesel dengan putaran konstan 2000 RPM dan beban 1000–4000 watt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi temperatur memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas biodiesel. Suhu optimum memberikan hasil dengan bilangan asam yang rendah, viskositas dan densitas yang sesuai dengan standar SNI 04-7182-2015, serta emisi asap yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar solar. Dengan demikian, pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dapat menjadi solusi dalam pengelolaan limbah rumah tangga serta sebagai alternatif bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam pengembangan energi terbarukan dan mendukung strategi pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Kata kunci: biodiesel, minyak jelantah, transesterifikasi, temperatur, emisi asap.

ABSTRACT

This study investigates the effect of temperature variation on the quality of biodiesel produced from waste cooking oil using the transesterification method. Waste cooking oil is selected as the feedstock due to its abundance and potential as an environmentally friendly alternative energy source. The transesterification process was conducted at three temperature levels: 55°C, 60°C, and 65°C. The resulting biodiesel was evaluated based on its acid number, density, and viscosity, in accordance with the Indonesian National Standard (SNI 04-7182-2015). Additionally, smoke emissions were tested using the best biodiesel sample on a diesel engine operating at a constant speed of 2000 RPM with varying loads of 1000 to 4000 watts. The results show that temperature variation significantly influences biodiesel quality. The optimum temperature produced biodiesel with a low acid number, stable density and viscosity within standard limits, and lower smoke emissions compared to conventional diesel fuel. This research highlights the feasibility of utilizing waste cooking oil as a raw material for biodiesel production and supports its application as a cleaner alternative fuel. Furthermore, it contributes to the development of renewable energy sources and provides insights for waste management and sustainable energy policies.

Keywords: *biodiesel, waste cooking oil, transesterification, temperature, smoke emissions*

© 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

Pertumbuhan konsumsi energi dan ketergantungan pada bahan bakar fosil mendorong pencarian alternatif yang lebih ramah lingkungan, salah satunya adalah biodiesel dari sumber terbarukan seperti minyak nabati dan lemak hewani (Suleman et al., 2019). Di Indonesia, minyak jelantah melimpah dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel melalui proses transesterifikasi (Djayasinga et al., 2021; Handayani et al., 2021). Selain itu, biodiesel dari limbah minyak goreng telah terbukti layak sebagai energi terbarukan yang mendukung pengurangan emisi (Setiyo et al., 2021).

Biodiesel dari minyak jelantah tidak hanya mengurangi limbah, tetapi juga menghasilkan emisi lebih rendah dan bersifat biodegradable (Sulistianingsih & Wahyuningtyas, 2019). Namun, kualitas biodiesel dipengaruhi oleh parameter produksi, salah satunya temperatur reaksi. Suhu terlalu rendah memperlambat reaksi, sedangkan suhu terlalu tinggi dapat menurunkan kualitas produk (Astam et al.,

2019). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa temperatur mempengaruhi bilangan asam, viskositas, dan densitas biodiesel (Monde et al., 2022; Prihanto & Irawan, 2017), tetapi pengujian langsung terhadap emisi pada mesin diesel masih terbatas (Djayasinga et al., 2021; Handayani et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi temperatur 55°C, 60°C, dan 65°C terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah berdasarkan bilangan asam, densitas, viskositas, dan emisi asap mesin diesel. Keterbaruan studi ini terletak pada pengujian langsung biodiesel terbaik berdasarkan standar SNI terhadap emisi, sehingga memberikan gambaran aplikatif performa bahan bakar. Hasil penelitian diharapkan mendukung pengembangan teknologi biodiesel dari limbah rumah tangga dan mendorong transisi energi bersih di sektor transportasi dan industri (Setiyo et al., 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium yang bertujuan mengkaji pengaruh variasi temperatur reaksi transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah. Tiga suhu reaksi yang diuji adalah 55°C, 60°C, dan 65°C untuk menentukan suhu optimum. Kualitas biodiesel dinilai melalui bilangan asam, densitas, dan viskositas, serta dilanjutkan dengan pengujian emisi asap pada mesin diesel. Evaluasi mutu biodiesel mengacu pada standar SNI 7182:2015.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan yang dikelompokkan berdasarkan tiga tahapan utama, yaitu: (1) pembuatan biodiesel dari minyak jelantah, (2) pengujian kualitas biodiesel, dan (3) pengujian emisi asap dari mesin diesel. Daftar alat dan bahan yang digunakan pada masing-masing tahap disajikan dalam tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 berikut.

Tabel I. Alat dan Bahan untuk Pembuatan Biodiesel

No.	Nama Alat/Bahan	Fungsi
1.	Pemanas (*hot plate)*	Mengatur suhu reaksi
2.	Termometer	Mengukur suhu selama proses reaksi
3.	Reaktor transesterfikasi dan esterifikasi (labu leher tiga)	Wadah reaksi transesterifikasi antara minyak jelantah, methanol, dan katalis
4.	Pengaduk Magnetik / Manual	Mengaduk campuran selama proses reaksi
5.	Kondensor	Mencegah penguapan metanol saat reaksi
6.	Corong pisah	Memisahkan fase biodiesel dan gliserol
7.	Gelas ukur dan timbangan digital	Mengukur volume dan menimbang katalis
8.	Minyak jelantah	Bahan baku utama biodiesel
9.	Metanol (CH_3OH)	Reaktan alkohol untuk transesterifikasi
10.	Natrium hidroksida (NaOH)	Katalis pada reaksi transesterifikasi
11.	Asam sulfat (H_2SO_4)	Katalis pada proses esterifikasi
12.	Aquades	Digunakan dalam proses pencucian biodiesel
13.	Asam asetat 5%	Menetralkan sisa alkali setelah pencucian

Tabel II. Alat dan Bahan untuk Pengujian Kualitas Biodiesel

No.	Nama Alat/Bahan	Fungsi
1.	Piknometer	Mengukur densitas (massa jenis) biodiesel
2.	Viskometer kapiler	Mengukur viskositas (kekentalan) biodiesel
3.	Buret dan gelas ukur	Mengukur volume reagen (bilangan asam)
4.	Larutan KOH 0,1 N	Reagen untuk titrasi bilangan asam
5.	Indikator fenolftalein (PP)	Indikator dalam titrasi bilangan asam

Tabel III. Alat dan Bahan untuk Pengujian Emisi Asap Mesin Diesel

No.	Nama Alat/Bahan	Fungsi
1.	*Smoke opacimeter / smoke tester*	Mengukur tingkat emisi asap yang dihasilkan mesin
2.	Tachometer	Mengontrol dan memonitor kecepatan mesin (RPM)
3.	Mesin Diesel Yanmar TF105MR-DI	Menguji performa dan emisi dari bahan bakar biodiesel
4.	Generator	Mengubah energi mekanik dari mesin diesel menjadi energi listrik
5.	Beban lampu (1000watt – 4000 watt)	Menyediakan beban listrik variabel (1000–4000 W)
6.	Biosolar dari Pertamina, dexlite dari Pertamina, dan biodiesel dari minyak jelantah kualitas terbaik	Bahan bakar pengujian

Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi pustaka dan pengumpulan data terkait sifat minyak jelantah, proses esterifikasi-transesterifikasi, serta standar mutu biodiesel (SNI 7182:2015). Alat dan bahan yang digunakan antara lain minyak jelantah, metanol, serta katalis H_2SO_4 untuk esterifikasi dan NaOH untuk transesterifikasi.

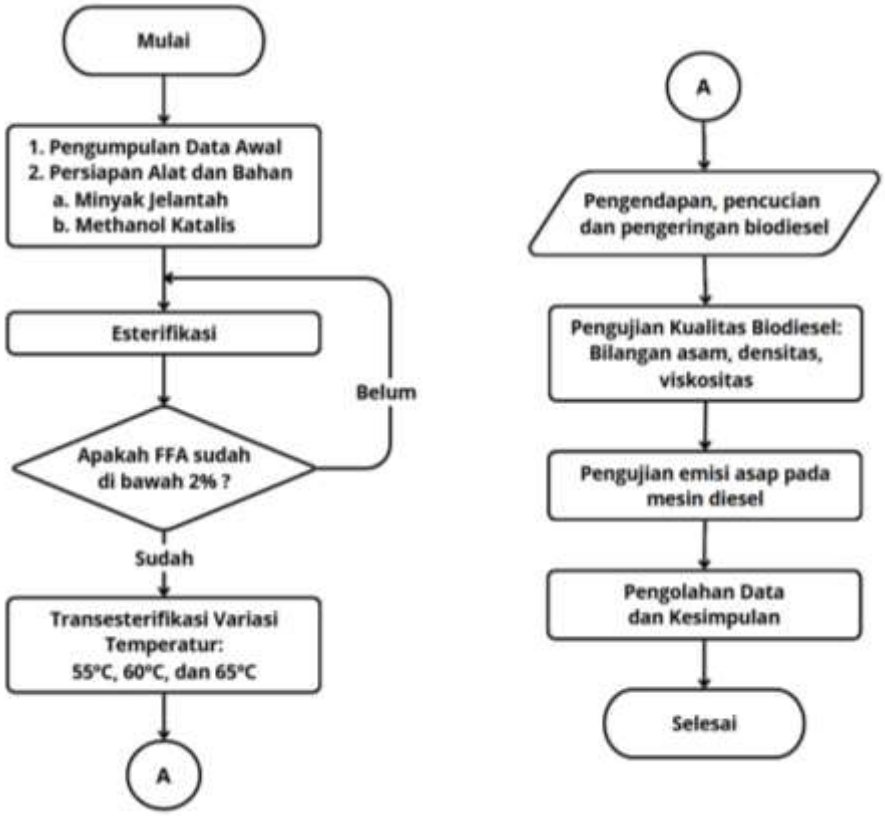
Proses dimulai dengan esterifikasi menggunakan metanol dan H_2SO_4 (3% dari berat minyak) untuk menurunkan kadar FFA. Jika FFA masih di atas 2%, proses diulang hingga nilainya turun. Selanjutnya, dilakukan transesterifikasi pada suhu 55°C, 60°C, dan 65°C dengan perbandingan 6:1 antara metanol dan minyak, serta NaOH (1% dari berat minyak) untuk menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol. Biodiesel yang terbentuk dipisahkan, dicuci, dan dikeringkan.

Produk akhir diuji berdasarkan bilangan asam, densitas, dan viskositas. Biodiesel terbaik kemudian diuji emisi asapnya pada mesin diesel.Spesifikasi mesin diesel yang digunakan dalam penelitian disajikan pada tabel 4 berikut.

Tabel IV. Spesifikasi Mesin Diesel Yanmar TF 105MR-di

1.	Jenis Mesin	Motor diesel horizontal 4 (empat) Langkah berpendingin air
2.	Sistem Pembakaran	Pengabutan langsung (direct injection)
3.	Jumlah Silinder	1 (satu) silinder
4.	Saat Pengabutan	170 sebelum TMA
5.	Diameter x Panjang Langkah	88 mm x 96 mm
6.	Volume Silinder	583 cc
7.	Daya Kontinyu	9.5 dk / 2400rpm
8.	Daya Maksimum Sesaat	10.5 dk / 2400rpm
10.	Torsi Maksimum	4.23 kg.m / 1600rpm
11.	Perbandingan Kompresi	17.9
12.	Arah Putaran Poros	Berlawanan dengan arah putaran jarum jam
13.	Pemakaian Bahan Bakar	186 gr / dk.jam
14.	Pompa Bahan Bakar	Tipe Bosch
15.	Tekanan Injektor	200 kg/cm2
16.	Sistem Pelumasan	Pelumasan paksa menggunakan pompa & katup regulator hidrolik (pompa jenis trochoidal)
17.	Kapasitas Tangki Bahan Bakar	11 liter
18.	Kapasitas Minyak Pelumas	2.8 liter
19.	Jenis Minyak Pelumas	SAE 40 kelas CC atau CD
20.	Sistem Pendingin	Radiator
21.	Kapasitas Tangki Pendingin	2.3 liter
22.	Cara Menghidupkan	Manual
23.	Dimensi Mesin (P x L x T)	695 mm x 348.5 mm x 530 mm
24.	Lampu	5000 watt
25.	Berat kosong	106 Kg
26.	Ukuran Kemasan (P x L x T)	910 mm x 500 mm x810 mm
27.	Berat Kotor	151 kg

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sistematis sebagaimana ditunjukkan dalam diagram alir pada gambar 1.



Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara kuantitatif berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap biodiesel dari minyak jelantah yang diproses pada temperatur 55°C, 60°C, dan 65°C. Parameter yang diuji meliputi bilangan asam (mg KOH/g), densitas (kg/m³), dan viskositas (mm²/s), masing-masing dianalisis untuk melihat pengaruh suhu terhadap kualitas biodiesel. Bilangan asam dihitung melalui titrasi KOH 0,1 N, densitas diukur dengan piknometer, dan viskositas menggunakan viskometer sesuai standar. Nilai-nilai ini dibandingkan dengan SNI 7182:2015.

Selain itu, emisi asap diuji menggunakan opasimeter pada mesin diesel satu silinder berputaran tetap 2000 RPM dengan empat variasi beban: 1000, 2000, 3000, dan 4000 W. Data hasil uji disusun dalam grafik untuk menganalisis tren dan membandingkan efektivitas biodiesel dalam menekan emisi dibandingkan bahan bakar fosil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) Minyak Jelantah

Analisis kadar Free Fatty Acid (FFA) merupakan tahap awal krusial dalam produksi biodiesel dari minyak jelantah, karena kadar FFA tinggi dapat mengganggu proses transesterifikasi. Hasil awal menunjukkan kadar FFA sebesar 14,241%, jauh di atas batas maksimal 2% untuk proses transesterifikasi langsung. Untuk menurunkan FFA, dilakukan esterifikasi menggunakan metanol dan 3% H_2SO_4 sebagai katalis. Setelah proses esterifikasi, kadar FFA turun signifikan menjadi 0,987%, menunjukkan bahwa minyak telah layak untuk tahap transesterifikasi dan proses pra-perlakuan berhasil menetralkan asam lemak bebas secara efektif. Detail hasil pengujian kadar FFA sebelum dan sesudah proses esterifikasi disajikan pada tabel 4.

Tabel V. Kadar FFA Minyak Jelantah Sebelum dan Sesudah Esterifikasi

Kondisi	Volume NaOH (mL)	Normalitas (N)	Berat Sampel (g)	FFA (%)
Sebelum Esterifikasi	10,1	0,1	2	14,241
Setelah Esterifikasi	0,7	0,1	2	0,987

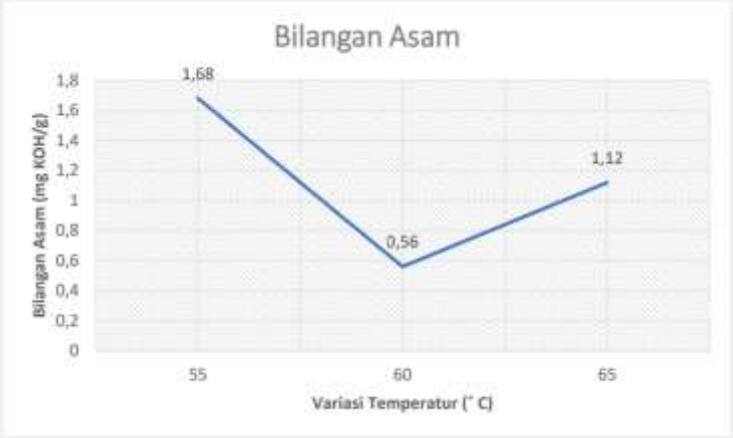
Hasil pada tabel 4 tersebut menunjukkan bahwa proses esterifikasi berhasil menurunkan kadar FFA hingga berada di bawah ambang batas yang ditetapkan, sehingga minyak jelantah dapat digunakan sebagai bahan baku yang layak untuk produksi biodiesel melalui proses transesterifikasi.

Hasil Uji Kualitas Biodiesel dan Pembahasan

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh variasi temperatur reaksi transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah. Tiga parameter utama yang diuji untuk menilai mutu biodiesel meliputi bilangan asam, densitas, dan viskositas kinematik.

Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Bilangan Asam Biodiesel

Bilangan asam merupakan indikator penting dalam menilai kualitas biodiesel, karena mencerminkan kadar asam lemak bebas (FFA) dalam bahan bakar. FFA yang tinggi dapat menyebabkan korosi mesin, pembentukan sabun saat transesterifikasi, dan penurunan efisiensi pembakaran. Oleh karena itu, penurunan bilangan asam menjadi indikator utama keberhasilan konversi minyak jelantah menjadi biodiesel yang layak digunakan. Dalam penelitian ini, proses transesterifikasi dilakukan pada tiga variasi suhu: 55 °C, 60 °C, dan 65 °C. Hasil pengujian bilangan asam dari masing-masing sampel biodiesel ditampilkan dalam gambar 2, yang menunjukkan pengaruh signifikan dari temperatur reaksi terhadap kualitas biodiesel.



Gambar 2. Grafik Bilangan Asam Biodiesel pada Variasi Temperatur

Berdasarkan grafik, bilangan asam tertinggi sebesar 1,68 mg KOH/g terjadi pada suhu 55 °C, menunjukkan konversi trigliserida ke metil ester belum maksimal akibat energi kinetik yang rendah, sehingga FFA masih tinggi. Ini berdampak negatif pada pembakaran dan potensi korosi mesin. Saat suhu dinaikkan ke 60 °C, bilangan asam turun drastis menjadi 0,56 mg KOH/g, berada di bawah batas maksimum SNI 7182:2015. Hal ini menandakan efisiensi reaksi optimal pada suhu ini, sebagaimana didukung oleh Encinar et al. (2007) dan Pramudita & Nurhasanah (2017).

Namun, pada suhu 65 °C, bilangan asam naik kembali menjadi 1,12 mg KOH/g. Peningkatan ini kemungkinan disebabkan oleh degradasi termal metil ester atau penguapan metanol yang mengganggu rasio reaksi, sebagaimana dijelaskan oleh Gerpen (2005) dan Pratiwi et al. (2019).

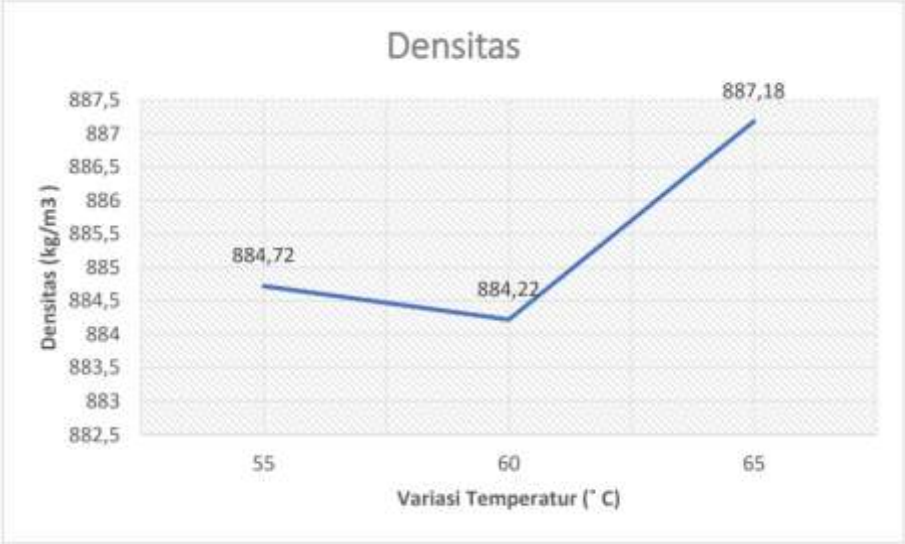
Secara teoritis, bilangan asam tinggi menunjukkan banyaknya FFA, yang dapat menyebabkan korosi, pembentukan deposit karbon, gangguan atomisasi, dan peningkatan emisi (Van Gerpen, 2005; Krisnangkura et al., 2006). Sebaliknya, bilangan asam rendah mencerminkan biodiesel yang stabil, menghasilkan pembakaran lebih baik, emisi lebih bersih, dan umur mesin lebih panjang (Demirbas, 2009).

Dengan demikian, suhu reaksi 60 °C terbukti sebagai titik optimum dalam proses transesterifikasi minyak jelantah, menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi sesuai SNI, serta menghindari peningkatan FFA akibat suhu yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi.

Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Densitas Biodiesel

Densitas merupakan parameter penting dalam menentukan sifat fisik dan performa pembakaran biodiesel. Nilai densitas memengaruhi proses atomisasi, kecepatan pembakaran, serta jumlah massa bahan bakar dalam satuan volume. Densitas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan peningkatan emisi, sedangkan densitas yang terlalu rendah menurunkan efisiensi energi.

Berdasarkan SNI 7182:2015, densitas biodiesel yang ideal berada pada kisaran 850–890 kg/m³. Grafik hasil pengujian densitas pada variasi temperatur reaksi ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Densitas Biodiesel pada Variasi Temperatur

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu reaksi berpengaruh signifikan terhadap densitas biodiesel dari minyak jelantah. Pada suhu 55°C, densitas tercatat sebesar 884,72 kg/m³, mengindikasikan reaksi transesterifikasi telah terjadi meskipun belum optimal, kemungkinan karena masih terdapat sisa senyawa berat atau gliserida yang belum sepenuhnya terkonversi.

Peningkatan suhu ke 60°C menurunkan densitas menjadi 884,22 kg/m³, menandakan reaksi berjalan lebih sempurna dan menghasilkan metil ester dengan struktur yang lebih homogen. Hasil ini mendukung temuan Encinar et al. (2007) yang menyatakan bahwa densitas rendah menunjukkan efisiensi konversi yang tinggi.

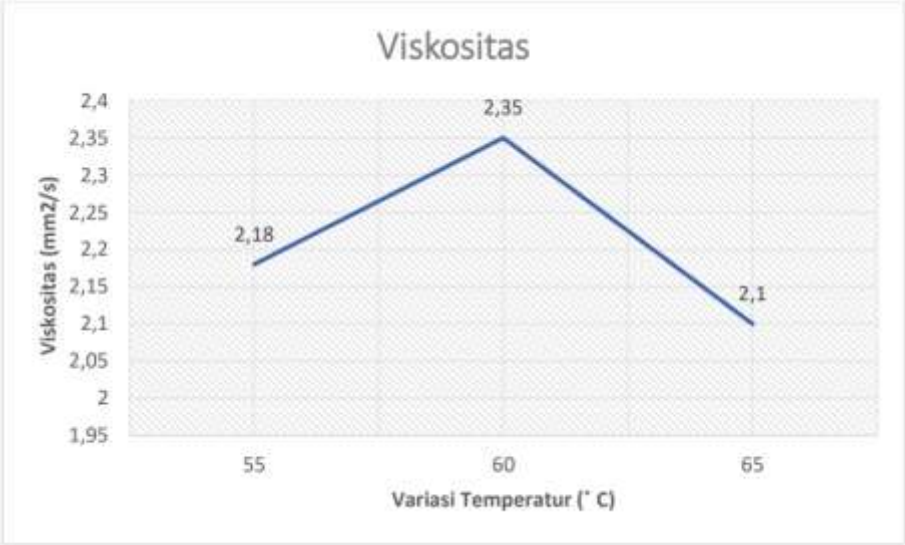
Namun, pada suhu 65°C, densitas naik menjadi 887,18 kg/m³. Kenaikan ini menunjukkan adanya degradasi termal metil ester atau masuknya kembali senyawa polar seperti gliserol ke dalam fase biodiesel, seperti dijelaskan oleh Van Gerpen (2005). Reaksi samping, penguapan metanol, atau konversi tidak sempurna juga dapat menyebabkan peningkatan densitas.

Dorado et al. (2003) menyatakan bahwa semakin sempurna konversi trigliserida menjadi metil ester, maka densitas akan cenderung menurun karena berkurangnya senyawa berat. Densitas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan suplai bahan bakar berlebih dalam ruang bakar, sehingga meningkatkan emisi dan pembakaran tidak sempurna (Knothe, 2005; Agarwal, 2007). Sebaliknya, densitas terlalu rendah mengurangi suplai energi, menurunkan efisiensi termal, dan tenaga mesin.

Densitas yang sesuai, yaitu dalam rentang 850–890 kg/m³ menurut SNI 7182:2015, penting untuk menjamin atomisasi bahan bakar yang baik dan pembakaran yang bersih. Seluruh biodiesel hasil uji masih berada dalam batas tersebut, namun suhu 60°C terbukti sebagai titik optimum karena menghasilkan densitas terendah dan biodiesel dengan kualitas fisik terbaik.

Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Viskositas Biodiesel

Viskositas merupakan parameter krusial dalam penilaian kualitas biodiesel karena secara langsung memengaruhi proses atomisasi bahan bakar dalam sistem injeksi mesin diesel. Atomisasi yang optimal membutuhkan viskositas yang sesuai agar bahan bakar dapat tersebar secara halus dan merata di ruang bakar. Jika viskositas terlalu tinggi, semprotan menjadi kasar, menyebabkan pembakaran tidak sempurna, penumpukan residu karbon, dan peningkatan emisi. Sebaliknya, viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan *over-atomization*, menurunkan tekanan pembakaran, dan mengurangi efisiensi termal mesin. Oleh karena itu, SNI 7182:2015 menetapkan rentang viskositas kinematik biodiesel yang ideal, yaitu antara 2,3 hingga 6,0 mm²/s pada suhu 40°C. Grafik viskositas biodiesel terhadap variasi temperatur ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Viskositas Biodiesel pada Variasi Temperatur

Hasil pengujian viskositas biodiesel dari minyak jelantah menunjukkan bahwa pada suhu 55°C, viskositas tercatat 2,18 mm²/s, sedikit di bawah batas minimal SNI (2,3 mm²/s). Nilai ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi belum optimal, kemungkinan masih mengandung senyawa polar dan ringan seperti trigliserida atau FFA yang belum sepenuhnya bereaksi (Knothe et al., 2005). Meskipun viskositas rendah dapat memperlancar aliran bahan bakar, nilainya yang terlalu rendah berisiko menurunkan kestabilan pembakaran dan meningkatkan emisi.

Pada suhu 60°C, viskositas meningkat menjadi 2,35 mm²/s dan berada tepat dalam batas bawah SNI. Hal ini mengindikasikan bahwa suhu tersebut merupakan titik optimum reaksi transesterifikasi, menghasilkan biodiesel dengan kandungan metil ester yang tinggi dan komposisi senyawa jenuh yang stabil (Encinar et al., 2007; Muarif et al., 2024).

Sebaliknya, pada suhu 65°C, viskositas kembali menurun menjadi 2,10 mm²/s. Penurunan ini disebabkan oleh degradasi termal metil ester menjadi senyawa yang lebih ringan atau adanya pelarutan sisa metanol/gliserol ke dalam fasa biodiesel (Silvira Wahyuni et al., 2015), yang menurunkan kestabilan dan kualitas biodiesel.

Secara teknis, viskositas yang terlalu rendah dapat mengurangi tekanan injeksi dan efisiensi pembakaran, menyebabkan incomplete combustion dan peningkatan emisi CO serta HC (Meher et al., 2006). Sebaliknya, viskositas tinggi dapat menghambat atomisasi, memperlambat penguapan, dan meningkatkan pembentukan residu seperti PM.

Dengan demikian, suhu 60°C menghasilkan viskositas paling ideal sesuai SNI, menegaskan pentingnya kontrol temperatur untuk memperoleh biodiesel dengan performa mesin optimal dan emisi yang ramah lingkungan.

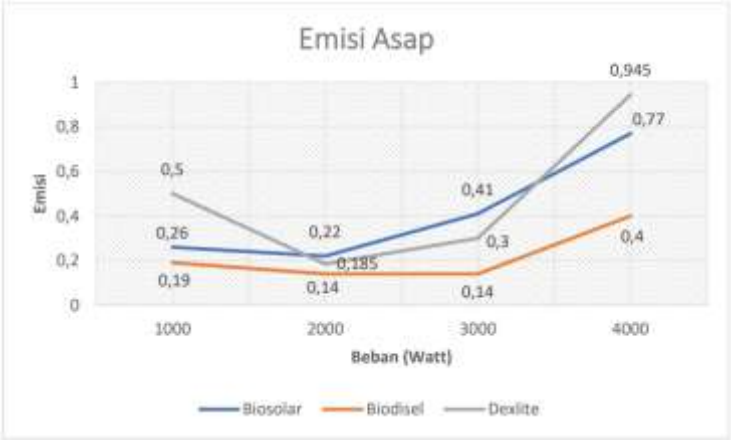
Hasil Uji Emisi Asap dan Pembahasan

Pengujian emisi asap dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh tiga jenis bahan bakar terhadap kadar emisi asap yang dihasilkan oleh mesin diesel. Bahan bakar yang diuji meliputi biosolar dan dexlite dari Pertamina, serta biodiesel dari minyak jelantah hasil transesterifikasi pada suhu 60 °C. Pengujian dilakukan pada mesin diesel dengan putaran tetap 2000 RPM dan variasi beban bertingkat, yaitu 1000 W, 2000 W, 3000 W, dan 4000 W.

Perbandingan Emisi Asap dari Biodiesel, Biosolar, dan Dexlite

Emisi asap merupakan parameter utama dalam menilai tingkat kebersihan dan keberlanjutan suatu bahan bakar, karena emisi tinggi menunjukkan pembakaran tidak sempurna dan berpotensi mencemari udara, terutama pada mesin diesel. Dalam penelitian ini, emisi asap diukur berdasarkan kadar PM (*Particulate Matter*) yang dihasilkan dari pembakaran tiga jenis bahan bakar: biosolar dan dexlite dari Pertamina, serta biodiesel hasil transesterifikasi minyak jelantah. Pengujian dilakukan menggunakan mesin diesel dengan putaran tetap 2000 RPM dan variasi beban kerja sebesar 1000 W, 2000 W, 3000 W, dan 4000 W, yang sesuai dengan metode pengambilan data berbasis pembebanan bertingkat seperti diterapkan oleh (Yuvenda et al., 2019) dalam evaluasi performa bahan bakar alternatif terhadap

karakteristik emisi dan efisiensi mesin diesel. Gambar 5 memperlihatkan emisi asap dari biodiesel, biosolar, dan dexlite pada berbagai beban kerja mesin diesel dengan putaran tetap 2000 RPM.



Gambar 5. Grafik Emisi Asap dari berbagai Bahan Bakar pada Beban Berbeda

Berdasarkan Gambar 5, biodiesel dari minyak jelantah secara konsisten menghasilkan emisi asap terendah pada seluruh tingkat beban dibandingkan biosolar dan dexlite. Pada beban 1000 W, emisi dari biodiesel tercatat 0,19%, lebih rendah dibandingkan biosolar (0,26%) dan dexlite (0,50%). Tren ini berlanjut hingga beban tertinggi 4000 W, di mana biodiesel menghasilkan emisi 0,40%, sedangkan biosolar dan dexlite masing-masing mencapai 0,77% dan 0,945%.

Menariknya, emisi biodiesel tetap stabil pada beban 2000 W dan 3000 W (masing-masing 0,14%), menunjukkan efisiensi pembakaran yang baik bahkan saat beban meningkat. Stabilitas ini dikaitkan dengan kandungan oksigen dalam struktur metil ester biodiesel, yang mendukung pembakaran sempurna dan mengurangi emisi karbon tak terbakar. Selain itu, rendahnya kadar senyawa aromatik dan sulfur turut menurunkan potensi terbentuknya partikulat dan gas beracun.

Sebaliknya, biosolar dan dexlite, yang tidak mengandung oksigen secara alami, menunjukkan peningkatan emisi seiring bertambahnya beban. Dexlite sempat mencatatkan emisi rendah pada beban 2000 W (0,185%), namun melonjak drastis menjadi 0,945% di beban 4000 W. Hal ini menunjukkan bahwa stabilitas emisinya kurang baik pada beban tinggi, akibat keterbatasan waktu pembakaran dan kandungan aromatik yang tetap ada meski lebih rendah dari biosolar (Lapuerta et al., 2008).

Penelitian ini menegaskan bahwa kandungan oksigen dalam biodiesel membantu proses pembakaran lebih efisien dan bersih. Knothe (2005) dan Mardono (2008) juga melaporkan bahwa biodiesel mampu menurunkan opasitas asap secara signifikan hingga 66,4% dibandingkan solar konvensional. Dengan demikian, biodiesel dari minyak jelantah tidak hanya memenuhi standar kualitas, tetapi juga berpotensi sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan untuk mengurangi emisi kendaraan, khususnya dalam beban kerja tinggi.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur proses transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah, ditinjau dari bilangan asam, densitas, viskositas, serta emisi asap yang dihasilkan saat digunakan pada mesin diesel. Berdasarkan hasil analisis dan pengujian, proses esterifikasi terbukti berhasil menurunkan kadar Free Fatty Acid (FFA) pada minyak jelantah dari 14,241% menjadi 0,987%, sehingga minyak tersebut layak untuk diproses lebih lanjut melalui tahap transesterifikasi. Variasi temperatur dalam proses transesterifikasi memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas biodiesel. Suhu 60 °C menghasilkan biodiesel dengan bilangan asam terendah (0,56 mg KOH/g), densitas ideal (884,22 kg/m^3), dan viskositas yang sesuai standar (2,35 mm^2/s), yang menunjukkan bahwa suhu ini merupakan kondisi paling optimal. Sebaliknya, suhu 55 °C menghasilkan bilangan asam yang tinggi dan viskositas di bawah standar, sementara pada suhu 65 °C, bilangan asam dan densitas kembali meningkat serta viskositas menurun, yang mengindikasikan kemungkinan adanya degradasi termal pada suhu tersebut. Selain itu, hasil uji emisi asap menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan biosolar dan dexlite dari Pertamina

pada seluruh variasi beban kerja (1000 W hingga 4000 W) pada 2000 RPM, yang membuktikan bahwa biodiesel ini lebih ramah lingkungan dan efisien dalam proses pembakaran. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah yang diproses pada suhu 60 °C memenuhi kriteria kualitas SNI 7182:2015 dan menunjukkan performa emisi yang unggul, sehingga layak dijadikan sebagai bahan bakar alternatif yang lebih bersih dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang atas dukungan fasilitas laboratorium dan bimbingan yang diberikan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan masukan konstruktif dalam penyusunan artikel ini. Tidak lupa, penulis menghargai bantuan dari seluruh rekan mahasiswa dan teknisi laboratorium yang turut berkontribusi dalam pengambilan data dan pelaksanaan pengujian.(Krisnangkura et al., 2006; MT et al., 2019; Nuraeni et al., 2019).

DAFTAR PUSTAKA

Astam, A., Nurliana, L., & Kadidae, O. (2019). Hydrogen. *Jurnal Kependidikan Kimia Sintesis Metil Ester Nitrat Dari Minyak Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum L.)*, *7*(2).

Djayasinga, R., Fitriany, K., Yuniza, F., & Amien, A. Z. (2021). Pelatihan Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku Minyak Jelantah Kepada Komunitas Pengguna Teknologi Tepat Guna. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) TABIKPUN*, *2*(2), 109–118. https://doi.org/10.23960/jpkmt.v2i2.36

Encinar, J. M., González, J. F., & Rodríguez-Reinares, A. (2007). Ethanolysis of used frying oil. Biodiesel preparation and characterization. *Fuel Processing Technology*, *88*(5), 513–522. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2007.01.002

Gerpen, J. Van. (2005). Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, *86*(10), 1097–1107. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.11.005

Handayani, K., Kanedi, M., Farisi, S., & Setiawan, W. A. (2021). Pembuatan Sabun Cuci Dari Minyak Jelantah Sebagai Upaya Mengurangi Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) TABIKPUN*, *2*(1), 55–62. https://doi.org/10.23960/jpkmt.v2i1.25

Knothe, G., Gerpen, J., Van, & Krahl, J. (2005). *The Biodiesel Handbook*.

Krisnangkura, K., Yimsuwan, T., & Pairintra, R. (2006). An empirical approach in predicting biodiesel viscosity at various temperatures. *Fuel*, *85*(1), 107–113. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2005.05.010

Lapuerta, M., Armas, O., & Rodriguezfernandez, J. (2008). Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions. *Progress in Energy and Combustion Science*, *34*(2), 198–223. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2007.07.001

Meher, L., Vidyasagar, D., & Naik, S. (2006). Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *10*(3), 248–268. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.002

Monde, J., Fransiskus, H., Lutfi, M., & Kumalasari, I. (2022). Pengaruh Suhu pada Proses Tranesterifikasi terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *6*(1).

MT, H., Solihudin, S., Ernawati, E., & Pramana, S. (2019). Limbah Cair Industri Minyak Goreng Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, *4*(1), 34. https://doi.org/10.30870/educhemia.v4i1.5030

Nuraeni, N., Yun, Y. F., & Agustini, D. M. (2019). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Karbon Aktif dan Pembuatan Triasetin dengan Katalis Asam Nitrat. *Jurnal Kartika Kimia*, *2*(1). https://doi.org/10.26874/jkk.v2i1.26

Prihanto, A., & Irawan, T. A. B. (2017). Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis Dan Rasio Molar Metanol-Minyak Terhadap Yield Biodisel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi. *Metana*, *13*(1), 30–36.

Setiyo, M., Yuvenda, D., & Samuel, O. D. (2021). The Concise latest report on the advantages and disadvantages of pure biodiesel (B100) on engine performance: Literature review and bibliometric analysis. *Indonesian Journal of Science and Technology*, *6*(3), 469-490.

Suleman, N., Abas, & Paputungan, M. (2019). Esterifikasi dan Transesterifikasi Stearin Sawit untuk Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Teknik*, *17*(1), 66–77. https://doi.org/10.37031/jt.v17i1.54

Sulistianingsih, & Wahyuningtyas, D. (2019). Optimasi Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Katalisator Kalsium Oksida (Cao) Dengan Proses Metanolisis. *Jurnal Inovasi Proses*, *4*(2).

Yuvenda, D., Sudarmanta, B., Wahjudi, A., & Da Silva, J. (2019, August). Characterization of engine performance, combustion process and emission of diesel/CNG dual fuel engines with pilot injection timing variation at low load. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 588, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.