



PENGARUH JENIS MINYAK NABATI TERHADAP SINTESIS BIODIESEL DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS DARI CANGKANG TELUR

Wilda Azizah Yusri, Rizka Mulyawan*, Rizka Nurlaila, Wiza Ulfa Fibarzi, Suryati

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

*e-mail: rmulyawan@unimal.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas sintesis biodiesel dari minyak kemiri sunan, minyak jarak, dan minyak biji mimba melalui reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO dari cangkang telur. Penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya, yang belum pernah dilakukan adalah Menganalisis pengaruh jenis minyak nabati terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan. Pengaruh variasi massa katalis dan jenis minyak nabati terhadap yield, densitas, viskositas, angka asam, dan kadar air biodiesel dievaluasi. Hasil menunjukkan bahwa yield tertinggi tercapai pada 3 gram katalis untuk semua jenis minyak. Densitas dan viskositas biodiesel meningkat dengan penambahan katalis, tetapi masih memenuhi standar SNI. Angka asam dan kadar air juga sesuai dengan standar yang ditetapkan. Analisis GC-MS menunjukkan komposisi senyawa metil ester yang sesuai dengan asam lemak pada minyak biji mimba. Penelitian ini memberikan wawasan tentang potensi penggunaan katalis CaO dari limbah cangkang telur dalam sintesis biodiesel dan memberikan solusi alternatif energi yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Biodiesel, Transesterifikasi, Katalis CaO, GC-MS, Minyak Nabati

DOI : <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i5.16348>

1. Pendahuluan

Permasalahan energi merupakan salah satu isu utama yang dihadapi oleh hampir seluruh negara di dunia. Peningkatan kebutuhan energi demi menopang pertumbuhan ekonomi menyebabkan persediaan energi konvensional semakin menipis. Indonesia, yang masih bergantung pada bahan bakar minyak (BBM) terutama untuk transportasi dan industri, mengalami penurunan cadangan dan produksi BBM sebesar 10% per tahun, sementara konsumsi meningkat rata-rata 6% per tahun. Akibatnya, Indonesia menghadapi kelangkaan BBM dan harga

yang semakin mahal. Oleh karena itu, diperlukan alternatif energi yang lebih murah dan terbarukan (Mohamed *et al.*, 2015). Salah satu alternatif yang potensial adalah biodiesel, yang ramah lingkungan dan memiliki emisi rendah (Krishnaprabu, 2019).

Biodiesel diproduksi melalui proses transesterifikasi, di mana minyak nabati atau lemak hewan diubah menjadi biodiesel (*ester metil atau etil*) dan gliserol. Proses ini menggunakan katalis untuk mempercepat reaksi. Katalis basa homogen seperti NaOH dan KOH sering digunakan namun memiliki kelemahan karena sulit dipisahkan dari campuran reaksi dan dapat mencemari lingkungan. Alternatifnya adalah katalis basa heterogen seperti CaO yang dapat dibuat dari kalsinasi CaCO₃, salah satu sumbernya adalah kulit telur. Katalis ini lebih mudah dipisahkan, dapat digunakan kembali, dan relatif murah (Nurlis, Bahri and Saputra, 2017).

Penelitian menunjukkan bahwa katalis CaO dari cangkang telur menghasilkan aktivitas katalitik tinggi dalam produksi biodiesel, dengan rendemen metil ester asam lemak lebih dari 95%. Selain itu, jenis minyak nabati yang digunakan juga mempengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan (Usman, Wulandari and Suradi, 2016). Misalnya, minyak kelapa sawit dan minyak jarak memiliki komposisi trigliserida yang berbeda yang dapat mempengaruhi yield, asam lemak bebas, viskositas, dan sifat-sifat lain dari biodiesel (NguyenThi, Bazile and Bessières, 2018).

Penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya, yang belum pernah dilakukan adalah Menganalisis pengaruh jenis minyak nabati terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan. Sehingga dapat diketahui pengaruh konsentrasi katalis CaO dari cangkang telur terhadap rendemen metil ester hasil reaksi transesterifikasi minyak Nabati dengan metanol, serta membandingkan pengaruh jenis minyak nabati yang berbeda terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Hal ini diharapkan dapat mengevaluasi potensi penggunaan katalis dari limbah cangkang telur dalam sintesis biodiesel dan memberikan solusi alternatif energi yang berkelanjutan bagi Indonesia.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *beaker glass*, neraca analitik, labu leher tiga, seperangkat alat distilasi, *magnetic stirrer*, termometer, *oven*, corong pemisah, kertas saring, piknometer, *hot plate*, kondensor, Erlenmeyer, viskometer Ostwald, *furnace*, dan ayakan 100 *mesh*. Bahan-bahan yang digunakan mencakup minyak jarak, minyak biji mimba, minyak kemiri sunan, indikator PP, aquadest, KOH 0,1 N, metanol, cangkang telur, dan NaOH 0,1 N.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Universitas Malikussaleh selama satu bulan. Variabel tetap dalam penelitian ini meliputi kecepatan pengadukan 400 rpm, suhu kalsinasi 850°C, waktu reaksi 90 menit, suhu reaksi 65°C, perbandingan mol minyak dan metanol 1:10, waktu kalsinasi 240 menit, ukuran katalis 100 mesh, dan volume masing-masing minyak 100 ml. Variabel bebasnya adalah jenis minyak nabati (minyak jarak, minyak biji mimba, minyak kemiri sunan) dan berat katalis (2, 3, 4, dan 5 gram per 100 ml minyak). Variabel terikatnya meliputi kadar FFA, densitas, viskositas, kadar air, %yield, dan angka asam.

Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan bahan baku, di mana minyak jarak, minyak biji mimba, dan minyak kemiri sunan dianalisis kandungan asam lemak bebasnya. Proses pembuatan katalis melibatkan kalsinasi cangkang telur pada suhu 850°C selama 4 jam, kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh. Dalam pembuatan biodiesel, minyak nabati dan katalis CaO dicampur dalam labu leher tiga dengan pengadukan 400 rpm pada suhu 65°C selama 90 menit. Setelah reaksi selesai, campuran didiamkan selama 24 jam untuk memisahkan metil ester dari gliserol.

Pengujian produk biodiesel dilakukan dengan menghitung %Yield, menganalisis kadar FFA, angka asam, densitas, viskositas, dan kadar air. Analisis GC-MS dilakukan untuk menentukan komponen metil ester hasil reaksi transesterifikasi. Diagram alir proses pembuatan katalis dan biodiesel serta

rancangan penelitian disajikan dalam tabel, menunjukkan variasi jenis minyak dan berat katalis yang digunakan.

3. Hasil dan Diskusi

Penelitian ini menyintesis biodiesel dari minyak kemiri sunan, minyak jarak, dan minyak biji mimba melalui reaksi transesterifikasi. Analisis awal menunjukkan bahwa masing-masing minyak mengandung asam lemak bebas (FFA) berbeda: minyak kemiri sunan 3,243%, minyak jarak 2,840%, dan minyak biji mimba 2,442%. Menurut Andalia and Pratiwi (2019), FFA lebih dari 2% dapat menyebabkan reaksi penyabunan saat transesterifikasi, sehingga diperlukan penurunan FFA melalui esterifikasi. Namun, katalis heterogen seperti CaO dari cangkang telur tidak sensitif terhadap FFA dan dapat melakukan esterifikasi dan transesterifikasi secara bersamaan.

Percobaan menggunakan metanol dengan kemurnian 99% dan variasi jumlah katalis CaO (2, 3, 4, dan 5 gram) pada 100 ml minyak dengan suhu reaksi 65°C dan rasio metanol: minyak 1:6 selama 90 menit. Reaksi dilakukan dalam erlenmeyer dengan kondensor dan pengadukan *magnetic stirrer* 400 rpm. Setelah reaksi, campuran dipisahkan; fasa atas biodiesel dan fasa bawah gliserol. Katalis dipisahkan dengan sentrifugasi dan dekantasi.

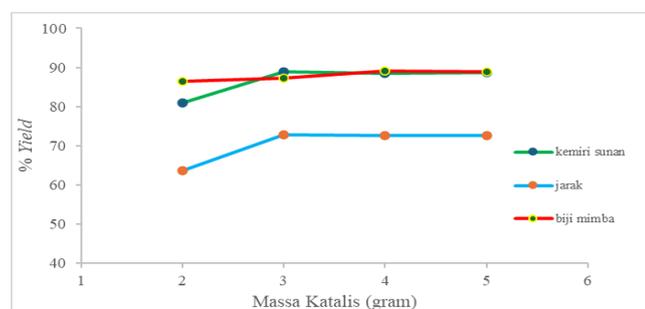
Tabel 1. Hasil Transesterifikasi Minyak Nabati dengan Katalis CaO

No	Jenis Minyak	Katalis CaO (gr)	Uji Biodiesel				
			Yield (%)	Densitas (gr/ml, 40°C)	Viskositas (Cst, 40°C)	Kadar Air (%)	Angka Asam (Mg - KOH/gr)
1	Minyak Kemiri Sunan	2	81,00	0,884	3,995	0,029	0,112
		3	88,85	0,889	4,277	0,030	0,112
		4	88,42	0,942	4,409	0,028	0,168
		5	88,67	0,988	4,694	0,032	0,112
2	Minyak Jarak	2	63,57	0,870	2,248	0,022	0,280
		3	72,91	0,868	2,996	0,021	0,280
		4	72,70	0,888	3,595	0,025	0,224
		5	72,68	0,987	3,660	0,026	0,168
3	Minyak Biji Mimba	2	86,45	0,826	3,460	0,028	0,392
		3	87,30	0,866	3,545	0,028	0,392
		4	89,17	0,858	3,745	0,026	0,448

5	88,91	0,935	3,795	0,026	0,392
---	-------	-------	-------	-------	-------

3.1 Pengaruh Variasi Massa Katalis dan Jenis Minyak Nabati Terhadap Yield

Yield dianalisis dengan membandingkan berat produk dengan bahan baku. Penelitian ini menggunakan katalis CaO dari cangkang telur dengan variasi 2, 3, 4, dan 5 gram. Katalis mempercepat reaksi transesterifikasi, yang membentuk ester dari asam lemak minyak nabati menggunakan alkohol. Suhu reaksi adalah 65°C. Pengaruh variasi massa katalis dan jenis minyak nabati terhadap yield ditunjukkan pada Gambar.

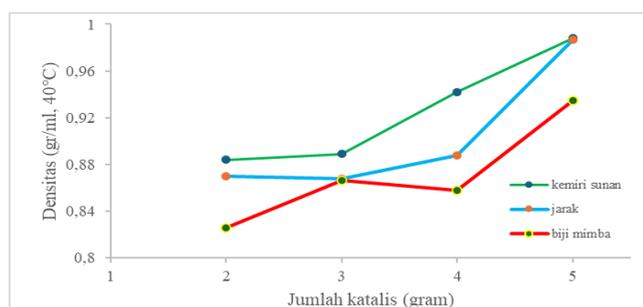


Gambar 1. Pengaruh Variasi Massa Katalis dan Jenis Minyak Nabati Terhadap Yield

Gambar 1. menunjukkan hubungan antara jumlah katalis CaO dan yield metil ester untuk berbagai jenis minyak nabati. Yield tertinggi untuk minyak kemiri sunan terjadi pada 3 gram katalis dengan 88,85%. Meningkatkan katalis hingga 4 dan 5 gram menurunkan yield karena campuran menjadi terlalu kental, menghambat pencampuran. Untuk minyak jarak, yield tertinggi juga tercapai pada 3 gram katalis sebesar 88,85%. Penambahan katalis tidak meningkatkan yield, karena konsistensi campuran yang lebih kental mengurangi efisiensi reaksi. Pada minyak biji mimba, yield tertinggi adalah 88,85% pada 4 gram katalis. Penambahan katalis lebih dari 4 gram tidak meningkatkan yield, menunjukkan jumlah katalis optimum adalah 4 gram. Minyak biji mimba membutuhkan lebih banyak katalis dibandingkan minyak kemiri sunan dan minyak jarak, mungkin karena perbedaan massa sampel dan kondisi transesterifikasi yang kurang optimal. Perbedaan yield juga terkait dengan kadar FFA, di mana minyak kemiri sunan dengan FFA tertinggi (3,243%) menghasilkan lebih banyak gliserol dibandingkan minyak biji mimba (FFA 2,442%) (Cahyati and Pujaningtyas, 2017).

3.2 Pengaruh Variasi Massa Katalis dan jenis minyak nabati Terhadap Densitas

Densitas atau massa jenis adalah karakteristik penting bahan bakar yang berkaitan dengan konversi satuan dan perhitungan kandungan energi. Densitas diukur sebagai massa per satuan volume, dengan satuan seperti kg/m^3 atau g/cm^3 (Hoekman *et al.*, 2018). Pengaruh variasi katalis dan jenis minyak nabati terhadap densitas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Variasi Massa Katalis dan Jenis minyak nabati Terhadap Densitas

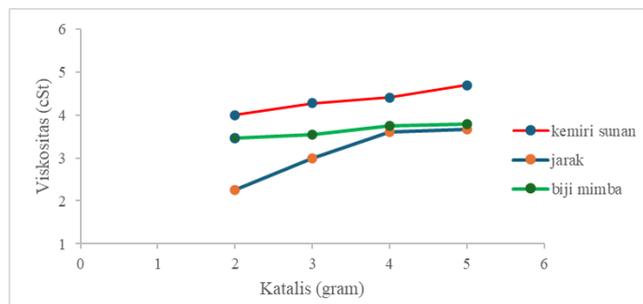
Pada Gambar 2, terlihat bahwa densitas meningkat dengan penambahan katalis. Pada minyak kemiri sunan, densitas dengan penambahan 2, 3, 4, dan 5 gram katalis adalah 0,884; 0,889; 0,942; dan 0,998 gr/ml. Densitas tertinggi dicapai dengan 5 gram katalis, namun hanya penambahan 2 dan 3 gram yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2019 untuk biodiesel. Pada minyak jarak, densitasnya adalah 0,870; 0,868; 0,888; dan 0,987 gr/ml. Hanya penambahan 2, 3, dan 4 gram katalis yang sesuai dengan SNI. Minyak biji mimba memiliki densitas 0,826; 0,866; 0,858; dan 0,935 gr/ml. Densitas sesuai SNI hanya untuk penambahan 2, 3, dan 4 gram katalis.

Tren kenaikan densitas terkait dengan konversi biodiesel. Lebih banyak katalis menyebabkan lebih banyak zat sisa yang meningkatkan densitas. Minyak kemiri sunan, jarak, dan biji mimba menunjukkan densitas yang berbeda karena perbedaan kandungan asam lemak tak jenuh, yang lebih tinggi pada minyak kemiri sunan (94,2%), minyak jarak (81,3%), dan minyak biji mimba (67,62%) (Aunillah and Pranowo, 2018). Densitas berbanding terbalik dengan suhu, di mana kenaikan suhu menurunkan densitas karena peningkatan volume.

Penelitian sebelumnya juga mencatat bahwa kandungan asam lemak tak jenuh mempengaruhi densitas biodiesel, dengan minyak yang lebih kaya asam lemak tak jenuh menghasilkan densitas yang lebih tinggi. Beberapa penelitian melaporkan densitas dalam bentuk *specific gravity* (SG), mengaitkannya dengan temperatur dan komponen biodiesel. Penelitian lain menyarankan untuk mempertimbangkan faktor fungsi fraksi massa dari komponen dalam biodiesel untuk mengukur densitas yang lebih akurat.

3.3 Pengaruh Variasi Massa Katalis dan Jenis minyak nabati Terhadap Viskositas

Viskositas adalah ukuran hambatan cairan terhadap aliran, dengan cairan kental seperti gliserin, madu, dan minyak mengalir lebih lambat Viskositas tinggi memperlambat aliran fluida dalam pipa kapiler. Menurut SNI 2019, viskositas biodiesel harus antara 2,3 – 6,0 cSt. Pengaruh variasi katalis dan jenis minyak nabati terhadap viskositas ditunjukkan pada gambar 3.



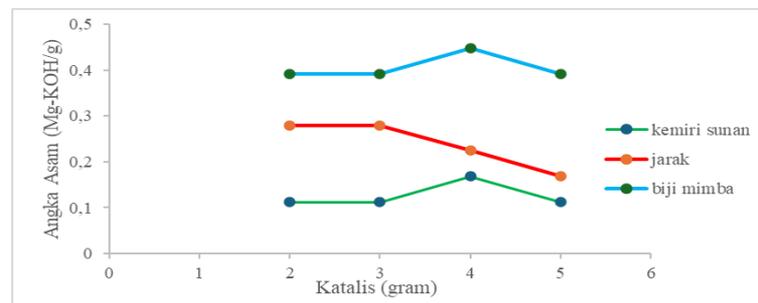
Gambar 3. Pengaruh Variasi Massa Katalis (gram) dan Jenis minyak nabati Terhadap Viskositas (Cst,40°C)

Dari Gambar 4.3, terlihat bahwa penambahan katalis meningkatkan viskositas biodiesel. Pada minyak kemiri sunan, viskositas meningkat dari 3,995 cSt (2 gram katalis) hingga 4,694 cSt (5 gram katalis), sesuai dengan SNI 2019 (2,3-6,0 cSt). Minyak jarak menunjukkan viskositas dari 2,247 cSt (2 gram katalis) hingga 3,660 cSt (5 gram katalis), dengan penambahan katalis 3 gram ke atas sesuai dengan SNI. Minyak biji mimba memiliki viskositas dari 3,460 cSt (2 gram katalis) hingga 3,795 cSt (5 gram katalis), semuanya sesuai dengan SNI. Viskositas berbanding lurus dengan densitas, yang dipengaruhi oleh panjang

rantai asam lemak dan tingkat ketidakjenuhan. Minyak kemiri sunan dengan asam lemak tak jenuh tertinggi (94,2%) memiliki viskositas lebih tinggi dibanding minyak jarak (81,30%) dan minyak biji mimba (67,62%).

3.4 Pengaruh Variasi Massa Katalis dan Jenis Minyak Nabati Terhadap Angka Asam

Angka asam digunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas (FFA) dalam minyak, dinyatakan dalam mg KOH per gram minyak. Metode ini melibatkan titrasi dengan KOH, di mana alkohol 95-96% digunakan untuk melarutkan minyak. Alkohol dipanaskan menggunakan penangas air karena titik didihnya lebih rendah dari air. Penambahan 5 tetes indikator phenolphthalein (pp) menunjukkan apakah sampel bersifat asam atau basa. Setelah titrasi dengan KOH 0,1 N, larutan alkohol dan minyak berubah warna menjadi merah muda, menandakan bahwa larutan bersifat basa. Titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna indikator yang menunjukkan reaksi telah sempurna.



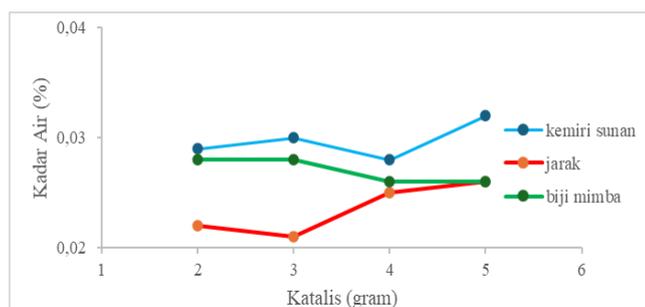
Gambar 4. Pengaruh Variasi Massa Katalis (gram) dan Jenis Minyak nabati Terhadap Angka Asam (Mg-KOH/gr)

Gambar 3 menunjukkan bahwa angka asam minyak tidak konstan dan fluktuatif. Pada minyak kemiri sunan, angka asam tertinggi 0,168 mg-KOH/g dicapai dengan 4 gram katalis, sedangkan pada minyak jarak angka tertinggi 0,280 mg-KOH/g dengan 4 gram katalis, dan pada minyak biji mimba angka tertinggi 0,448 mg-KOH/g juga dengan 4 gram katalis. Semua hasil ini memenuhi standar SNI 2019 yang menetapkan batas angka asam biodiesel 0,5 mg-KOH/g. Penurunan kestabilan oksidasi disebabkan oleh kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi, dengan minyak kemiri sunan memiliki 94,2%, minyak jarak 81,30%, dan minyak biji mimba 67,62%. Kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi

cenderung menurunkan angka asam, sedangkan FFA dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan, pengolahan, penyimpanan, oksidasi, dan kandungan air saat transesterifikasi.

3.5 Pengaruh Variasi Massa Katalis dan Jenis Minyak Nabati Terhadap Kadar Air

Pada pembuatan biodiesel, minyak nabati atau hewani yang digunakan harus bebas air, karena air mengurangi efisiensi katalis dan dapat menyebabkan korosi serta menyumbat aliran bahan bakar melalui pembentukan kristal dan pertumbuhan mikroorganisme (Oko *et al.*, 2021). Kandungan air dalam biodiesel mempengaruhi kemudahan menyala, kecepatan pembakaran, dan penjalaran api. Pengaruh variasi katalis dan suhu reaksi terhadap kadar air dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Variasi Massa Katalis (gram) dan Jenis minyak nabati Terhadap Kadar Air (%)

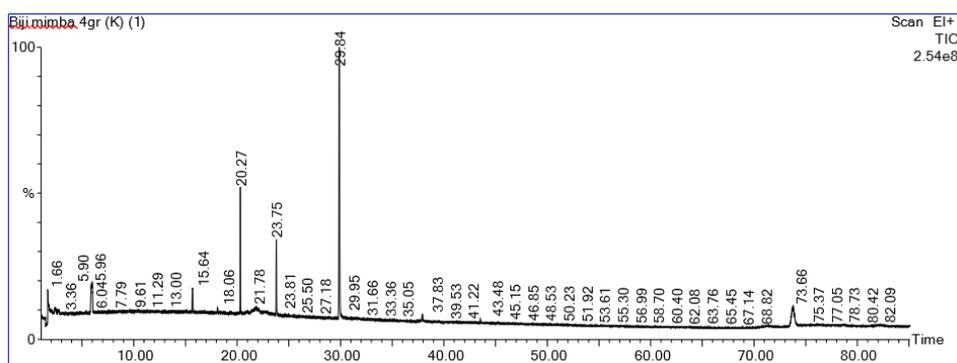
Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air dalam biodiesel bervariasi dan cenderung naik-turun selama proses transesterifikasi. Pada minyak kemiri sunan, kadar air dengan penambahan katalis berkisar antara 0,028% hingga 0,032%, memenuhi standar SNI 2019 yang mengatur kadar air maksimum sebesar 0,05%. Hal serupa juga terjadi pada minyak jarak dan minyak biji mimba, di mana kadar air yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Penurunan kadar air biodiesel ini disebabkan oleh peningkatan persentase katalis yang digunakan dan adanya reaksi hidrolisis antara trigliserida dan molekul air, membentuk gliserol dan asam lemak bebas. Rendahnya kadar air dalam biodiesel mengurangi kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis dan menurunkan kandungan asam lemak. Oleh karena itu, kadar air yang rendah

dalam biodiesel sangat penting untuk menghindari penurunan panas pembakaran, korosi, dan pertumbuhan mikroba yang dapat mengotori bahan bakar (Adhani *et al.*, 2020).

3.6 Analisa Komposisi Senyawa Hidrokarbon Pada Biodiesel

Analisis komposisi senyawa hidrokarbon pada biodiesel menggunakan GC-MS, metode yang menggabungkan kromatografi gas dan spektrometri massa. Minyak biji mimba setelah transesterifikasi dengan 4 gram katalis dipilih karena memenuhi standar SNI mutu biodiesel. GC-MS memisahkan senyawa-senyawa berdasarkan rantai karbon, dengan ester rantai pendek keluar terlebih dahulu diikuti oleh rantai karbon yang lebih panjang. Metode ini memanfaatkan dua fase, yaitu fase diam dengan permukaan yang luas dan fase gas yang melewati fase diam. Hasil analisis komposisi senyawa biodiesel tersaji pada gambar 6.



Gambar 6. Kromatogram Analisis Komposisi Biodiesel Menggunakan Alat GC-MS

Gambar 6 merupakan kromatogram analisis komposisi biodiesel menggunakan alat GC-MS. Dari kromatogram tersebut menunjukkan bahwa penelitian ini menghasilkan metil ester yang sesuai dengan asam-asam lemak yang terkandung pada minyak biji mimba. Berdasarkan hasil dari GC-MS terdapat 50 puncak metil ester dari minyak biji mimba. Komponen asam lemak yang utama pada minyak biji mimba terdapat pada puncak tertinggi yaitu puncak 48 dengan asam linoleat sebesar 19,847%. Kemudian puncak tertinggi kedua adalah pada puncak 46 dengan asam lemak jenuh berupa asam *stearat* sebesar 2,218 %, pada puncak tertinggi ketiga adalah puncak 47 dengan asam lemak tidak jenuh berupa asam Linolenat sebesar 1,848%. Pada puncak 19 dengan asam lemak

jenuh berupa asam palmitat sebesar 0,557%. Selanjutnya pada puncak 4 dengan asam lemak tidak jenuh berupa asam pentadekanoik sebesar 0,233% dan pada puncak 45 dengan asam lemak tak jenuh asam oleat sebesar 0,040%.

4. Penutup

4.1 Simpulan

1. Penelitian menunjukkan bahwa jenis minyak nabati memengaruhi berbagai parameter biodiesel yang dihasilkan. Kebutuhan massa katalis, % yield, densitas, viskositas, angka asam, dan kadar air biodiesel dipengaruhi oleh komposisi asam lemak dan kandungan FFA dalam minyak nabati. Minyak dengan kandungan asam lemak tak-jenuh tinggi cenderung memiliki densitas dan viskositas yang lebih tinggi, sementara minyak dengan FFA tinggi menghasilkan lebih banyak gliserol.
2. Hasil GC-MS memverifikasi bahwa biodiesel yang dihasilkan adalah metil ester, dengan asam linoleat sebagai komponen utama pada minyak biji mimba. Kesimpulan ini menggarisbawahi pentingnya pemilihan jenis minyak nabati yang tepat untuk produksi biodiesel yang efisien dan berkualitas.

4.2 Saran

1. Menyelidiki penggunaan katalis CaO dari cangkang telur dalam sintesis biodiesel menunjukkan hasil yang menjanjikan.
2. Minyak biji mimba menonjol sebagai pilihan yang baik karena yield tertinggi dan kualitas biodiesel yang sesuai dengan standar.
3. Studi GC-MS memverifikasi komposisi biodiesel yang dihasilkan, menyoroti pentingnya pemilihan jenis minyak nabati yang tepat untuk produksi biodiesel berkualitas.

5. Daftar Pustaka

1. Adhani, L. *et al.* (2020) 'Analisis Efektivitas Katalis Fe/Zeolit pada Cracking Minyak Jelantah dalam Pembuatan Biofuel', *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(1), pp. 7–11.
Available at: <https://doi.org/10.33369/pendipa.4.1.7-11>
2. Andalia, W. and Pratiwi, I. (2019) 'Kinerja Katalis Naoh dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak

- Goreng Bekas', *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*, 7(2), pp. 66–73. Available at: <https://doi.org/10.36982/jtg.v7i2.549>.
3. Aunillah, A. and Pranowo, D. (2018) 'KARAKTERISTIK BIODIESEL KEMIRI SUNAN [Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw] MENGGUNAKAN PROSES TRANSESTERIFIKASI DUA TAHAP THE CHARACTERISTIC OF THE PHILIPPINE TUNG [Reutealis trisperma(Blanco) Airy Shaw] BIODIESEL PROCESSED THROUGH TWO STEP TRANSESTERI', *Buletin RISTRI*, 3(3), pp. 193–200. Available at: <https://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v3n3.2012.p193-200>
 4. Cahyati, E.D. and Pujaningtyas, L. (2017) 'Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Proses', 28(2), pp. 83–93. Available at: <https://doi.org/10.14710/teknik.v28i2.2116>
 5. Hoekman, S.K. *et al.* (2018) 'Review of biodiesel composition, properties, and specifications', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1). Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.143>
 6. Krishnaprabu, S. (2019) 'A Review on Biodiesel Production as Alternative Fuel', *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 7(2), pp. 258–266. Available at: <https://doi.org/10.18782/2320-7051.7441>.
 7. Mohamed, O. *et al.* (2015) 'Review Article Evaluating the role of the appropriate catalysts on the efficacy of biodiesel production from waste cooking oil', 3(5), pp. 468–473. Available at: [10.36347/sajb.2015.v03i05.009](https://doi.org/10.36347/sajb.2015.v03i05.009)
 8. NguyenThi, T.X., Bazile, J.-P. and Bessières, D. (2018) 'Density Measurements of Waste Cooking Oil Biodiesel and Diesel Blends Over Extended Pressure and Temperature Ranges', *Energies*, 11(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/en11051212>
 9. Oko, S. *et al.* (2021) 'Sintesis Biodiesel dari Minyak Kedelai Melalui Reaksi Transesterifikasi Dengan Katalis CaO/NaOH', *Jurnal Teknologi Volume*, 13(1), pp. 1–6. Available at: <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.13.1.1-6>.
 10. Usman, N.A., Wulandari, E. and Suradi, K. (2016) 'Pengaruh Jenis Minyak Nabati terhadap sifat Fisik dan Akseptabilitas Mayonnaise (The Effect of Various Vegetable Oils on Physical Properties and Accebtability of Mayonnaise)', *Jurnal Ilmu Ternak*, 15(2), pp. 6–6. Available at: <https://doi.org/10.24198/jit.v15i2.9521>