

Rendemen dan Karakteristik Biodiesel sebagai Dampak Variasi Jenis Limbah Minyak Goreng

Yield and Characteristics of Biodiesel as an Impact of Varying Types of Cooking Oil Waste

Haryono*, Atiek Rostika Noviyanti, Allyn Pramudya Sulaeman, Hersandy Dayu Kusuma, Nova Rahmadona

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jl. Ir. Soekarno Km. 21 Jatinangor – Sumedang, Indonesia, 45363

*Corresponding Author: haryono@unpad.ac.id

ABSTRAK: Peningkatan aktivitas di berbagai sektor menyebabkan kebutuhan bahan bakar semakin meningkat. Oleh sebab itu dibutuhkan ketersediaan bahan bakar alternatif yang bersifat terbarukan. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang berasal dari minyak tumbuhan, lemak hewan, ataupun limbah minyak goreng. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh jenis limbah minyak goreng terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel pada sintesis biodiesel dengan katalis homogen. Sintesis biodiesel melalui empat tahap perlakuan, yaitu: pemurnian limbah minyak goreng, esterifikasi dengan katalis asam sulfat, transesterifikasi dengan katalis kalium hidroksida, dan pemurnian biodiesel. Jenis limbah minyak goreng divariasikan berdasarkan sumber limbah, berupa limbah minyak dari penggorengan gorengan, *seafood*, dan ayam goreng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel dari limbah minyak goreng untuk penggorengan gorengan, ayam, dan *seafood* diperoleh dengan rendemen berturut-turut sebesar 54,70; 64,25; dan 58,11%. Karakteristik biodiesel dari masing-masing jenis limbah minyak goreng tersebut telah memenuhi syarat mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182-2015.

Kata kunci: biodiesel; karakteristik; katalis homogen; limbah minyak goreng; rendemen

ABSTRACT: Increased activity in various sectors causes fuel demand to increase. Therefore, it is necessary to provide renewable alternative fuels. Biodiesel is an alternative fuel for diesel engines that comes from plant oils, animal fats or waste cooking oil. The aim of this research is to study the effect of the type of cooking oil waste on the yield and characteristics of biodiesel in the synthesis of biodiesel with a homogeneous catalyst. Biodiesel synthesis goes through four stages of treatment, namely: purification of waste cooking oil, esterification with a sulfuric acid catalyst, transesterification with a potassium hydroxide catalyst, and biodiesel purification. The types of cooking oil waste vary based on the waste source, in the form of waste oil from frying pans, seafood and fried chicken. The research results showed that biodiesel from waste cooking oil for frying fritters, chicken and seafood was obtained with successive yields of 54.70; 64.25; and 58.11%. The characteristics of biodiesel from each type of cooking oil waste meet the biodiesel quality requirements based on SNI 7182-2015.

Keywords: biodiesel; characteristics; homogeneous catalyst; waste cooking oil; yield

1. PENDAHULUAN

Sektor energi dari banyak negara umumnya didominasi oleh bahan bakar fosil karena konsumsinya yang besar di sektor industri, transportasi, dan pertanian (Monika *et al.*, 2023). Minyak bumi sebagai salah satu jenis bahan bakar fosil utama,

berdasarkan laporan Energy Institute (2024), produksinya di Indonesia cenderung mengalami penurunan, dari 36,3 juta ton pada tahun 2020 menjadi 31,1 juta ton pada tahun 2023. Sedangkan pada tahun 2023 tersebut, konsumsi minyak bumi lebih tinggi daripada produksinya,

yaitu 1604 ribu barel/hari atau total sekitar 78,2 juta ton. Bahan bakar fosil sebagai sumber dominan pemenuhan kebutuhan energi nasional (PT Pertamina, 2023) merupakan sumber energi tak terbarukan, sehingga cadangannya akan semakin berkurang seiring dengan peningkatan laju konsumsinya.

Biofuel merupakan pengganti terbaik bahan bakar fosil, karena bersifat terbarukan, melepaskan lebih sedikit gas berbahaya dan berbiaya rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil konvensional (Gaur *et al.*, 2020). Di antara biofuel, biodiesel merupakan bahan bakar paling menjanjikan yang dapat menggantikan bahan bakar fosil konvensional. Sifat fisika dan kimia dari biodiesel sangat mirip dengan minyak diesel berbasis dasar minyak bumi (Costa *et al.*, 2020). Biodiesel adalah metil ester asam lemak yang dihasilkan dari ester asam lemak yang diperoleh dari beberapa bahan baku, salah satunya adalah limbah minyak goreng (Monika *et al.*, 2023).

Trigliserida atau asam lemak bebas yang terkandung di dalam minyak nabati atau hewani, pada reaksi pembentukan biodiesel, direaksikan dengan alkohol rantai pendek (biasanya metanol) dengan bantuan katalis. Pada skala produksi komersial, katalis homogen pada saat ini cenderung lebih dipilih daripada katalis heterogen, karena kinerja katalisisnya yang lebih efektif (van Gerpen *et al.*, 2004).

Limbah minyak goreng (LMG) dapat berfungsi sebagai bahan baku yang

baik untuk produksi biodiesel. Sebagian besar LMG dibuang ke tempat sampah atau sistem drainase atau ke tanah. Pembuangan LMG akan menimbulkan banyak masalah lingkungan. Penggunaan LMG sebagai bahan baku produksi biodiesel akan menjadikan proses ini sangat ekonomis karena biayanya yang rendah. Dibandingkan dengan minyak nabati, LMG tidak menimbulkan kontradiksi antara pemenuhan kebutuhan pangan dengan bahan bakar, mudah didapat dan tidak menimbulkan masalah lingkungan (Talebian-Kiakalaieh *et al.*, 2013).

Nilai viskositas kinematik, angka penyabunan, titik nyala, kadar air dan asam lemak bebas pada LMG sangat tinggi, dimana sifat-sifat tersebut akan mempengaruhi kualitas dan jumlah produksi biodiesel (Alias *et al.*, 2018). Berbagai studi telah melaporkan bahwa LMG memiliki sifat fisika dan kimia, serta komposisi asam lemak bervariasi (Suzihaque *et al.*, 2022). Variabilitas tersebut dipengaruhi oleh perbedaan kondisi pada saat pemakaian minyak goreng, seperti: suhu, waktu, dan jenis pangan penggorengan (Sanli *et al.*, 2011).

Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh jenis limbah minyak goreng terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel pada sintesis biodiesel dengan katalis homogen. Kualitas biodiesel sebagai dampak dari variasi jenis limbah minyak goreng ditetapkan dengan cara membandingkan karakteristik biodiesel dari hasil sintesis

dengan standar kualitas biodiesel menurut SNI 7182-2015

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan eksperimen laboratorium. Untuk melaksanakan penelitian tersebut digunakan alat, bahan, dan prosedur sebagai berikut:

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan dengan peralatan meliputi alat gelas pada umumnya, *hot plate-magnetic stirrer* (IKA C-MAG HS 4), labu reaktor 1000 mL (pyrex), labu didih 500 mL (pyrex), *heating mantle* (EM0500/CE), penyaring Buchner, piknometer 10 mL (pyrex), viskometer *Ostwald* (pyrex), termometer (AllanFrance), kertas saring 60 mesh, dan thermostat.

Bahan baku untuk sintesis biodiesel adalah LMG yang diperoleh dari penjual gorengan (tahu, tempe, bakwan, dan pastel – LMG-A), penjual ayam goreng krispi (LMG-B), dan penjual masakan *seafood* (cumi-cumi, udang, kepiting, dan ikan laut – LMG-C) di wilayah Jatinangor. LMG diambil dari penjual secara acak, sehingga karakteristik LMG sebagai bahan baku sintesis biodiesel bukan merupakan faktor yang dikendalikan. Sedangkan bahan kimia yang digunakan terdiri atas asam sulfat 97%, (Smart Lab Indonesia), kalium hidroksida p.a. (Merck), metanol 98% (Merck), asam asetat glasial (teknis,

Smart Lab Indonesia), akuades, asam oksalat p.a. (Smart Lab Indonesia), aseton, etanol 95% (Smart Lab Indonesia), indikator fenolftalein (Merck), asam klorida 37% (Merck), indikator amilum (Smart Lab Indonesia), kalium iodida p.a. (Merck), kloroform p.a. (Merck), natrium tiosulfat p.a. (Merck), kalium iodat p.a. (Merck), asam asetat p.a. (Merck), dan iodium monoklorida p.a. (Merck).

2.2 Prosedur

Penelitian dilakukan dengan eksperimen laboratorium yang terdiri dari lima tahap, yaitu: pemurnian limbah minyak goreng (LMG), karakterisasi LMG yang telah dimurnikan, sintesis biodiesel melalui dua tahap reaksi (esterifikasi dengan katalis asam sulfat dan transesterifikasi dengan katalis kalium hidroksida), pemurnian biodiesel, dan penentuan rendemen serta kualitas biodiesel.

2.2.1. Pemurnian dan Karakterisasi LMG

Pemurnian LMG diawali dengan pemisahan pengotor berupa pengotor padat tersuspensi dengan sedimentasi. Sedimentasi dilakukan selama 24 jam pada suhu ruang di dalam corong pisah, sehingga pengotor berupa partikulat tersuspensi akan terpisah di bagian dasar corong pisah secara gravitasional dengan memanfaatkan perbedaan densitas antara partikulat tersuspensi dan minyak. Selanjutnya dilakukan penyaringan terhadap LMG supernatan (lapisan atas LMG dari hasil sedimentasi) dengan

penyaring Buchner dengan media filter kertas saring 60 mesh untuk memisahkan pengotor padat tersisa berupa partikulat terdispersi yang tidak bisa terpisah berdasarkan perbedaan densitas.

LMG filtrat dari hasil penyaringan kemudian diadsorpsi menggunakan arang aktif selama 1 jam pada suhu 70°C dengan rasio antara arang aktif terhadap LMG sebesar 1:20 (b/v) (Salomo dkk., 2016). Kadar air dari LMG selanjutnya dikurangi sampai tidak lebih dari 1% dengan pemanasan pada suhu 105°C selama 2,5 jam (van Gerpen *et al.*, 2004).

LMG dari hasil pemurnian dianalisis untuk menentukan karakteristiknya, meliputi: densitas, viskositas, bilangan asam, bilangan peroksida, dan kadar air. Parameter analisis yang sama juga ditentukan terhadap LMG sebelum pemurnian untuk mengetahui kecukupan metode pemurnian yang diterapkan.

2.2.2. Sintesis dan Pemurnian Biodiesel

Sintesis biodiesel dari LMG yang sudah dimurnikan dimulai dengan tahap esterifikasi. Pada tahap ini, sampel sebanyak 150 mL direaksikan di dalam reaktor labu leher tiga. Esterifikasi dilakukan selama 2 jam pada rasio mol minyak/metanol sebesar 1:9, kadar asam sulfat sebagai katalis sebanyak 1% terhadap berat minyak, suhu 60°C, dan dengan kecepatan pengadukan 600 rpm (Supardan *et al.*, 2012). Campuran hasil esterifikasi kemudian didistilasi untuk

memisahkan metanol sisa. Selanjutnya dilakukan pemisahan katalis sisa dari fase minyak dengan pencucian menggunakan akuades panas (40°C) di dalam corong pisah. Fase minyak (terdiri dari metil ester/biodiesel dan trigliserida) selanjutnya dimurnikan dari kemungkinan keberadaan air pencuci berupa emulsi dengan pemanasan dibantu pengadukan pada suhu 105°C selama 2,5 jam.

Fase minyak dari tahap esterifikasi direaksikan lanjut dalam tahap transesterifikasi. Tahap ini diawali dengan pembuatan larutan kalium metoksida sebagai katalis dengan melarutkan kalium hidroksida sebanyak 1,5% dari berat fase minyak ke dalam metanol. Banyaknya kebutuhan metanol dihitung berdasarkan nilai rasio mol fase minyak terhadap metanol yang ditetapkan sebesar 1:9. Fase minyak kemudian direaksikan dengan larutan kalium metoksida pada suhu 60°C selama 2,5 jam di dalam perangkat reaktor labu leher tiga. Campuran hasil transesterifikasi dimasukkan ke dalam corong pisah untuk dilakukan tahap pemurnian biodiesel dari pengotor berupa gliserol (dengan sedimentasi), katalis kalium hidroksida sisa (dengan pencucian menggunakan akuades, dan dekantasi), dan air pencuci sisa (dengan pemanasan pada 105°C selama 2,5 jam). Biodiesel dari tahap transesterifikasi kemudian ditimbang untuk perhitungan rendemen dan dikarakterisasi untuk menentukan kualitasnya.

2.3 Karakterisasi Biodiesel

LMG sebelum dan setelah pemurnian serta biodiesel dikarakterisasi untuk parameter densitas, viskositas, bilangan asam, bilangan peroksida, dan kadar air berdasar metode menurut SNI 7182-2015. Pada karakterisasi biodiesel sebagai hasil dari tahap transesterifikasi, selain parameter-parameter tersebut, ditentukan juga nilai angka cetana. Angka cetana ditentukan dengan merujuk pada Persamaan (1) sebagai fungsi bilangan penyabunan dan iodine (Azam *et al.*, 2005).

$$CN = 46,3 + \frac{5458}{SN} - 0,255 IN \quad (1)$$

dengan: CN = angka cetana, SN = bilangan penyabunan (mg KOH/g), IN = bilangan iodine (g I₂/100 g)

Rendemen biodiesel dari setiap variasi jenis LMG dihitung berdasarkan Persamaan (2) (Sahar *et al.*, 2018).

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat biodiesel}}{\text{Berat LMG}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik LMG Sebelum dan Setelah Pemurnian

Tahap pemurnian terhadap LMG dilakukan untuk mengurangi kadar pengotor dari LMG terutama dalam bentuk padatan tersuspensi dan terdispersi, air, asam lemak bebas, dan senyawa-senyawa peroksida. Pengotor-pengotor tersebut merepresentasikan dampak dari berbagai

faktor pada proses penggorengan, seperti lama penggorengan, suhu penggorengan, dan karakteristik makanan yang digoreng (Sanli *et al.*, 2011). Hasil karakterisasi terhadap LMG sebelum dan sesudah pemurnian pada LMG-A, LMG-B, dan LMG-C secara berturut-turut ditampilkan pada Tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Perbandingan karakteristik LMG-A antara sebelum (LMG_b) dan setelah (LMG_t) pemurnian

Parameter	Nilai	
	LMG _b	LMG _t
Densitas 40°C, kg/m ³	906,8	901,3
Viskositas 40°C, mm ² /s	26,10	10,27
Bilangan asam, mg KOH/g	1,4	1,3
Kadar air, %	0,126	0,092
Bilangan peroksida, meq O ₂ /kg	7,5	5,0
Bilangan iodine, g I ₂ /100 g	27,71	17,77

Tabel 2. Perbandingan karakteristik LMG-B antara sebelum (LMG_b) dan setelah (LMG_t) pemurnian

Parameter	Nilai	
	LMG _b	LMG _t
Densitas 40°C, kg/m ³	905,3	902,6
Viskositas 40°C, mm ² /s	27,59	11,68
Bilangan asam, mg KOH/g	1,6	1,4
Kadar air, %	0,330	0,098
Bilangan peroksida, meq O ₂ /kg	8,3	3,3
Bilangan iodine, g I ₂ /100 g	28,34	18,40

Tabel 3. Perbandingan karakteristik LMG-C antara sebelum (LMG_b) dan setelah (LMG_t) pemurnian

Parameter	Nilai	
	LMG _b	LMG _t
Densitas 40°C, kg/m ³	909,5	906,8
Viskositas 40°C, mm ² /s	26,47	10,78
Bilangan asam, mg KOH/g	1,3	1,2
Kadar air, %	0,540	0,091
Bilangan peroksida, meq O ₂ /kg	9,2	4,1
Bilangan iodine, g I ₂ /100 g	25,43	16,92

LMG sebelum dimurnikan pada penelitian ini memiliki densitas 905,3–909,5 kg/m³. Densitas LMG-B

menunjukkan nilai paling kecil, sedangkan densitas LMG-C paling besar. Pada LMG, nilai densitas lebih berhubungan dengan keberadaan pengotor dalam bentuk padatan. Pengotor padatan tersebut salah satunya kontribusi dari terbentuknya material polimer sebagai dampak terjadinya reaksi polimerisasi selama proses penggorengan.

Terdapat kecenderungan yang konsisten bahwa seiring dengan semakin lama waktu penggorengan, jumlah material polimer yang terbentuk semakin meningkat (Adhikesavan *et al.*, 2022). Oleh karena, densitas LMG-C paling besar diantara LMG lainnya diperkirakan sebagai akibat dari waktu rata-rata penggorengan dan/ masa pakai LMG-C lebih lama dibandingkan dengan LMG jenis lain.

Viskositas minyak berhubungan dengan bilangan asam. Semakin tinggi bilangan asam, pada umumnya mengakibatkan viskositas minyak akan meningkat (Alias *et al.*, 2018). Kecenderungan tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini, dimana LMG-B dengan bilangan asam tertinggi (1,6 mg KOH/g) memiliki viskositas tertinggi (27,59 mm²/s).

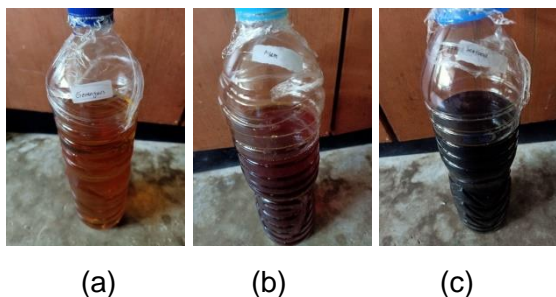
Bilangan peroksida pada LMG menunjukkan pengotor berupa senyawa peroksida, khususnya hidroperoksida, sebagai dampak dari reaksi oksidasi struktur molekul minyak selama proses penggorengan (Sanli *et al.*, 2011). Nilai bilangan peroksida menunjukkan kecenderungan yang kurang konsisten terhadap lamanya waktu penggorengan

dan/ masa pakai minyak goreng (Adhikesavan *et al.*, 2022). Sedangkan bilangan iodin mengindikasikan kadar ikatan rangkap pada struktur molekul minyak. Total ketidakjenuhan rantai karbon pada struktur molekul LMG semakin menurun, yang berarti bilangan iodinnya semakin rendah, seiring dengan waktu penggorengan dan/ masa pakai minyak goreng yang semakin lama (Adhikesavan *et al.*, 2022). Hal tersebut menunjukkan, semakin lama waktu penggorengan dan/ masa pakai minyak goreng, maka potensi ikatan rangkap pada struktur molekul minyak mengalami desaturasi akibat reaksi oksidasi, hidrolisis, dan polimerisasi akan semakin meningkat.

Setelah tahap pemurnian LMG, berdasar data pada Tabel 1, 2, dan 3, nilai semua parameter kualitas LMG untuk semua jenis LMG mengalami penurunan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tahap pemurnian terhadap LMG relatif mampu untuk memisahkan berbagai jenis pengotor pada LMG.

Hasil penelien lain bersesuaian dengan hasil studi ini, bahwa LMG memiliki karakteristik bervariasi. Terkait parameter bilangan asam sebagai contoh. Farooq *et al.* (2015) melaporkan bilangan asam LMG dari penggorengan ayam krispi adalah 35,4 g KOH/g. Sedangkan bilangan asam LMG dari penggorengan campuran bahan pangan sebesar 28,5 mg KOH/g (Aworanti *et al.*, 2019), dan 36,0 mg KOH/g (Al-Saadi *et al.*, 2020). Tampilan fisik dari ketiga jenis

LMG sebelum tahap pemurnian ditampilkan pada Gambar 1.



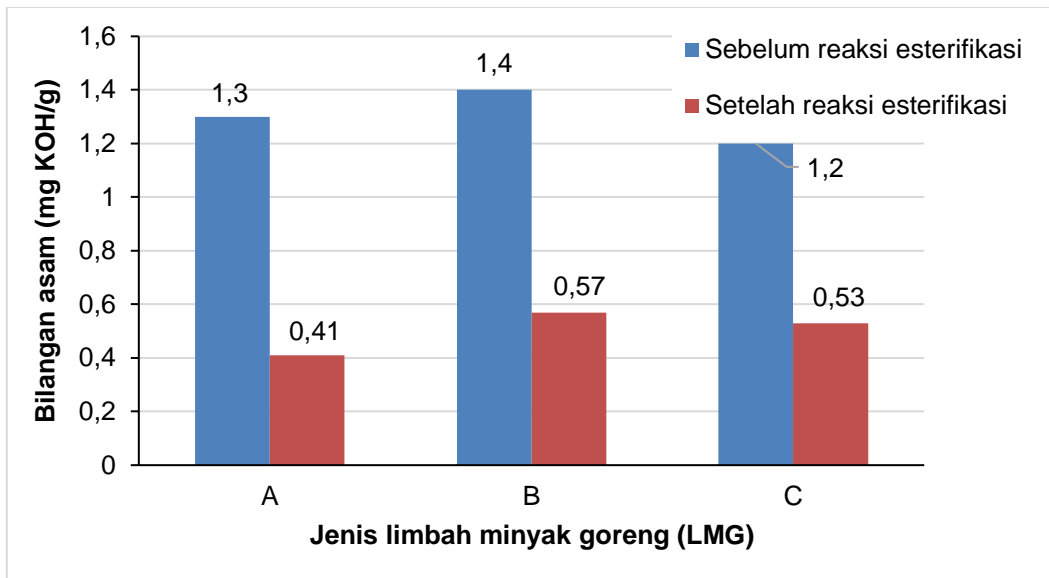
Gambar 1. Tampilan fisik LMG: (a) LMG-A, (b) LMG-B, (c) LMG-C

3.2. Tahap Esterifikasi LMG

Tahap esterifikasi terhadap LMG dimaksudkan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas. Pada tahap ini, asam lemak bebas diubah menjadi metil atau etil ester (biodiesel), tergantung pada jenis alkohol yang digunakan. Kadar asam lemak bebas pada penelitian ini direpresentasikan oleh bilangan asam. Bilangan asam yang tinggi dari LMG dapat menyebabkan terganggunya reaksi transesterifikasi dengan katalis basa homogen, yaitu terbentuknya sabun, sehingga dapat berakibat pada menurunnya efisiensi konversi trigliserida pada LMG menjadi biodiesel (Ho *et al.*, 2014).

Perbandingan bilangan asam dari LMG antara sebelum dan setelah

esterifikasi ditampilkan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa setelah esterifikasi, nilai bilangan asam dari LMG mengalami penurunan secara signifikan. Penurunan bilangan asam ini disebabkan karena pada reaksi esterifikasi, katalis asam membantu pengkonversian asam lemak bebas menjadi metil ester dan air (van Gerpen *et al.*, 2004). Penurunan bilangan asam dari LMG paling signifikan terjadi pada esterifikasi terhadap LMG-A, yaitu terjadi penurunan bilangan asam sekitar 68,5%. Sedangkan pada esterifikasi terhadap LMG-B dan LMG-C, penurunan bilangan asam berturut-turut sebesar 59,3 dan 55,8%. Perbedaan tingkat penurunan bilangan asam dari ketiga jenis LMG tersebut, jika ditinjau dari teori kesetimbangan reaksi, disebabkan oleh perbedaan kadar air di dalam masing-masing jenis LMG. Sesuai pernyataan van Gerpen *et al.* (2004) tentang reaksi esterifikasi, pada kondisi kesetimbangan, kadar air yang lebih tinggi di dalam LMG, sesuai azas Le Chatelier, akan menyebabkan terjadinya pergeseran reaksi ke arah penguraian kembali metil ester yang sudah terbentuk menjadi asam lemak bebas. Oleh karena itu, LMG



Gambar 2. Perbandingan bilangan asam LMG antara sebelum dan setelah esterifikasi

dengan kadar air awal lebih tinggi, pada tahap esterifikasi ini akan mengalami penurunan bilangan asam lebih rendah. Visualisasi dari LMG pada akhir reaksi esterifikasi dan pemurniannya dengan pencucian ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan fisik LMG setelah esterifikasi: akhir reaksi (kiri) dan pencucian (kanan)

3.3. Rendemen dan Karakteristik Biodiesel dari LMG dari Tahap Transesterifikasi

Setelah tahap esterifikasi, LMG selanjutnya mengalami tahap transesterifikasi dengan katalis basa

homogen, kalium hidroksida, dalam bentuk larutan kalium metoksida. Larutan metoksi ini (hasil dari reaksi antara metanol dan kalium hidroksida) berfungsi sebagai nukleofilik untuk menyerang ikatan karbonil yang terdapat pada trigliserida di dalam minyak (Rezeika *et al.*, 2018).

Tampilan fisik dari tahap transesterifikasi untuk sintesis biodiesel ditampilkan pada Gambar 4. Produk biodiesel dari ketiga jenis LMG setelah pemurnian divisualisasikan pada Gambar 5. Sedangkan rendemen dan karakteristik biodiesel dari tahap transesterifikasi terhadap berbagai jenis LMG ditampilkan pada Gambar 6 dan Tabel 4.

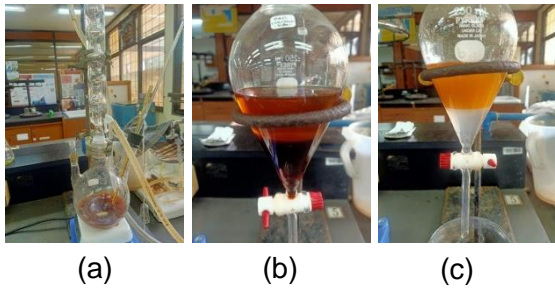
Rendemen biodiesel dari LMG-B (LMG dari limbah penggorengan ayam goreng krispi), pada Gambar 6, menunjukkan nilai paling tinggi, sedangkan LMG-A (LMG dari limbah penggorengan gorengan) dihasilkan

biodiesel dengan rendemen paling rendah. Perbedaan rendemen biodiesel dari bahan baku LMG dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama karakteristik dari LMG yang bervariasi antar berbagai jenis sumber LMG setelah tahap pemurnian.

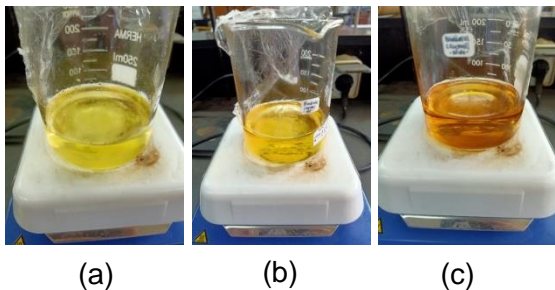
Berdasarkan data karakteristik LMG pada Tabel 1, 2, dan 3, parameter bilangan peroksida berpengaruh paling signifikan terhadap rendemen biodiesel. LMG-B dengan bilangan peroksida paling sedikit, terkonversi menjadi biodiesel secara lebih efektif. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengotor dalam bentuk

senyawa-senyawa hasil oksidasi merupakan faktor pengganggu paling potensial pada reaksi transesterifikasi LMG menjadi biodiesel.

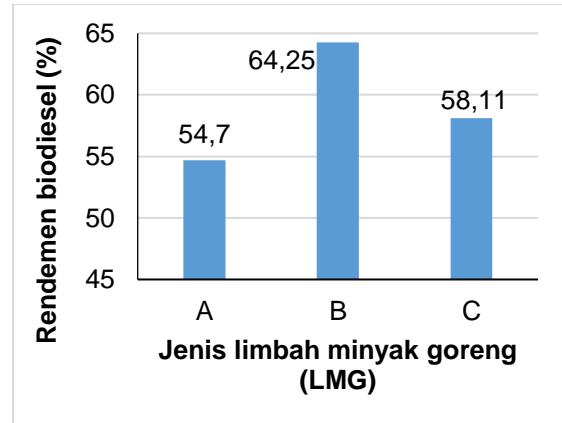
Karakteristik biodiesel dari ketiga jenis LMG pada penelitian ini, berdasarkan hasil karakterisasi yang ditampilkan pada Tabel 4, secara umum telah memenuhi SNI Biodiesel (SNI 7182-2015) untuk semua jenis parameter kualitas. Hanya biodiesel dari LMG-B (LMG dari penggorengan ayam goreng krispi) yang memiliki bilangan asam sedikit lebih tinggi daripada standar menurut SNI Biodiesel (SNI 7182-2015).



Gambar 4. Tahap transesterifikasi: (a) pereaksian, (b) pemisahan gliserol, (c) pencucian katalis



Gambar 5. Biodiesel setelah pemurnian dari: (a) LMG-A, (b) LMG-B, (c) LMG-C



Gambar 6. Rendemen biodiesel dari transesterifikasi tiga jenis LMG

Tabel 4. Perbandingan karakteristik biodiesel dari tiga jenis LMG

Jenis LMG	Karakteristik biodiesel					
	Densitas ^a (kg/m ³)	Viskositas ^a (mm ² /s)	Bilangan asam (mg KOH/g)	Bilangan peroksida (meq O ₂ /kg)	Kadar air (%)	Angka cetana
A	849,4	3,95	0,37	3,3	0,048	65,81
B	865,4	5,33	0,53	2,5	0,050	65,74
C	862,2	4,30	0,49	2,5	0,046	66,81
SNI ^b	840-890	2,3-6,0	Maks. 0,5	Maks. 10	Maks. 0,05	Min. 51

Keterangan: ^a diukur pada suhu 40°C, ^b SNI Biodiesel (SNI 7182-2015)

KESIMPULAN

Limbah minyak goreng (LMG) dari tiga sumber berbeda, yaitu limbah dari penjual gorengan, ayam goreng krispi, dan *seafood* memiliki karakteristik (densitas, viskositas, bilangan asam, bilangan peroksida, kadar air, dan bilangan iodin) bervariasi. Perbedaan karakteristik LMG sebagai bahan baku sintesis biodiesel berpengaruh terhadap kinerja pada tahap esterifikasi dan transesterifikasi dengan katalis homogen.

Pada tahap esterifikasi, LMG dengan kadar air paling sedikit akan mengalami tingkat penurunan bilangan asam paling besar. Sedangkan pada tahap transesterifikasi, perbedaan karakteristik LMG mengakibatkan perbedaan rendemen dan kualitas biodiesel. Rendemen biodiesel dari LMG penjual gorengan, ayam krispi, dan *seafood* berturut-turut sebesar 54,7; 64,25; dan 58,11%.

Biodiesel dari ketiga jenis LMG dapat disimpulkan relatif sudah memenuhi standar kualitas menurut SNI Biodiesel (SNI 7182-2015). Hanya biodiesel dari LMG penjual ayam krispi, untuk parameter

bilangan asam, sedikit kurang memenuhi syarat kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikesavan, C., Ganesh, D. & Charles Augustin, V. 2022. Effect of quality of waste cooking oil on the properties of biodiesel, engine performance and emissions. *Cleaner Chemical Engineering*, 4(100070), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.clce.2022.100070>
- Alias, N. I., Javendra, K. & Shahrom, M. Z. 2018. Characterization of waste cooking oil for biodiesel production. *Journal of Kejuruteraan*, 1(2), 79–83. [http://dx.doi.org/10.17576/jkukm-2018-si1\(2\)-10](http://dx.doi.org/10.17576/jkukm-2018-si1(2)-10)
- Al-Saadi, A., Mathan, B. & He, Y. 2020. Biodiesel production via simultaneous transesterification and esterification reactions over SrO–ZnO/Al₂O₃ as a bifunctional catalyst using high acidic waste cooking oil. *Chemical Engineering Research & Design*, 162, 238–248. <https://doi.org/10.1016/J.CHERD.2020.08.018>
- Aworanti, O.A., Ajani, A. O. & Agarry, S. E. 2019. Process parameter estimation of biodiesel production from waste frying oil (vegetable and palm oil) using homogeneous catalyst. *Journal of Food Processing & Technology*, 10(Issue 9), 1–10. <https://doi.org/10.35248/2157-7110.19.10.811>
- Azam, M. M., Waris, A. & Nahar, N. M. 2005. Prospects and potential of fatty

- acid methyl esters of some nontraditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass Bioenergy*, 29, 293–302. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.05.001>
- Costa, M. J., Silva, M. R. L., Ferreira, E. E. A., Carvalho, A. K. F., ... 2020. Enzymatic biodiesel production by hydroesterification using waste cooking oil as feedstock. *Chemical Engineering and Processing- Process Intensification*, 157(108131). <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108131>
- Energy Institute. 2024. Statistical Review of World Energy, 73th Edition. Tersedia online di <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- Farooq, M. & Ramli, A. 2015. Biodiesel production from low FFA waste cooking oil using heterogeneous catalyst derived from chicken bones. *Renewable Energy*, 76, 362–368. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2014.11.042>
- Gaur, A., Mishra, S., Chowdhury, S., Baredar, P., & Verma, P. 2020. A review on factor affecting biodiesel production from waste cooking oil: an Indian perspective. *Materials Today: Proceedings*, 46, 5594–5600. <https://doi.10.1016/j.matpr.2020.09.432>
- Ho, K.C., Chen, C.L., Hsiao, P.X., Wu, M.S., Huang, C.C. & Chang, J.S. 2014. Biodiesel production from waste cooking oil by two-step catalytic conversion. *Energy Procedia*, 1302–1305.
- Monika, Banga, S., & Pathak, V. V. 2023. Biodiesel production from waste cooking oil: A comprehensive review on the application of heterogenous catalysts. *Energy Nexus*, 10(100209), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100209>
- PT Pertamina. 2023. Pertamina Energy Outlook 2023: Panduan Transisi Energi Indonesia. Jakarta.
- Sahar, Sadaf, S., Iqbal, J., Ullah, I., Bhatti, H. N., Nouren, S., Habib-ur-Rehman, Nisar, J. & Iqbal, M. 2018. Biodiesel production from waste cooking oil: An efficient technique to convert waste into biodiesel. *Sustainable Cities and Society*, 41, 220–226.
- Salomo, B. R., Haryono & Natanael, C. L. 2016. Pengolahan awal jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajaran Kimia*, Jatinangor 30 Mei 2016.
- Sanli, H., Canakci, M. & Alptekin, E. 2011. Characterization of waste frying oils obtained from different facilities. *World Renewable Energy Congress*, 8-13 May 2011, 479–485. Linköping–Sweden.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 7182:2015. 2015. Biodiesel. Badan Standarsisasi Nasional.
- Supardan, M. D., Satriana & Mahlinda. 2012. Biodiesel production from waste cooking oil using hydrodynamic cavitation. *Makara Teknologi*, 16(2), 157–162.
- Suzihaque, M. U. H., Alwi, H., Ibrahim, U. K., Abdullah, S. & Haron, N. 2022. Biodiesel production from waste cooking oil: A brief review. *Materials Today: Proceedings*, 63, S490–S495. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.527>
- Talebian-Kiakalaieh, A., Amin, N. A. S., Mazaheri, H. 2013. A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking oil. *Applied Energy*, 104, 683–710. <https://doi.10.1016/j.apenergy.2012.11.061>
- van Gerpen, J., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D. & Knothe, G. 2004 *Biodiesel Production Technology*. Colorado.