



Karakterisasi Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dan Minyak Jelantah

Dini Novita Sari*, Annisa Putri, & Hannisha Nanda Gussry

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Indonesia

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati dan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar berbasis fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dan minyak jelantah melalui metode esterifikasi dan transesterifikasi serta mengetahui karakteristik fisik dan kimia biodiesel yang dihasilkan. Proses transesterifikasi dilakukan menggunakan metanol dan katalis KOH, kemudian biodiesel yang diperoleh dimurnikan melalui proses pencucian dan pengeringan. Karakterisasi biodiesel meliputi pengujian pH, bilangan asam, densitas, kadar air, serta uji visual yang meliputi kekeruhan, kejernihan, warna, tekstur, dan aroma. Hasil pengujian menunjukkan bahwa biodiesel minyak kelapa sawit memiliki pH 7,7, densitas 0,87 g/mL, dan bilangan asam 0,5 mg-KOH/g, sedangkan biodiesel minyak jelantah memiliki pH 7, densitas 0,86 g/mL, dan bilangan asam 0,56 mg-KOH/g. Kedua biodiesel memiliki karakteristik visual yang baik yaitu jernih, tidak keruh, dan bertekstur cair. Biodiesel minyak kelapa sawit berwarna kuning, sedangkan biodiesel minyak jelantah berwarna kuning kecoklatan. Namun, kadar air biodiesel yang diperoleh masih cukup tinggi, yaitu 1% pada minyak kelapa sawit dan 1,4% pada minyak jelantah. Rendemen biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah sebesar 181,34 g dan rendemen minyak kelapa sawit sebesar 172,49 g. Hasil pengujian menunjukkan bahwa minyak kelapa sawit dan minyak jelantah berpotensi digunakan sebagai bahan baku biodiesel dan diperlukan optimasi proses pemurnian untuk meningkatkan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

KATA KUNCI

Biodiesel; energi terbarukan; minyak jelantah; minyak kelapa sawit; transesterifikasi.

PENULIS KORESPONDEN

Alamat e-mail penulis koresponden: dininovita@ae.unand.ac.id

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi saat ini telah menjadi salah satu aspek pemenuhan kebutuhan primer manusia yang paling penting bagi keberlangsungan sektor industri dan transportasi global. Namun, tingginya tingkat ketergantungan masyarakat dunia terhadap penggunaan bahan bakar berbasis fosil secara terus menerus memicu ancaman serius, seperti penipisan cadangan energi bumi secara drastis serta timbulnya kerusakan lingkungan yang masif akibat akumulasi emisi gas rumah kaca. Situasi krisis energi yang mengancam stabilitas global ini, pengembangan sumber energi baru terbarukan perlu dikembangkan, pengolahan biodiesel sebagai salah satu energi alternatif yang paling menjanjikan karena sifatnya yang ramah lingkungan serta memiliki kemampuan biodegradabilitas yang sangat baik [1].

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan energi terbarukan karena didukung oleh ketersediaan sumber daya biomassa yang melimpah dari sektor pertanian, perkebunan, kehutanan, dan limbah agroindustri. Potensi biomassa tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai jenis bioenergi, seperti bioetanol, biogas, biohidrogen, dan biodiesel yang berperan penting dalam mendukung ketahanan energi nasional [2]. Pengembangan bioenergi juga sejalan dengan upaya pemerintah untuk meningkatkan energi terbarukan sekaligus mengurangi emisi karbon dari sektor energi dan transportasi [3]. Di antara berbagai jenis bioenergi, biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang memiliki prospek paling baik untuk dikembangkan di Indonesia. Biodiesel dapat digunakan pada mesin diesel dengan modifikasi yang relatif minimal serta memiliki sifat *biodegradable*, kandungan sulfur yang rendah, dan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar diesel konvensional [3]. Biodiesel tersusun atas monoalkil ester asam lemak yang diperoleh melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dalam minyak nabati atau lemak dengan alkohol rantai pendek, umumnya metanol, menggunakan katalis tertentu [4].



Pengembangan biodiesel di Indonesia didukung oleh ketersediaan minyak kelapa sawit yang sangat melimpah. Minyak sawit merupakan komoditas perkebunan strategis yang tidak hanya berperan sebagai bahan pangan, tetapi juga sebagai bahan baku energi terbarukan. Tingginya kandungan trigliserida dalam minyak sawit menjadikannya bahan baku yang sangat potensial untuk produksi biodiesel dengan rendemen yang tinggi [5]. Oleh karena itu, minyak goreng berbasis kelapa sawit banyak digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian maupun produksi biodiesel skala industri.

Selain minyak sawit murni, minyak jelantah juga memiliki potensi yang sangat besar sebagai bahan baku biodiesel. Minyak jelantah merupakan limbah hasil proses penggorengan yang masih mengandung asam lemak dan trigliserida sehingga dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi [6]. Pemanfaatan minyak jelantah menjadi biodiesel memberikan keuntungan ganda, yaitu menghasilkan sumber energi terbarukan sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah minyak secara sembarangan [7]. Selain itu, penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel mendukung konsep ekonomi sirkular karena mengubah limbah menjadi produk yang memiliki nilai tambah ekonomi [8].

Berdasarkan data konsumsi minyak goreng nasional, volume minyak jelantah yang dihasilkan di Indonesia mencapai jutaan kiloliter pertahun, namun sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan baku biodiesel [9]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa minyak jelantah memiliki potensi yang besar untuk mendukung penyediaan bahan baku biodiesel secara berkelanjutan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan minyak sawit murni [10].

Pada pembuatan biodiesel, proses utama yang digunakan adalah transesterifikasi, yaitu reaksi antara trigliserida dan alkohol dengan bantuan katalis sehingga menghasilkan biodiesel dan gliserol sebagai produk samping [11]. Faktor-faktor seperti kualitas bahan baku, rasio alkohol terhadap minyak, jenis katalis, suhu, dan waktu reaksi sangat memengaruhi rendemen serta kualitas biodiesel yang dihasilkan:

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu satu set rangkaian reaktor esterifikasi- transesterifikasi yang terdiri atas labu leher dua, pendingin balik (*reflux condenser*), termometer, pengaduk mekanis, statif, klem penjepit, dan *hot plate stirrer*, neraca analitik dan timbangan teknis untuk menimbang bahan dengan tingkat ketelitian yang berbeda, corong pemisah untuk memisahkan biodiesel dan gliserol hasil reaksi.

Bahan yang digunakan yaitu minyak goreng sawit dan minyak jelantah dari minyak goreng sawit sebagai bahan baku utama pembuatan biodiesel. Bahan kimia yang digunakan meliputi metanol sebagai pereaksi alkohol dalam pembentukan metil ester, kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis basa pada proses transesterifikasi, asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalis asam pada proses esterifikasi untuk menurunkan kadar FFA minyak jelantah. Selain itu, digunakan air panas sebagai media pencucian biodiesel untuk memperoleh produk dengan tingkat kemurnian yang lebih baik.

2.2. Prosedur

2.2.1. Proses Esterifikasi

Minyak jelantah ditimbang dan kemudian dilakukan analisis kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*) untuk menentukan kebutuhan pereaksi pada tahap esterifikasi. Berdasarkan kadar FFA yang diperoleh, jumlah metanol yang



digunakan dihitung menggunakan rasio molar 20:1 terhadap asam lemak bebas, sedangkan jumlah katalis asam sulfat (H_2SO_4) ditetapkan sebesar 3% dari berat FFA. Selanjutnya, H_2SO_4 dilarutkan ke dalam metanol hingga homogen. Minyak jelantah dipanaskan dalam reaktor esterifikasi hingga mencapai suhu 60°C , kemudian larutan campuran H_2SO_4 metanol ditambahkan ke dalam reaktor. Reaksi esterifikasi dilakukan pada kondisi refluks dengan kecepatan pengadukan sekitar 400 rpm selama 30 menit. Setelah reaksi selesai, metanol sisa dipisahkan dari minyak hasil esterifikasi. Minyak yang telah mengalami esterifikasi kemudian dianalisis kembali kadar FFA-nya. Apabila kadar FFA telah turun hingga $\leq 4\%$, maka proses dapat dilanjutkan ke tahap transesterifikasi. Namun, apabila kadar FFA masih $\geq 5\%$, maka proses esterifikasi diulangi hingga kadar FFA memenuhi syarat untuk proses berikutnya. Proses esterifikasi ini bertujuan mengonversi asam lemak bebas menjadi metil ester sehingga mengurangi kemungkinan terbentuknya sabun pada tahap transesterifikasi.

2.3. Proses Transesterifikasi

Minyak hasil esterifikasi yang memiliki kadar FFA $\leq 4\%$ digunakan sebagai bahan baku pada tahap transesterifikasi. Jumlah metanol yang diperlukan dihitung berdasarkan rasio molar 6:1 terhadap minyak. Katalis kalium hidroksida (KOH) ditambahkan sebanyak 0,5% dari berat minyak apabila kadar FFA $\leq 1\%$, atau sebanyak 1% apabila kadar FFA berada pada kisaran 3–4%. KOH terlebih dahulu dilarutkan ke dalam metanol hingga terbentuk larutan homogen. Minyak dipanaskan dalam reaktor transesterifikasi hingga mencapai suhu 60°C , kemudian larutan KOH-metanol dimasukkan ke dalam reaktor. Reaksi berlangsung secara refluks pada suhu 60°C dengan kecepatan pengadukan sekitar 400 rpm selama 30 menit. Setelah reaksi selesai, campuran hasil reaksi dipindahkan ke corong pemisah dan didiamkan selama satu jam hingga terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan biodiesel kasar pada bagian atas dan gliserol kasar pada bagian bawah. Lapisan gliserol kemudian dipisahkan dari biodiesel. Biodiesel kasar yang diperoleh selanjutnya dicuci menggunakan air hangat bersuhu $60\text{--}70^\circ\text{C}$ yang telah ditambahkan asam asetat 0,03% untuk menghilangkan sisa katalis, sabun, dan pengotor lainnya. Proses pencucian dilakukan berulang kali hingga air pencuci tampak jernih dan memiliki pH netral. Setelah proses pencucian selesai, biodiesel dikeringkan pada suhu 105°C hingga seluruh kandungan air menguap dan diperoleh biodiesel yang siap untuk dianalisis karakteristik mutunya.

2.4. Proses Transesterifikasi Satu Tahap pada Minyak Goreng Sawit

Pada minyak goreng sawit dengan kadar FFA $\leq 4\%$, biodiesel dapat diproduksi secara langsung melalui proses transesterifikasi satu tahap tanpa melalui proses esterifikasi. Minyak goreng sawit ditimbang dan dimasukkan ke dalam reaktor. Metanol ditambahkan dengan rasio molar 6:1 terhadap minyak, yaitu sebanyak 43,42 gram, sedangkan katalis KOH digunakan sebanyak 0,5% dari berat minyak atau sekitar 1 gram. KOH terlebih dahulu dilarutkan ke dalam metanol hingga homogen, kemudian campuran tersebut ditambahkan ke dalam minyak yang telah dipanaskan hingga suhu 60°C . Reaksi transesterifikasi dilakukan secara refluks selama 30 menit pada suhu 60°C dengan kecepatan pengadukan sekitar 400 rpm. Setelah reaksi selesai, campuran didiamkan dalam corong pemisah selama satu jam hingga terbentuk lapisan biodiesel kasar dan gliserol kasar. Lapisan gliserol dipisahkan, sedangkan biodiesel kasar dicuci menggunakan air hangat yang mengandung asam asetat 0,03% hingga diperoleh air cucian yang jernih dan netral. Biodiesel kemudian dikeringkan pada suhu 105°C sampai kandungan airnya hilang seluruhnya sehingga diperoleh biodiesel siap uji.

2.5. Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada biodiesel yang dilakukan yaitu kadar air, densitas, bilangan asam, pengukuran pH dan pengamatan secara fisik meliputi kekeruhan, kejernihan, warna dan bau.



3. Hasil dan Pembahasan

Pengamatan yang dilakukan pada biodiesel yang dilakukan yaitu kadar air, densitas, bilangan asam, pengukuran pH dan pengamatan secara fisik meliputi kekeruhan, kejernihan, warna dan bau. Hasil analisis neraca massa dapat dilihat pada Tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Biodiesel Minyak Kelapa Sawit dan Minyak Jelantah

Sampel	Berat Minyak (g)	Berat Metanol (g)	Berat KOH (g)	Berat gliserol kotor (g)	Berat Biodiesel kotor (g)	Berat air yang digunakan mencuci (ml)	Berat Biodiesel (g)
Minyak Jelantah	200	43,42	1	23,85	215,51	950	181,34
Minyak kelapa sawit	200	43,42	1	25	200	1.200	172,49

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa, proses produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan 200 g minyak, 43,42 g metanol, dan 1 g KOH, sehingga total bahan masuk pada tahap reaksi sebesar 244,42 g, sedangkan pada biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit digunakan jumlah bahan yang sama, yaitu 200 g minyak, 43,42 g metanol, dan 1 g KOH. Secara teoritis, pada reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol akan terbentuk *fatty acid methyl ester* (FAME) sebagai biodiesel dan gliserol sebagai produk samping, sedangkan metanol digunakan dalam jumlah berlebih untuk menggeser kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan ester; KOH berfungsi sebagai katalis basa untuk mempercepat reaksi transesterifikasi [12], [13]. Pada minyak jelantah diperoleh 23,85 g gliserol kotor dan 215,51 g biodiesel kotor, sehingga total produk yang terpisahkan pada tahap awal sebesar 239,36 g, atau sekitar 97,93% dari total bahan reaksi, dengan kehilangan massa sekitar 5,06 g yang secara praktis dapat berasal dari metanol yang menguap atau tidak terambil kembali, bahan yang tertinggal pada wadah atau peralatan, serta kehilangan selama pemisahan fase. Setelah proses pencucian menggunakan 950 g air, massa biodiesel akhir menjadi 181,34 g, sehingga terjadi penurunan massa biodiesel sebesar 34,17 g atau sekitar 15,85% dari biodiesel kotor; apabila dibandingkan dengan massa minyak awal, rendemen massa biodiesel yang diperoleh adalah sekitar 90,67%.

Pada minyak kelapa sawit, diperoleh 25,00 g gliserol kotor dan 200 g biodiesel kotor, sehingga total produk awal sebesar 225 g, atau sekitar 92,05% dari total bahan reaksi, dengan selisih massa sebesar 19,42 g; setelah pencucian menggunakan 1.200 g air, massa biodiesel akhir menjadi 172,49 g, sehingga kehilangan massa biodiesel selama pemurnian sebesar 27,51 g atau 13,76%, dengan rendemen biodiesel terhadap minyak awal sebesar 86,25%. Perbedaan rendemen tersebut menunjukkan bahwa jenis bahan baku dan karakteristik minyak dapat memengaruhi distribusi massa serta efisiensi proses, karena minyak jelantah umumnya mengandung asam lemak bebas, air, produk oksidasi, dan senyawa degradasi yang dapat memengaruhi reaksi transesterifikasi serta tahap pemisahan dan pemurnian, sedangkan kandungan pengotor dan karakteristik bahan baku merupakan faktor penting yang menentukan kualitas dan hasil biodiesel [14], [15].

Penurunan massa setelah pencucian pada kedua perlakuan terutama menunjukkan adanya penghilangan komponen selain biodiesel, seperti sisa metanol, KOH, sabun, gliserol, dan senyawa polar lainnya, karena pencucian air memang dilakukan untuk menghilangkan pengotor yang masih terdapat dalam biodiesel kasar. Namun, sebagian biodiesel juga dapat ikut hilang selama pemisahan fase, terutama apabila terbentuk emulsi atau terjadi kehilangan mekanis selama proses pencucian [16]. Berdasarkan data tersebut, jumlah air pencuci yang digunakan relatif besar, yaitu 950 g untuk



biodiesel minyak jelantah dan 1.200 g untuk biodiesel minyak sawit, atau masing-masing sekitar 5,24 dan 6,96 kali massa biodiesel akhir. Penggunaan air dalam jumlah besar merupakan salah satu kelemahan metode *wet washing* karena menghasilkan limbah cair dan meningkatkan kebutuhan proses pengeringan, sehingga berbagai penelitian terbaru mulai mengembangkan metode *dry washing* menggunakan adsorben atau metode pemurnian alternatif untuk mengurangi konsumsi air dan pembentukan limbah cair [17], [18].

Dengan demikian, neraca massa menunjukkan bahwa biodiesel minyak jelantah menghasilkan 181,34 g biodiesel akhir dengan rendemen massa 90,67%, sedangkan minyak kelapa sawit menghasilkan 172,49 g dengan rendemen massa 86,25%. Hasil ini perlu dipahami sebagai rendemen berbasis massa produk terhadap massa minyak awal dan belum menunjukkan konversi trigliserida menjadi FAME secara kimiawi, karena penentuan konversi atau kemurnian biodiesel dapat dilanjutkan melalui analisis parameter mutu biodiesel lainnya. Secara keseluruhan, data juga menunjukkan bahwa tahap pemurnian memberikan kontribusi cukup besar terhadap kehilangan massa produk, sehingga optimasi proses pencucian, pemisahan gliserol, penghilangan metanol, dan pengeringan menjadi penting untuk meningkatkan perolehan biodiesel sekaligus mengurangi kehilangan bahan dan limbah proses.

Hasil analisis fisik dan kimia biodiesel dari minyak jelantah dan minyak kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2. dibawah ini.

Table 2. Hasil Pengamatan Biodiesel

Pengamatan	Minyak Jelantah	Minyak Kelapa Sawit
Kadar Air (%)	1,4	1
Bilangan Asam (mg KOH/g)	0,56	0,5
Uji pH	7	7,7
Uji Densitas (g/cm ³)	0,86	0,87
Rendemen (g)	181,34	172,49
Kekeruhan	Jernih (Setelah 3 kali ulangan)	Tidak keruh
Kejernihan	Jernih	Jernih
Warna	Kuning Kecoklatan	Kuning
Tekstur	Cair	Cair
Bau	Khas minyak dan Etanol	Khas minyak

Biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah dan minyak kelapa sawit menunjukkan karakteristik fisik dan kimia yang relatif baik berdasarkan hasil analisis pada kadar air, bilangan asam, pH, densitas, serta pengamatan visual. Hasil analisis menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah memiliki kadar air sebesar 1,4%, sedangkan biodiesel dari minyak kelapa sawit memiliki kadar air sebesar 1,0%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa biodiesel berbahan baku minyak sawit memiliki kandungan air yang lebih rendah dibandingkan biodiesel dari minyak jelantah. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh kualitas bahan baku awal, karena minyak jelantah umumnya telah mengalami pemanasan berulang yang menyebabkan terbentuknya senyawa polar dan produk degradasi yang lebih mudah mengikat air selama proses pencucian. Selain itu, kadar air yang masih relatif tinggi mengindikasikan bahwa proses pengeringan pascapencucian belum berlangsung secara optimal. Kadar air yang tinggi dapat menurunkan stabilitas penyimpanan biodiesel karena memicu reaksi hidrolisis dan pertumbuhan mikroorganisme terutama pada antarmuka bahan bakar dan air. Pertumbuhan



mikroba tersebut berpotensi menghasilkan biomassa dan produk metabolisme yang selanjutnya dapat mempercepat penurunan kualitas bahan bakar [19].

Hasil analisis bilangan asam menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah memiliki nilai sebesar 0,56 mg KOH/g, sedangkan biodiesel dari minyak kelapa sawit memiliki nilai sebesar 0,50 mg KOH/g. Nilai bilangan asam yang lebih rendah pada biodiesel minyak sawit menunjukkan bahwa kandungan asam lemak bebas yang tersisa setelah reaksi lebih sedikit dibandingkan biodiesel minyak jelantah. Secara teoritis, minyak jelantah memiliki kandungan asam lemak bebas yang lebih tinggi akibat proses oksidasi dan hidrolisis selama penggunaan berulang sehingga lebih sulit dikonversi secara sempurna menjadi metil ester [13]. Penelitian Heriyadi (2023) melaporkan bahwa biodiesel minyak jelantah yang diproduksi menggunakan katalis bentonit teraktivasi memiliki angka asam sebesar 0,3647 mg KOH/g, sedangkan Hasibuan (2024) memperoleh bilangan asam sebesar 0,4 mg KOH/g pada biodiesel minyak jelantah dengan katalis CaO dan SiO₂ [16]. Nilai yang diperoleh pada pengujian ini sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian tersebut, yang mengindikasikan masih adanya sisa asam lemak bebas atau residu katalis yang belum sepenuhnya terhilangkan selama proses pencucian.

Nilai pH biodiesel yang diperoleh yaitu 7 untuk biodiesel minyak jelantah dan 7,7 untuk biodiesel minyak kelapa sawit. Nilai pH tersebut menunjukkan bahwa biodiesel berada pada kondisi netral hingga sedikit basa. Kondisi ini menandakan bahwa proses pencucian telah berhasil menghilangkan sebagian besar sisa katalis basa maupun asam yang digunakan selama proses produksi. Biodiesel dengan kondisi mendekati netral umumnya memiliki stabilitas penyimpanan yang lebih baik dan risiko korosi yang lebih rendah terhadap komponen mesin. Meskipun pH bukan parameter utama dalam standar mutu biodiesel, nilai pH sering digunakan sebagai indikator keberhasilan proses pemurnian produk. Parameter densitas menunjukkan hasil yang sangat baik. Biodiesel dari minyak jelantah memiliki densitas sebesar 0,86 g/mL, sedangkan biodiesel dari minyak kelapa sawit memiliki densitas sebesar 0,87 g/mL. Densitas merupakan salah satu parameter penting yang mencerminkan keberhasilan konversi trigliserida menjadi metil ester. Semakin sempurna reaksi transesterifikasi berlangsung, maka densitas biodiesel akan semakin mendekati rentang standar mutu biodiesel. Nilai densitas hasil yang diperoleh sesuai dengan beberapa penelitian terdahulu. Rahmatillah *et al.* (2025) melaporkan densitas biodiesel minyak jelantah sebesar 0,878 g/cm³, sedangkan Humaira *et al.* (2024) memperoleh densitas sebesar 860 kg/m³ atau setara dengan 0,860 g/cm³ [11], [12]. Kesamaan nilai tersebut menunjukkan bahwa proses transesterifikasi yang dilakukan menghasilkan biodiesel dengan karakteristik yang mendekati biodiesel standar.

Karakteristik visual biodiesel diamati secara langsung melalui pengamatan visual dan penciuman. Parameter yang diamati meliputi warna, kejernihan, tekstur, dan aroma sampel. Pengamatan warna dan kejernihan dilakukan dengan melihat penampilan biodiesel pada kondisi pencahayaan yang cukup, sedangkan aroma diamati dengan cara menghirup sampel secara hati-hati untuk mengidentifikasi bau khas yang muncul. Seluruh hasil pengamatan digunakan sebagai indikator awal untuk menilai kualitas biodiesel yang dihasilkan. Hasil pengamatan visual menunjukkan bahwa biodiesel dari kedua bahan baku memiliki tekstur cair, jernih, dan tidak menunjukkan adanya endapan yang signifikan. Biodiesel dari minyak jelantah berwarna kuning kecokelatan dengan aroma minyak dan etanol, sedangkan biodiesel dari minyak kelapa sawit berwarna kuning dengan aroma minyak yang lebih ringan. Warna biodiesel minyak jelantah yang lebih gelap dibandingkan biodiesel minyak sawit menunjukkan adanya pengaruh senyawa hasil oksidasi dan degradasi termal yang terbentuk selama penggunaan minyak secara berulang. Selain itu perbedaan warna tersebut dapat dikaitkan dengan karakteristik bahan baku, terutama pada minyak jelantah yang telah mengalami pemanasan berulang sehingga terjadi reaksi oksidasi, hidrolisis, dan degradasi termal yang menghasilkan berbagai senyawa degradasi serta komponen polar; penggunaan minyak secara berulang diketahui meningkatkan pembentukan produk oksidasi dan senyawa dengan berat



molekul lebih tinggi yang dapat memengaruhi warna bahan baku maupun produk biodiesel yang dihasilkan [8], [11]. Aroma etanol yang masih terdeteksi pada biodiesel minyak jelantah mengindikasikan kemungkinan masih terdapat sisa metanol atau etanol yang belum sepenuhnya menguap selama proses pengeringan. Kondisi serupa juga banyak ditemukan pada biodiesel berbahan baku minyak jelantah yang belum mengalami pemurnian lanjutan. Pada penelitian Kiliçarslan dan Argun (2023) menunjukkan bahwa rasio alkohol merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi proses produksi dan kualitas biodiesel, sedangkan metode pemurnian juga berpengaruh terhadap penghilangan kontaminan dari produk biodiesel [13].

Selain kualitas fisik dan kimia, efisiensi proses produksi dapat dianalisis melalui rendemen biodiesel yang dihasilkan. Berdasarkan data yang dihasilkan, biodiesel minyak jelantah menghasilkan biodiesel akhir sebanyak 181,34 gram dari 200 gram bahan baku, sehingga diperoleh rendemen sebesar 90,67%. Sementara itu, biodiesel minyak kelapa sawit menghasilkan biodiesel akhir sebanyak 172,49 gram dari 200 gram bahan baku dengan rendemen sebesar 86,25%. Rendemen yang lebih tinggi pada minyak jelantah menunjukkan bahwa bahan baku tersebut masih mengandung trigliserida yang cukup tinggi untuk dikonversi menjadi metil ester. Selain itu, kemungkinan kehilangan produk selama proses pemisahan dan pencucian lebih kecil dibandingkan pada biodiesel minyak sawit. Hasil ini tergolong sangat baik karena berada di atas rendemen yang dilaporkan oleh Heriyadi (2023), yaitu sekitar 77%, dan lebih tinggi dibandingkan penelitian Hasibuan (2024) yang memperoleh rendemen sekitar 75,75% [4], [5].

Hasil analisis menunjukkan bahwa minyak jelantah dan minyak kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel yang potensial. Biodiesel yang dihasilkan memiliki densitas yang sesuai dengan hasil penelitian terdahulu dan menunjukkan karakteristik visual yang baik. Namun demikian, kadar air dan bilangan asam yang masih relatif tinggi menunjukkan bahwa proses pencucian serta pengeringan perlu dioptimalkan agar mutu biodiesel yang dihasilkan semakin mendekati standar nasional. Rendemen biodiesel yang tinggi pada kedua bahan baku mengindikasikan bahwa proses transesterifikasi berlangsung dengan baik dan berhasil mengonversi sebagian besar trigliserida menjadi metil ester yang merupakan komponen utama biodiesel.

4. Kesimpulan

Minyak jelantah dan minyak kelapa sawit berhasil dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Biodiesel dari minyak jelantah menghasilkan rendemen sebesar 90,67%, sedangkan biodiesel dari minyak kelapa sawit menghasilkan rendemen sebesar 86,25%. Nilai densitas biodiesel yang diperoleh masing-masing sebesar 0,86 g/mL dan 0,87 g/mL, dengan bilangan asam sebesar 0,56 mg KOH/g dan 0,50 mg KOH/g. Secara visual, biodiesel yang dihasilkan memiliki karakteristik yang baik, yaitu bertekstur cair dan jernih. Hasil ini menunjukkan bahwa minyak jelantah maupun minyak kelapa sawit berpotensi digunakan sebagai bahan baku biodiesel.

5. Referensi

- [1] D. R. Ramadhani, M. Zamhari, and R. Junaidi, "Optimalisasi Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Variasi Waktu dan Konsentrasi Katalis," *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, vol. 5, no. 4, pp. 665–681, Aug. 2025, doi: 10.29103/CEJS.V5I4.23757.
- [2] C. Aulia *et al.*, "Strategies and Solutions in Overcoming the Challenges of Lipase Utilization in Biodiesel Production: A Review," *Jurnal Beta Kimia*, vol. 5, no. 1, pp. 80–91, May 2025, doi: 10.35508/jbk.v5i1.21071.
- [3] T. Priscilla, Muh. Irwan, and Z. Arifin, "Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dalam Reaktor Ultrasonik," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 44–56, Mar. 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.21938.



- [4] A. Ahmadbeigi, M. Mahmoudi, L. Fereidooni, M. Akbari, and A. Kasaeian, "Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: A Review on Production Methods, Recycling Models, Materials and Catalysts," *Journal of Thermal Engineering*, vol. 10, no. 5, pp. 1362–1389, Sep. 2024, doi: 10.14744/thermal.0000826.
- [5] N. S. Hasibuan and S. Amrullah, "Analisis Variasi Jumlah Katalis Cao/Sio2 dari Limbah Cangkang Telur dan Sekam Padi Terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah," *Journal Agro Industrial and Sustainability (AGIS)*, vol. 1, no. 2, Dec. 2024, Accessed: Oct. 20, 2026. [Online]. Available: <https://jurnal.uts.ac.id/agis/article/view/5282>
- [6] S. Amrullah and C. Oktaviananda, "Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO/SiO2 dari Ekstrak Cangkang Telur dan Sekam Padi," *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, vol. 6, no. 2, pp. 120–129, Sep. 2024, doi: 10.35970/jppl.v6i2.2418.
- [7] M. N. Kiliçarslan and M. E. Argun, "Holistic Effect of Operating Conditions and Purification Methods on The Pollution Characteristics of Washing Water and Biodiesel Quality," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 54, p. 103989, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.jwpe.2023.103989.
- [8] C. G. Lopresto, M. G. De Paola, and V. Calabrò, "Importance of The Properties, Collection, and Storage of Waste Cooking Oils to Produce High-Quality Biodiesel – An Overview," *Biomass Bioenergy*, vol. 189, p. 107363, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.biombioe.2024.107363.
- [9] N. Humaira, Z. Zulkifli, and S. Saifuddin, "Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel Berbasis Minyak Jelantah Menggunakan Metode Rute Non-Alcohol," *J. Teknol.*, vol. 24, no. 1, p. 75, May 2024, doi: 10.30811/teknologi.v24i1.5174.
- [10] J. C. Cazarolli *et al.*, "Impact of Water Content on Microbial Growth in Brazilian Biodiesel during Simulated Storage," *Fuel*, vol. 297, p. 120761, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.120761.
- [11] M. N. Kiliçarslan and M. E. Argun, "Holistic Effect of Operating Conditions and Purification Methods on The Pollution Characteristics of Washing Water and Biodiesel Quality," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 54, p. 103989, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.jwpe.2023.103989.
- [12] G. L. Camilo, A. Queiroz, A. E. Ribeiro, M. C. S. Gomes, and P. Brito, "Review of Biodiesel Production Using Various Feedstocks and Its Purification Through Several Methodologies, with A Specific Emphasis on Dry Washing," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 136, pp. 1–15, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.jiec.2024.02.016.
- [13] L. Rocha-Meneses *et al.*, "Recent Advances on Biodiesel Production from Waste Cooking Oil (WCO): A Review of Reactors, Catalysts, and Optimization Techniques Impacting The Production," *Fuel*, vol. 348, p. 128514, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.fuel.2023.128514.
- [14] C. G. Lopresto, M. G. De Paola, and V. Calabrò, "Importance of The Properties, Collection, and Storage of Waste Cooking Oils to Produce High-Quality Biodiesel – An Overview," *Biomass Bioenergy*, vol. 189, p. 107363, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.biombioe.2024.107363.
- [15] H. Rastegari and H. S. Ghaziaskar, "Waste Management and Valorization in The Biodiesel Industry," in *Sustainable Biodiesel*, Elsevier, 2023, pp. 239–260. doi: 10.1016/B978-0-12-820361-3.00011-5.
- [16] M. C. Ferrusca, R. Romero, S. L. Martínez, A. Ramírez-Serrano, and R. Natividad, "Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: A Perspective on Catalytic Processes," *Processes*, vol. 11, no. 7, p. 1952, Jun. 2023, doi: 10.3390/pr11071952.
- [17] S. Amrullah and C. Oktaviananda, "Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO/SiO2 dari Ekstrak Cangkang Telur dan Sekam Padi," *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, vol. 6, no. 2, pp. 120–129, Sep. 2024, doi: 10.35970/jppl.v6i2.2418.



- [18] U. Rahmatillah, Q. R. Ramadhan, F. H. Akbari, and S. Nengsih, "Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah Rumah Tangga sebagai Sumber Energi Terbarukan Ramah Lingkungan," *Jurnal Riset Teknik Fisika*, vol. 1, no. 2, pp. 71–78, Dec. 2025, doi: 10.22373/juritika.v1i2.9331.
- [19] E. R. Indarwati and S. Samik, "Artikel Review: Pemanfaatan Katalis Abu Cangkang pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel," *Unesa Journal of Chemistry*, vol. 11, no. 2, pp. 113–122, Jul. 2022, doi: 10.26740/ujc.v11n2.p113-122.