

## PENGARUH PENAMBAHAN KATALIS CaO DAN CaO TERIMPREGNASI KOH BERBASIS CANGKANG TELUR TERHADAP HASIL SINTESIS BODIESEL DARI MINYAK JARAK, MINYAK KELAPA DAN MINYAK KELAPA SAWIT

Agam Muarif<sup>1,2,3\*</sup>, Rizka Mulyawan<sup>1,3</sup>, Rizka Nurlaila<sup>1,2,3</sup>, Ahmad Fikri<sup>2,3</sup>, Nazlia Armita Sandi<sup>1</sup>, Vinkhan Cinta Buana Nasution<sup>1</sup>, Irma Syahrani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Material, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

<sup>3</sup>PUI PT TechnoPlast, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355.

\*Email: amuarif@unimal.ac.id

### Abstrak

*Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang sifatnya renewable energy dan ramah lingkungan yang dapat disintesis dari beberapa jenis minyak seperti minyak jarak, minyak kelapa, minyak kelapa sawit dan sebagainya. Hal ini didukung oleh kandungan senyawa yang terdapat dalam ketiga jenis minyak tersebut disertai dengan bahan baku yang mudah didapatkan dan dibudidayakan di Indonesia. Proses pembuatan biodiesel dari minyak melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan menggunakan bantuan katalis. Penelitian ini dilakukan untuk mensintesis biodiesel dari minyak jarak, minyak kelapa dan minyak kelapa sawit menggunakan katalis CaO dan CaO terimpregnasi KOH. Katalis yang digunakan berasal dari limbah cangkang telur melalui proses kalsinasi dengan suhu 900°C. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis minyak dan jenis katalis terhadap yield (%) dan komposisi biodiesel menggunakan GCMS. Hasil uji SEM-EDS katalis CaO dari cangkang telur menunjukkan bahwa morfologi katalis CaO terimpregnasi KOH memiliki pori-pori yang lebih kecil dibandingkan tanpa impregnasi karena telah disisipi oleh KOH dari proses impregnasi. Berdasarkan hasil uji yield (%) didapatkan hasil terbaik yaitu pada sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit, minyak kelapa dan minyak jarak menggunakan katalis CaO terimpregnasi KOH secara berurutan 95%, 57% dan 74% dengan persentase metil ester dari hasil uji GCMS adalah 97,54%, 96,25% dan 92,46%.*

**Kata kunci:** Biodiesel, minyak jarak, minyak kelapa, minyak kelapa sawit, transesterifikasi, cangkang telur, katalis, impregnasi

### Abstract

*Biodiesel is an alternative fuel that is renewable and environmentally friendly, which can be synthesized from various types of oils such as castor oil, coconut oil, palm oil, and others. This is supported by the compounds found in these three types of oil, along with the raw materials that are readily available and can be cultivated in Indonesia. The process of biodiesel production from oil involves esterification and transesterification reactions with the aid of a catalyst. This research was conducted to synthesize biodiesel from castor oil, coconut oil, and palm oil using CaO and CaO impregnated with KOH catalysts. The catalysts used are derived from egg shell waste through a calcination process at a temperature of 900°C. This study aims to determine the effect of oil type and catalyst type on the yield (%) and composition of biodiesel using GC-MS. SEM-EDS analysis of the CaO catalyst derived from eggshells showed that the morphology of CaO impregnated with KOH had smaller pores compared to the non-impregnated catalyst, as a result of the incorporation of KOH during the impregnation process. Based on the yield (%) test results, the best outcomes were obtained from the synthesis of biodiesel using palm oil, coconut oil, and castor oil with CaO catalyst impregnated with KOH, yielding 95%, 57%, and 74% respectively. The methyl ester content from GC-MS analysis was 97.54%, 96.25%, and 92.46%, respectively.*

**Keywords :** Biodiesel, castor oil, coconut oil, palm oil, transesterification, egg shell, catalyst, impregnation

## 1. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat seiring perkembangan

zaman (Kholiq, 2015). Selama ini, bahan bakar berasal dari sumber energi yang tidak terbarukan yaitu dari bahan bakar fosil yang jumlahnya terbatas dan menghasilkan

pembakaran yang cenderung tidak ramah lingkungan (Fanny, 2018). Menurut Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional (2019), dalam 10 tahun terakhir produksi minyak bumi mengalami penurunan, dari 346 juta barel (949 ribu bph) pada tahun 2009 menjadi sekitar 283 juta barel (778 ribu bph) ditahun 2018.

Hal ini menjadi salah satu dasar banyaknya penelitian terkait bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui seperti biodiesel, bioetanol, briket, dan lain-lain. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang digunakan pada mesin diesel yang diproduksi dengan proses reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan penambahan alkohol berantai pendek seperti metanol. Selain itu, untuk mempercepat laju reaksi maka diperlukan katalis yang bersifat asam atau basa sehingga proses pembentukan produk biodiesel dapat berjalan dengan baik (Jalaluddin, 2022; Ginting, 2023).

Beberapa bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel diantaranya minyak jarak, minyak kelapa dan minyak kelapa sawit. Ketiga jenis minyak ini dihasilkan dari tanaman yang mudah didapatkan di wilayah Indonesia. Hal ini karena Indonesia memiliki iklim tropis dan subtropis serta secara letak geografis sangat mendukung untuk budidaya tanaman jarak, kelapa dan kelapa sawit.

Minyak jarak dipilih sebagai sumber biodiesel karena tanaman ini tidak bersaing dengan tanaman penghasil pangan, mudah dirawat, mudah beradaptasi dengan lingkungan, tidak dikonsumsi hewan karena beracun dan berpotensi menjadi bisnis baru untuk petani. Minyak jarak memiliki beberapa kandungan asam lemak diantaranya asam palmitat 14,1-15,3%, asam stearat 3,7-9,8%, asam oleat 34,3-45,8%, asam linoleat 29-44,2%. Selain itu, karakteristik minyak jarak juga memiliki kelemahan yaitu berdasarkan nilai viskositas dan flashpoint yang relatif tinggi karena nilai ALB nya yang cukup besar (Azhari, 2023).

Minyak kelapa merupakan jenis minyak nabati yang dihasilkan dari proses ekstraksi daging buah kelapa. Berdasarkan kandungan dan jumlah produksi buah kelapa di Indonesia diketahui bahwa minyak kelapa berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel. Minyak kelapa memiliki kandungan senyawa ester yang tinggi, sifat pembakaran yang baik dan ramah lingkungan. Selain itu,

Indonesia adalah negara yang memiliki perkebunan kelapa terbesar di dunia dengan capaian total produksi lebih dari 85% total produksi dunia sehingga buah kelapa murah dari segi biaya dan tidak sulit untuk didapatkan.

Minyak kelapa sawit merupakan trigliserida yang terdiri dari gliserol dengan asam lemak dan termasuk kedalam golongan minyak asam oleat-linoleat (Muarif, 2022). Minyak sawit secara umum terdiri dari 40% asam oleat, 10% asam linoleat, 44% asam palmitat dan 4,5% asam stearat. Indonesia adalah negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia karena memiliki jumlah perkebunan kelapa sawit yang luas sehingga kelapa sawit mudah didapatkan dan harganya relatif murah. Berdasarkan kondisi tersebut menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara yang berpotensi untuk mengembangkan biodiesel berbahan baku kelapa sawit (Falatehan and Siswanto, 2014).

Transesterifikasi merupakan reaksi organik yang mengubah senyawa ester menjadi metil ester. Minyak pada umumnya mempunyai kandungan asam lemak yang tinggi, oleh karena itu, pada proses reaksi transesterifikasi membutuhkan bantuan katalis untuk mempercepat reaksi pembentukan produk. Penggunaan katalis homogen NaOH atau KOH kurang tepat dilakukan karena tingginya kandungan asam lemak pada minyak. Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan alternatif katalis lain berupa basa padat. Salah satu katalis basa padat yang dapat digunakan adalah kalsium oksida (CaO). CaO memiliki beberapa kelebihan diantaranya lebih ekonomis dan tingkat kelarutan yang rendah dalam methanol (Hidayati, 2017).

Sumber katalis padat CaO salah satunya terkandung di dalam cangkang telur ayam. Cangkang telur ayam memiliki kandungan  $\text{CaCO}_3$  sekitar 94%, dan sisanya adalah magnesium karbonat, kalsium fosfat dan bahan organik lainnya. Sumber CaO dari cangkang telur ayam mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi sehingga mampu berperan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak menjadi biodiesel. Selain itu, limbah cangkang telur ayam tersedia cukup banyak dan belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, pemanfaatan cangkang telur sebagai katalis merupakan usaha yang cukup relevan untuk mengurangi dampak lingkungan dan menurunkan biaya produksi biodiesel (Miskah, 2017).

Penelitian terdahulu mengenai pengaruh nanokatalis ZnO terhadap biodiesel dari minyak biji alpukat, menyatakan bahwa penggunaan katalis alkali pada reaksi transesterifikasi menyebabkan mudahnya terjadi reaksi saponifikasi sehingga membentuk sabun dan katalis alkali ini juga sangat sulit untuk dipisahkan. Oleh sebab itu penggunaan katalis CaO ini diketahui memiliki aktivitas yang tinggi, tahan lama, biaya murah, serta kekuatan basa yang tinggi dan sangat mudah dipisahkan (Lestari, 2018).

Penelitian terkait pembuatan biodiesel dari berbagai jenis minyak menggunakan katalis yang berbeda sudah banyak dilakukan, akan tetapi masih diperlukan pengembangan agar dapat dihasilkan biodiesel yang sesuai SNI melalui proses yang efektif dan efisien. Azhari pada penelitiannya melakukan sintesis biodiesel dari campuran minyak jarak dan minyak jelantah menggunakan katalis CaO limbah cangkang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi rasio mol minyak dan metanol 1:12, 1:15 dan 1:18 dan berat katalis 3%, 6% dan 9% dari massa minyak. Hasil uji biodiesel terbaik didapatkan pada rasio mol minyak dan metanol 1:15 menggunakan 3% katalis dengan nilai yield 69,94% dan komposisi metil ester 92,63% (Azhari, 2023).

Katalis CaO dari cangkang telur sebelumnya juga telah dimanfaatkan oleh penulis pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan memvariasikan suhu (55, 60, 65 dan 70°C) dan waktu (30, 60, 90 dan 120 menit) reaksi. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan hasil sintesis biodiesel terbaik pada suhu reaksi 60°C selama 120 menit dengan nilai yield 8,35% dan komposisi metil ester sebesar 74,59% (Muarif, 2024). Penelitian ini dilakukan untuk melihat perbandingan hasil sintesis biodiesel dari berbagai jenis minyak menggunakan katalis CaO dengan kondisi reaksi yang sama. Selain itu, katalis yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua katalis yang berbeda yaitu katalis CaO dari limbah cangkang telur dan katalis CaO terimpregnasi KOH. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui pengaruh dari penambahan katalis dan katalis termodifikasi.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah cangkang telur, minyak jarak, minyak kelapa, minyak kelapa sawit, metanol

dan akuades. Penelitian menggunakan beberapa peralatan antara alat ekstraksi, alat distilasi, oven, neraca analitik, cawan porselin, desikator, spatula, loyang, *stopwatch*, gelas kimia dan batang pengaduk.

### 2.2. Metode

#### 2.2.1. Preparasi Bahan Baku Katalis

Cangkang telur ditimbang sebanyak 1000 gram, kemudian dicuci dan dikeringkan di dalam oven bersuhu 110°C selama 24 jam. Kemudian cangkang telur dihancurkan sampai halus dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Bubuk cangkang telur kemudian dikalsinasi menggunakan suhu 900°C selama 3 jam sehingga terbentuk padatan CaO. Selanjutnya hasil kalsinasi disimpan di dalam desikator agar katalis tetap dalam kondisi kering.

#### 2.2.2. Impregnasi Katalis CaO dengan KOH

Katalis CaO yang dihasilkan dari proses sebelumnya dilarutkan dalam larutan KOH 11% selama 3 jam sambil diaduk menggunakan stirer. Kemudian larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring dan pompa vakum sambil dicuci menggunakan akuades hingga filtrat yang dihasilkan tidak berwarna lagi (bening). Selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Katalis tersebut kemudian dikalsinasi kembali menggunakan suhu 500°C selama 5 jam. Katalis hasil kalsinasi disimpan dalam desikator. Katalis CaO dan CaO terimpregnasi KOH yang dihasilkan dikarakterisasi.

#### 2.2.3. Sintesis Biodiesel

Katalis CaO dan CaO terimpregnasi KOH ditimbang sebanyak 3% dari berat minyak dan dicampur dengan metanol di dalam labu leher tiga sambil distirer selama 1 jam. Kemudian dimasukkan minyak (minyak jarak, minyak kelapa, minyak kelapa sawit) ke dalam labu leher tiga dengan rasio mol minyak dan metanol 1:12, lalu campuran larutan tersebut di refluks dengan suhu reaksi 60°C selama 3 jam. Setelah itu, campuran larutan dimasukkan ke dalam corong pisah dan disimpan pada suhu ruang selama 24 jam sampai terbentuk 3 lapisan, lapisan atas merupakan metil ester, lapisan tengah gliserol dan lapisan bawah katalis. Selanjutnya lapisan atas dipisahkan dan didistilasi dengan suhu 65°C untuk menghilangkan metanol. Metil ester yang didapatkan kemudian dikarakterisasi.

#### 2.2.4. Karakterisasi katalis dan biodiesel

Katalis CaO dan CaO terimpregnasi KOH dikarakterisasi menggunakan uji Scanning Electron Microscope (SEM) - spektroskopi sinar-X dispersif energi (EDS). Pengaruh jenis katalis terhadap hasil sintesis biodiesel ditentukan berdasarkan Uji yield (%) menggunakan persamaan:

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{massa biodiesel (gr)}}{\text{massa minyak (gr)}} \times 100\% \dots (1)$$

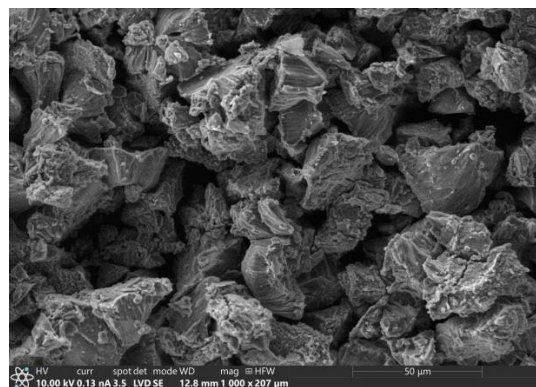
Selain itu, untuk menentukan komposisi biodiesel yang didapatkan diuji dengan menggunakan GC-MS.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

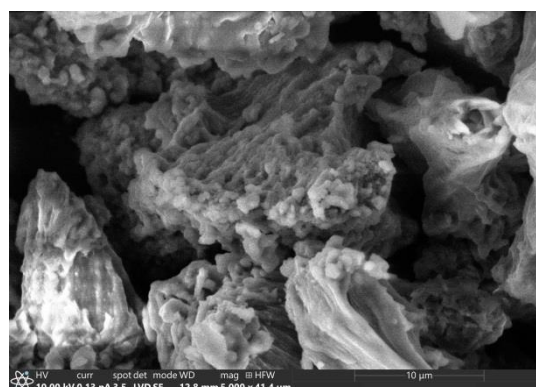
Karakteristik katalis CaO dan CaO terimpregnasi KOH ditentukan dengan melakukan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) - spektroskopi sinar-X dispersif energi (EDS) untuk melihat morfologi dan kandungan katalis dengan dan tanpa impregnasi KOH. Hasil sintesis biodiesel dikarakterisasi dengan menentukan yield (%) menggunakan persamaan (1) serta penentuan komposisi senyawa biodiesel melalui analisa GCMS.

#### 3.1 Analisa Scanning Electron Microscope (SEM) - Spektroskopi Sinar-X Dispersif Energi (EDS) untuk melihat morfologi dan kandungan katalis dengan dan tanpa impregnasi KOH

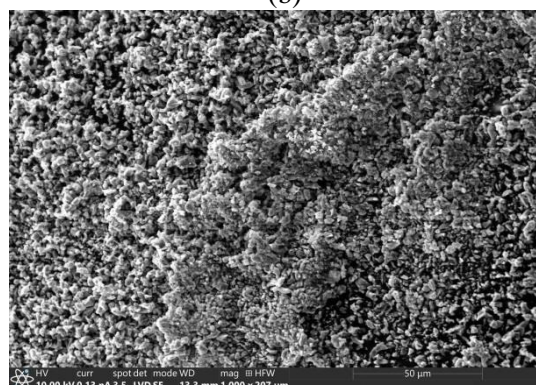
Analisa morfologi permukaan katalis CaO dan CaO/KOH menggunakan SEM-EDS perlu dilakukan untuk menentukan morfologi hasil kalsinasi limbah cangkang telur baik itu sebelum impregnasi maupun setelah impregnasi KOH. Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan SEM-EDS juga dapat ditentukan unsur-unsur apa saja yang terkandung dalam sampel. Analisa morfologi permukaan dan penentuan kandungan unsur dalam sampel menggunakan SEM-EDS dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



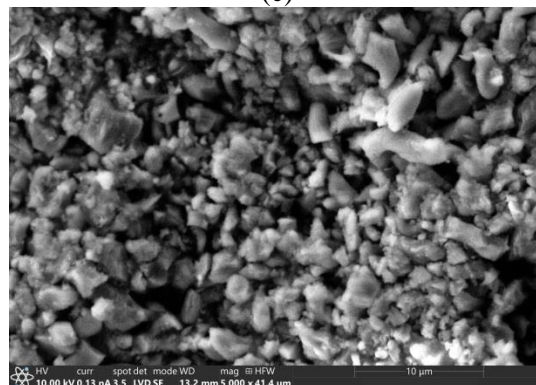
(a)



(b)



(c)

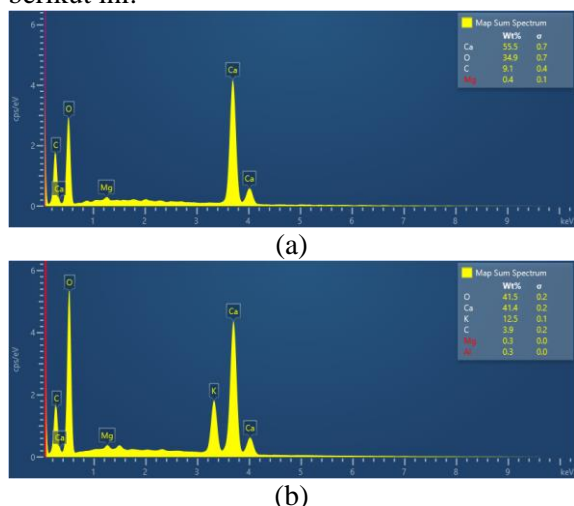


(d)

Gambar 1. Morfologi katalis CaO dari limbah cangkang telur dengan dan tanpa impregnasi KOH (a) sebelum impregnasi perbesaran 1000x, (b) sebelum impregnasi perbesaran 5000x, (c) setelah impregnasi

### perbesaran 1000x, (d) setelah impregnasi perbesaran 5000x

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa impregnasi dengan KOH menyebabkan pori-pori CaO semakin kecil. Pengecilan pori-pori tersebut terjadi karena ketika CaO diimpregnasi dengan larutan KOH, KOH akan menempati pori-pori yang sebelumnya kosong dalam struktur CaO. Setelah proses impregnasi dan kalsinasi kedua, KOH atau senyawa turunan hasil dekomposisinya akan tetap berada dalam pori-pori tersebut sehingga volume pori menurun karena sebagian ruang dalam pori sudah ditempati oleh KOH. Ukuran pori katalis pada proses sintesis biodiesel memiliki peran yang sangat penting. Ukuran pori yang tepat dapat mempengaruhi dan meningkatkan area permukaan yang tersedia untuk reaksi transesterifikasi, laju reaksi dan efisiensi konversi minyak menjadi biodiesel (Ansari., 2025). Komponen katalis CaO sebelum dan setelah impregnasi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



**Gambar 2. Komponen katalis CaO dari limbah cangkang telur dengan dan tanpa impregnasi KOH (a) tanpa impregnasi, (b) dengan impregnasi**

Gambar 2 (b) menunjukkan bahwa terdapat kandungan  $K_2O$  sebesar 12,5%.  $K_2O$  terbentuk karena terjadinya dekomposisi KOH pada saat proses kalsinasi menggunakan suhu  $500^\circ C$  (Oko and Feri, 2019).

### 3.2 Hasil Sintesis Biodiesel

Tabel 1 berikut ini menunjukkan bahwa jenis katalis CaO mempengaruhi persen yield yang dihasilkan. Penggunaan katalis CaO terimpregnasi KOH meningkatkan yield (%) biodiesel yang dihasilkan terhadap massa

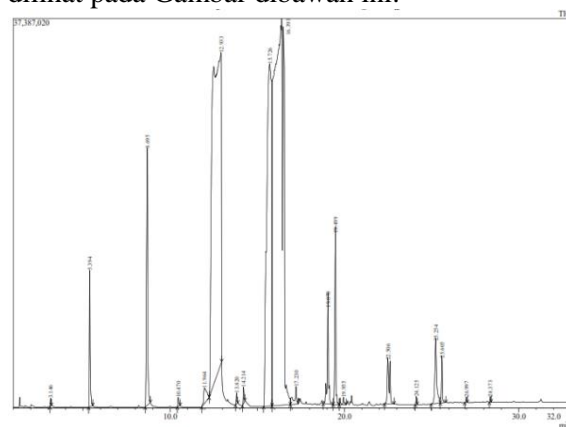
minyak dibandingkan dengan katalis CaO tanpa impregnasi. Hal ini terjadi karena peningkatan sifat basa dan aktivitas katalitik dari CaO setelah impregnasi dengan KOH (Anindita, 2023).

**Tabel 1. %Yield Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit, Minyak Kelapa, Minyak Jarak menggunakan katalis CaO dan CaO terimpregnasi KOH**

Jenis Minyak	(% ) Yield	
	CaO	CaO/KOH
Minyak Kelapa Sawit	84%	95%
Minyak Kelapa	45%	57%
Minyak Jarak	70%	74%

### 3.3 Analisa GC-MS untuk Komposisi Senyawa Biodiesel

Analisa komposisi senyawa kimia biodiesel dilakukan dengan menggunakan GC-MS. GC-MS merupakan analisa dengan memisahkan sampel berdasarkan sifat kepolarannya yang kemudian mengalami proses ionisasi dengan energi tertentu dan fragmentasi menjadi ion-fragment yang akan dideteksi oleh detektor sehingga dihasilkan spektrum massa dari senyawa-senyawa tersebut. Spektrum massa ini digunakan untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa kimia berdasarkan pola fragmentasi unik dari masing-masing senyawa. Hasil uji biodiesel dengan menggunakan GC-MS dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



**Gambar 3. Kromatogram GC-MS biodiesel dari minyak kelapa sawit menggunakan katalis CaO terimpregnasi KOH**

Kromatogram GC-MS biodiesel pada Gambar 3 menunjukkan 20 puncak senyawa yang terdiri dari 17 puncak metil ester dan 3

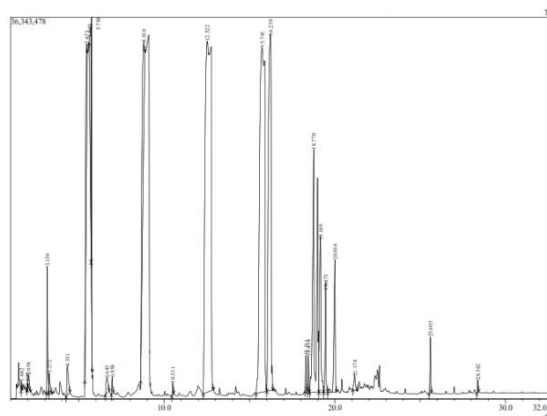


puncak senyawa lain. Berdasarkan perhitungan %area didapatkan persentase keseluruhan metil ester biodiesel dari minyak kelapa sawit sebesar 97,54% dengan 3 puncak dominan yaitu 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- (asam oleat) 40,32%, Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate (asam palmitat) 29,94% dan 10,13-Octadecadienoic acid, methyl ester (CAS) 17,78%. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat kemurnian biodiesel yang dihasilkan tinggi. Adapun komposisi metil ester berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2 Komposisi metil ester kromatogram GC-MS biodiesel dari minyak kelapa sawit menggunakan katalis CaO terimpregnasi KOH**

Puncak	%Area	Nama Senyawa
1	0.04	Decanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl caprate
2	1.21	Dodecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl laurate
3	3.18	Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl myristate
4	0.11	Pentadecanoic acid, methyl ester
5	0.5	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-
6	29.94	Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate
7	0.08	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester
8	0.14	Heptadecanoic acid, methyl ester
9	17.78	10,13-Octadecadienoic acid, methyl ester (CAS)
10	40.32	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-
11	0.44	9,11-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-
12	1.37	cis-11-Eicosenoic acid, methyl ester
13	1.84	Methyl 18-methylnonadecanoate
16	0.06	Tricosanoic acid, methyl ester
18	0.44	Tetracosanoic acid, methyl ester

Puncak	%Area	Nama Senyawa
19	0.05	Pentacosanoic acid, methyl ester
20	0.04	Hexacosanoic acid, methyl ester



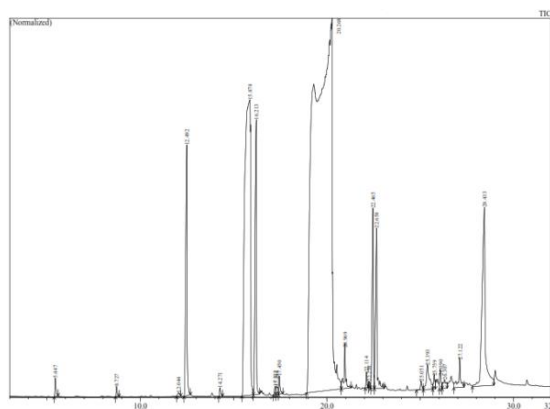
**Gambar 4. Kromatogram GC-MS biodiesel dari minyak kelapa menggunakan katalis CaO terimpregnasi KOH**

Kromatogram GC-MS biodiesel pada Gambar 4 menunjukkan 25 puncak senyawa yang terdiri dari 21 puncak metil ester dan 4 puncak senyawa lain. Berdasarkan perhitungan %area didapatkan persentase keseluruhan metil ester biodiesel dari minyak kelapa sebesar 96,25% dengan 3 puncak dominan yaitu Methyl stearate (asam stearat) 16,38%, Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate (asam palmitat) 14,61% dan octyl-, methyl ester, trans- (CAS) Methyl trans-9,10-epoxystearate 10,38%. Adapun komposisi metil ester berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3 Komposisi metil ester kromatogram GC-MS biodiesel dari minyak kelapa menggunakan katalis CaO terimpregnasi KOH**

Puncak	%Area	Nama Senyawa
1	0.06	Hexanoic acid (CAS) n-Hexanoic acid
3	0.23	Octanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl octanoate
4	1.38	Decanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl caprate
5	0.38	Methyl 8-oxooctanoate
6	0.8	Nonanoic acid, 9-oxo-, methyl ester
7	3.41	Dodecanoic acid,

Puncak	%Area	Nama Senyawa
		methyl ester
8	3.56	2-Butenoic acid, 4-hydroxy-, methyl ester
9	2.81	Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS)
		Methyl palmitate
10	0.48	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester
11	0.19	Tridecanoic acid, methyl ester (CAS)
		Methyl tridecanoate
12	5.51	Methyl tetradecanoate
13	0.14	Nonadecanoic acid, methyl ester (CAS)
		Methyl nonadecanoate
14	14.61	Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS)
		Methyl palmitate
15	29	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester
16	16.38	Methyl stearate
17	0.46	Hexadecadienoic acid, methyl ester (CAS)
		Methyl hexadecadienoate
19	10.38	Oxiraneoctanoic acid, 3-octyl-, methyl ester, trans- (CAS) Methyl trans-9,10-epoxystearate
20	3.95	17-Octadecynoic acid, methyl ester
21	1.66	Methyl 18-methylnonadecanoate
24	0.7	Tetracosanoic acid, methyl ester
25	0.16	Hexacosanoic acid, methyl ester



**Gambar 5. Kromatogram GC-MS biodiesel dari minyak jarak menggunakan katalis CaO terimpregnasi KOH**

Kromatogram GC-MS biodiesel pada Gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat 23 puncak senyawa yang terdiri dari 17 puncak metil ester dan 6 puncak senyawa lain. Berdasarkan perhitungan %area didapatkan persentase keseluruhan metil ester biodiesel dari minyak jarak adalah 92,46% dengan 2 puncak dominan yaitu 9-Octadecenoic acid, 12-hydroxy-, methyl ester, [R-(Z)]- (asam risinoleat) 61,84% dan 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (asam oleat) 16,53%. Asam risinoleat merupakan asam lemak tak jenuh dan menjadi komponen utama minyak jarak. Keberadaan asam ini dapat dijadikan sebagai salah satu ciri khas biodiesel berbasis minyak jarak. Komposisi metil ester berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

**Tabel 4 Komposisi metil ester kromatogram GC-MS biodiesel dari minyak jarak menggunakan katalis CaO terimpregnasi KOH**

Puncak	%Area	Nama Senyawa
1	0.2	Dodecanoic acid, methyl ester (CAS)
		Methyl laurate
2	0.11	Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS)
		Methyl myristate
3	0.06	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl palmitoleate
4	3.46	Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS)
		Methyl palmitate
5	0.1	Heptadecanoic acid, methyl ester
6	16.53	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester
7	3.95	Methyl stearate
8	0.1	Methyl 9-cis,11-trans-octadecadienoate
9	0.15	9-Octadecenoic acid, 12-hydroxy-, methyl ester, [R-(Z)]-
10	0.22	10-Nonadecenoic acid, methyl ester
11	61.84	9-Octadecenoic acid, 12-hydroxy-, methyl ester, [R-(Z)]-
12	0.66	methyl dihydromalvalate
13	0.15	Octadecanoic acid, 9,10-dihydroxy-, methyl

Puncak	%Area	Nama Senyawa
		ester
14	0.05	9-Octadecenoic acid, 12-hydroxy-, methyl ester, [R-(Z)]-
15	2.33	trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester
16	2.35	Octadecanoic acid, 9,10-dihydroxy-, methyl ester
19	0.2	Tetracosanoic acid, methyl ester

#### 4. KESIMPULAN

Analisa pengaruh penggunaan katalis CaO dan CaO terimpregnasi KOH berbasis cangkang telur terhadap hasil sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit, minyak kelapa dan minyak jarak menunjukkan bahwa penggunaan katalis CaO terimpregnasi KOH menghasilkan yield (%) biodiesel lebih besar. Berdasarkan hasil uji SEM-EDS katalis CaO dan CaO termodifikasi didapatkan bahwa morfologi katalis CaO terimpregnasi KOH memiliki pori-pori yang lebih kecil dibandingkan tanpa impregnasi karena telah disisipi oleh KOH selama proses impregnasi sehingga terjadi peningkatan sifat basa dan aktivitas katalitik katalis yang meningkatkan efisiensi konversi minyak menjadi biodiesel. Hasil perhitungan yield (%) biodiesel terbaik didapatkan pada sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit, minyak kelapa dan minyak jarak dengan menggunakan katalis CaO terimpregnasi KOH secara berurutan 95%, 57% dan 74%. Persentase metil ester dari hasil uji GCMS dengan urutan yang sama adalah 97,54%, 96,25% dan 92,46%

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anindita, F., Permana, D. and Said, H. (2023) 'Sintesis Dan Karakterisasi Katalis CaO/K<sub>2</sub>O dari Batu Gamping untuk Produksi Biodiesel', *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 15(1), pp. 30–36.
- Ansari, M., Jamali, H., Ghanbari, R., Ehrampoush, M., Zamani, P., Hatami, B. (2025) 'Heterogeneous solid acid catalysts for sustainable biodiesel production from wastewater-derived sludge: A systematic and critical review', *Chemical Engineering Journal Advances*, 22.
- Azhari, A., Mulyawan, R., ZA, Nasrul., Hakim,

- L., Lubis, NA (2023) 'Pembuatan Biodiesel Dari Campuran Minyak Jarak Kepyar (*Ricinus communis*) Dengan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)', *Jurnal Teknologi Kimia*, 12(1), pp. 122–131.
- Falatehan, A.F. and Siswanto, A.D. (2014) 'Pengembangan Biodiesel Kelapa Sawit Di Indonesia', *Jurnal Manajemen Pembangunan Daerah*, 6(1).
- Fanny, W.A., Subagio, S. and Prakoso, T. (2018) 'Pengembangan katalis Kalsium Oksida untuk sintesis biodiesel', *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(2), p. 66.
- Ginting, Z., Mulyawan, R., Meriatna, M., Tirani, T., Asnadia, A., Haryono, L.M.A (2023) 'Characteristic Study of Biodiesel from Used Cooking Oil using Nipah Skin Ash as a Heterogeneous Catalyst', *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 8(1), pp. 34–39.
- Hidayati, N. (2017) 'Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas menjadi Biodiesel dengan Katalis Kalsium Oksida', *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), pp. 1–5.
- Jalaluddin, J., Ginting, Z., Maliki, S., Setiawan, A., Zulfa, Z. (2022) 'Biodiesel Production from Crude Palm Oil Using Kapok Skin KOH (Ceiba Pentandra) Catalyst as Solid Green Catalyst', *Journal of Ecological Engineering*, 23(5), pp. 286–292.
- Kholiq, I. (2015) 'Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM', *Jurnal IPTEK*, 19(2), pp. 75–91.
- Lestari, P.P. (2018) 'Pengaruh Nanokatalis ZNO/CaO Terhadap Biodiesel Dari Minyak Biji Alpukat', *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, 11(1), pp. 1–8.
- Miskah, S., Apriani, R. and Miranda, D. (2017) 'Pengaruh Waktu Reaksi Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Konversi Biodiesel Dari Lemak Ayam Dengan Proses Transesterifikasi', *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, 23(1), pp. 57–66.
- Muarif, A., Fatnia, F., Meriatna, M., Dewi, R., Bahri, S. (2024) 'Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Terhadap Hasil Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Penambahan Katalis Cangkang Telur Ayam', *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 13(1).
- Muarif, A., Mulyawan, R. and Fitria, M. (2022) 'Analisis Kualitas Crude Palm Oil (CPO)



Berdasarkan Kinerja Vacuum Dryer di PKS Koperasi Primajasa', *Inovasi Teknik Kimia*, 7(1), pp. 24–28.

- Oko, S. and Feri, M. (2019) 'Pengembangan Katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam dengan Impregnasi KOH dan Aplikasinya Terhadap Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak', *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 11(2).