

## Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kualitas biodiesel dengan biosorben tempurung kelapa

### *Effect of stirring speed on biodiesel quality using coconut shell biosorbent*

Ofi Yulia Tasnim Putri Wardani<sup>1</sup>, Fiska Yohana Purwaningtyas<sup>2\*</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik – Indonesia

\*Email: [ofiyuliatasnimputriwardani@gmail.com](mailto:ofiyuliatasnimputriwardani@gmail.com)

#### Artikel histori:

Submitted 14 Desember 2025

Revised 22 Desember 2025

Accepted 23 Desember 2025

**ABSTRAK:** Krisis energi global serta meningkatnya dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar fosil menekankan pentingnya mengembangkan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dalam penelitian ini, minyak kelapa bekas dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, sementara tempurung kelapa diolah menjadi arang aktif yang berfungsi untuk mengadsorpsi dan menurunkan asam lemak bebas. Penelitian difokuskan pada evaluasi kualitas biodiesel yang dihasilkan melalui variasi kecepatan pengadukan 200, 300, 400, 500, dan 600 rpm selama proses transesterifikasi. Sebelum proses adsorpsi, kadar *free fatty acid* (FFA) minyak jelantah tercatat 1,8% dan berhasil diturunkan menjadi 0,07%, sehingga memenuhi standar SNI 8904:2020. Biodiesel yang dihasilkan memiliki angka asam 0,5% pada kecepatan 200 rpm, sesuai batas maksimum SNI 7182:2015. Nilai viskositas berada pada kisaran 3 hingga 3,3 cSt, sedangkan densitas berkisar antara 884 hingga 887 kg/m<sup>3</sup>. Semua parameter tersebut memenuhi standar kualitas biodiesel. Kondisi terbaik diperoleh pada kecepatan pengadukan 400 rpm dengan *yield* tertinggi mencapai 87,098% yang menunjukkan proses yang efisien, stabil, dan berpotensi dikembangkan secara berkelanjutan.

**Kata kunci:** Biodiesel; Minyak Jelantah; Tempurung kelapa; Transesterifikasi; Variasi kecepatan pengadukan

**ABSTRACT:** *The global energy crisis and the increasing environmental impact of fossil fuel use emphasize the importance of developing alternative energy sources that are more environmentally friendly and sustainable. In this study, used coconut oil was utilized to absorb and reduce free fatty acid content, while coconut shells were processed into activated charcoal that functions as an adsorbent to reduce free fatty acid levels. This study focused on evaluating the quality of biodiesel produced through varying stirring speeds of 200, 300, 400, 500, and 600 rpm during the transesterification process. Before adsorption, the free fatty acid (FFA) content of used cooking oil was recorded at 1.8% and was successfully reduced to 0.07%, meeting the SNI 8904:2020 standard. The resulting biodiesel had an acid value of 0.5% at a stirring speed of 200 rpm, which is in accordance with the maximum limit set by SNI 7182:2015. The viscosity values ranged from 3 to 3.3 cSt, while the density ranged from 884 to 887 kg/m<sup>3</sup>, all within the required biodiesel quality standards. The best conditions were obtained at a stirring speed of 400 rpm, resulting in the highest biodiesel yield of 87.098% indicating an efficient, stable process with strong potential for sustainable development*

**Keywords:** Biodiesel; Waste cooking oil; Coconut Shell ; Transesterification; Stirring speed variations

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal dengan kekayaan sumber daya alamnya, salah satunya adalah cadangan minyak bumi. Sebagai sumber daya tak terbarukan, dibutuhkan waktu yang panjang untuk menghasilkan minyak bumi. Sayangnya, Indonesia belum secara optimal mengolah sumber daya alamnya menjadi produk akhir yang bernilai tinggi. Para ahli memperkirakan bahwa minyak bumi akan habis dalam 53 tahun ke depan. Produksi minyak bumi dunia pada tahun 2020 tercatat mencapai 76.124.800 barel per hari, dengan sebagian besar berasal dari Arab Saudi, Amerika Serikat, dan Rusia. Mengingat keterbatasan cadangan minyak bumi dan dampaknya terhadap kelangsungan energi global, alternatif seperti pembuatan biodiesel dianggap sebagai langkah penting untuk mengatasi kelangkaan sumber daya alam dan menipisnya persediaan minyak bumi.

Biodiesel ( $C_{17}H_{34}O_2$ ) merupakan bahan bakar terbarukan yang berasal dari minyak nabati, yang tersusun atas senyawa trigliserida dengan komponen asam lemak jenuh dan tidak jenuh sebagaimana dijelaskan oleh (Rachmaditasari, R., dkk., 2024), sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sumber energi alternatif. Di Indonesia, minyak kelapa banyak digunakan sebagai bahan baku biodiesel karena ketersediaannya yang melimpah dan sifat kimia yang mendukung reaksi transesterifikasi. Namun, peningkatan permintaan minyak kelapa untuk biodiesel dapat mempengaruhi stabilitas harga serta ketersediaannya di pasar domestik (Maulana, A. R., dkk., 2022). Berdasarkan data BPS (2018), produksi minyak kelapa pada tahun 2016 mengalami penurunan hingga 387.016 ton dengan luas lahan 1.086 hektar, yang diduga akibat tingginya konsumsi domestik. Sebagai dampaknya, penggunaan minyak kelapa yang berlebihan menghasilkan minyak goreng bekas atau minyak jelantah, yang hingga kini belum dimanfaatkan secara optimal. Seiring meningkatnya produksi dan konsumsi minyak goreng, jumlah minyak jelantah juga terus bertambah (Handayani, F. Y., dkk., 2024). Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan inovasi dalam mengolah minyak jelantah dapat diubah menjadi produk dengan nilai tinggi, seperti biodiesel.

Minyak jelantah adalah minyak sisa penggorengan yang mengalami degradasi mutu akibat proses oksidasi, hidrolisis, dan pemanasan berulang selama penggunaannya (Darmawan, A., dkk., 2025). Limbah ini menjadi ancaman bagi lingkungan karena sering dibuang secara tidak tepat. Namun, minyak jelantah masih mengandung gliserol dari asam lemak jenuh dan tak jenuh (Sari, M. I., dkk., 2024). Produksi minyak jelantah di Indonesia mencapai sekitar 4 juta ton per tahun, sehingga perlu penanganan dan pemurnian agar dapat dimanfaatkan efisien sebagai biodiesel (Al Qory, D. R., dkk., 2021). Dengan demikian,

limbah minyak bekas penggorengan ini dimanfaatkan untuk biodiesel.

Biodiesel dibuat dari minyak jelantah melalui transesterifikasi, yang juga dikenal sebagai alkoholisis. Proses ini melibatkan reaksi alkohol dengan trigliserida menggunakan katalis asam atau basa, yang menghasilkan ester dan gliserol sebagai hasil reaksi. (Setiawan, dkk., 2022). Penggunaan minyak jelantah dapat mengefisienkan waktu dan bahan kimia dalam proses transesterifikasi. Faktor yang memengaruhi transesterifikasi meliputi perbandingan molar alkohol–minyak, alkohol yang digunakan, katalis, waktu, suhu dan karakteristik reaksi itu sendiri (Agam, dkk., 2025).

Penelitian ini menggunakan metanol sebagai alkohol dalam proses transesterifikasi karena memiliki berat molekul terendah, harga terjangkau, dan reaktivitas tinggi dibandingkan etanol (Hidayat, dkk., 2021). Sebelum diolah menjadi biodiesel, minyak jelantah dimurnikan melalui proses adsorpsi menggunakan arang aktif berbahan tempurung kelapa untuk menurunkan kadar asam lemak bebas, karena material tersebut memiliki struktur lignoselulosa dan porositas yang mendukung proses adsorpsi (Batjedelik, dkk., 2024). Katalis KOH (kalium hidroksida) digunakan untuk mempercepat transesterifikasi, meningkatkan konversi ester menjadi biodiesel, dan menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi yang memenuhi standar SNI 7182:2015 (Mustafa, dkk., 2020). Katalis ini memungkinkan reaksi yang lebih cepat dan efisien, mempercepat waktu produksi biodiesel.

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dan penggunaan karbon aktif tempurung kelapa sebagai adsorben telah banyak dilakukan, namun penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh kecepatan pengadukan pada proses transesterifikasi minyak jelantah masih relatif terbatas. Sebagian penelitian lebih menitikberatkan pada variasi katalis, rasio molar, atau suhu reaksi tanpa mengaitkannya dengan kondisi pengadukan setelah tahap pemurnian minyak. Oleh karena itu, fokus penelitian ini adalah mengevaluasi efektivitas karbon aktif tempurung kelapa dalam menurunkan kadar asam lemak bebas minyak jelantah serta mengkaji pengaruh variasi kecepatan pengadukan terhadap hasil dan kualitas biodiesel yang dihasilkan, yang ditinjau dari nilai *yield*, viskositas, densitas, dan angka asam sesuai standar SNI 7182:2015.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian pembuatan biodiesel dari minyak jelantah ini dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu pembuatan dan aktivasi karbon aktif dari tempurung kelapa, proses adsorpsi minyak jelantah, serta proses transesterifikasi menjadi biodiesel. Pada tahap adsorpsi, sebanyak 25 gram karbon aktif tempurung kelapa dicampurkan ke dalam 250 gram minyak jelantah dan diaduk menggunakan magnetic

stirrer dengan kecepatan 300 rpm selama 90 menit pada suhu 100–105°C untuk meningkatkan kontak antara adsorben dan minyak sehingga pengotor dan asam lemak bebas dapat terikat. Minyak hasil adsorpsi selanjutnya diproses melalui reaksi transesterifikasi dengan perbandingan minyak dan metanol 1:6 menggunakan katalis kalium hidroksida (KOH) 1% pada suhu 60°C selama 60 menit, dengan kecepatan pengadukan divariasikan sebesar 200, 300, 400, 500, dan 600 rpm, sementara parameter proses lainnya dijaga tetap. Biodiesel yang dihasilkan kemudian diuji karakteristiknya meliputi *yield*, viskositas, densitas, dan angka asam.

## 2.1. Bahan Penelitian

Bahan utama penelitian ini berupa tempurung kelapa kering sebagai sumber karbon aktif yang diaktivasi menggunakan larutan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 8%, serta minyak kelapa RBD (*Refined Bleached Deodorized*) bekas dengan volume 50 mL. Karbon aktif dari tempurung kelapa memiliki ukuran partikel 80 *mesh*. Metanol digunakan sebagai co-solvent dengan rasio 6:1 terhadap minyak kelapa yang telah dimurnikan, sehingga volume metanol yang diperlukan adalah 300 mL. Katalis kalium hidroksida digunakan sebesar 1% dari massa minyak, yaitu sebanyak 6 gram untuk mendukung kelancaran proses transesterifikasi.

## 2.2. Alat Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan berbagai peralatan laboratorium, termasuk erlenmeyer, gelas ukur, gelas beaker, labu leher tiga, *magnetic stirrer*, termometer, kondensor, kompor pemanas, kertas saring, corong kaca, dan corong pisah. Untuk proses transesterifikasi digunakan labu leher tiga yang dilengkapi termometer, alat pendingin, *stirrer*, penyangga, serta kompor pemanas. Sementara itu, proses pemisahan larutan dilakukan menggunakan corong pisah yang dipasang pada statif dengan klem selama proses pemisahan sebagai penyangga.

## 2.2. Prosedur Penelitian

### 2.3.1 Pembuatan Karbon Aktif

Tempurung kelapa dijemur di bawah cahaya matahari hingga mengering, lalu diproses melalui karbonisasi pada suhu 400°C selama 30 menit menggunakan *furnace*. Setelah terbentuknya karbon, bahan tersebut dihaluskan dan disaring dengan ayakan hingga mencapai ukuran partikel 80 *mesh*. Substansi tersebut sebagai tahap aktivasi, sampel dimasukkan ke dalam larutan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) dengan perbandingan 8% dan perbandingan 25 gram karbon aktif dengan 93,75 mL larutan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 8% selama periode 24 jam. Proses selanjutnya Karbon dicuci secara menyeluruh menggunakan *aquadest* hingga pH larutan mencapai kondisi netral. Karbon aktif

yang dihasilkan setelah proses pencucian, sampel dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama satu jam.

### 2.3.2 Proses Adsorpsi Minyak Kelapa RBD (*Refined Bleached Deodorized*)

Sebelum menjalani proses adsorpsi, minyak goreng bekas yang akan diuji terlebih dahulu untuk menentukan jumlah asam lemak bebasnya. Setelah itu, partikel padat pada sampel minyak jelantah disaring, kemudian sebanyak 250 gram sample dipanaskan dan diaduk merata pada suhu 100–105°C selama 60 menit. Setelah itu, sebanyak 25 gram karbon aktif tempurung kelapa dimasukkan ke dalam minyak, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* pada pengadukan 300 Selama 90 menit dilakukan proses tersebut, kemudian minyak disaring dan hasil filtrasinya ditampung. Lalu, dilakukan pengujian asam lemak bebas.

### 2.3.3 Proses Transesterifikasi

Minyak jelantah dan metanol dicampur dalam perbandingan 1:6, kemudian ditambahkan katalis kalium hidroksida (KOH) 1% sambil diaduk dengan variasi kecepatan pengadukan (200, 300, 400, 500 dan 600 rpm) dengan waktu reaksi 60 menit pada suhu 60°C. Setelah reaksi berlangsung selama sekitar 24 jam, terbentuklah dua lapisan yang terpisah, di mana lapisan atas mengandung biodiesel dan lapisan bawah mengandung gliserol.

Untuk memurnikan biodiesel dari sisa-sisa katalis dan gliserol yang terlarut, proses pencucian menggunakan *aquadest* diperlukan. Setelah itu, biodiesel dipisahkan menggunakan corong pisah dan dicuci dengan *aquadest* hangat sebanyak 3–4 kali untuk menghilangkan sisa katalis dan gliserol. Selanjutnya, biodiesel dipanaskan pada suhu 105–110°C hingga tidak ada lagi gelembung yang muncul. Setelah proses tersebut, biodiesel akan dikarakterisasi untuk menentukan bilangan asam, massa jenis, *yield*, dan viskositasnya.

### 2.3.4 Uji Asam Lemak Bebas

Untuk mengukur asam lemak bebas minyak kelapa, sampel 10–50 g dilarutkan dalam 50 mL etanol hangat di erlenmeyer, ditambahkan 5 tetes indikator *fenolfthalein*, lalu dititrasi dengan 0,1 N kalium hidroksida hingga terbentuk warna merah muda yang stabil selama 30 detik. Kadar asam lemak bebas (ALB) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$ALB \text{ (asam laurat)} = \frac{25,6 \times V \times N}{W} \quad (1)$$

Dengan,  
ALB = Asam lemak bebas (%)

- V = Jumlah larutan NaOH (mL)  
 N = Normalitas larutan NaOH (N)  
 W = Massa sampel (gr)

### 2.3.5 Uji Densitas Biodiesel

Tahap awal dalam penentuan densitas biodiesel, yaitu menyiapkan piknometer kosong dengan volume 10 mL. Piknometer tersebut kemudian dicuci hingga bebas kotoran, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C. Setelah proses pengeringan selesai, piknometer yang telah kering kemudian ditimbang menggunakan neraca timbang, dan hasilnya dicatat. Selanjutnya, piknometer diisi dengan biodiesel hingga penuh dan ditutup rapat. Setelah pengisian selesai, piknometer kembali ditimbang dengan neraca massa, dan hasilnya dicatat lagi. Berdasarkan data massa hasil penimbangan, densitas biodiesel ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m_i - m_0}{V} \quad (2)$$

Dengan,

- $\rho$  = Densitas biodiesel ( $\frac{gr}{ml}$ )  
 $m_i$  = Berat piknometer isi (gr)  
 $m_0$  = Berat piknometer kosong (gr)  
 V = Volume piknometer (mL)

### 2.3.6 Uji Viskositas Biodiesel

Untuk menentukan viskositas suatu cairan dilakukan pengujian menggunakan viskometer Ostwald yang dirancang khusus untuk tujuan tersebut. Pengujian dilakukan dengan menentukan lama waktu yang dibutuhkan cairan untuk bergerak dari titik A ke titik B dalam pipa kapiler. Viskositas cairan diukur setelah cairan dimasukkan ke viscometer ostwald yang ditempatkan di atas statif dan dijepit dengan klem. Selanjutnya, cairan dihisap menggunakan bola hisap hingga mencapai tanda titik A. Cairan kemudian dibiarkan mengalir secara gravitasi ke bawah, dan waktu yang diperlukan untuk pergerakan dari titik A menuju titik B diukur menggunakan stopwatch. Untuk menghitung viskositas, digunakan persamaan yang relevan berdasarkan hasil pengukuran tersebut.

$$\mu_{bio} = \frac{\rho_{bio} \times t_{bio}}{\rho_{air} \times t_{air}} \times \mu_{air} \quad (3)$$

Dengan,

- $\mu_{bio}$  = Viskositas biodiesel (cSt)  
 $\mu_{air}$  = Viskositas air (cSt)  
 $\rho_{bio}$  = Densitas biodiesel ( $\frac{gr}{ml}$ )  
 $\rho_{air}$  = Densitas air ( $\frac{gr}{ml}$ )  
 $t_{bio}$  = Rata-rata lama biodiesel (s)  
 $t_{air}$  = Rata-rata lama aliran (s)

### 2.3.7 Uji Yield Biodiesel

Dalam proses pengujian *yield* pada biodiesel, hasil *yield* yang diperoleh dari pemisahan menggunakan corong pisah kemudian ditampung dalam cawan petri berukuran 100 mL. Kemudian, Bahan tersebut dipanaskan di dalam oven pada suhu 110 °C untuk menyingkirkan sisa metanol yang mungkin masih terkandung dalam biodiesel. Setelah proses pemanasan selesai, sampel biodiesel dimasukkan ke dalam desikator untuk menurunkan suhu hingga mencapai kondisi yang stabil. Selanjutnya, biodiesel yang telah diolah diukur volumenya menggunakan gelas ukur, dan volume yang dihasilkan dicatat dengan teliti. Setelah itu, larutan biodiesel ditimbang menggunakan neraca dengan gelas beaker digunakan sebagai wadah, dan massa hasil yang diperoleh selanjutnya dicatat secara akurat. Untuk menghitung *yield* biodiesel, dapat digunakan persamaan yang relevan sesuai dengan data volumetrik dan massa yang telah diperoleh dari proses pengujian ini.

$$Yield = \frac{m_{bio}}{m_m} \times 100\% \quad (4)$$

Dengan,

- $Yield$  = Yield biodiesel (%)  
 $m_{bio}$  = Berat produk biodiesel (gr)  
 $m_m$  = Berat total minyak (gr)

### 2.3.8 Uji Angka Asam Biodiesel

Sampel sebanyak 1 gram akan direaksikan dengan metanol 96% sebelum dipanaskan hingga 40°C. KOH yang telah terstandarisasi akan digunakan untuk melakukan titrasi, dan volume titran yang dibutuhkan akan dicatat. Berdasarkan volume KOH yang digunakan, bilangan asam dapat dihitung menggunakan persamaan yang telah disediakan.

$$Asam = \frac{V \times N \times 56,1}{W} \quad (5)$$

Dengan,

- Asam = Angka asam (mg-KOH/gr)  
 V = Volume KOH (mL)  
 N = Normalitas KOH (N)  
 W = Berat sampel (mg)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Adsorpsi

Penelitian ini menerapkan proses adsorpsi dengan karbon aktif dari tempurung kelapa bekas sebagai adsorben. Proses pembuatan karbon aktif melibatkan dua tahap utama, yaitu aktivasi secara

fisik dan kimia. Aktivasi fisik dilakukan dengan cara memanaskan tempurung kelapa pada suhu 400°C selama 30 menit. Tahap berikutnya adalah perendaman hasil karbonisasi dalam larutan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 20% selama 24 jam. Minyak kelapa bekas yang akan dimurnikan memiliki kadar asam lemak bebas (ALB) awal sebesar 1,8016%. Tingginya kadar asam lemak bebas ini dapat menurunkan kualitas biodiesel karena memicu pembentukan sabun selama proses transesterifikasi.

Untuk menurunkan kadar asam lemak bebas, minyak jelantah dicampur dengan karbon aktif pada perbandingan 10:1, di mana perbandingan tersebut digunakan untuk memberikan jumlah adsorben yang cukup dalam menurunkan kadar asam lemak bebas dan mengikat pengotor secara efektif tanpa menyebabkan penggunaan adsorben yang berlebihan. Perbandingan ini dipilih berdasarkan pertimbangan efektivitas proses adsorpsi, sehingga di mana jumlah karbon aktif yang terlalu sedikit dapat menurunkan efisiensi penyerapan, sedangkan jumlah yang terlalu banyak tidak memberikan peningkatan signifikan terhadap hasil pemurnian minyak. Selanjutnya, campuran minyak jelantah dan karbon aktif dipanaskan pada suhu 100 °C. Pada pemanasan ini memperkuat interaksi antara karbon aktif dan senyawa pengotor, sehingga pengotor dapat teradsorpsi secara optimal. Setelah proses adsorpsi, nilai asam lemak bebas pada minyak jelantah turun menjadi 0,07309%, yang masih jauh di bawah batas maksimum 0,1% menurut SNI 8904:2020. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan karbon aktif dari tempurung kelapa meningkatkan baku biodiesel dengan kualitas yang lebih baik dan stabil.

### 3.2 Transesterifikasi

Proses transesterifikasi digunakan untuk memproduksi biodiesel melalui tahapan mekanisme reaksi minyak (trigliserida) dan metanol yang membentuk metil ester (biodiesel) serta gliserol sebagai produk samping. Pada penelitian, minyak hasil adsorpsi digunakan sebagai bahan baku utama. Proses dimulai dengan memasukkan 100 gram minyak pada labu leher tiga yang terpasang termometer dan kondensor pendingin balik. Kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis digunakan dengan konsentrasi 2% yaitu 0,6 gram untuk memastikan reaksi berjalan dengan optimal dengan jumlah metanol sebanyak 43 gram. Proses dilakukan dengan kecepatan pengadukan yang bervariasi, mulai dari (200, 300, 400, 500 dan 600 rpm). Selama proses ini, suhu reaksi diatur pada 60°C selama 60 menit. Reaksi dipantau dengan teliti untuk memastikan bahwa transesterifikasi berlangsung dengan baik. Setelah reaksi selesai, campuran dipindahkan ke corong pemisah untuk memisahkan metil ester (lapisan atas) dan gliserol (lapisan bawah). Metil ester kemudian dicuci dengan *aquadest* hangat. Metil ester yang telah dipisahkan langsung dipanaskan untuk menguapkan sisa

metanol, menghasilkan produk akhir yang lebih murni.

### 3.3 Yield Biodiesel

**Tabel 1.** Hasil Data *Yield* Biodiesel

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Berat Biodiesel	<i>Yield</i> (%)
200	80,921	80,921
300	82,838	82,838
400	87,098	87,098
500	83,762	83,762
600	81,264	81,264

Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1, terlihat bahwa hasil yang diperoleh berada diatas 80% pada semua variasi percobaan. Kondisi optimal dicapai pada kecepatan pengadukan 400 rpm dengan *yield* sebesar 87,098%. Pada kecepatan 200 rpm diperoleh *yield* sebesar 80,921%. Sedangkan pada 300 rpm mencapai 82,838%. Di sisi lain, pada kecepatan pengadukan 500 dan 600 rpm terjadi penurunan *yield*, masing-masing menjadi 83,762% dan 81,264%. Penurunan *yield* pada kecepatan 500 dan 600 rpm disebabkan oleh pengadukan yang terlalu cepat, yang dapat mengakibatkan reaksi berbalik, sehingga konversi biodiesel menjadi rendah (Rahman, dkk., 2021). Selain itu, kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya turbulensi berlebih, yang berpotensi mengganggu kestabilan kontak antara metanol dan trigliserida. Kondisi turbulen ini dapat menurunkan efisiensi perpindahan massa dan menyebabkan reaksi transesterifikasi tidak berlangsung secara optimal, sehingga berdampak pada penurunan *yield* biodiesel. Fenomena ini sejalan dengan prinsip hidrodinamika dan perpindahan massa pada sistem berpengaduk, di mana peningkatan kecepatan pengadukan tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan hasil reaksi (Wibisono, 2017).

### 3.4 Viskositas Biodiesel

Berdasarkan data pada Tabel 2, seluruh hasil nilai viskositas yang diperoleh sudah memenuhi ketentuan SNI 7182:2015. Nilai viskositas biodiesel pada kondisi pengadukan 200 rpm diperoleh sebesar 3,43 cSt, yang sedikit menurun menjadi 3,37 cSt pada 300 rpm. Penurunan berlanjut menjadi 3,33 cSt pada 400 rpm. Pada kecepatan 500 rpm, viskositas menunjukkan penurunan yang lebih signifikan, yakni 3,09 cSt, dan mencapai nilai terendah di 3,00 cSt pada kecepatan pengadukan 600 rpm. Penurunan viskositas ini disebabkan oleh semakin tingginya Peningkatan kecepatan pengadukan berkontribusi terhadap terbentuknya rantai metil ester yang lebih pendek, sehingga viskositas menurun (Putra, dkk., 2021). Hal ini sejalan dengan standar SNI yang menetapkan bahwa viskositas biodiesel harus berada

dalam rentang 2,3 - 6,0 mm<sup>2</sup>/s (cSt) untuk memenuhi syarat kualitas bahan bakar biodiesel.

**Tabel 2.** Hasil Data Viskositas Biodiesel

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Viskositas Biodiesel
200	3,43
300	3,37
400	3,33
500	3,09
600	3,00

### 3.5 Densitas Biodiesel

Densitas adalah parameter penting yang dapat mempengaruhi kualitas dan performa bahan bakar. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 tentang biodiesel, kisaran nilai densitas biodiesel yang disarankan adalah antara 850-890 kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas yang sesuai dengan standar ini berperan dalam memastikan biodiesel memiliki karakteristik pembakaran yang optimal, mengurangi emisi yang dihasilkan, dan menjaga kinerja mesin agar tetap efisien.

**Tabel 3.** Hasil Data Uji Densitas Biodiesel

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Densitas Biodiesel
200	886,7
300	871,3
400	887,7
500	886,3
600	884,2

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai dari pengujian densitas biodiesel bervariasi seiring dengan perubahan kecepatan pengadukan. Pada kecepatan 200 rpm, densitas tercatat 886,7 kg/m<sup>3</sup>. Ketika kecepatan meningkat menjadi 300 rpm, densitas turun menjadi 871,36 kg/m<sup>3</sup>. Pada 400 rpm, densitas kembali naik menjadi 887,7 kg/m<sup>3</sup>. Pada kecepatan 500 rpm, densitas tercatat 886,3 kg/m<sup>3</sup>, dan akhirnya menurun lagi menjadi 884,2 kg/m<sup>3</sup> pada 600 rpm. Fluktuasi densitas ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan memengaruhi tingkat konversi bahan baku menjadi biodiesel, dimana konversi yang optimal menghasilkan biodiesel dengan densitas yang stabil dan sesuai dengan standar mutu, sebaliknya kecepatan yang tidak optimal dapat menyebabkan konversi rendah, yang akibatnya mengakibatkan fluktuasi densitas karena bahan baku yang belum sepenuhnya terkonversi selama proses (Callyioe, dkk., 2021). Menurut Wijaya, dkk., (2022), pada kecepatan pengadukan tertentu, reaksi dapat mencapai kesetimbangan optimal, yang berarti konversi bahan baku menjadi biodiesel dapat mencapai nilai yang diinginkan. Jika

kecepatan pengadukan terlalu rendah atau terlalu tinggi, proses konversi menjadi tidak optimal yang terlihat dari fluktuasi densitas. Hal ini sejalan dengan pernyataan Putri, dkk., (2021), yang menyatakan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan cenderung menurunkan nilai densitas. Meskipun terjadi fluktuasi pada nilai densitas yang tercatat, seluruh hasil pengujian tersebut masih berada dalam kisaran sesuai dengan SNI 7182:2015, yaitu antara 850–890 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.6 Angka Asam Biodiesel

Angka asam pada minyak kelapa RBD (*Refined Bleached Deodorized*) memiliki peranan signifikan terhadap berlangsungnya proses adsorpsi dan berpengaruh langsung terhadap efisiensi produksi biodiesel. Tingginya angka asam dapat menyulitkan pemisahan gliserol dari biodiesel, yang berdampak pada penurunan hasil produksi (Miyuranga, dkk., 2022).

**Tabel 4.** Hasil Data Uji Angka Asam Biodiesel

Satuan	Kecepatan Pengadukan (rpm)				
	200	300	400	500	600
Mg-KOH/g	0,50	0,46	0,42	0,41	0,42

Berdasarkan data yang diperoleh, kadar lemak bebas biodiesel pada kecepatan pengadukan 200 rpm terukur sebesar 0,5%. Kandungan lemak bebas merupakan salah satu indikator utama yang digunakan untuk menilai kualitas biodiesel, dengan batas maksimum yang diperbolehkan menurut SNI 7182:2015 adalah 0,5%. Semakin rendah nilai bilangan asam, semakin baik kualitas biodiesel, karena menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang sedikit (Prasetyo, Nugroho & Hidayat, 2023). Hal ini berkontribusi pada kestabilan bahan bakar dan mengurangi risiko korosi pada mesin. Peningkatan lemak bebas dalam bahan bakar berdampak peningkatan viskositas yang berisiko merusak mesin (Setyawardhani, dkk., 2021). Oleh karena itu, penting untuk menjaga kadar lemak bebas agar tetap rendah untuk memastikan kualitas biodiesel yang optimal. Dari hasil pengujian angka asam, semua variasi sudah memenuhi standar biodiesel menurut SNI 7182:2015. Ini membuktikan bahwa kalium hidroksida (KOH) efektif sebagai katalis untuk menurunkan angka asam pada produk biodiesel yang dihasilkan.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan diskusi, arang aktif yang terbuat dari tempurung kelapa mampu mengurangi kadar asam lemak bebas dalam minyak

kelapa RBD (*Refined Bleached Deodorized*) bekas pakai secara signifikan hingga memenuhi ketentuan standar SNI 8904:2020. Selain itu variasi kecepatan pengadukan juga berpengaruh terhadap massa jenis dan konversi biodiesel, Variasi kecepatan pengadukan memberikan pengaruh signifikan terhadap konversi, di mana kondisi pengadukan yang lebih cepat menghasilkan nilai konversi yang lebih tinggi. Angka asam biodiesel telah sesuai dengan SNI 7182:2015, dengan nilai 0,5% pada 200 rpm yang masih berada dalam batas yang diizinkan. Nilai viskositas 3,33–3,09 cSt dan densitas 886,7–884,2 kg/m<sup>3</sup> menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar mutu. Secara keseluruhan, kondisi optimal dicapai pada pengadukan 400 rpm dengan *yield* 87,098%, sehingga proses produksi pada kondisi tersebut berlangsung secara efisien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agam, M., Fatnia, F., Meriatna, M., Dewi, R., & Bahri, S., 2025. Pengaruh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi minyak jelantah dengan penambahan katalis cangkang telur ayam. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 13(1).  
<https://doi.org/10.29103/jtku.v13i1.16432>
- Al Qory, D. R., Ginting, Z., & Bahri, S. (2021). Pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon aktif dari biji salak (*Salacca zalacca*) sebagai adsorben alami dengan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 26–36.
- Batjedelik, A. N., Sumardiyono, & Rekan. (2024). Karbon aktif dari tempurung kelapa sebagai adsorben pemurnian minyak jelantah. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 4(2), 65–70.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 7182:2015 Biodiesel – Persyaratan Mutu dan Metode Uji. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BPS. 2018. Statistik Produksi Kehutanan 2018. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Callyioe, A., Rahman, F., & Putri, S. (2021). Pengaruh kecepatan pengadukan pada reaksi transesterifikasi biodiesel. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 8 (1).
- Darmawan, A., Nugroho, S., & Putri, F. (2025). Karakteristik kimia minyak goreng bekas (jelantah) akibat pemanasan berulang dan reaksi degradasi. *Jurnal SOLMA*, 14(2), 2813–2819.
- Handayani, F. Y., Nugroho, S., & Putri, M. A. (2024). Sintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Teknik Kimia / Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan.”*
- Hidayat, A., dkk., 2021. Mekanisme dan kinetika reaksi transesterifikasi dalam produksi biodiesel. *Fuel and Energy Abstracts*, 63, 102–109.
- Maulana, A. R., & Setyoningrum, T. M. (2022). Production of biodiesel from coconut waste by in-situ transesterification method and calcium oxide catalyst. *Eksergi: Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 45-53
- Miyuranga, K. A., Silva, M. H., & Gunawardena, A. (2022). Purification of residual glycerol from biodiesel production and challenges with high free fatty acids. *Energies*, 15(23).
- Mustafa, M., Rahman, F., & Putri, A. (2020). Application of KOH catalyst in transesterification for biodiesel production from used cooking oil. *International Journal of Chemical Engineering*, 18(4), 112–119.
- Prasetyo, D. A., Nugroho, S., & Hidayat, F. (2023). Analisis pengaruh bilangan asam free fatty acid terhadap kualitas biodiesel. *J-TETA: Jurnal Teknik Terapan*, 7(1).
- Prasetyo, J., Nugroho, S., & Santoso, R. (2018). Studi pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45–54.  
<https://doi.org/10.32493/jitk.v2i2.1679>
- Putra, A. R., Hidayat, F., & Santoso, M. (2021). Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap viskositas biodiesel hasil transesterifikasi minyak jelantah. *Jurnal Teknologi Kimia*, 13(1), 45–52.
- Putri, M. A., Rahman, F., & Hidayat, A. (2021). Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap densitas biodiesel hasil transesterifikasi minyak jelantah. *Jurnal Teknologi Kimia*, 13(2), 78–85.
- Rachmaditasari, R., Darajat, M. I., & Mahfud, M. (2024) Production of biodiesel (isopropyl ester) from coconut oil by microwave assisted transesterification: parametric study and optimization. *International Journal of Renewable Energy Development*, 13(4), hlm. 662-672
- Rahman, F., Hidayat, A., & Putri, M. (2021). Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konversi biodiesel pada reaksi transesterifikasi minyak jelantah. *Jurnal Teknologi Kimia*, 12(3), 215–222.
- Sari, M. I., Kusniawati, E., & Anggun Sari, M. A. (2024). Pemanfaatan limbah minyak jelantah menjadi crude gliserol berdasarkan parameter nilai *yield*, densitas, dan viskositas. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2(3), 159–165.
- Setiawan, A., Rahman, F., & Prakoso, B. (2022). Mechanism and kinetics of transesterification reaction in biodiesel

- production. *Fuel and Energy Abstracts*, 63, 102–109.
- Setyawardhani, D. A., Sumarsono, & Wicaksono, A. (2021). Pengaruh pencampuran biodiesel terhadap viskositas kinematik, *kadar free fatty acid (FFA)*, angka asam, flash point, dan densitas biodiesel minyak jelantah. *Jurnal Integrasi Proses*, 10(2), 68–76.
- Wibisono, A., Hidayat, R., & Putri, S. (2017). Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap efisiensi reaksi transesterifikasi biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Teknologi Kimia*, 8(2), 110–116.
- Wijaya, R., Hidayat, F., & Putri, S. (2022). Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konversi biodiesel pada reaksi transesterifikasi minyak jelantah. *Jurnal Teknologi Kimia*, 14(2), 101–109.