

NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



Optimasi Proses Transesterifikasi pada Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Bahan Baku Biodiesel Menggunakan Mesin BULUK

Ayu Mutia Zahro¹, Danar Susilo Wijayanto²

¹Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

Corresponding email : danarsw@staff.uns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji kinerja mesin BULUK sebagai alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi menggunakan katalis NaOH. Penelitian menggunakan metode eksperimen yang mencakup tahapan rancang bangun alat, produksi biodiesel dari minyak jelantah, serta pengujian mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015. Proses transesterifikasi dilakukan dengan variasi suhu 40°C, 50°C, dan 60°C. Parameter yang diuji meliputi rendemen biodiesel, kadar air, kadar abu, viskositas, densitas, titik nyala, dan titik kabut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 3 liter minyak jelantah diperoleh biodiesel sebanyak 2,25 liter dengan rendemen 75%. Parameter kadar air, kadar abu, viskositas, dan titik nyala telah memenuhi standar SNI 7182:2015. Namun, parameter densitas dan titik kabut belum memenuhi standar sehingga masih diperlukan optimasi lebih lanjut pada rasio metanol, konsentrasi katalis, waktu reaksi, dan proses pemurnian. Dengan demikian, mesin BULUK berpotensi

Keywords: *biodiesel, minyak jelantah, transesterifikasi, katalis NaOH, mesin BULUK.*

A. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi, khususnya di sektor transportasi, terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi (Jamilatun et al., 2025). Di Indonesia, sektor transportasi masih sangat

bergantung pada bahan bakar fosil yang berasal dari minyak bumi, sehingga berkontribusi terhadap menipisnya cadangan energi fosil dan meningkatnya dampak pencemaran lingkungan (A. E. Setyono & Kiono, 2021). Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan

sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan, berkelanjutan, dan ramah lingkungan (Setyono et al., 2019). Salah satu energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah biodiesel, yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar pada mesin diesel (Srivastava & Prasad, 2000).

Di sisi lain, minyak jelantah merupakan limbah rumah tangga dan industri pangan yang jumlahnya melimpah namun pemanfaatannya masih terbatas. Minyak jelantah yang digunakan berulang kali dapat membahayakan kesehatan karena mengandung senyawa karsinogenik, serta berpotensi mencemari lingkungan apabila dibuang tanpa pengolahan (ESDM, 2021). Padahal, minyak jelantah masih mengandung trigliserida dan asam lemak yang dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi (Prasetyo, 2018). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa minyak jelantah dapat menghasilkan biodiesel dengan rendemen yang cukup tinggi apabila diolah dengan metode dan kondisi proses yang tepat (Momongan et al., 2018).

Biodiesel didefinisikan sebagai ester monoalkil dari minyak nabati atau lemak hewani yang memiliki karakteristik menyerupai bahan bakar solar, sehingga

berpotensi besar sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil (Srivastava & Prasad, 2000). Selain diolah menjadi biodiesel, limbah seperti minyak jelantah telah dimanfaatkan secara luas untuk produk bernilai tambah lainnya melalui pemberdayaan masyarakat, seperti pembuatan lilin aromaterapi (Barella et al., 2025), serta sabun padat dan cair menggunakan alkali NaOH atau KOH (Sufi et al., 2023). Di sisi lain, bahan baku biodiesel juga terus berkembang ke sumber nabati non-pangan seperti biji nyamplung, yang mampu menghasilkan yield tinggi melalui metode supercritical methanol maupun penggunaan katalis CaO berbahan dasar tulang sapi (Pratama et al., 2021).

Namun demikian, minyak jelantah dengan kandungan asam lemak bebas (FFA) yang tinggi umumnya memerlukan tahap pendahuluan berupa esterifikasi sebelum proses transesterifikasi agar kualitas biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar (Pratiwi et al., 2024). Biodiesel berbasis minyak nabati, termasuk minyak jelantah, tergolong energi terbarukan, mudah diproduksi, memiliki harga yang relatif stabil, serta lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan cemaran berbahaya dan dapat terurai secara alami (Mubin et al.,

2023), sehingga menjadikannya solusi yang menjanjikan dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Permasalahan yang muncul adalah belum optimalnya pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel, khususnya pada skala kecil dan menengah, serta masih terbatasnya ketersediaan alat pengolah biodiesel yang sederhana, aman, dan mudah dioperasikan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kualitas biodiesel sangat dipengaruhi oleh jenis katalis, parameter proses, serta efektivitas pemurnian (Pratiwi et al., 2023). Selain itu, sebagian besar alat pengolah biodiesel yang telah dikembangkan masih bersifat kompleks, kurang terintegrasi, dan belum dirancang secara spesifik untuk penggunaan praktis di tingkat masyarakat atau usaha kecil. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi berupa perancangan alat pengolah biodiesel yang mampu mendukung proses transesterifikasi secara efektif, terkontrol, dan mudah diaplikasikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, alternatif solusi yang dapat diterapkan adalah rancang bangun alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel yang terintegrasi, disertai dengan pengujian

mutu biodiesel sesuai standar yang berlaku. Penelitian ini menghadirkan kebaruan berupa mesin BULUK (Bahan Ulang Limbah untuk Kendaraan), yaitu alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel yang dirancang secara terpadu untuk mengoptimalkan proses produksi biodiesel skala kecil dan menengah. Mesin BULUK dikembangkan dengan mengintegrasikan proses pemanasan, pencampuran, dan transesterifikasi dalam satu sistem yang lebih sederhana, aman, dan mudah dioperasikan dibandingkan alat konvensional. Metode yang digunakan adalah transesterifikasi menggunakan katalis NaOH. Kehadiran mesin BULUK menjadi nilai inovatif dalam penelitian ini karena tidak hanya berfokus pada hasil biodiesel yang dihasilkan, tetapi juga pada pengembangan teknologi tepat guna yang aplikatif, ekonomis, dan berpotensi mendukung pemanfaatan energi terbarukan sekaligus pengelolaan limbah minyak jelantah secara berkelanjutan.

B. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif yang dikombinasikan dengan rancang bangun alat. Penelitian bertujuan untuk:

1. Merancang dan membangun mesin BULUK sebagai alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel;
2. Menguji rendemen biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi;
3. Menganalisis kualitas biodiesel berdasarkan parameter kadar air, kadar abu, viskositas, densitas, titik nyala, dan titik kabut;
4. Membandingkan hasil pengujian biodiesel dengan standar SNI 7182:2015.

Proses rancang bangun alat dan produksi biodiesel dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret. Analisis mutu biodiesel dilakukan di Laboratorium Biokimia Pangan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, sedangkan pengujian viskositas dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Mesin.

Penelitian ini menggunakan mesin BULUK (Bahan Ulang Limbah untuk Kendaraan) sebagai alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel yang dirancang sederhana, aman, dan mudah dioperasikan. Mesin BULUK dikembangkan dengan sistem terintegrasi yang meliputi unit pemanas, tabung reaktor, sistem pengaduk mekanik, dan saluran pemisahan hasil

reaksi. Perancangan diawali dengan analisis kebutuhan pengguna serta kajian proses transesterifikasi sebagai metode konversi minyak jelantah menjadi biodiesel.

Rancangan Eksperimen

Penelitian menggunakan variasi suhu reaksi transesterifikasi sebagai perlakuan utama. Setiap perlakuan dilakukan dengan volume minyak jelantah, jumlah metanol, dan massa katalis yang sama.

Table 1 Rancangan Eksperimen

Perlakuan	P1	P2	P3
Suhu Reaksi (°C)	40	50	60
Volume Minyak (L)	3	3	3
Metanol (mL)	729	729	729
NaOH (gr)	9	9	9
Waktu Reaksi (menit)	60	60	60
Pengulangan (kali)	2	2	2

Prosedur Pembuatan Biodiesel

Minyak jelantah terlebih dahulu disaring untuk menghilangkan kotoran padat yang masih tersisa. Proses transesterifikasi dilakukan menggunakan 3 liter minyak jelantah pada variasi suhu 40°C, 50°C, dan 60°C. Rasio molar metanol terhadap minyak yang digunakan adalah 6:1. Berdasarkan rasio tersebut,

digunakan 729 mL metanol untuk setiap 3 liter minyak jelantah.

Larutan metoksida dibuat dengan melarutkan 9 gram NaOH ke dalam 729 mL metanol hingga homogen. Jumlah katalis NaOH yang digunakan sebesar $\pm 0,3\%$ dari volume minyak bertujuan untuk mempercepat reaksi transesterifikasi dan meningkatkan pembentukan metil ester.

Larutan metoksida kemudian dicampurkan ke dalam minyak jelantah di dalam reaktor mesin BULUK. Campuran diaduk menggunakan sistem pengaduk mekanik selama 60 menit pada kecepatan 18 rpm hingga reaksi berlangsung secara homogen. Setelah proses reaksi selesai, campuran didiamkan selama 24 jam untuk memisahkan biodiesel dan gliserol berdasarkan perbedaan densitas.

Lapisan biodiesel selanjutnya dipisahkan dan dicuci menggunakan metode water washing untuk menghilangkan sisa katalis, sabun, dan pengotor lainnya. Biodiesel kemudian dikeringkan sebelum dilakukan pengujian mutu.

Pengukuran Rendemen Biodiesel

Rendemen biodiesel dihitung untuk mengetahui efisiensi proses transesterifikasi pada setiap variasi suhu.

Perhitungan rendemen menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Volume biodiesel}}{\text{Volume minyak jelantah awal}} \times 100\%$$

Hasil rendemen dari masing-masing perlakuan suhu 40°C, 50°C, dan 60°C kemudian dibandingkan untuk menentukan kondisi reaksi yang menghasilkan biodiesel paling optimal.

Pengujian Mutu Biodiesel

Pengujian mutu biodiesel dilakukan berdasarkan parameter kadar air, kadar abu, viskositas, densitas, titik nyala, dan titik kabut dengan mengacu pada standar SNI 7182:2015 dan metode ASTM yang relevan. Metode pengujian yang digunakan meliputi:

Table 2 Pengujian Mutu Biodiesel

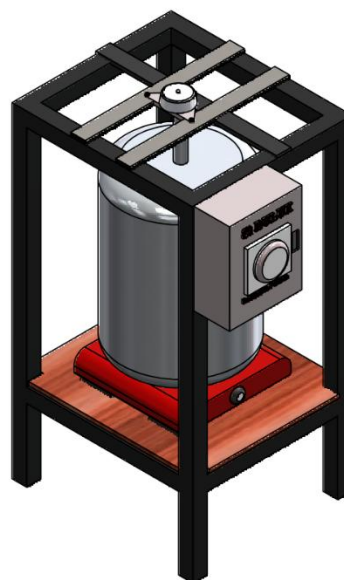
Parameter	Metode Pengujian
Kadar air	ASTM D 2709.
Kadar abu	ASTM D 874
Densitas	ASTM D 4052
Viskositas	ASTM D 445
Titik nyala	ASTM D 93
Titik kabut	ASTM D 2500

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai setiap parameter terhadap standar biodiesel SNI 7182:2015.

Rancang Bangun Alat

Rancang bangun mesin BULUK (Bahan Ulang Limbah untuk Kendaraan) dilakukan untuk menghasilkan alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel dalam skala kecil yang sederhana, aman, dan mudah dioperasikan. Perancangan mesin diawali dengan analisis kebutuhan pengguna, khususnya pelaku UMKM kuliner, serta kajian proses transesterifikasi sebagai metode konversi minyak jelantah menjadi biodiesel.

Mesin BULUK dirancang menggunakan sistem reaktor batch dengan pemanas listrik dan pengaduk mekanik. Komponen utama mesin meliputi rangka besi sebagai struktur penopang, panci reaktor sebagai wadah reaksi, kompor listrik sebagai sumber panas, sistem pengaduk yang terdiri dari dinamo, batang pengaduk, dan dimmer untuk mengatur kecepatan putaran, serta panel box sebagai pusat kontrol kelistrikan. Tata letak komponen disusun secara ergonomis untuk memisahkan sumber panas dan sistem kelistrikan guna meningkatkan keamanan operasional.



Gambar 1 Mesin BULUK

Proses perakitan mesin dilakukan melalui tahapan pembuatan rangka, pemasangan sistem mekanik, integrasi sistem kelistrikan, serta uji fungsi awal untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan rancangan. Mesin BULUK selanjutnya digunakan sebagai alat utama dalam proses transesterifikasi minyak jelantah pada variasi suhu 40°C, 50°C, dan 60°C.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan utama, yaitu:

1. Studi awal, meliputi studi pustaka terkait biodiesel, minyak jelantah, proses transesterifikasi, serta standar mutu biodiesel SNI 7182:2015 dan studi lapangan pada UMKM penghasil minyak jelantah.

2. Perancangan alat rancang dan bangun alat, meliputi identifikasi kebutuhan, pembuatan desain 3D, perakitan rangka, sistem pemanas, pengaduk, dan panel kontrol listrik.
3. Produksi biodiesel, diawali dengan penyaringan minyak jelantah, pembuatan larutan metoksida (NaOH dan metanol), proses transesterifikasi dengan variasi suhu 40°C, 50°C, dan 60°C, pengendapan selama 24 jam, pemisahan biodiesel dan gliserol, pencucian (*water washing*), serta pengeringan biodiesel.
4. Pengujian biodiesel, meliputi pengujian kuantitas *yeild* biodiesel dan kualitas biodiesel melalui uji proksimat dan uji sifat fisik.

Uji Minyak Jelantah Hasil Mesin BULUK

Uji minyak hasil mesin BULUK dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat dalam menghasilkan biodiesel dari minyak jelantah melalui proses transesterifikasi. Pengujian difokuskan pada dua aspek utama, yaitu pengujian kuantitas dan pengujian kualitas biodiesel.

Pengujian kuantitas biodiesel bertujuan untuk mengetahui volume biodiesel yang dihasilkan serta

menentukan nilai rendemen (*yield*) sebagai indikator efisiensi proses konversi minyak jelantah. Rendemen biodiesel dihitung berdasarkan perbandingan antara volume biodiesel yang diperoleh dengan volume awal minyak jelantah yang diproses pada setiap variasi suhu reaksi.

Pengujian kualitas biodiesel dilakukan untuk menilai kesesuaian biodiesel hasil produksi dengan standar mutu bahan bakar. Parameter mutu yang diuji meliputi kadar air dan kadar abu sebagai bagian dari uji proksimat, serta densitas, viskositas kinematik, titik nyala, dan titik kabut sebagai uji sifat fisik. Seluruh pengujian kualitas biodiesel dilaksanakan dengan mengacu pada metode standar ASTM yang relevan dan hasilnya dibandingkan dengan standar mutu biodiesel SNI 7182:2015.

Melalui pengujian kuantitas dan kualitas tersebut, kinerja mesin BULUK dapat dievaluasi secara komprehensif dalam menghasilkan biodiesel yang tidak hanya memiliki rendemen yang memadai, tetapi juga memenuhi persyaratan mutu sebagai bahan bakar alternatif

Data Instrumen Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data kuantitatif yang diperoleh dari hasil eksperimen

pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel menggunakan mesin BULUK. Data kuantitatif tersebut mencakup dua aspek utama, yaitu kuantitas dan kualitas biodiesel.

Data kuantitas meliputi volume biodiesel dan gliserol yang dihasilkan dari setiap variasi suhu proses transesterifikasi (40°C, 50°C, dan 60°C). Data ini digunakan untuk menentukan rendemen biodiesel sebagai indikator efisiensi proses konversi minyak jelantah.

Sementara itu, data kualitas biodiesel meliputi kadar air, kadar abu, densitas, viskositas, titik nyala, dan titik kabut. Parameter-parameter tersebut dipilih karena merupakan indikator utama mutu biodiesel yang berpengaruh terhadap performa pembakaran, keamanan penggunaan, serta kesesuaian biodiesel sebagai bahan bakar alternatif.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri atas instrumen proses dan instrumen pengujian. Instrumen proses meliputi mesin BULUK sebagai alat utama transesterifikasi, kompor listrik sebagai pemanas, dinamo dan mixer sebagai sistem pengadukan, termometer untuk memantau suhu reaksi, timbangan digital untuk menimbang bahan baku dan katalis, serta gelas ukur untuk pengukuran volume bahan dan produk. Instrumen pengujian

berupa peralatan laboratorium yang digunakan untuk analisis proksimat dan sifat fisik biodiesel, yang pelaksanaannya mengacu pada metode standar ASTM sesuai dengan masing-masing parameter uji.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui metode eksperimen laboratorium. Proses eksperimen diawali dengan produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan mesin BULUK dengan variasi suhu reaksi yang telah ditentukan. Selama proses produksi berlangsung, dilakukan pengamatan dan pengukuran langsung terhadap volume biodiesel dan gliserol yang dihasilkan.

Setelah biodiesel diperoleh, dilakukan pengujian laboratorium untuk menentukan kualitas biodiesel. Uji kadar air dan kadar abu dilakukan sebagai bagian dari uji proksimat, sedangkan uji densitas, viskositas, titik nyala, dan titik kabut dilakukan sebagai uji sifat fisik. Seluruh pengujian mutu biodiesel dilakukan sesuai dengan metode standar ASTM, sehingga data yang dihasilkan bersifat objektif, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Data hasil pengujian dicatat secara sistematis untuk setiap variasi suhu proses

transesterifikasi, sehingga dapat dianalisis pengaruh suhu terhadap kuantitas dan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif dan komparatif. Analisis deskriptif kuantitatif dilakukan dengan menyajikan data hasil pengujian dalam bentuk tabel dan grafik untuk menggambarkan kecenderungan perubahan kuantitas dan kualitas biodiesel akibat variasi suhu reaksi.

Analisis komparatif dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian biodiesel pada masing-masing variasi suhu, serta membandingkannya dengan standar mutu biodiesel SNI 7182:2015 (SNI, 2015). Perbandingan ini bertujuan untuk menilai tingkat kelayakan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif dan untuk mengevaluasi kinerja mesin BULUK dalam menghasilkan biodiesel yang memenuhi standar mutu.

Hasil analisis data selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan mengenai efektivitas proses transesterifikasi, pengaruh suhu reaksi terhadap kualitas biodiesel, serta kelayakan mesin BULUK sebagai alat pengolah minyak jelantah skala kecil.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini mengkaji perancangan dan evaluasi kinerja mesin BULUK dalam proses pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel melalui metode transesterifikasi menggunakan katalis NaOH. Evaluasi dilakukan terhadap rendemen biodiesel dan kualitas biodiesel berdasarkan standar SNI 7182:2015 pada variasi suhu reaksi 40°C, 50°C, dan 60°C.

Karakteristik Minyak Jelantah

Minyak jelantah yang digunakan berasal dari hasil penggorengan *seafood*. Secara visual, minyak memiliki warna coklat kehitaman dan bau menyengat khas minyak goreng bekas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa minyak telah mengalami degradasi termal dan oksidatif akibat penggunaan berulang, namun masih memiliki kandungan trigliserida yang dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi.

Table 3 Karakteristik Minyak Jelantah

Karakteristik Minyak Jelantah	Hasil Analisis
Warna	Coklat Kehitaman
Bau	Menyengat Khas Minyak Goreng Bekas

Hasil Kuantitas Biodiesel

Pengujian rendemen biodiesel dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu reaksi terhadap jumlah biodiesel yang dihasilkan. Setiap perlakuan menggunakan 3 liter minyak jelantah, 729 mL metanol, dan 9 gram katalis NaOH.

Setelah melalui proses pemanasan, transesterifikasi, pengadukan, pengendapan selama 24 jam, pencucian, dan pengeringan, diperoleh volume biodiesel yang berbeda pada masing-masing variasi suhu.

Table 4 Hasil Rendemen Biodiesel

Suhu Reaksi	Volume Biodiesel	Rendemen
40°C	2,25 L	75%
50°C	2,25 L	75%
60°C	2,25 L	75%

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu reaksi cenderung meningkatkan efektivitas proses transesterifikasi. Pada suhu 60°C diperoleh rendemen tertinggi sebesar 75%, yang menunjukkan bahwa suhu tersebut mendukung konversi trigliserida menjadi metil ester secara lebih optimal dibandingkan suhu yang lebih rendah.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Momongan et al. (2018), menyatakan bahwa minyak jelantah memiliki potensi menghasilkan biodiesel dengan rendemen tinggi apabila kondisi reaksi transesterifikasi dikendalikan secara tepat. Selain itu, pengendalian suhu reaksi berpengaruh terhadap kecepatan dan efektivitas pembentukan biodiesel sehingga dapat meningkatkan rendemen dan mutu produk akhir.

Hasil Kualitas Biodiesel

Pengujian kualitas biodiesel meliputi parameter kadar air, kadar abu, viskositas, densitas, titik nyala, dan titik kabut. Seluruh hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Table 5 Hasil Uji Kualitas Biodiesel

Analisis	Suhu	Hasil Analisis	SNI 7182-2015
Kadar air	40°C	0,024%	0,05% - vol, maks
	50°C	0,022%	
	60°C	0,017%	
Kadar Abu	40°C	0%	0,02% - vol, maks
	50°C	0%	
	60°C	0%	

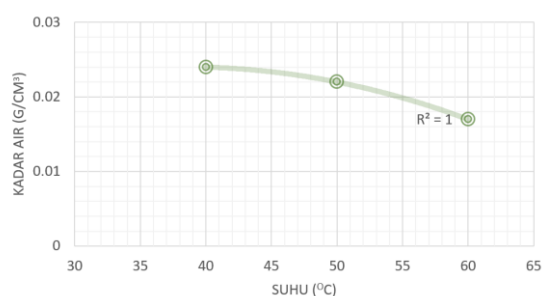
Analisis	Suhu	Hasil Analisis	SNI 7182-2015
Viskositas	40°C	5,97 mm ² /s	2,3 s/d 6,0 mm ² /s (cSt)
	50°C	4,92 mm ² /s	
	60°C	4,49 mm ² /s	
Densitas	40°C	907,4 kg/m ³	850 s/d 890 kg/m ³
	50°C	909,8 kg/m ³	
	60°C	914,3 kg/m ³	
Titik Nyala	40°C	201°C	100°C, min
	50°C	200°C	
	60°C	200°C	
Titik Kabut	40°C	158°C	18°C, maks
	50°C	132°C	
	60°C	148°C	

Kadar Air

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air biodiesel menurun seiring

NOZEL, Volume 08 Nomor 02, Mei 2026, 82 – 100
<https://doi.org/10.20961/nozel.v8i2.118254>

peningkatan suhu reaksi, yaitu dari 0,024% pada 40°C menjadi 0,017% pada 60°C. Seluruh nilai tersebut berada di bawah batas maksimum SNI 7182:2015 sebesar 0,05%. Penurunan kadar air ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu reaksi serta proses water washing dan pengeringan akhir berperan efektif dalam menghilangkan kandungan air biodiesel.



Gambar 2. Uji Kadar Air Biodiesel

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan (Pratiwi et al., 2023) yang menyatakan bahwa penggunaan katalis NaOH pada proses transesterifikasi minyak jelantah tidak menyebabkan peningkatan kadar air biodiesel apabila proses pemurnian dilakukan secara optimal. Keselarasan hasil ini mengindikasikan bahwa katalis NaOH dapat digunakan secara efektif dalam produksi biodiesel dengan mutu yang memenuhi standar. Selain itu, (Setyawardhani et al., 2021) juga melaporkan bahwa biodiesel berbahan baku minyak jelantah memiliki karakteristik fisik yang baik dan tetap

stabil ketika dicampurkan dengan biodiesel dari minyak nabati lain tanpa menurunkan kualitas bahan bakar.

Kadar Abu

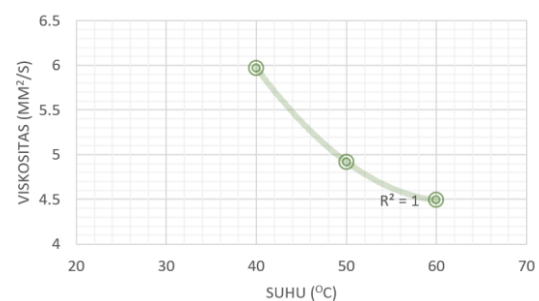
Kadar abu biodiesel pada seluruh variasi suhu menunjukkan nilai 0%, yang jauh di bawah batas maksimum SNI sebesar 0,02%. Hal ini menandakan bahwa penggunaan katalis NaOH tidak meninggalkan residu anorganik yang signifikan, serta proses pemurnian berjalan dengan baik.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Putra, 2020), yang menyatakan bahwa penggunaan katalis basa dalam proses transesterifikasi tidak menyebabkan peningkatan kadar abu biodiesel secara signifikan apabila diikuti dengan tahapan pencucian dan pemurnian yang efektif. Selain itu, hasil penelitian ini juga konsisten dengan temuan (Latumakulita et al., 2023) yang melaporkan bahwa bahan bakar berbasis minyak nabati memiliki kadar residu anorganik yang relatif rendah dan masih berada dalam batas standar mutu bahan bakar. Keselarasan hasil ini memperkuat bahwa biodiesel berbahan baku minyak jelantah dengan katalis basa aman digunakan pada mesin diesel dan

tidak berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem pembakaran.

Viskositas

Nilai viskositas biodiesel berada pada rentang 4,49–5,97 mm²/s dan masih memenuhi standar SNI 7182:2015 (2,3–6,0 mm²/s). Terjadi kecenderungan penurunan viskositas seiring peningkatan suhu reaksi, yang mengindikasikan bahwa suhu yang lebih tinggi membantu meningkatkan konversi trigliserida menjadi metil ester.



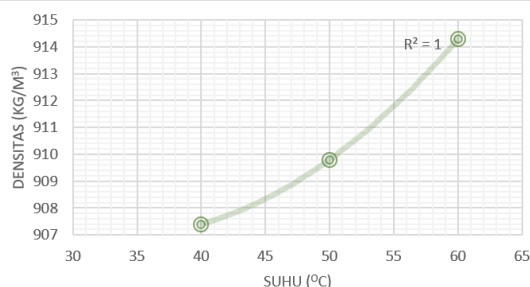
Gambar 3 Hasil Uji Viskositas Biodiesel

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Setyawardhani et al., 2021), yang melaporkan bahwa biodiesel berbahan baku minyak jelantah memiliki viskositas yang masih memenuhi standar mutu dan menunjukkan kecenderungan penurunan viskositas pada suhu proses yang lebih tinggi. Selain itu, penelitian (Oko et al., 2025) juga menyatakan bahwa penggunaan katalis zeolit terimpregnasi KOH pada proses transesterifikasi minyak

jelantah menghasilkan biodiesel dengan karakteristik fisik, termasuk viskositas, yang sesuai dengan standar mutu biodiesel. Keselarasan hasil ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi yang dikombinasikan dengan pemilihan katalis dan pengendalian suhu reaksi yang tepat berperan penting dalam menghasilkan biodiesel dengan karakteristik alir yang baik dan layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Densitas

Nilai densitas biodiesel berada pada rentang 907,4–914,3 kg/m³ dan masih berada di atas batas maksimum SNI 7182:2015 (890 kg/m³). Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi penelitian ini, konversi reaksi belum berlangsung secara optimal dan masih terdapat fraksi berat dalam biodiesel.



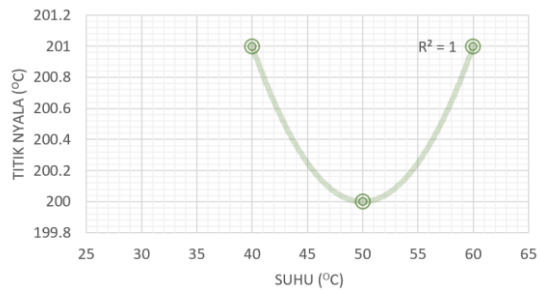
Gambar 4. Hasil Uji Densitas Biodiesel

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan (Pratiwi et al., 2023), yang melaporkan bahwa penggunaan katalis NaOH pada

kondisi proses tertentu masih menghasilkan biodiesel dengan densitas di atas standar akibat konversi reaksi yang belum maksimal. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi parameter proses, seperti rasio molar reaktan, suhu, waktu reaksi, dan metode pemurnian, merupakan faktor penting untuk memperoleh biodiesel dengan densitas yang sesuai standar mutu. Selain itu, penelitian penelitian ini juga sejalan dengan yang dilakukan oleh (Setyawardhani et al., 2021), yang menyatakan bahwa biodiesel berbahan baku minyak jelantah memiliki karakteristik fisik yang masih berada dalam rentang mutu yang dapat diterima dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan bakar alternatif. Keselarasan hasil ini menegaskan bahwa peningkatan efisiensi proses transesterifikasi sangat diperlukan untuk menghasilkan biodiesel dengan mutu densitas yang lebih baik.

Titik Nyala

Nilai titik nyala biodiesel berada pada kisaran 200–201°C, jauh di atas batas minimum SNI sebesar 100°C. Nilai ini menunjukkan bahwa biodiesel aman dari segi penyimpanan dan penanganan karena kandungan fraksi ringan seperti metanol sisa sangat rendah.



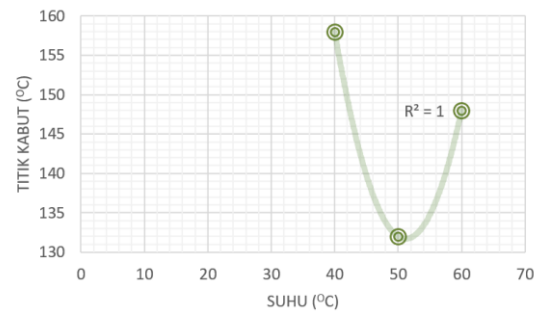
Gambar 5. Hasil Uji Titik Nyala Biodiesel

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Pratiwi et al., 2023), yang melaporkan bahwa biodiesel berbahan baku minyak jelantah dengan katalis NaOH memiliki nilai titik nyala yang memenuhi standar mutu biodiesel. Selain itu, hasil penelitian ini juga konsisten dengan penelitian (Setyawardhani et al., 2021), yang menyatakan bahwa biodiesel dari minyak jelantah memiliki karakteristik fisik yang baik, termasuk nilai titik nyala yang relatif tinggi, sehingga mendukung aspek keselamatan dalam penyimpanan dan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif.

Titik Kabut

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai titik kabut biodiesel berada pada kisaran 132–158°C, yaitu sebesar 158°C pada suhu reaksi 40°C, 132°C pada suhu reaksi 50°C, dan 148°C pada suhu reaksi 60°C. Nilai

tersebut berada jauh di atas batas maksimum SNI 7182:2015 sebesar 18°C.



Gambar 6. Hasil Uji Titik Kabut Biodiesel

Nilai titik kabut yang sangat tinggi menunjukkan bahwa biodiesel belum memenuhi standar mutu SNI pada parameter *cloud point*. Tingginya nilai tersebut diduga dipengaruhi oleh penggunaan minyak jelantah bekas penggorengan *seafood* yang mengandung asam lemak jenuh dan senyawa hasil degradasi termal lebih tinggi. Kandungan tersebut dapat membentuk fraksi berat dalam biodiesel sehingga meningkatkan kecenderungan pembentukan kristal pada suhu tinggi.

Hasil penelitian ini belum sejalan dengan temuan (Amaliah Z.J et al., 2024), yang melaporkan bahwa penggunaan katalis heterogen berbasis abu sabbut kelapa mampu menghasilkan biodiesel dengan nilai titik kabut yang lebih rendah dan mendekati standar mutu. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh jenis katalis dan efektivitas proses konversi, di mana katalis heterogen memiliki

kemampuan lebih baik dalam menekan kandungan fraksi berat dibandingkan katalis homogen NaOH. Selain itu, hasil penelitian ini juga belum sejalan dengan penelitian (Joelianingsih et al., 2019), yang menunjukkan bahwa penerapan proses *winterization* mampu menurunkan nilai titik kabut biodiesel secara signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa data titik kabut pada penelitian ini dinyatakan benar berdasarkan hasil pengujian laboratorium, nilai tersebut menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan masih memerlukan optimasi proses lebih lanjut agar memenuhi standar mutu biodiesel nasional.

Pembahasan

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian, mesin BULUK mampu menjalankan proses transesterifikasi minyak jelantah secara stabil dan menghasilkan biodiesel dengan rendemen sebesar 75% pada skala kecil. Dari hasil pengujian kualitas biodiesel, sebagian besar parameter seperti kadar air, kadar abu, viskositas, dan titik nyala telah memenuhi standar SNI 7182:2015.

Berdasarkan variasi suhu yang digunakan, suhu 60°C memberikan hasil terbaik pada parameter kadar air dan viskositas. Pada suhu tersebut diperoleh

kadar air terendah sebesar 0,017% dan viskositas terendah sebesar 4,49 mm²/s. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu reaksi membantu mempercepat proses konversi trigliserida menjadi metil ester sehingga biodiesel yang dihasilkan memiliki karakteristik aliran yang lebih baik.

Namun demikian, parameter densitas dan titik kabut masih belum memenuhi standar SNI. Nilai densitas biodiesel cenderung meningkat seiring kenaikan suhu reaksi, yaitu dari 907,4 kg/m³ pada 40°C menjadi 914,3 kg/m³ pada 60°C. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi belum berlangsung optimal dan masih terdapat fraksi berat atau trigliserida yang belum terkonversi sempurna menjadi biodiesel.

Selain itu, nilai titik kabut yang sangat tinggi diduga dipengaruhi oleh karakteristik minyak jelantah bekas penggorengan seafood yang mengandung asam lemak jenuh dan senyawa hasil degradasi termal lebih tinggi dibanding minyak jelantah biasa. Penelitian ini juga belum menggunakan perlakuan esterifikasi awal sehingga kandungan asam lemak bebas (FFA) pada bahan baku kemungkinan masih memengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu reaksi saja belum cukup untuk menghasilkan biodiesel yang sepenuhnya memenuhi standar mutu. Oleh karena itu, diperlukan optimasi parameter lain seperti rasio metanol terhadap minyak, konsentrasi katalis, waktu reaksi, serta proses pemurnian lanjutan seperti *winterization*.

Mesin BULUK dapat dikatakan berhasil menjalankan proses transesterifikasi pada skala kecil karena mampu menghasilkan biodiesel dengan rendemen yang cukup baik. Namun, keberhasilan alat belum dapat dinyatakan optimal karena mutu biodiesel belum sepenuhnya memenuhi standar nasional, khususnya pada parameter densitas dan titik kabut. Dengan demikian, mesin BULUK masih berada pada tahap *prototipe* dan memerlukan pengembangan lebih lanjut agar dapat menghasilkan biodiesel dengan kualitas yang lebih baik dan layak digunakan sebagai bahan bakar.

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, mesin BULUK mampu digunakan sebagai alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi dengan katalis NaOH pada skala

laboratorium. Dari 3 liter minyak jelantah diperoleh biodiesel sebanyak 2,25 liter dengan rendemen sebesar 75%.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa beberapa parameter mutu biodiesel telah memenuhi standar SNI 7182:2015, yaitu kadar air, kadar abu, viskositas, dan titik nyala. Namun, parameter densitas dan titik kabut masih belum memenuhi standar, sehingga biodiesel yang dihasilkan belum dapat dinyatakan sepenuhnya layak sebagai bahan bakar sesuai standar nasional.

Variasi suhu reaksi menunjukkan pengaruh terhadap beberapa parameter mutu biodiesel, terutama kadar air dan viskositas. Peningkatan suhu reaksi cenderung menurunkan kadar air dan viskositas biodiesel sehingga kualitas biodiesel menjadi lebih baik pada parameter tersebut. Namun, penelitian ini belum dapat menentukan kondisi proses optimum secara menyeluruh karena masih diperlukan optimasi parameter lain, seperti rasio metanol terhadap minyak, konsentrasi katalis, waktu reaksi, serta proses pemurnian dan perlakuan lanjutan.

Secara keseluruhan, mesin BULUK memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai teknologi pengolahan minyak jelantah skala kecil dan media pembelajaran energi terbarukan, meskipun

masih diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan mutu biodiesel yang dihasilkan.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi parameter proses transesterifikasi, terutama pada rasio metanol terhadap minyak, konsentrasi katalis NaOH, waktu reaksi, dan kecepatan pengadukan guna meningkatkan konversi trigliserida menjadi metil ester dan memperbaiki mutu biodiesel yang dihasilkan.

Selain itu, diperlukan pengujian dan verifikasi ulang terhadap data titik kabut biodiesel untuk memastikan ketepatan hasil pengukuran dan kesesuaian metode pengujian yang digunakan sesuai standar ASTM maupun SNI. Penelitian lanjutan juga dapat menerapkan proses tambahan seperti esterifikasi awal, winterization, atau pemurnian lanjutan untuk menurunkan densitas dan titik kabut biodiesel.

Pengembangan mesin BULUK selanjutnya dapat difokuskan pada penyempurnaan sistem kontrol suhu agar proses transesterifikasi berlangsung lebih stabil dan terkontrol. Dengan demikian, mesin BULUK diharapkan dapat dikembangkan sebagai teknologi

pengolahan minyak jelantah skala kecil yang lebih efektif dan menghasilkan biodiesel dengan mutu yang sesuai standar nasional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Bapak Danar atas bimbingan dan arahnya, kepada kedua orang tua atas doa serta dukungan yang luar biasa, dan kepada Mas Satria atas semangat serta motivasi yang diberikan selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah Z.J, Pratiwi, D. E., & Sudding. (2024). Karakterisasi Biodiesel Yang Dibuat Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Abu Sabut Kelapa (*C. Nucifera L.*). *Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 25(2), 30. <https://doi.org/10.35580/chemica.v25i2.68296>
- Barella, Y., Wiyono, H., Hafizi, M. Z., Fitriana, D., & Budiharto, S. (2025). Inovasi Pemanfaatan Minyak Jelantah Rumah Tangga sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel Ramah Lingkungan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin Vol. 2 No. 1, April 2025: Diterima*, 2(1), 25–35.
- ESDM. (2021). *Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Biodiesel Berbasis Minyak Jelantah*. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ebtke/peluang-dan-tantangan->

- pemanfaatan-biodiesel-berbasis-minyak-jelantah
- Jamilatun, S., Rhomadoni, F. R., Astuti, E., Wardhana, B. S., Idris, M., & Auliasari, P. A. (2025). Peran Manajemen Energi terhadap Efisiensi Konsumsi Listrik Rumah Tangga di Indonesia. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1.
- Joelianingsih, Putra, A. H., Hutabalian, M. Y., & Purwaningsih, I. S. (2019). Efek Proses Winterization Terhadap Titik Kabut Biodiesel Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Technopex ITI*.
- Latumakulita, G., Tukan, G. D., & Oeleu, M. J. (2023). Uji karakteristik minyak biji kesambi (*Schleichera oleosa*) asal noemuti ttu sebq. *Prosiding Semnas First*, 1(2), 95–118.
- Mahlinda, Maurina, L., & Ellysa. (2020). Secara Transesterifikasi In Situ Effect of Microwave Power on Yield , Quality and Component of Biodiesel from Candle Nut Seed Processed Through In Situ Transesterification. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 14(1), 69–77.
- Momongan, A. M., Ludong, D. P. M., & Pangkerego, F. (2018). *Menghitung Rendemen Biodiesel Dari Minyak Jelantah Hasil Penggorengan Abon Cakalang*. 2018(024), 5–8.
- Mubin, M. A. fatkhul, Batutah, A., Syahrir, I., & Ponidi. (2023). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Metode Transesterifikasi. *Jurnal Rekayasa Sistem Engineering & Manufaktur*, 25–30. <https://journal.um-surabaya.ac.id/ReSEM/article/view/20247>
- Oko, S., Rahayu, I. E., Irwan, M., Kurniawan, A., Susanto, A., Lukas, R., & Wisang, A. G. (2025). *Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Katalis Zeolit Alam Terimpregnasi KOH*. 21(2), 47–54. <https://doi.org/10.14710/metana.v21i2.66726>
- Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2, 45. <https://doi.org/10.32493/jitk.v2i2.1679>
- Pratama, I. A., Kurniaty, ; Ika Hasyim, U. H., & Fitriyano, G. (2021). Pemanfaatan Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) sebagai Bahan Baku Biodiesel Berdasarkan Proses Produksi dan Penambahan Katalis. *Jurnal Konversi*, 10(2), 7–12.
- Pratiwi, A. K., Styana, U. I. F., & Kurniawan, A. (2023). Proses Produksi Biofuel Minyak Jelantah Production Process of Cooking Oil Biofuel Using Koh and Naoh Catalyst Variations At Ngentak Kutowinangun Lor. *Prosiding Webinar ITY Green Tchnology*, 1(1), 45–54.
- Pratiwi, R. A., Zahara, Y., Wulanda, Zahrah, M., & Fajriah, W. (2024). Pemanfaatan Minyak Jelantah menjadi Sabun Cuci sebagai Upaya Preventif Pencemaran Lingkungan di Desa Reuleut Timu. *Journal of Community Service*, 5, 398–407.
- Putra, E. Y. (2020). Pengaruh Pencampuran Biodiesel Minyak Dedak Padi dan Metanol dengan Katalis KOH Terhadap Propertis Bahan Bakar. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(02), 14. <http://www.riset.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/5818/5281%0Ahttp://www.riset.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/5818>
- Setyawardhani, D. A., Widiastri, A. T. Y., & Rahman, M. (2021). Uji Karakteristik Pencampuran Biodiesel

Minyak Jelantah dan Biodiesel Minyak Kesambi. *Jurnal Integrasi Proses*, 10(2), 68–76.

Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>

Setyono, J. S., Mardiansjah, F. H., & Astuti, M. F. K. (2019). Pengembangan Energi Baru Dan Energi, Potensi. *Jurnal Riptek*, 13(2), 177–186. <http://ripteck.semarangkota.go.id>

SNI. (2015). SNI Biodiesel 2015. *SNI*, August, 15751.

Srivastava, A., & Prasad, R. (2000). Triglycerides-Based Diesel Fuels. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 4, 111–133.

Sufi, C. A., Erlita, D., & Maria, E. (2023). Inovasi Pemanfaatan Minyak Jelantah menjadi Sabun Cair Antibakteri. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(1), 65–71. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.299>