

SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH SECARA HIDROLISIS-ESTERIFIKASI PADA BERBAGAI VARIASI METANOL DAN KATALIS

W. Pratiwi*, N.M. Suaniti, dan I W. Suirta

*Program Studi Magister Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia
e-mail: pratiwiwik8@gmail.com

Article Received on: 23rd February 2026

Revised on: 16th June 2026

Accepted on: 30th Juli 2026

ABSTRAK

Minyak jelantah merupakan limbah dari minyak goreng bekas pakai yang dapat menjadi permasalahan limbah dan lingkungan karena minyak jelantah yang dibuang sembarangan dapat merusak ekosistem. Minyak jelantah dapat digunakan sebagai biodiesel karena masih mengandung asam lemak bebas yang dapat diubah menjadi biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengubah minyak jelantah menjadi biodiesel dengan reaksi hidrolisis-esterifikasi. Proses hidrolisis bertujuan untuk mengubah trigliserida menjadi asam lemak bebas menggunakan HCl. Minyak jelantah hasil hidrolisis diesterifikasi untuk mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester. Esterifikasi ditambahkan metanol dan katalis kaolin. Variabel penelitian yang digunakan yaitu variasi rasio molar metanol:minyak (1,5:1; 2:1; 5:1; 8:1; dan 10:1) dan variasi konsentrasi katalis (3, 5, 7, 9, dan 12%). Hasil penelitian menunjukkan rendemen biodiesel tertinggi yang didapatkan sebesar 80,67% pada rasio molar 10:1 dan katalis 7%. Karakteristik biodiesel yang dihasilkan memiliki angka asam 0,056 mgKOH/g biodiesel, angka penyabunan 203,419 mgKOH/g biodiesel, gliserol total 2,39%, kadar ester 78,51%, massa jenis 868 kg/m³, viskositas 3,085 cSt, kadar air 0,04%, dan titik nyala 170 °C. Hasil analisis GC-MS biodiesel yang dilakukan terdeteksi adanya etil ester pada puncak kromatogram nomor 5 dengan waktu retensi 18,348 dan % area sebesar 17,13. Parameter biodiesel yang diujikan pada penelitian ini telah memenuhi Standar Nasional Indonesia 7182:2015.

Kata kunci: biodiesel, esterifikasi, GCMS, hidrolisis, katalis, minyak jelantah.

ABSTRACT

Used cooking oil is a waste product from cooking oil that can become a waste and environmental problem because carelessly disposed of used cooking oil can damage the ecosystem. Used cooking oil can be used as biodiesel because it still contains free fatty acids that can be converted into biodiesel. This study aims to convert used cooking oil into biodiesel by a hydrolysis-esterification reaction. The hydrolysis process aims to convert triglycerides into free fatty acids using HCl. The hydrolyzed used cooking oil is esterified to convert free fatty acids into methyl esters. Esterification is carried out with methanol and a kaolin catalyst. The research variables used are variations in the molar ratio of methanol:oil (1.5:1; 2:1; 5:1; 8:1; and 10:1) and variations in catalyst concentration (3, 5, 7, 9, and 12%). The results showed that the highest biodiesel yield obtained was 80.67% at a molar ratio of 10:1 and 7% catalyst. The characteristics of the biodiesel produced have an acid number of 0.056 mgKOH/g biodiesel, a saponification number of 203.419 mgKOH/g biodiesel, a total glycerol of 2.39%, an ester content of 78.51%, a density of 868 kg/m³, a viscosity of 3.085 cSt, a water content of 0.04%, and a flash point of 170 °C. The results of the GC-MS analysis of biodiesel detected the presence of ethyl ester at the peak of the chromatogram number 5 with a retention time of 18.348 and a % area of 17.13. The biodiesel parameters tested in this study have met the Indonesian national standard 7182:2015.

Keywords: biodiesel, catalyst, esterification, GCMS, hydrolysis, waste cooking oil.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan populasi setiap tahunnya. Meningkatnya kebutuhan energi di Indonesia setiap tahunnya menjadikan alasan dasar untuk mengembangkan energi alternatif sebagai pengganti energi berbahan bakar fosil. Bioenergi menjadi

salah satu upaya pengembangan bahan bakar alternatif di Indonesia yang berasal dari biomassa. Bioenergi secara umum dapat menghasilkan beberapa sumber energi seperti biodiesel, bioetanol, biogas hingga biomassa padat (Pramudiyanto dan Suedy, 2020).

Biodiesel dihasilkan dari suatu proses kimia berupa reaksi transesterifikasi atau esterifikasi yaitu reaksi senyawa ester dan alkohol dengan bantuan

katalisator. Biodiesel merupakan ester monoalkil dari asam lemak yang terkandung dalam minyak nabati ataupun lemak hewani (Moulita *et al.*, 2019). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015, minimal kemurnian biodiesel sebesar 96,5%. Tingginya standar kemurnian biodiesel menjadi tantangan tersendiri untuk mengembangkan proses produksi agar efisien serta mendapatkan rendemen dan kemurnian yang diinginkan.

Minyak goreng bekas memiliki potensi untuk pembuatan biodiesel karena masih terdapat kandungan asam lemak bebas (Ulukardesler, 2023). Terdapat beberapa alasan yang melatarbelakangi pemanfaatan minyak jelantah sebagai biodiesel yaitu permasalahan limbah dan lingkungan karena pembuangan minyak jelantah sembarangan dapat merusak ekosistem. Selain itu, pemanfaatan minyak jelantah untuk biodiesel dapat bernilai ekonomis karena mengubah limbah menjadi produk dengan nilai jual.

Biodiesel dapat diproduksi dengan cara hidrolisis esterifikasi, minyak jelantah yang akan digunakan sebagai bahan baku biodiesel dihidrolisis terlebih dahulu dengan bantuan asam klorida sehingga trigliserida berubah menjadi asam lemak bebas. Asam lemak bebas hasil hidrolisis kemudian diesterifikasi dengan penambahan metanol dan katalis sehingga dihasilkan biodiesel (Song *et al.*, 2016). Katalis yang dapat digunakan saat esterifikasi salah satunya katalis heterogen. Katalis heterogen yang dapat digunakan yaitu katalis heterogen kaolin. Kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sebagai katalis telah digunakan dalam produksi biodiesel dari minyak castor dengan perbandingan minyak castor:metanol:katalis (1:15:5% b/b), nilai konversi yang didapat dari minyak castor menjadi biodiesel sebesar 97,36% (Setiadji *et al.*, 2017).

Berdasarkan permasalahan meningkatnya kebutuhan energi serta permasalahan pengelolaan minyak jelantah, maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dengan metode hidrolisis-esterifikasi dan melakukan evaluasi karakteristik produk biodiesel yang dihasilkan sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah minyak jelantah, kaolin (p.a, Merck), aquadest, etanol 95% (p.a, Merck), Kalium Hidroksida (KOH, p.a, Merck), asam klorida (HCl, 37%, p.a, Merck), kloroform (CHCl_3 , p.a, Merck), kalium iodida (KI, p.a, Merck), asam periodat

(H_5IO_6 , p.a, Merck), natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, p.a, Merck), kertas saring *whatman* No. 42, indikator PP (*phenolphthalein*, p.a), dan larutan pati (kanji) sebagai indikator.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, timbangan, satu set alat titrasi, *hotplate*, penangas air, alat gelas, *stopwatch*, *magnetic stirrer*, corong pisah, aluminium foil, satu set distilasi, satu set reflux, piknometer, viskometer, dan alat GC-MS (Agilent, 19091S-433UI).

Cara Kerja

Preparasi Katalis Heterogen

Kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ditimbang secara teliti sebanyak 40 gram dimasukkan ke dalam 400 mL larutan 0,25 M HCl. Campuran diaduk selama 60 menit dan disaring dengan kertas saring. Residu dinetralkan dengan aquades lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C (Sari *et al.*, 2016).

Proses Pretreatment Minyak

Minyak jelantah yang didapat dari penjual gorengan di Jl. Kebo iwa utara yang akan diproses menjadi biodiesel harus dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu. Minyak jelantah disaring untuk menghilangkan pengotor tidak larut dan dipanaskan pada suhu 110 °C untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam minyak (Adu, 2020).

Proses Hidrolisis

Minyak jelantah dimasukkan ke dalam labu leher tiga sebanyak 400 mL, lalu ditambahkan katalis asam klorida (HCl) sebanyak 5% dari berat minyak yang digunakan. Campuran tersebut dipanaskan hingga suhu mencapai 70 °C, ditambahkan aquadest yang memiliki suhu 70 °C dengan perbandingan volume 1:1. Reaksi hidrolisis berlangsung dalam suhu 70°C selama 2 jam dengan putaran 450 rpm menggunakan *stirrer magnetic*. Reaksi dapat dihentikan setelah dua jam proses reaksi dan didiamkan hingga terbentuk tiga lapisan. Lapisan pertama mengandung asam lemak dan sisa minyak, lapisan kedua merupakan gliserol, dan lapisan ketiga berupa air. Lapisan asam lemak dipisahkan lalu diuji kadar asam lemak bebasnya setelah itu dilanjutkan ke tahap esterifikasi (Adu, 2020)

Proses Esterifikasi

Asam lemak bebas yang dihasilkan dari proses hidrolisis minyak jelantah dimasukkan ke dalam labu leher tiga sebanyak 282 gram, lalu ditambahkan katalis kaolin dengan variasi katalis sebesar 3, 5, 7, 9, dan 12%. Campuran dipanaskan hingga mencapai suhu 60 °C, lalu ditambahkan metanol dengan variasi rasio metanol:minyak sebesar 1,5:1, 2:1, 5:1, 8:1, dan 10:1. Campuran

direaksikan selama 2 jam dalam labu leher tiga dan suhu reaksi dijaga sebesar 60 °C dengan kecepatan 600 rpm menggunakan *hotplate stirrer*. Setelah waktu reaksi selesai, campuran didinginkan dan difiltrasi dengan kertas saring *whatman*. Endapan yang tertinggal pada kertas saring merupakan katalis yang digunakan pada esterifikasi sehingga harus dipisahkan dari filtratnya (Kharnofa *et al.*, 2016). Campuran dipindahkan ke corong pisah dan dibiarkan selama 24 jam hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas merupakan metil ester (biodiesel) dan lapisan bawah berupa air.

Purifikasi Biodiesel

Purifikasi biodiesel bertujuan untuk mendapatkan biodiesel dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi serta menghilangkan sisa air dan pengotor yang masih tercampur. Biodiesel yang dihasilkan dari esterifikasi minyak jelantah dilakukan proses purifikasi dengan cara pencucian menggunakan air hangat dengan suhu 60 °C sebanyak 30% dari volume *crude biodiesel* yang akan dimurnikan. *Crude biodiesel* hasil purifikasi lalu didistilasi untuk mendapatkan kadar biodiesel yang lebih tinggi. Proses distilasi dilakukan pada suhu 74 °C untuk menghilangkan sisa metanol dan air yang masih terkandung dalam biodiesel (Adu, 2020).

Karakterisasi Biodiesel

Karakterisasi biodiesel hasil sintesis meliputi angka asam, rendemen biodiesel, angka penyabunan, kadar gliserol total, kadar ester, massa jenis, viskositas, titik nyala, dan kadar air.

Analisis GC-MS

Biodiesel yang diproduksi dengan proses esterifikasi dianalisis kandungan metil esternya dengan menggunakan alat *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS). *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) dapat memisahkan komponen-komponen senyawa kimia yang dianalisis dan dapat mendeteksi senyawa yang telah dipisahkan tersebut. Hasil biodiesel yang diproduksi dari berbagai variasi minyak nabati, diujikan dengan GC-MS untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung dari biodiesel yang dihasilkan (Oko dan Syahrir, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Minyak Jelantah

Minyak jelantah sebanyak 5 L yang didapat dari penjual gorengan sekitar Kebo Iwa Utara ditreatment terlebih dahulu dengan cara memanaskan minyak jelantah pada suhu 110 °C. Pemanasan minyak jelantah bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung pada minyak jelantah sehingga akan didapatkan

minyak jelantah bebas kandungan air (Adu, 2020). Pemanasan minyak jelantah juga dapat menurunkan viskositas sehingga mempermudah saat proses penyaringan pengotor padat. Minyak jelantah yang telah dipanaskan dan didiamkan hingga dingin dilakukan proses filtrasi untuk memisahkan pengotor padatan yang terkandung di dalam minyak jelantah. Filtrasi minyak jelantah menghasilkan minyak jelantah bebas pengotor dapat digunakan untuk hidrolisis-esterifikasi biodiesel.

Preparasi Katalis Heterogen

Katalis yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel salah satunya yaitu katalis heterogen. Katalis heterogen yang digunakan merupakan katalis padat sehingga dalam reaksi esterifikasi tidak akan membentuk reaksi penyabunan atau saponifikasi (Ikhsan dan Nizar, 2020). Katalis heterogen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Kaolin hasil aktivasi mudah dipisahkan dari metil ester sehingga hanya memerlukan filtrasi sederhana dan dapat digunakan kembali karena memiliki stabilitas struktur yang baik. Kaolin yang didapatkan diaktivasi terlebih dahulu secara kimia menggunakan asam klorida (HCl) 0,25 M. Aktivasi kimia pada kaolin menggunakan senyawa asam bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang masih terkandung pada permukaan kaolin dan meningkatkan jumlah asam (H^+) pada permukaan kaolin. Kaolin yang sebelumnya mengandung kaolinit dan kuarsa, setelah diaktivasi dengan HCl memiliki komponen penyusun berupa kaolinit. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses aktivasi kimia dinilai lebih efisien dalam menghilangkan pengotor serta meningkatkan kandungan kaolinit pada kaolin (Nurhadini *et al.*, 2019). Senyawa asam juga menjadikan permukaan kaolin memiliki nilai konduktivitas yang lebih besar. Kaolin yang telah diaktivasi secara kimia lalu dipanaskan dalam oven hingga kering yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung saat proses aktivasi kimia.

Sintesis Biodiesel

Proses Hidrolisis

Hidrolisis minyak jelantah pada penelitian ini menggunakan jenis hidrolisis asam. Hidrolisis asam yang dipilih yaitu asam klorida sebanyak 5% dari volume minyak yang dihidrolisis (400 mL). Reaksi hidrolisis berlangsung pada suhu 70 °C karena pada suhu tersebut viskositas menurun yang menyebabkan kontak antara minyak jelantah dengan air dan HCl sehingga mempercepat laju hidrolisis. Selain itu jika menggunakan suhu yang terlalu tinggi menyebabkan kurangnya air untuk hidrolisis

karena penguapan dan memicu oksidasi minyak jelantah.

Proses hidrolisis esterifikasi dapat digunakan untuk mengatasi masalah minyak nabati yang memiliki kadar asam lemak bebas dengan persentase tinggi dan kandungan air yang tinggi. Katalis asam klorida dipilih untuk mempercepat reaksi hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak. Air yang ditambahkan saat hidrolisis akan memecah gugus alkil dalam trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol.

Kecepatan hidrolisis sangat bergantung terhadap kecepatan reaksi antara air dan trigliserida difase minyak. Asam lemak yang dihasilkan dalam reaksi hidrolisis merupakan rantai tak bercabang dan jumlah atom karbonnya akan selalu genap. Campuran antara air, minyak jelantah, dan HCl hasil hidrolisis dimasukkan kedalam corong pisah hingga membentuk tiga lapisan. Lapisan pertama merupakan asam lemak yang selanjutnya digunakan untuk proses esterifikasi biodiesel.

Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi merupakan suatu proses untuk mengubah asam-asam lemak bebas menjadi metil ester. Langkah pertama yang dilakukan pada proses produksi biodiesel dalam penelitian ini yaitu mencari kondisi optimum dari variasi rasio metanol:minyak yang digunakan. Metanol yang digunakan divariasikan dengan rasio metanol:minyak sebesar 1,5:1, 2:1, 5:1, 8:1, dan 10:1 serta katalis yang digunakan sebesar 5%. Metanol juga memiliki peranan penting dalam proses esterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel karena akan mendorong reaksi kearah produk. Metanol dipilih dalam proses produksi biodiesel selain harganya murah, metanol lebih polar serta rantai karbon lebih pendek jika dibandingkan dengan etanol (Ulfa dan Samik, 2022).

Minyak jelantah hasil hidrolisis ditimbang sebanyak 282 gram dan ditambahkan kaolin sebagai katalis sebesar 5% (14,1 gram) dari jumlah minyak yang digunakan untuk esterifikasi mencari metanol optimum. Suhu yang digunakan selama proses esterifikasi yaitu 60 °C. Suhu tersebut merupakan suhu optimum untuk esterifikasi biodiesel karena jika suhu yang digunakan di bawah 60 °C, minyak dalam keadaan viskositas yang tinggi sehingga kontak antar reaktan dan katalis belum maksimal. Akan tetapi, apabila suhu yang diatas 60 °C metanol mulai memasuki titik didihnya sehingga sebagian metanol mengalami penguapan yang mengakibatkan penurunan jumlah metanol dan berakhir pada penurunan rendemen biodiesel yang dihasilkan (Rahman *et al.*, 2021). Campuran yang telah dipanaskan hingga suhu 60 °C, ditambahkan

metanol sesuai yang divariasikan (1,5:1, 2:1, 5:1, 8:1, dan 10:1) lalu diesterifikasi selama 2 jam dengan suhu tetap 60 °C dan pengadukan dengan kecepatan 600 rpm secara konstan. Pengadukan berfungsi untuk meningkatkan pergerakan partikel, pergerakan partikel yang semakin meningkat berbanding lurus dengan tumbukan antar partikel sehingga akan mempercepat reaksi kimia yang terjadi (Ulfa dan Samik, 2022).

Berdasarkan proses esterifikasi yang dilakukan kondisi optimum variasi metanol:minyak yang didapatkan sebesar 10:1 (320,4 gram:1 gram), hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hayyan *et al.*, 2010 yang membuktikan bahwa rasio tersebut memberikan rendemen biodiesel yang paling baik serta kandungan gliserol dan asam lemak bebas yang lebih rendah. Selanjutnya, rasio metanol:minyak optimum yang didapatkan digunakan dalam esterifikasi dengan berbagai variasi katalis sebesar 3, 5, 7, 9, dan 12% dengan sistem pengerjaan yang sama guna mendapatkan konsentrasi katalis optimum. Katalis yang digunakan yaitu katalis kaolin, Aluminium pada katalis kaolin bertindak sebagai asam lewis yang memiliki peranan penting untuk mengubah asam lemak bebas menjadi biodiesel. Hasil esterifikasi untuk menentukan variasi katalis optimum didapatkan pada katalis 7% (19,74 gram) dengan kadar ester yang dihasilkan sebesar 78,51% yang disajikan pada Tabel 1. Biodiesel yang telah didapatkan dari proses esterifikasi didinginkan dan difiltrasi untuk memisahkan biodiesel dengan katalis. Hasil filtrasi merupakan *crude biodiesel* yang selanjutnya dimasukkan ke dalam corong pisah sehingga membentuk dua lapisan untuk memisahkan produk metil ester (biodiesel) serta lapisan air. Lapisan biodiesel selanjutnya dilakukan proses pemurnian dengan metode distilasi.

Purifikasi Biodiesel

Purifikasi biodiesel dengan metode distilasi memiliki tujuan untuk mendapatkan biodiesel dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi. Proses distilasi dapat menghilangkan kadar air dan pengotor yang masih terkandung pada *crude biodiesel*. Proses distilasi dilakukan pada suhu 74 °C, suhu tersebut dipilih karena telah melewati titik didih metanol sehingga sisa metanol dan air yang masih terkandung pada *crude biodiesel* dapat teruapkan. Suhu tersebut juga dapat memisahkan metanol-gliserol, karena setelah esterifikasi metanol sering terperangkap dalam fase bawah bersama gliserol. Distilasi dengan suhu yang tidak terlalu tinggi dapat mencegah degradasi biodiesel, namun tetap memastikan metanol menguap tanpa merusak ataupun memecah komponen biodiesel. Metanol

yang teruapkan dapat digunakan kembali saat esterifikasi (Daryono *et al.*, 2022).

Karakterisasi Biodiesel

Angka asam

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa angka asam tertinggi diperoleh pada biodiesel A sebesar 0,694 mg-KOH/g biodiesel. Angka asam pada biodiesel A tidak memenuhi syarat biodiesel diakibatkan karena kurangnya rasio metanol:minyak yang digunakan. Angka asam pada biodiesel A, B, C, D, dan E yang menggunakan katalis kaolin sebesar 5% (14,1 gram) mengalami penurunan, masing-masing nilai angka asam berturut-turut yaitu 0,694; 0,222; 0,167; 0,111; dan 0,083 mg KOH/g biodiesel. Penurunan angka asam dikarenakan jumlah rasio metanol:minyak yang digunakan semakin besar yakni 1,5:1, 2:1, 5:1, 8:1, hingga 10:1. Jumlah rasio metanol:minyak sangat mempengaruhi penurunan angka asam karena asam lemak bebas dapat terkonversi secara optimum menjadi biodiesel. Biodiesel F, G, H, I dan J dengan jumlah metanol yang digunakan sebanyak 320,4 g (10:1) serta variasi katalis 3, 5, 7, 9, dan 12% didapatkan hasil angka asam sebesar 0,139; 0,111; 0,056; 0,028; dan 0,028 mg KOH/g biodiesel. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh kaolin teraktivasi asam yang dapat menurunkan kadar asam lemak bebas biodiesel sehingga angka asam akan menurun.

Rendemen Biodiesel

Nilai rendemen biodiesel A, B, C, D, dan E yang dilakukan variasi metanol:minyak (1,5:1, 2:1, 5:1, 8:1, dan 10:1) berturut-turut sebesar 74,16; 74,93; 76,42; 77,57; dan 78,19% mengalami peningkatan dengan katalis kaolin yang digunakan konstan sebesar 5% (14,1 gram). Peningkatan jumlah rendemen biodiesel yang dihasilkan selain dipengaruhi oleh katalis juga dipengaruhi jumlah metanol. Biodiesel F, G, H, I, dan J memiliki nilai rendemen berturut-turut sebesar 77,44; 78,05; 80,67; 76,64; dan 66,40%, dilihat dari data tersebut rendemen terbesar didapat pada biodiesel H dengan rasio metanol:minyak 10:1 dengan katalis 7%. Penambahan katalis secara terus menerus terutama katalis heterogen akan mempengaruhi hasil produk karena hasil rendemen yang tidak meningkat serta hasil produk kental atau viskositas meningkat (Heriyadi, 2023).

Angka Penyabunan Biodiesel

Hasil penelitian dihasilkan nilai angka penyabunan biodiesel A, B, C, D, dan E berturut-turut yaitu 203,419; 200,670; 195,172; 195,172; dan 192,423 mg KOH/g biodiesel. Penambahan variasi metanol dalam reaksi esterifikasi dapat menyebabkan turunnya angka penyabunan. Angka

penyabunan yang tinggi pada jumlah metanol yang terlalu kecil mengakibatkan minyak jelantah tidak terkonversi sempurna oleh metanol sehingga asam lemak tinggi yang menyebabkan angka penyabunan juga tinggi. Hasil angka penyabunan masing-masing biodiesel F, G, H, I, dan J yaitu 200,670; 203,419; 203,419; 197,921; dan 200,670 mg KOH/g biodiesel. Jumlah katalis yang semakin bertambah pada tiap biodiesel dapat menurunkan nilai angka penyabunan. Namun, saat katalis yang digunakan sudah mencapai kondisi optimum pada biodiesel I, justru nilai angka penyabunan cenderung naik. Hal tersebut dikarenakan katalis yang terlalu banyak akan menghasilkan reaksi samping pembentukan sabun sehingga akan mempengaruhi angka penyabunan biodiesel. Menurut SNI biodiesel nilai angka penyabunan yang disyaratkan sebesar 190 – 205 mg KOH/ g biodiesel sehingga angka penyabunan yang didapatkan masih memenuhi standar.

Gliserol Total Biodiesel

Nilai gliserol yang tinggi pada suatu biodiesel menunjukkan bahwa proses esterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel kurang sempurna serta proses filtrasi yang kurang baik. Tingginya angka gliserol total pada biodiesel dapat mengindikasikan bahwa biodiesel tersebut memiliki kemurnian yang rendah. Hasil kadar gliserol total dari biodiesel A sampai J berada pada rentang 2,39 – 2,92%. Angka gliserol total tersebut jauh melebihi batas maksimum yang ditetapkan dalam standar mutu biodiesel yaitu maksimum sebesar 0,24%. Angka gliserol total yang tinggi diakibatkan oleh proses esterifikasi belum optimal sehingga mengindikasikan adanya sisa trigliserida yang belum terkonversi menjadi biodiesel. Proses pemisahan dan pemurnian biodiesel juga memiliki peran penting terhadap tingginya angka gliserol. Gliserol yang tidak terpisahkan dengan baik akan ikut dalam fase biodiesel.

Kadar Ester

Hasil kadar ester pada penelitian ini dari biodiesel A, B, C, D, dan E berturut-turut yang divariasikan jumlah metanolnya adalah 73,43; 73,94; 74,73; 75,04; dan 76,50%. Hasil yang didapat pada variasi rasio metanol:minyak belum memenuhi standar biodiesel dengan kadar ester yang dihasilkan dibawah 96,5%. Kadar ester terbesar untuk variasi metanol didapatkan pada biodiesel E dengan rasio metanol 10:1 sebesar 76,50%. Rasio metanol:minyak yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel sangat berpengaruh, karena metanol mampu mengubah minyak jelantah menjadi biodiesel secara optimum dengan bertambahnya rasio metanol. Metanol yang ditambahkan akan menggeser reaksi kearah produk

sehingga rendemen yang didapat pun semakin banyak (Bani dan Toby, 2022).

Biodiesel F, G, H, I, dan J dengan variasi katalis mendapatkan kadar ester sebesar 75,44; 77,49; 78,51; 77,55; dan 65,36%. Katalis juga sangat mempengaruhi kadar ester yang didapat pada produksi biodiesel. Penelitian ini menggunakan variasi katalis 3, 5, 7, 9, dan 12% dengan kadar ester terbesar didapatkan pada penggunaan katalis 7% pada biodiesel H. Penggunaan katalis 3 hingga 7% menjadikan %adar ester mengalami kenaikan dan optimum pada konsentrasi 7% dengan kadar ester 78,51%, namun setelah mencapai kondisi optimum akan mengalami penurunan kadar ester biodiesel. Penurunan kadar ester pada penambahan katalis secara terus menerus dikarenakan dapat menyebabkan terbentuknya emulsi akibat reaksi penyabunan. Reaksi penyabunan yang terjadi akan mengambil sejumlah metil ester yang terbentuk serta metil ester lainnya dapat terjebak di dalam emulsi yang terbentuk.

Massa Jenis

Rasio mol metanol:minyak yang semakin tinggi pada pembuatan biodiesel akan menyebabkan peningkatan konversi trigliserida menjadi metil ester. Meningkatnya konversi tersebut maka akan menurunkan massa jenis biodiesel. Semakin tinggi rendemen biodiesel yang dihasilkan, maka massa

jenis yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan massa jenis metil ester lebih rendah jika dibandingkan dengan massa jenis trigliserida.

Nilai massa jenis biodiesel A, B, C, D, dan E yang divariasikan rasio metanol masing-masing sebesar 889, 882, 878, 865, dan 864 kg/m³ sedangkan untuk variasi katalis sebesar 890, 878, 868, 881, dan 882 kg/m³. Biodiesel yang menghasilkan massa jenis sesuai dengan standar mutu (SNI), akan menghasilkan suatu proses pembakaran yang sempurna, sedangkan untuk biodiesel dengan massa jenis di atas standar akan menyebabkan reaksi pembakaran yang tidak sempurna. Proses pembakaran yang tidak sempurna pada penggunaan biodiesel dapat meningkatkan emisi hingga keausan pada mesin diesel. Variasi katalis digunakan pada penelitian ini guna mendapatkan konsentrasi katalis optimum dalam pembuatan biodiesel. Variasi katalis tidak terlalu berpengaruh terhadap massa jenis yang dihasilkan oleh biodiesel. Konsentrasi katalis yang berlebih pada proses esterifikasi dapat mengakibatkan terjadinya reaksi penyabunan sehingga massa jenis yang dihasilkan pun akan bervariasi. Penelitian ini menghasilkan massa jenis biodiesel yang memenuhi standar mutu biodiesel SNI 7182:2015 yaitu 850 – 890 kg/m³ (Jaya *et al.*, 2021).

Tabel 1. Hasil Karakteristik Biodiesel

Biodiesel	Kadar FFA (%)	Angka asam (mgKOH /gbiodiesel)	Rendemen (%)	Angka penyabunan (mgKOH /gbiodiesel)	Kadar Gliserol total (%)	Kadar ester (%)	Massa jenis (kg/m ³)	Viskositas (cSt)	Titik nyala (°C)	Kadar air (%)
A	1,12	0,694	74,16	203,419	2,92	73,43	889	3,287	-	0,02
B	1,45	0,222	74,93	200,670	2,85	73,94	882	3,144	-	0,02
C	1,12	0,167	76,42	195,172	2,69	74,73	878	3,096	-	0,04
D	1,68	0,111	77,57	195,172	2,66	75,04	865	3,074	-	0,04
E	1,79	0,083	78,19	192,423	2,47	76,50	864	3,019	-	0,03
F	1,34	0,139	77,44	200,670	2,69	75,44	890	3,306	89	0,05
G	1,45	0,111	78,05	203,419	2,50	77,49	878	3,093	158	0,04
H	1,79	0,056	80,67	203,419	2,39	78,51	868	3,085	170	0,04
I	1,23	0,028	76,64	197,921	2,43	77,55	881	3,122	131	0,04
J	1,34	0,028	66,40	200,670	2,50	65,36	882	3,251	115	0,05

Keterangan:

- Biodiesel A: Perbandingan metanol:minyak 1,5:1 dengan katalis 5%
- Biodiesel B: Perbandingan metanol:minyak 2:1 dengan katalis 5%
- Biodiesel C: Perbandingan metanol:minyak 5:1 dengan katalis 5%
- Biodiesel D: Perbandingan metanol:minyak 8:1 dengan katalis 5%
- Biodiesel E: Perbandingan metanol:minyak 10:1 dengan katalis 5%
- Biodiesel F: Perbandingan metanol:minyak 10:1 dengan katalis 3%
- Biodiesel G: Perbandingan metanol:minyak 10:1 dengan katalis 5%
- Biodiesel H: Perbandingan metanol:minyak 10:1 dengan katalis 7%
- Biodiesel I: Perbandingan metanol:minyak 10:1 dengan katalis 9%
- Biodiesel J: Perbandingan metanol:minyak 10:1 dengan katalis 12%

Viskositas Biodiesel

Viskositas merupakan angka yang menunjukkan besarnya hambatan dari cairan untuk mengalir. Viskositas yang semakin besar akan meningkatkan kekentalan sehingga cairan akan sukar mengalir. Penelitian ini menghasilkan viskositas biodiesel yang memenuhi standar mutu biodiesel SNI 7182:2015 yaitu 2,3 – 6,0 cSt. Rasio mol metanol:minyak yang digunakan berpengaruh terhadap besaran viskositas yang dihasilkan. Variasi rasio mol metanol:minyak yang semakin rendah akan menghasilkan nilai viskositas yang tinggi. Hal tersebut dikarenakan metanol yang digunakan dapat melarutkan minyak sehingga kelarutannya akan menurunkan kekentalan minyak. Viskositas biodiesel yang terlalu tinggi akan menyebabkan bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar, hal tersebut akan mengakibatkan deposit pada mesin diesel. Viskositas biodiesel yang sangat rendah juga memiliki dampak buruk karena *spray* yang terlalu halus akan membentuk *rich zone* sehingga terbentuk jelaga (Jaya *et al.*, 2021).

Konsentrasi katalis yang digunakan juga dapat mempengaruhi viskositas biodiesel yang dihasilkan, semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan maka viskositas akan semakin menurun. Viskositas akan meningkat apabila kondisi optimum dari konsentrasi katalis yang digunakan telah tercapai. Semakin banyak jumlah katalis kaolin yang digunakan akan mengakibatkan terjadinya endapan putih, endapan tersebut yang mengakibatkan nilai viskositas biodiesel meningkat (Rahkadima dan Abdi, 2016).

Kadar Air

Kadar air merupakan faktor penting pada syarat mutu biodiesel, menurut SNI 7182:2015 tentang biodiesel disyaratkan bahwa kadar air maksimum biodiesel sebesar 0,05%. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan kurangnya rendemen biodiesel yang dihasilkan. Kadar air yang didapat pada penelitian ini berada pada rentang 0,02 hingga 0,05% yang artinya biodiesel yang dihasilkan memiliki kandungan air yang tergolong minim atau rendah. Kadar air yang tinggi dapat menjadikan biodiesel terhidrolisis dan dapat menyebabkan korosi pada mesin. Kadar air yang dihasilkan dituangkan pada Tabel 1.

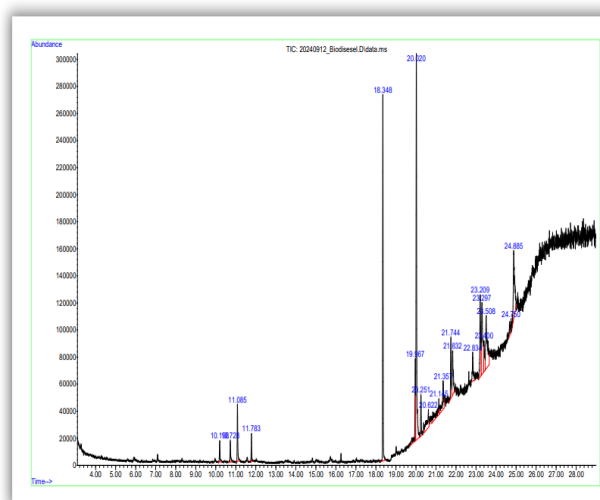
Titik Nyala

Pengujian titik nyala biodiesel berfungsi untuk mengetahui daya tahan biodiesel terhadap suatu pemanasan. Semakin tinggi titik nyala biodiesel maka tingkat keamanannya juga semakin tinggi karena dapat meminimalisir terjadinya letupan akibat pemasanan. Berdasarkan penelitian didapatkan nilai titik nyala biodiesel F, G, H, I, dan J masing-masing sebesar 89, 158, 170, 131, dan °C.

Variasi biodiesel yang diujikan titik nyala menggunakan biodiesel dengan rasio metanol:minyak yang paling optimum. Terdapat satu biodiesel yang memiliki nilai dibawah batas minimum Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk titik nyala biodiesel sebesar 100 °C yakni biodiesel F sebesar 89 °C. Biodiesel tersebut tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan sehingga dalam penggunaannya dapat membahayakan terjadinya letupan akibat pemasan. Tingginya nilai titik nyala juga mengindikasikan bahwa biodiesel terbebas dari asam-asam lemak (Permana *et al.*, 2020).

Analisis GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan untuk mengetahui kandungan metil ester yang terkandung di dalam biodiesel. Hasil kromatogram menunjukkan beberapa puncak dan waktu retensi yang mengindikasikan berbagai senyawa dalam sampel. Senyawa yang memiliki persentase luas area (%area) terbesar menunjukkan komponen paling banyak dalam sampel. Perbedaan waktu retensi antar senyawa dikarenakan berat molekul dan interaksi senyawa dengan fase diam (kolom). Senyawa yang memiliki rantai karbon panjang akan memiliki waktu retensi lebih lama dibandingkan dengan rantai pendek. Penelitian ini menunjukkan 20 puncak kromatogram yang terdeteksi pada kromatografi gas, hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Etil ester teridentifikasi pada puncak kromatogram nomor 5 dengan waktu retensi 18,348 menit dan % area sebesar 17,13%. Etil ester yang terbentuk diakibatkan oleh reaksi asam lemak dalam minyak jelantah dan metanol dengan bantuan katalis kaolin dalam reaksi hidrolisis-esterifikasi.



SIMPULAN

Dalam penelitian ini diperoleh rendemen tertinggi biodiesel sebesar 80,67% yang didapatkan pada variasi rasio mol metanol:minyak 10:1 dengan konsentrasi katalis 7%. Karakteristik biodiesel hasil sintesis yaitu kadar ester 78,51%, angka asam 0,056 mg KOH/g biodiesel, dan kadar air 0,04%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu, R.E.Y. 2020. Esterifikasi dan Deasidifikasi Minyak Jelantah Sebelum Pembuatan Biodiesel dengan Katalis Abu Tongkol Jagung. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 14(2): 161-168.
- Bani, O., Toby, F. 2022. Pengujian Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis Heterogen Abu Daun Kucai (*Allium schoenoprasum*): Parameter Berat Katalis, Rasio Mol Minyak terhadap Metanol dan Waktu Reaksi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2): 80-88.
- Daryono, E. D., Febriara, F. A. R., Zukhriyah. 2022. Penggunaan Metanol Sisa Reaksi sebagai Reaktan pada Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit menjadi Biodiesel. *Jurnal Teknologi*, 14(2):155-162.
- Heriyadi, A. T. 2023. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Bentonit Teraktivasi KOH. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3): 21949-21958.
- Ikhsan, M. H., Nizar, U. K. 2020. Katalis Asam Padat Berbasis Karbon Tersulfonasi pada Proses Pembuatan Biodiesel. *Periodic*, 9(1): 51-54.
- Jaya, D., Widayati, T. W., Salsabiela, H., Majid, M. F. A. 2021. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah menggunakan Katalis Heterogen. *Eksergi*, 19(1): 29-34.
- Kharnofa, T., Bahri, S., Yusnimar. 2016. Produksi Biodiesel dari Minyak Nyamplung dengan Katalis Ni/Lempung. *Jom FTEKNIK*, 3(2): 1-6.
- Moulita, RA.N., Rusdianasari., Kalsum. L. 2019. Converting Waste Cooking Oil into Biodiesel using Microwaves and High Voltage Technology. *Journal of Physics*, 1167: 1-10.
- Nurhadini., Asriza, R. O., Ayu, K., Anggraeni. 2019. Pengaruh Metode Aktivasi Kimia Terhadap Sifat Kaolin. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian pada Masyarakat*, ISBN: 978-979-1373-56-2.
- Oko, S., Syahrir, I. 2018. Sintesis Biodiesel dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis CaO Superbasa dari Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Teknologi*, 10(2): 113-121.
- Padil., Slamet, W., Amir, W. 2010. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa melalui Reaksi Metanolisis menggunakan Katalis CaCO₃ yang Dipijarkan. *Jurnal Natur Indonesia*,13(1):27-32.
- Permana, E., Naswir, M., Sinaga, M. E. T., Alfariuz, H., Murti, SD. S. 2020. Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah Berdasarkan Proses Saponifikasi dan Tanpa Saponifikasi. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6(1): 26-31.
- Pramudiyanto, A. S., Suedy, S. W. A. 2020. Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrem. *Jurnal Energi dan Terbarukan*, 1(3): 86-99.
- Rahkadima, Y. T., Abdi, P. 2016. Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah menggunakan Katalis Kalsium Oksida. *Journal of Research and Technology*, 2(1): 44-48.
- Rahman, M., Yelmida, A., Panca, S. U. 2021. Optimasi Kondisi Proses Sintesis Biodiesel Berbasis Reaksi Esterifikasi Palm Fatty Acid Distillate dengan Katalis Cu-Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Ikan. *Journal of The Bioprocess ChEES*, 1(1): 1-13.
- Sari, T. I. W., Muhsin, Wijayanti, H. 2016. Pengaruh Metode Aktivasi pada Kemampuan Kaolin sebagai Adsorben Besi (Fe) Air Sumur Garuda. *Konversi*, 5(2): 60-65.
- Setiadji, S., B Tanyela, N., Sudiarti, T., H Prabowo, E., N Wahid, B. 2017. Alternatif Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Castor (*Ricinus communis*) Menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 3(1): 1-10.
- Song, C., Liu, Q., Ji, N., Deng, S., Zhao, J., Li, S., Kita, Y. 2016. Evaluation of Hydrolysis-Esterification Biodiesel Production from Wet Microalgae. *Biosource Technology*, 214 (1): 747-754.
- Ulfa, S. N. S., Samik, S. 2022. Artikel Review: Pemanfaatan Katalis Zeolit Alam Teraktivasi dalam Sintesis Biodiesel dengan Metode Esterifikasi dan Transesterifikasi. *UNESA Journal of Chemistry*, 11(3): 165-181.
- Ulukardesler, A. H. 2023. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil using Different Types of Catalysts. *Processes*, 11(2035): 1-11.