



Pengaruh Suhu dan Waktu terhadap Produksi Biodiesel dari Minyak Kelapa

Ratna Kurnia^{*1}, Muhammad Fahmi Hakim²

^{*1,2} Program Studi Teknik Kimia, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

^{*}Email Penulis Korespondensi: 2010631230014@student.unsika.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas pengaruh variasi suhu dan waktu terhadap produksi biodiesel dari minyak kelapa menggunakan metode transesterifikasi. Tujuan utama penelitian adalah untuk mengoptimalkan sifat-sifat biodiesel, seperti densitas, viskositas, dan kadar metil ester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa densitas biodiesel tertinggi diperoleh pada suhu 60, 70, dan 80°C dengan waktu reaksi 100 menit, masing-masing mencapai 850,0 kg/m³, 850,6 kg/m³, dan 851,3 kg/m³. Viskositas terbaik didapatkan pada suhu 80°C dengan waktu 120 menit, yaitu sebesar 2,12 cSt. Kadar metil ester tertinggi tercapai pada 60, 70, dan 80°C dengan waktu 100 menit, masing-masing 97,93 %-massa; 97,09 %-massa; dan 97,94 %-massa. Penelitian ini membuktikan bahwa biodiesel dari minyak kelapa dapat diproduksi dengan kualitas yang memenuhi standar pada kondisi optimal 60-80°C pada waktu 100 menit, menunjukkan potensi minyak kelapa sebagai sumber bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Dampak positif penelitian ini adalah mendukung pengembangan energi terbarukan berbasis sumber daya lokal, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta berkontribusi terhadap penurunan emisi gas rumah kaca. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan industri biodiesel dari minyak kelapa di wilayah tropis dengan potensi bahan baku melimpah.

Kata kunci—biodiesel, minyak kelapa, transesterifikasi, metanol, NaOH

Abstract

This study discusses the effect of temperature and reaction time variations on biodiesel production from coconut oil using the transesterification method. The main objective of this research is to optimize the key properties of biodiesel, including density, viscosity, and methyl ester content. The results showed that the highest biodiesel densities were obtained at temperatures of 60, 70, and 80°C with a reaction time of 100 minutes, reaching 850.0 kg/m³, 850.6 kg/m³, and 851.3 kg/m³, respectively. The best viscosity was achieved at 80°C with a reaction time of 120 minutes, recorded at 2.12 cSt. The highest methyl ester contents were obtained at 60, 70, and 80°C with a reaction time of 100 minutes, amounting to 97.93 wt%, 97.09 wt%, and 97.94 wt%, respectively. This study demonstrates that biodiesel derived from coconut oil can be produced with quality that meets the standard specifications under optimal conditions of 60–80°C and 100 minutes of reaction time, indicating the strong potential of coconut oil as an environmentally friendly alternative fuel source. The positive impact of this research lies in supporting the development of renewable energy based on local resources, reducing dependence on fossil fuels, and contributing

to the reduction of greenhouse gas emissions. Furthermore, the results of this study can serve as a reference for developing biodiesel industries from coconut oil in tropical regions with abundant raw material availability.

Keywords—biodiesel, coconut oil, transesterification, methanol, NaOH

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi global yang terus meningkat tidak sebanding dengan ketersediaan sumber energi fosil yang kian menipis. Energi fosil bersifat tidak terbarukan dan memiliki efisiensi pengolahan rendah [1]. Untuk mengatasi hal tersebut, berbagai sumber energi alternatif dikembangkan, seperti nuklir, hidrogen, angin, dan biodiesel yang lebih mudah diproduksi, murah, serta terbarukan [2].

Biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan yang dihasilkan dari minyak nabati atau hewani. Salah satu bahan baku potensial adalah minyak kelapa yang memiliki kandungan asam lemak jenuh tinggi asam palmitat 18% dan asam stearat 6% serta stabil pada perlakuan panas. Penggunaan minyak kelapa dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca. Indonesia memiliki potensi besar dengan luas perkebunan 3,33 juta hektar dan produksi 2,80 juta ton pada 2022. Kandungan ester tinggi, sifat pembakaran baik, dan ketersediaan bahan baku melimpah menjadikan minyak kelapa bahan baku biodiesel yang menjanjikan [3]. Biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi, yaitu konversi trigliserida menjadi metil ester dan gliserol dengan katalis basa, asam, atau enzim [4]. Proses ini menghasilkan biodiesel berkualitas melalui pertukaran asam lemak dengan alkohol [5]. Metode transesterifikasi efektif karena fleksibel terhadap berbagai bahan baku, berkonversi tinggi, dan menghasilkan gliserin sebagai produk samping yang masih dapat dimanfaatkan.

Dalam penelitian ini digunakan metanol karena berat molekulnya rendah, reaktif, dan ekonomis. López [6] menunjukkan bahwa penggunaan katalis NaOH dapat meningkatkan hasil reaksi dan menekan biaya produksi. NaOH dikenal aktif, murah, dan stabil pada suhu sedang dan tekanan rendah, sehingga umum digunakan untuk mencapai efisiensi tinggi. Faktor utama yang memengaruhi rendemen biodiesel adalah suhu dan waktu reaksi, di samping densitas, viskositas, kadar metil ester, dan yield. Waktu reaksi yang lebih lama meningkatkan hasil biodiesel, tetapi waktu berlebih dapat menimbulkan reaksi balik menjadi trigliserida. Kecepatan pengadukan juga berpengaruh terhadap efisiensi reaksi. Penelitian R. Sipahutar dan H. L. L. Tobing menunjukkan suhu 60°C dan waktu 120 menit menghasilkan rendemen 98,8% dengan katalis NaOH [8], sedangkan Widyasanti menemukan suhu optimal 65°C untuk biodiesel dari kemiri sunan [9].

Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa suhu dan waktu reaksi berpengaruh besar terhadap karakteristik biodiesel [8][9]. Namun, studi mengenai optimasi kedua variabel pada bahan baku minyak kelapa masih terbatas, terutama dalam konteks efisiensi konversi metil ester dan pemenuhan SNI 7182:2015. Hal ini menjadi celah penelitian yang diisi pada studi ini. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh suhu dan waktu reaksi terhadap karakteristik biodiesel dari minyak kelapa dengan metode transesterifikasi. Maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan waktu terhadap karakteristik biodiesel dan menentukan kondisi optimum yang menghasilkan biodiesel dengan densitas, viskositas, dan kadar metil ester sesuai standar SNI 7182:2015.

2. METODE PENELITIAN

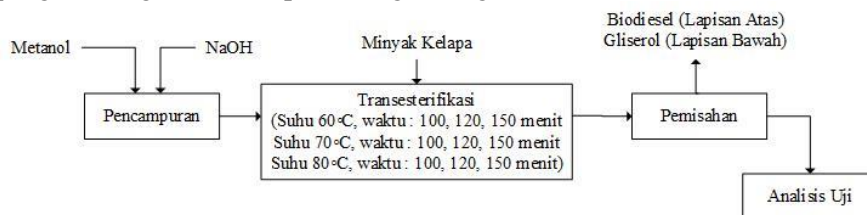
2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Hot plate, magnetic stirrer, labu leher tiga 500 ml, thermometer, kondensor, erlenmeyer 250 ml, buret, statif dan klem, neraca analitik, pipet tetes, pipet volume, gelas kimia, gelas ukur, batang pengaduk, corong, corong pisah, spatula, kaca arloji, bulb pipet, ember, selang, pompa air, piknometer, dan viskometer kapiler. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu Minyak Kelapa (Barco),

Natrium Hidroksida p.a., Metanol 96% p.a., Kalium Hidroksida (KOH 0,5) teknis, Indikator Phenolptalein p.a., Indikator Amylum/pati p.a., Aquadest, Asam Klorida (HCL) 0.5N teknis, Asam Periodat (HIO₄.2H₂O) p.a., Kalium Dikromat (K₂Cr₂O₇) p.a., Natrium Tiosulfat (Na₂S₂O₃.5H₂O) p.a., Kalium Iodida (KI) p.a, Etanol 95% teknis, Kloroform p.a., dan asam asetat glasial p.a.

2.2 Prosedur Penelitian

Metode seperti pada Gambar 1 yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa adalah proses reaksi transesterifikasi dengan menggunakan labu leher tiga bervolume 500 ml sebagai reaktor batch yang dilengkapi dengan kondensor dan termometer. Sebagai sumber panas dan pengaduk digunakan hotplate dengan magnetic stirrer.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian yang pertama yaitu pembuatan biodiesel dengan variasi suhu reaksi 60, 70, dan 80°C dengan variasi masing-masing waktu reaksi 100, 120, dan 150 menit. Variabel lainnya dibuat tetap, yaitu volume minyak kelapa sebanyak 250 ml, metanol 123 ml, dan katalis NaOH 1,845 gram. Biodiesel yang dihasilkan kemudian dipisahkan dari gliserol dan disimpan dalam botol sampel tertutup rapat. Selanjutnya, dilakukan pengujian dan analisis terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Masing-masing percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk memastikan keandalan data, dan nilai yang dilaporkan merupakan rata-rata hasil pengujian. Validasi hasil dilakukan dengan membandingkan karakteristik biodiesel terhadap standar mutu biodiesel SNI 7182:2015.

2.2.1 Densitas/Massa Jenis pada 40°C

Pada langkah pertama, sampel dipanaskan dalam gelas kimia hingga mencapai suhu 40°C. Langkah kedua, menimbang piknometer kosong dan catat hasilnya sebagai berat a gram. Selanjutnya, sampel dimasukkan ke dalam piknometer hingga mencapai leher, tutup dipasang untuk memastikan pipa kapiler terisi penuh tanpa ada gelembung udara di dalamnya. Langkah keempat, mengeringkan luar piknometer dengan tisu. Kemudian, piknometer yang berisi sampel ditimbang dan hasilnya dicatat sebagai berat b gram. Setelah itu, dilakukan pencatatan volume piknometer yang digunakan, yaitu 50 ml, 25 ml, atau 10 ml. Langkah terakhir, menghitung densitas atau massa jenis sampel pada suhu 40°C.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{b-a}{V} \quad (1)$$

Keterangan:

- ρ = massa jenis suatu zat (kg/m³ atau gram/cm³)
- m = massa suatu zat (kg atau gram)
- b = massa piknometer berisi sampel (kg atau gram)

2.2.2 Viskositas Kinematik pada 40°C

Prosedur pengukuran viskositas dilakukan dengan menyiapkan viskometer yang dipasang pada klem dan statif, kemudian dibersihkan menggunakan aquades yang dicuci dengan pipet ukur. Selanjutnya, 10 ml aquades dipipet dan dimasukkan ke dalam viskometer setelah dipasang bulb pipet di mulutnya. Aquades disedot hingga batas atas viskometer, lalu bulb pipet dilepaskan dan aquades dibiarkan mengalir ke batas bawah, sambil waktu alir dicatat dengan stopwatch. Setelah

itu, sampel dipanaskan dalam gelas kimia pada suhu 40°C. Viskometer dibersihkan dengan sampel menggunakan pipet ukur, lalu 10 ml sampel dimasukkan ke viskometer setelah dipasang bulb pipet. Aquades kembali disedot hingga batas atas viskometer, dan bulb pipet dilepaskan agar sampel dapat mengalir hingga batas bawah, sambil waktu alirnya tetap dicatat dengan stopwatch. Viskositas kinematik dihitung berdasarkan waktu alir yang tercatat dan konstanta tabung viskometer.

$$v = C \times t \quad (2)$$

Keterangan:

- v = viskositas kinematik, dinyatakan dalam cSt (mm²/detik)
 C = konstanta viskometer, dinyatakan dalam cSt/detik (mm²/detik²)
 t = waktu alir, dinyatakan dalam detik (s)

2.2.3 Kadar Ester Metil

2.2.3.1 Angka Penyabunan

Analisis angka penyabunan dilakukan dengan menimbang sampel biodiesel sebanyak 4–5 ± 0,005 g ke dalam labu erlenmeyer berkapasitas 250 ml, kemudian ditambahkan 50 ml larutan KOH alkoholik secara perlahan menggunakan pipet. Analisis blanko dilakukan secara bersamaan tanpa penambahan sampel, dengan prosedur yang sama. Labu yang berisi sampel dihubungkan dengan kondensor dan dipanaskan perlahan selama ±1 jam hingga proses penyabunan berlangsung sempurna. Setelah pemanasan selesai, labu dan kondensor didinginkan, kemudian dinding bagian dalam kondensor dibilas menggunakan sedikit akuades untuk memastikan seluruh residu masuk ke dalam larutan. Kondensor dilepaskan dari labu, lalu ke dalam masing-masing labu (sampel dan blanko) ditambahkan 1 ml indikator fenolftalein. Selanjutnya dilakukan titrasi menggunakan larutan HCl 0,5 N hingga warna merah muda hilang, dan volume HCl yang digunakan dicatat untuk perhitungan angka penyabunan.

$$(A_s) = \frac{56,1(B-C)N}{m} (mg \text{ KOH/g biodiesel}) \quad (3)$$

Keterangan:

- A_s = Angka Penyabunan
 B = volume HCl 0,5N yang dihabiskan pada titrasi blanko (ml)
 C = volume HCL 0,5N yang dihabiskan pada titrasi sampel (ml)
 N = konsentrasi eksak larutan HCL 0,5 (N)
 M = berat sampel (mg)

2.2.3.2 Angka Asam

Analisis angka asam dilakukan dengan menimbang 8 g sampel ke dalam labu erlenmeyer, kemudian melarutkannya dalam 125 ml campuran pelarut yang sudah dinetralisir. Pastikan sampel larut sempurna, gunakan pemanasan jika diperlukan. Analisis blanko kembali dilakukan dengan prosedur yang sama seperti sebelumnya. Selama titrasi dengan KOH 0,1 N, sampel digoyangkan kuat hingga terbentuk warna pink dengan intensitas yang sama seperti pelarut yang dinetralisir sebelum ditambahkan ke sampel, dengan warna yang bertahan selama 30 detik.

$$(A_a) = \frac{(A-B) \times N \times 56,1}{w} (mg \text{ KOH/g percontoh}) \quad (4)$$

Keterangan:

- A_a = Angka Asam
 A = volume alkali standar yang digunakan dalam titrasi (ml)
 B = volume alkali standar yang digunakan dalam titrasi blanko (ml)

- N = konsentrasi alkali standar (N)
M = berat sampel (mg)

2.2.3.3 Kadar Gliserol Total

Analisis kadar gliserol total dimulai dengan menimbang sampel 9,9 g hingga $10,1 \pm 0,01$ g ke dalam labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan 100 ml larutan KOH alkoholik. Labu kemudian disambungkan ke kondensor berpendingin udara dan dipanaskan selama 30 menit untuk mensaponifikasi ester. Setelah itu, tambahkan kloroform dan asam asetat glasial sesuai dengan ukuran yang ditentukan, dilanjutkan dengan proses pemisahan lapisan dan titrasi menggunakan larutan natrium tiosulfat yang telah distandarkan dilanjutkan dengan proses pemisahan lapisan dan titrasi menggunakan larutan natrium tiosulfat yang telah distandarkan. Analisis blanko dilakukan untuk memastikan ketepatan hasil dengan menggunakan dua gelas piala berisi larutan blanko yang dipersiapkan sebelumnya.

$$G_{ttl} = \frac{2,302(B-C)N}{W} (\% - massa) \quad (5)$$

Keterangan:

- G_{ttl} = Gliserol total
C = volume larutan na-tiosulfat yang habis dalam titrasi sampel (ml)
B = volume larutan na-tiosulfat yang habis dalam titrasi blanko (ml)
N = konsentrasi eksak larutan na-tiosulfat (N)

Kadar Metil Ester

$$KEM = \frac{100(A_s - A_a - 18,27 G_{ttl})}{A_s} (\% - massa) \quad (6)$$

Keterangan:

- KEM = Kadar Metil Ester
 A_s = angka penyabunan yang diperoleh di atas (mg/g)
 A_a = angka asam (mg/g)
 G_{ttl} = kadar gliserol total dalam biodiesel (%-massa)

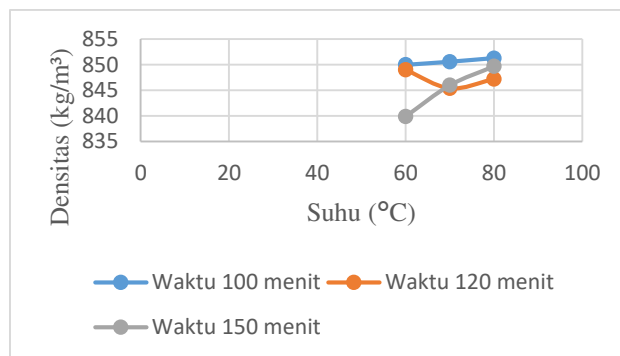
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Variasi Suhu terhadap Mutu Biodiesel

Pengaruh suhu terhadap densitas dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1 Data Uji Densitas

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Densitas (kg/m ³)
60	100	850,0
60	120	849,0
60	150	839,9
70	100	850,6
70	120	845,4
70	150	846
80	100	851,3
80	120	847,2
80	150	849,7



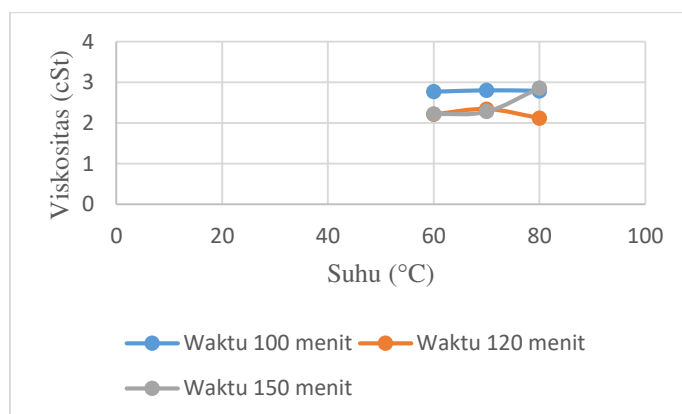
Gambar 2 Pengaruh Suhu terhadap Densitas (kg/m³)

Peningkatan suhu reaksi berpengaruh terhadap densitas biodiesel. Berdasarkan Gambar 2, pada suhu tinggi (80°C) terjadi penurunan densitas meskipun tidak signifikan. Hal ini disebabkan meningkatnya energi kinetik partikel yang memperbesar jarak antarpartikel, sehingga densitas menurun. Secara umum, densitas cairan termasuk biodiesel menurun seiring kenaikan suhu. Hasil uji menunjukkan bahwa tidak semua sampel memenuhi standar densitas SNI 7182:2015 (850–890 kg/m³) [10], kemungkinan akibat proses distilasi yang belum sempurna sehingga masih terdapat sisa metanol [11]. Dengan demikian, hanya sampel pada suhu 60, 70, dan 80°C dengan waktu reaksi 100 menit (850,0–851,3 kg/m³) yang masih sesuai dengan standar SNI.

Viskositas merupakan parameter penting yang menunjukkan ketahanan biodiesel terhadap geser. Viskositas tinggi menghambat aliran bahan bakar, sedangkan viskositas rendah dapat menurunkan efisiensi pembakaran dan menyebabkan kebocoran pada pipa injeksi. Pengaruh suhu terhadap viskositas ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2 Data Uji Viskositas

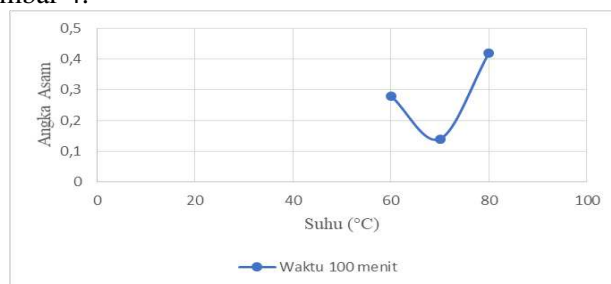
Suhu (°C)	Waktu (menit)	Viskositas (cSt)
60	100	2,77
60	120	2,21
60	150	2,22
70	100	2,80
70	120	2,34
70	150	2,28
80	100	2,79
80	120	2,12
80	150	2,86



Gambar 3 Pengaruh Suhu terhadap Viskositas (cSt)

Berdasarkan Gambar 3, viskositas biodiesel pada suhu 60, 70, dan 80°C dengan waktu 100 menit masing-masing sebesar 2,77; 2,80; dan 2,79 cSt. Pada 120 menit diperoleh 2,21; 2,34; dan 2,12 cSt, sedangkan pada 150 menit sebesar 2,22; 2,28; dan 2,86 cSt. Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar sampel memenuhi standar SNI 7182:2015 (2,3–6,0 cSt pada 40°C). Fluktuasi antarvariabel disebabkan perbedaan laju reaksi transesterifikasi, viskositas rendah pada suhu 70°C dan 120 menit (2,34 cSt) menunjukkan konversi metil ester tinggi, sedangkan kenaikan viskositas pada 80°C dan 150 menit (2,86 cSt) dapat disebabkan oleh reaksi lanjutan atau pembentukan sabun dan polimer ringan yang meningkatkan kekentalan biodiesel. Hasil ulangan menunjukkan deviasi standar <2%, menandakan konsistensi hasil pengujian.

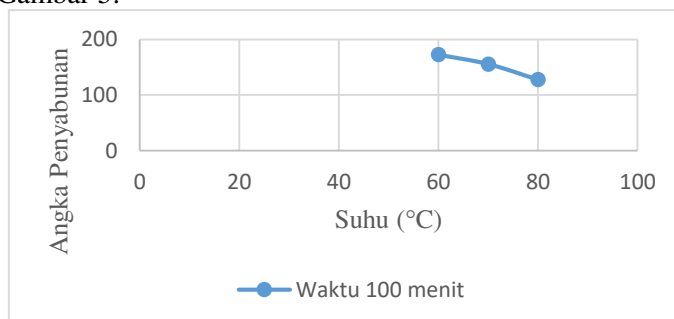
Angka asam merupakan parameter penting untuk menilai kualitas biodiesel, di mana nilai rendah menunjukkan kualitas yang lebih baik. Semakin mendekati pH netral (6–7), angka asam semakin rendah dan kualitas metil ester semakin baik [12]. Pengaruh suhu terhadap angka asam dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 4 Pengaruh Suhu terhadap Angka Asam (mg KOH/g)

Suhu reaksi menentukan laju konversi asam lemak bebas (FFA) menjadi metil ester. Peningkatan suhu mempercepat reaksi dan menurunkan kadar FFA, sehingga angka asam berkurang. Nilai angka asam tinggi tidak diinginkan karena FFA dapat bereaksi dengan logam seperti besi, seng, atau timbal yang mempercepat korosi pada mesin diesel. Penelitian Deli menunjukkan bahwa tingginya angka asam dapat menyebabkan korosi terutama pada injektor mesin, sehingga diperlukan tahap pretreatment untuk menurunkannya [10]. Penelitian *Analisis Potensi dan Evaluasi Emisi Biodiesel dari Palm Oil* juga menegaskan pentingnya pengendalian angka asam dan FFA agar biodiesel memenuhi standar SNI 7182:2015 serta mencegah kerusakan mesin [11]. Berdasarkan hasil penelitian ini, seluruh sampel biodiesel memenuhi standar SNI dengan nilai angka asam pada suhu 60, 70, dan 80°C selama 100 menit masing-masing sebesar 0,28; 0,14; dan 0,42 mg KOH/g, seluruhnya di bawah batas maksimum 0,5 mg KOH/g.

Angka penyabunan, yang menyatakan jumlah KOH (mg) yang diperlukan untuk menyabunkan satu gram lemak atau minyak, menunjukkan massa molekul relatif rata-rata (panjang rantai) asam lemak dalam biodiesel [15][16]. Pengaruh suhu terhadap angka penyabunan dapat dilihat pada Gambar 5:

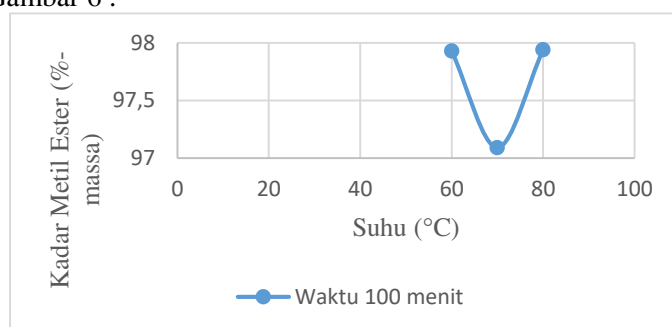


Gambar 5 Pengaruh Suhu terhadap Angka Penyabunan (mg KOH/g)

Pada uji angka penyabunan dipilih tiga sampel yang memenuhi standar SNI biodiesel berdasarkan hasil densitas. Pada suhu 60, 70, dan 80°C dengan waktu reaksi 100 menit, diperoleh nilai masing-masing 172,51; 155,68; dan 127,63 mg KOH/g. Gambar 5 menunjukkan bahwa

peningkatan suhu menyebabkan penurunan angka penyabunan karena laju reaksi lebih cepat pada suhu tinggi, sehingga sisa asam lemak bebas semakin sedikit. Namun, suhu tinggi dan waktu reaksi lama dapat memicu reaksi balik menjadi trigliserida serta menurunkan efisiensi transesterifikasi. Meskipun demikian, seluruh sampel memenuhi standar SNI dengan batas maksimum 0,5 mg KOH/g, menandakan kualitas biodiesel yang baik [9].

Penentuan kadar metil ester menggunakan metode alternatif dari Thoai yang menganalisis total gliserol sebagai indikator tidak langsung kadar metil ester, dengan korelasi tinggi terhadap analisis kromatografi gas ($r = 0,98$) [17]. Metode ini praktis digunakan di laboratorium tanpa peralatan GC karena hanya memerlukan peralatan dasar dan bahan kimia umum. Kadar metil ester yang tinggi mencerminkan konversi esterifikasi yang efisien, di mana suhu dan waktu reaksi berperan penting melalui aktivitas ion hidroksida dari katalis NaOH. Dengan demikian, suhu dan waktu reaksi sangat memengaruhi kadar metil ester, yang dapat dilihat rinci pada Gambar 6 :



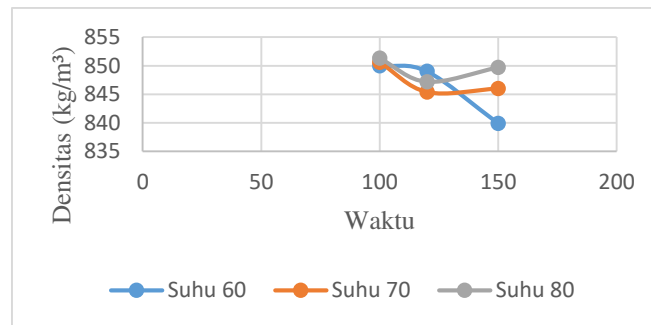
Gambar 6 Pengaruh Suhu terhadap Kadar Metil Ester (%- massa)

Berdasarkan Gambar 6, kadar metil ester biodiesel pada suhu 60°C dengan waktu 100 menit mencapai 97,93% massa, pada 70°C sedikit menurun, dan pada 80°C kembali meningkat, menunjukkan bahwa suhu tinggi mendukung pembentukan metil ester meskipun efisiensi bervariasi. Peningkatan suhu hingga sekitar 60–65°C meningkatkan produktivitas metil ester, dengan kondisi optimum di dekat titik didih metanol (65°C) [8]. Waktu reaksi 100 menit sudah cukup untuk mencapai konversi maksimal. Kadar metil ester yang tinggi berpengaruh terhadap viskositas, titik beku, dan stabilitas oksidatif biodiesel. Semua sampel memenuhi standar SNI 7182:2015 dengan kadar metil ester setara 0,5 mg KOH/g.

3.2 Pengaruh Variasi Waktu Reaksi terhadap Mutu Biodiesel

Tabel 3 Data Uji Densitas

Rata-rata Densitas/Massa Jenis pada 40°C (kg/m ³)	Waktu (menit)
850,0	100
849	120
839,9	150
850,6	100
845,4	120
846	150
851,3	100
847,2	120
849,7	150



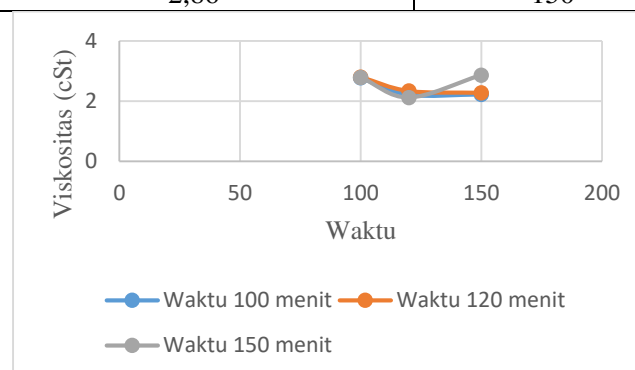
Gambar 7 Pengaruh Suhu terhadap Densitas (kg/m³)

Waktu yang digunakan pada pembuatan biodiesel adalah 100, 120, dan 150 menit. Dilihat dari Gambar 7, peningkatan waktu tidak selalu menyebabkan penurunan densitas karena molekul yang lebih ringan dapat terbentuk. Menurut penelitian Alfianita semakin lama waktu transesterifikasi, maka semakin besar pula rendemen biodiesel yang akan didapatkan [18]. Pada penelitian ini, densitas biodiesel pada waktu 100 menit dan suhu 80°C (851,3 kg/m³) lebih tinggi dibandingkan dengan 120 menit (847,2 kg/m³). Hal ini menunjukkan bahwa waktu reaksi yang panjang dapat memengaruhi struktur molekuler, menghasilkan senyawa dengan massa molekul lebih rendah dan densitas yang menurun signifikan.

Selain itu, waktu reaksi juga berpengaruh terhadap pembentukan metil ester dan stabilitas produk. Pada rentang waktu 100–120 menit terjadi peningkatan viskositas dan kadar ester, namun ketika waktu reaksi diperpanjang hingga 150 menit, kualitas biodiesel menurun akibat terjadinya reaksi balik menjadi trigliserida. Tren ini sejalan dengan penelitian terdahulu oleh Alfianita (2019) dan Sipahutar (2013), yang menunjukkan bahwa waktu reaksi optimal untuk memperoleh biodiesel berkualitas berada pada kisaran 100–120 menit.

Tabel 4 Data Uji Viskositas

Rata-rata Viskositas	Waktu (menit)
2,77	100
2,21	120
2,22	150
2,8	100
2,34	120
2,28	150
2,79	100
2,12	120
2,86	150



Gambar 8 Pengaruh Waktu terhadap Viskositas (cSt)

Berdasarkan Gambar 8, pengaruh waktu terhadap viskositas biodiesel menunjukkan pola fluktuatif. Pada suhu 60°C, viskositas menurun dari 2,77 cSt (100 menit) menjadi 2,22 cSt (150 menit). Pada 70°C, viskositas turun dari 2,80 menjadi 2,28 cSt, sedangkan pada 80°C meningkat

dari 2,79 menjadi 2,86 cSt. Variasi waktu memengaruhi viskositas karena perubahan komposisi kimia dan reaksi transesterifikasi, serta perbedaan suhu yang memengaruhi sifat fisikokimia biodiesel. Secara umum, viskositas menurun dengan peningkatan suhu dan waktu reaksi, mencerminkan perubahan struktur molekuler selama proses produksi.

Tabel 5 Data Uji Bilangan Angka Asam

Rata-rata Angka Asam	Waktu (menit)
0,28	100
0,14	100
0,42	100

Pada uji angka asam hanya dipilih tiga sampel yang memenuhi standar SNI biodiesel dari uji densitas. Dapat dilihat dari Tabel 9, pada suhu 60°C dan waktu 100 menit, angka asam adalah 0,28, diikuti suhu 70°C sebesar 0,14, dan suhu 80°C sebesar 0,42. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu menyebabkan peningkatan angka asam. Penelitian Lestari et al. menunjukkan bahwa waktu reaksi yang lebih lama memperbesar kontak antar zat, meningkatkan konversi asam lemak bebas (FFA) menjadi ester metil, sehingga angka asam dapat menurun pada waktu optimal. Namun, akumulasi udara dalam minyak selama proses juga dapat mempengaruhi hasil, sehingga pengendalian suhu dan waktu reaksi penting untuk mendapatkan angka asam yang sesuai standar biodiesel [11].

Tabel 6 Data Uji Bilangan Angka Penyabunan

Rata-rata Angka Penyabunan	Waktu (menit)
172,51	100
155,68	100
127,63	100

Pada uji angka penyabunan, tiga sampel yang memenuhi standar SNI dari uji densitas dipilih untuk analisis angka penyabunan. Pada suhu 60, 70, dan 80°C dengan waktu reaksi 100 menit, nilai yang diperoleh masing-masing 172,51; 155,68; dan 127,63 mg KOH/g. Waktu reaksi yang lebih lama memungkinkan proses penyabunan berlangsung optimal, meningkatkan konversi minyak nabati menjadi biodiesel dan menurunkan angka penyabunan. Nilai angka penyabunan tinggi menandakan kandungan asam lemak bebas sedikit dan kualitas biodiesel baik, sedangkan nilai rendah menunjukkan FFA tinggi yang menurunkan mutu biodiesel. Dengan demikian, angka penyabunan menjadi indikator penting untuk menilai kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Tabel 7 Data Uji Kadar Metil Ester

Rata-rata Kadar Metil Ester (%- massa)	Waktu (menit)
97,93	100
97,09	100
97,94	100

Dilihat dari Tabel 7 pada waktu 100 menit dengan suhu 60°C, kadar metil ester yang didapatkan sebesar 97,93, pada waktu 100 menit dengan suhu 70°C didapatkan sebesar 97,09, dan pada waktu 100 menit dengan suhu 80°C didapatkan sebesar 97,94. Pada suhu 60°C dan 80°C kadar metil ester yang diperoleh lebih tinggi dari suhu 70°C. Hal ini disebabkan oleh faktor suhu yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa suhu dan waktu reaksi berpengaruh signifikan terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan dari minyak kelapa. Kondisi optimal diperoleh pada suhu 60–80°C dengan waktu reaksi 100 menit, menghasilkan kadar metil ester sebesar 97,9% dan viskositas dalam kisaran 2,12–2,80 cSt. Seluruh sampel biodiesel memenuhi standar SNI 7182:2015 untuk parameter angka asam, angka penyabunan, dan kadar

metil ester. Peningkatan suhu dan waktu reaksi yang berlebihan dapat menurunkan kualitas biodiesel akibat terjadinya reaksi balik dan pembentukan sabun. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa minyak kelapa memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Untuk skala industri, perlu dilakukan optimasi konsumsi energi serta perancangan sistem reaktor berpengaduk kontinu (continuous stirred reactor system) agar efisiensi proses dan produktivitas biodiesel dapat ditingkatkan.

5. SARAN

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah agar dilakukan analisis mengenai dampak lingkungan dari proses transesterifikasi, termasuk identifikasi pembentukan produk samping dan pengelolaan limbah yang dihasilkan, guna memastikan proses produksi biodiesel yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Selain itu, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menambahkan parameter uji lain seperti angka setana, angka iodium, titik nyala, dan titik kabut, serta pengujian kualitas biodiesel secara lebih komprehensif berdasarkan spesifikasi SNI 7182:2015, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai mutu dan performa biodiesel yang dihasilkan. Untuk skala industri, perlu dilakukan optimasi konsumsi energi serta perancangan sistem reaktor berpengaduk kontinu (continuous stirred reactor system) agar efisiensi proses dan produktivitas biodiesel dapat ditingkatkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing saya, Ibu Dessy Agustina Sari dan Bapak Muhamad Fahmi Hakim, yang telah membimbing saya dalam penulisan jurnal ini. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada teman-teman serta keluarga saya yang telah memberikan dukungan moril dan materil selama proses penulisan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahmi Ice et al., 2022, Bahan Bakar Hayati Sebagai Pengganti Bahan Bakar Fosil (Biofuel : Biodiesel, Bioethanol, BioAvtur, Green Diesel, Green Gasoline, Green Avtur). *Jurnal TNI Angkatan Udara*. <https://doi.org/10.62828/jpb.v1i3.7>, diakses pada 10 Juli 2023.
- [2] S. Ramkumar dan V. Kirubakaran., 2016, Biodiesel from vegetable oil as alternate fuel for C.I engine and feasibility study of thermal cracking: A critical review. *Jurnal Energy Conversion and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.071>, diakses pada 12 Juli 2023.
- [3] Hidayati, N., et al., 2017, TRANSESTERIFIKASI MINYAK GORENG BEKAS MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS KALSIUM OKSIDA. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, Vol. 1 No. 1, diakses 25 Januari 2025
- [4] Malabadi, R. B., et al., 2023, Biodiesel production: An updated review of evidence. *International Journal of Biological and Pharmaceutical Sciences Archive*, 6(2), 110–133. <https://doi.org/10.53771/ijbpsa.2023.6.2.0104>, diakses 13 April 2025.
- [5] Syamsidar, H. S., 2013, Pembuatan dan uji kualitas biodiesel dari minyak jelantah. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 7(2), Halaman 209 – 218. <https://doi.org/10.53771/ijbpsa.2023.6.2.0104>, diakses 13 April 2025.
- [6] Lopez,L.,et al., Obtención de biodiesel a partir de aceite usado de cocina por transesterificación, <https://doi.org/10.11144/Javeriana.iyu19-1.odba>, diakses 13 April 2025.
- [7] Affandi, R. D. N, et al., 2013, Produksi Biodiesel dari Lemak Sapi dengan Proses Transesterifikasi dengan Katalis Basa NaOH. *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol. 2. No. 1. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1419>, diakses 13 April 2025.
- [8] R. Sipahutar, H. L., 2013, Pengaruh Suhu dan Waktu Konversi Biodiesel dari Minyak Jarak

- terhadap Kuantitas Biodiesel yang Dihasilkan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 13 No. 1., diakses pada 12 Juli 2023.
- [9] Asri Widyasanti, S. N., 2017, PENGARUH SUHU DALAM PROSES TRANSESTERIFIKASI PADA PEMBUATAN BIODIESEL, KEMIRI SUNAN (Reautealis trisperma). *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, Vol. 07, No. 01, Hal. 9-18. <https://doi.org/10.24198/jmei.v7i01.12051>, diakses 25 Januari 2025.
- [10] Badan Standar Nasional Indonesia. SNI 7182: 2015 Standar Mutu Biodiesel. Jakarta., diakses pada 10 Juli 2023.
- [11] Lestari, et al., 2021, PENGARUH SUHU DAN WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK JARAK KEPYAR (Castor Oil) TERHADAP METIL ESTER DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT. *Chemical Engineering Journal Storage*, Hal 64-80. <https://doi.org/10.29103/cejs.v1i2.5478>, diakses 25 Januari 2025.
- [12] Faizal, et al., 2013, PENGARUH KADAR METANOL, JUMLAH KATALIS, DAN WAKTU REAKSI PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI LEMAK SAPI MELALUI PROSES TRANSESTERIFIKASI. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.19 No. 4, Hal. 29-37, diakses 25 Januari 2025.
- [13] Dell, N. A., Sihotang, A. J., dan Khairiah, H., 2023, Produksi biodiesel dari minyak goreng bekas menggunakan katalis abu tandan kosong sawit. *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(1), 490–497. <https://doi.org/10.31004/jutin.v7i1.24735>, diakses 14 April 2025.
- [14] Azman, et al., 2018, EKSTRAKSI DAN KARAKTERISTIK MINYAK IKAN SEMBILANG (*Paraplotosus albilabris*) DENGAN BAHAN PELARUT YANG BERBEDA, Vol 46. No.1, Hal. 19-27, [10.31258/TERUBUK.46.1.19-27](https://doi.org/10.31258/TERUBUK.46.1.19-27), diakses 25 Januari 2025.
- [15] Adhani, L., et al., 2016, Pembuatan biodiesel dengan cara adsorpsi dan transesterifikasi dari minyak goreng bekas. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2(1), 71–80, diakses 13 April 2025.
- [16] Thoai, D. N., et al., 2017, A novel chemical method for determining ester content in biodiesel. *Energy Procedia*, 138, 536–543. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.156>, diakses 14 April 2025.
- [17] Alfianita., 2019, PENGARUH VARIASI WAKTU DAN SUHU TERHADAP RENDEMEN BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS ABU LAYANG BATUBARA (FLY ASH) MELALUI PROSES TRANSESTERIFIKASI. Universitas Muhammadiyah Surakarta, diakses 25 Januari 2025.