

# Pengaruh Katalis Terhadap Rendemen Reaksi Transesterifikasi

Romi Yana Widiawati Br Tarigan<sup>a\*</sup>, Sanusi Gugule<sup>a</sup>, Jeanne Maria Tuerah<sup>b</sup>, Chaleb Paul Maanari<sup>a</sup>

<sup>a\*</sup> Kimia, Universitas Negeri Manado, 95618, Indonesia

<sup>b</sup> Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Manado, 95618, Indonesia

---

## INFO ARTIKEL

Diterima 05 Februari 2023

Disetujui 29 Oktober 2023

---

### Key word:

Transesterification Reaction,  
KOH and NaOH.

---

### Kata kunci:

Reaksi Transesterifikasi, KOH  
dan NaOH.

---

---

## ABSTRACT

Research has been carried out on the effect of a catalyst on the yield of transesterification reactions. Pure coconut oil is made mechanically without heating using fresh coconut meat or what is called non-copra, followed by a base-catalyzed transesterification reaction using KOH and NaOH. The purpose of this study was to determine the effect of the catalyst on the yield of the transesterification reaction. The results of the reaction were analyzed by determining the physico-chemical properties and analysis of Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-SM). The results showed that the average reaction yield with KOH catalyst was 74.3% and 70% NaOH catalyst. The most dominant GC-SM identification results were ethyl caproate 4.12%, ethyl capricate 4.99%, ethyl laurate 54.97%, ethyl myristate 18.49%, ethyl palmitate 8.13%, 9,12 octadecatrien-1-ol 5.24% and ethyl stearate 2.28%.

---

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh katalis terhadap rendemen reaksi transesterifikasi. Minyak kelapa murni dibuat dengan cara mekanis tanpa pemanasan menggunakan daging buah kelapa segar atau yang dinamakan non-kopra, dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi katalis-basa menggunakan KOH dan NaOH. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh katalis terhadap rendemen reaksi transesterifikasi. Hasil reaksi dianalisis dengan penentuan sifat-sifat fisiko-kimia serta analisis Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (KG-SM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata hasil reaksi dengan katalis KOH yaitu 74,3 % dan katalis NaOH 70%. Hasil identifikasi KG-SM yang paling dominan yaitu etil kaproat 4.12%, etil kaprat 4.99%, etil laurat 54.97%, etil miristat 18.49%, etil palmitat 8.13%, 9,12 oktadekatrien-1-ol 5.24% dan etil stearat 2.28%.

---

### \*e-mail:

[romiyana18501002@gmail.com](mailto:romiyana18501002@gmail.com)

\*Tel: 082154423023

---

## Pendahuluan

Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang ramah lingkungan terus didorong oleh pemerintah karena berdampak besar dalam mengurangi emisi gas rumah kaca serta mendukung kesehatan masyarakat. Penggunaan bahan bakar fosil membawa dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan[1]. Karena itu perlu ditemukan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

Etil ester merupakan senyawa alkil ester yang berasal dari minyak nabati dengan alkohol yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi. Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati)

menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol dan menghasilkan samping yaitu gliserol[2].

Salah satu alkohol yang sering digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah etanol karena memiliki titik didih yang tidak terlalu tinggi yaitu 70°C dan penggunaan etanol dalam reaksi transesterifikasi menghasilkan etil ester[3].

Berbagai sumber minyak/lemak dapat dijadikan sebagai bahan baku alternatif antara lain minyak kelapa, minyak kemiri, minyak sawit, minyak biji jarak, minyak canola dan sebagainya[4]. Bahan baku yang digunakan yaitu minyak kelapa murni (*Virgin Coconut Oil*)

karena secara kimia minyak kelapa murni lebih stabil dari minyak kelapa lainnya [5].

VCO merupakan sumber dari trigliserida namun pemanfatannya masih kurang. Trigliserida merupakan suatu ester dari asam lemak [6]. VCO merupakan minyak yang dibuat tanpa pemanasan menggunakan daging buah kelapa segar atau yang dinamakan non-kopra [7]. Hasil rendemen VCO yang bisa didapatkan mencapai 20,28% dengan karakteristik yang memenuhi syarat untuk sampel dalam reaksi transesterifikasi [8].

Katalis adalah suatu senyawa kimia yang menyebabkan reaksi menjadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami perubahan kimiawi diakhir reaksi [9]. Pada proses transesterifikasi katalis basa lebih dapat mempercepat reaksi dibandingkan dengan katalis pada proses transesterifikasi katalis basa lebih dapat mempercepat reaksi dibandingkan dengan katalis asam [10]. Sehingga katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah katalis basa.

Katalis basa yang dapat digunakan dalam proses transesterifikasi, yaitu katalis basa homogen. Katalis basa homogen NaOH (natrium hidroksida) dan KOH (kalium hidroksida) merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan ester karena memiliki kemampuan katalisator yang tinggi [11].

## Bahan dan Metode

### Alat

Seperangkat alat refluks, mikser Miyako, alat-alat gelas Iwaki, hot plate, botol vial, termometer, batang pengaduk, spatula, piknometer, corong pisah iwaki, oven, corong, wada bening, selang plastik, gunting dan kertas saring Wattman no. 42.

### Bahan

minyak kelapa murni, etanol p.a. Merck, Kalium Hidroksida p.a. merck, HCl p.a. Merck, fenolftalein p.a Merck, kloroform p.a. Merck, asam asetat p.a 99,8%, Kalium Iodida p.a. 99,5%, aquades 97%, kanji p.a, Natrium Hidrokida dan Natrium Tiosulfat p.a. 97%.

### Pembuatan Minyak Kelapa Murni (VCO)

Daging buah kelapa yang telah dibersihkan dan

digiling sebanyak 4,7 kg direndam dengan air kelapa pada perbandingan 1:1,5 b/v. Dibiarkan selama 1 jam kemudian diperas dan disaring dengan kain, santan ditampung dalam wadah dan dibiarkan selama 1 jam sampai terbentuk dua lapisan yaitu air dan krim. Krim diambil kemudian dimikser selama 1 jam kemudian ditampung dalam wadah dan dibiarkan selama 15 jam hingga terbentuk tiga lapisan dan minyak diambil kemudian disaring. Hasil yang diperoleh kemudian di uji bilangan asam, bilangan peroksida, bilangan ester, massa jenis dan viskositas [12].

## Reaksi Transesterifikasi

### Kalium Hidroksida (KOH)

Sebanyak 30 mL minyak kelapa dipanaskan 50 °C. Tambahkan 1% Kalium Hidroksida dalam etanol 98% dengan perbandingan mol minyak:alkohol 1:9, waktu reaksi selama 3 jam dengan suhu 70 °C. Didiamkan dalam corong pisah semalaman lalu lapisan etil ester diambil dan dicuci dengan aquades hangat 3 kali. Etil ester dipanaskan pada suhu 105-110 °C sampai tidak ada gelembung yang muncul. Etil ester lalu dikarakterisasi bilangan asam, ester dan peroksida, massa jenis dan viskositasnya serta dianalisis juga dengan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (KG-SM).

Persentase rendemen hasil dihitung dengan menggunakan rumus [13]:

$$\% \text{ Rendemen} = (\text{massa etil ester} / \text{massa sampel}) \times 100\%$$

### Natrium Hidroksida (NaOH)

Sebanyak 30 mL minyak kelapa dipanaskan sampai 50°C kemudian menambahkan 1% Natrium Hidroksida dalam etanol 98% dengan perbandingan mol minyak:alkohol 1:6, waktu reaksi selama 3 jam dengan suhu 70°C. Kemudian didiamkan dalam corong pisah semalaman lalu lapisan etil ester diambil dan dicuci dengan aquades hangat 3-4 kali. Etil ester kemudian dipanaskan pada suhu 105-110 °C sampai tidak ada gelembung yang muncul. Etil ester lalu dikarakterisasi bilangan asam, ester dan peroksida, massa jenis dan viskositasnya serta dianalisis juga dengan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (KG-SM).

Persentase rendemen hasil dihitung dengan menggunakan rumus:  
 % Rendemen = (massa etil ester/massa sampel) x 100%

**Hasil dan Pembahasan**

*Data Pembuatan (Virgin coconut Oil)*

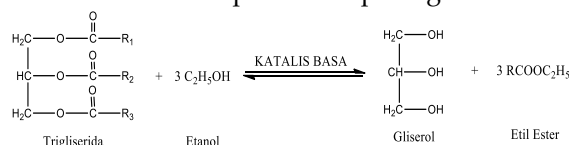
Minyak kelapa murni (*Virgin Coconut Oil*) dalam penelitian ini dibuat dengan cara tanpa melakukan pemanasan. Waktu fermentasi dibatasi selama 15 jam untuk mencegah bilangan asam yang terlalu tinggi selain itu, pemanasan juga tidak dilakukan agar bilangan peroksida tidak terlalu tinggi. Hasil uji karakteristik terhadap virgin coconut oil terdapat pada Tabel 1 sebagai berikut:

**Tabel 1** Karakteristik Virgin Coconut Oil

Parameter	Karakteristik Virgin Coconut Oil	SNI	Satuan
Rendemen	9,92	-	%
Warna	Bening	-	-
Bau	Khas minyak kelapa	-	-
Massa jenis pada suhu 40°C	0,92	0,915-0,920	g/mL
Viskositas pada suhu 40°C	1,36	-	mm <sup>2</sup> /s (cSt)
Bilangan asam	0,65	0,8 maks	mg-KOH/g
Bilangan ester	230,48	-	mg-KOH/g
Bilangan peroksida	3,3	-	mek O <sub>2</sub> /kg

*Reaksi Transesterifikasi*

Reaksi transesterifikasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan etanol sebagai pelarut dengan teknik refluks dan temperatur 70°C. Setiap katalis direfluks dengan teknik yang sama dengan penggunaan 1:6 (NaOH) dan 1:9 (KOH) untuk rasio etanol:minyak, hal ini dilakukan unntuk menjaga reaksi agar tetap ke arah kanan. Refluks dilakukan selama 3 jam dengan presentasi katalis sebesar 1%. Penggunaan katalis yang terlalu besar dapat menurunkan rendemen hasil etil ester. Temperatur, waktu, rasio alkohol terhadap minyak, jenis dan jumlah katalis serta pengadukan sangat berpengaruh dalam reaksi transesterifikasi, oleh sebab itu hal-hal tesebut diperhatikan . Persamaan reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1** Reaksi Transesterifikasi Pada Katalis Basa

*Karakteristik Sifat Fisiko-Kimia Etil Ester*

Karakteristik etil ester dilakukan untuk mengetahui kualitas dari hasil reaksi transesterifikasi yang diperoleh. Tabel 2 terlihat bahwa rendeman yang diperoleh pada setiap katalis berbeda. Viskositas etil ester yang diperoleh meningkat jika dibandingkan dengan minyak kelapa dan Massa jenis etil ester yang diperoleh mengalami penurunan. Hal tersebut diduga karena pecahnya rantai trigliserida menjadi rantai yang lebih pendek. Bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan ester juga diduga mengalami kenaikan dikarenakan adanya pemanasan yang dilakukan pada saat terbentuknya etil ester. Berikut ini beberapa sifat fisiko-kimia etil ester yang disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil Karakteristik Etil Ester

Parameter	Etil Ester	Etil Ester	SNI	Satuan
	Terkatalis NaOH	Terkatalis KOH		
Rendemen	70	74,3	-	%
Warna	Bening	Bening	-	-
Massa jenis pada suhu 40°C	0,84	0,86	0,85-0,89	g/mL
Viskositas pada suhu 40°C	0,29	0,40	2,3-6,0	mm <sup>2</sup> /(cst)
Bilangan asam	0,75	0,75	0,8	mg-KOH/g
Bilangan ester	5	6,6	-	mek O <sub>2</sub> /kg
Bilangan peroksida	226,74	229,64	-	mg-KOH/g

*Rendemen Hasil (%) dari Etil Ester*

Peningkatan rasio molar minyak:etanol secara teori akan meningkatkan rendemen etil ester. Meningkatnya jumlah etanol dalam minyak akan menggeser reaksi ke arah kanan atau ke arah produk sehingga akan meningkatkan rendemen etil ester [14]. Namun penambahan etanol yang berlebih di atas titik optimal tidak akan menambah nilai rendemen dari etil ester[15]. Hal ini disebabkan etanol yang berlebih melarutkan gliserol yang konsentrasinya semakin meningkat. Akibatnya etanol yang bereaksi dengan trigliserida untuk membuat etil ester semakin berkurang. Melarutnya etanol dengan gliserol ini menyebabkan terbentuknya emulsi yang harus dipisahkan saat proses pemisahan, sehingga mengurangi rendemen yang dihasilkan.

**Tabel 3.** Penggunaan katalis dan etanol terhadap hasil rendemen (%) etil ester

Minyak	Perbandingan	Etanol	Katalis	Rendemen
--------	--------------	--------	---------	----------

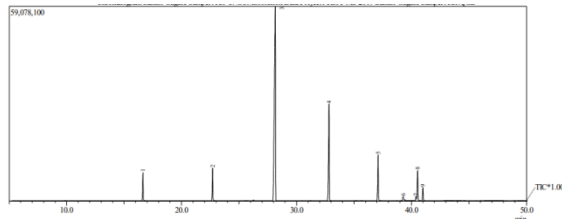
	mol	mL		(%)
30	1:6	15,04	NaOH	70
30	1:9	22,6	KOH	74,3

Hasil penelitian pengaruh katalis terhadap rendemen reaksi transesterifikasi pada suhu 70°C dengan konsentrasi katalis 1% menunjukkan perbedaan nilai rendemen (%) pada penggunaan katalis KOH pada perbandingan mol (1:9) sebesar 74,3 % dan NaOH (1:6) sebesar 70%. Jenis katalis yang tertinggi pada katalis homogen yaitu KOH (1:9), dikarenakan katalis KOH lebih mudah larut dalam etanol sehingga reaksi transesterifikasi akan lebih sempurna dan penggunaan katalis meminimalisir adanya pembentukan sabun pada proses transesterifikasi.

*Identifikasi Etil Ester Hasil Transesterifikasi*

Analisis KG-SM dapat memberikan informasi mengenai waktu retensi senyawa, berat molekul dan fragmentasi. Berikut adalah analisis KG-SM dari hasil reaksi transesterifikasi terkatalisis Kalium Hidroksida (KOH) dan Natrium Hidroksida (NaOH).

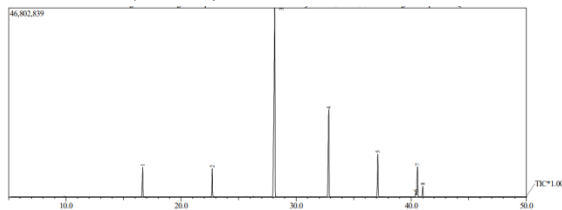
*Analisis KG-SM Etil Ester Terkatalisis kalium Hidroksida (KOH)*



**Gambar 2.** Kromatogram Etil Ester dari KOH

Hasil analisis KG-SM terkatalisis Kalium Hidroksida terdapat 9 senyawa. Puncak 1 sampai 9 diduga sebagai etil kaproat, etil kaprat, etil laurat, etil miristat, etil palmitat, etil linoleat, 9,12,15-octadekantrin-1-ol dan etil streat.

*Analisis KG-SM Etil Ester Terkatalisis Natrium Hidroksida (NaOH)*



**Gambar 3.** Kromatogram Etil Ester dari Katalis NaOH

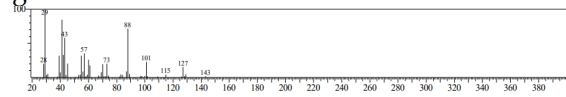
Hasil analisis KG-SM terkatalisis Kalium Hidroksida terdapat 8 senyawa. Puncak 1 sampai 8 diduga sebagai etil kaproat, etil

kaprat, etil laurat, etil miristat, etil palmitat, etil linoleat dan etil streat.

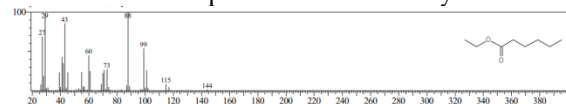
Pada hasil analisis kromatogram diperoleh etil ester pada katalis KOH dan NaOH sama, sehingga pola fragmentasinya digabungkan menjadi 1.

Berikut adalah pola fragmentasi dan pembahasan data spektroskopi massa etil ester: *Puncak 1 Etil Kaproat dengan Waktu Retensi 16.641*

Pola fragmentasi menunjukkan puncak 1 mempunyai kelimpahan 4,12% pada waktu retensi 16.641. Sesuai dengan spektrum yang ada pada gambar 4, puncak 1 memiliki puncak dasar m/z 88 dengan berat molekul 143 yang memiliki kemiripan dengan etil kaprat pada gambar 5.



**Gambar 4.** Spektrum Massa Senyawa 1

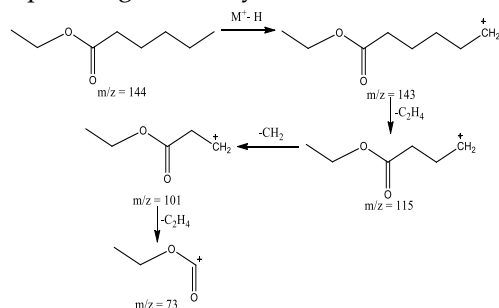


**Gambar 5.** Spektrum Massa Senyawa Etil Kaproat

**Tabel 4.** Perbandingan m/z dari Fragmentasi Puncak dan Senyawa Etil Kaproat

m/z	
Senyawa 1	Etil kaproat
143	144
127	-
115	115
101	99
88	88
73	73
57	60
43	43
29	29
28	27

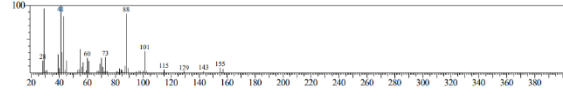
Berikut adalah struktur berdasarkan database yang ada pada massa spektrometer dan pola fragmentasinya.



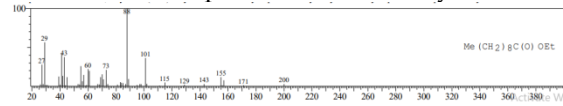
**Gambar 6.** Pola Fragmentasi Etil Kaproat *Puncak 2 Etil Kaprat engan Waktu Retensi 22.700*

Pola fragmentasi menunjukkan puncak 2 mempunyai kelimpahan 4,99% pada waktu retensi 22.700. Sesuai dengan spektrum yang ada pada gambar 7, puncak 2 memiliki puncak

dasar m/z 88 dengan berat molekul 155 yang memiliki kemiripan dengan etil kaprat pada gambar 8.



Gambar 7. Spektrum Massa Senyawa 2

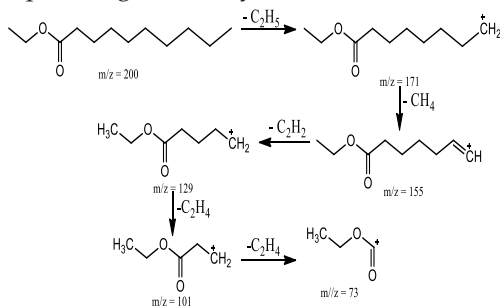


Gambar 8. Spektrum Massa Senyawa Etil kaprat

Tabel 5. Perbandingan M/Z dari Fragmentasi Puncak 2 dan Senyawa Etil Kaprat

m/z	
Senyawa 2	Etil kaprat
-	200
-	171
155	155
143	143
129	129
115	115
101	101
88	88
73	73
60	60
41	43
28	29
-	27

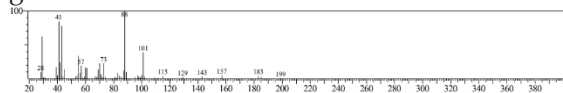
Berikut adalah struktur berdasarkan database yang ada pada massa spektrometer dan pola fragmentasinya.



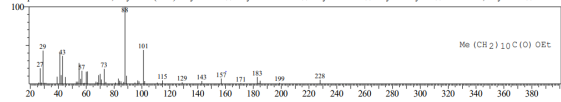
Gambar 9. Pola Fragmentasi etil kaprat

Puncak 3 Dengan Waktu Retensi 28.150

Pola fragmentasi menunjukkan puncak 3 mempunyai kelimpahan 54.97% pada waktu retensi 28.150. Sesuai dengan spektrum yang ada pada gambar 10, puncak 3 memiliki puncak dasar m/z 88 dengan berat molekul 199 yang memiliki kemiripan dengan etil laurat pada gambar 11.



Gambar 10. Spektrum Massa Senyawa 3

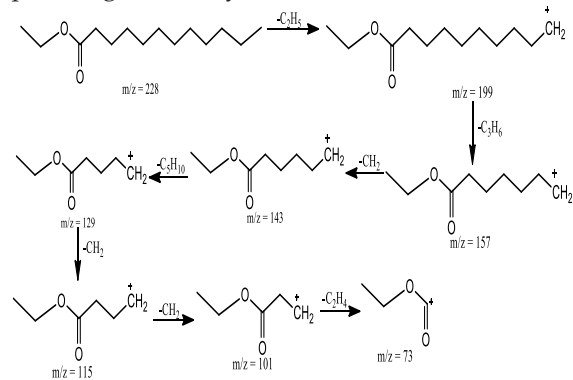


Gambar 11. Spektrum Massa Senyawa Etil Laurat

Tabel 6 Perbandingan M/Z dari Fragmentasi Puncak 3 dan Senyawa Etil Laurat

m/z	
Senyawa 3	Etil Laurat
-	228
199	199
183	171
157	155
143	143
129	129
115	115
101	101
88	88
73	73
57	60
41	43
28	29
-	27

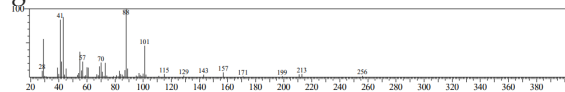
Berikut adalah struktur berdasarkan database yang ada pada mass spektrometer dan pola fragmentasinya.



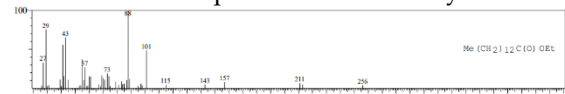
Gambar 12. Pola Fragmentasi Etil Laurat

Puncak 4 Dengan Waktu Retensi 32.828

Pola fragmentasi menunjukkan puncak 4 mempunyai kelimpahan 18.49% pada waktu retensi 32.828. Sesuai dengan spektrum yang ada pada gambar 13, puncak 4 memiliki puncak dasar m/z 88 dengan berat molekul 256 yang memiliki kemiripan dengan etil myristat pada gambar 14.



Gambar 13. Spektrum Massa Senyawa 4



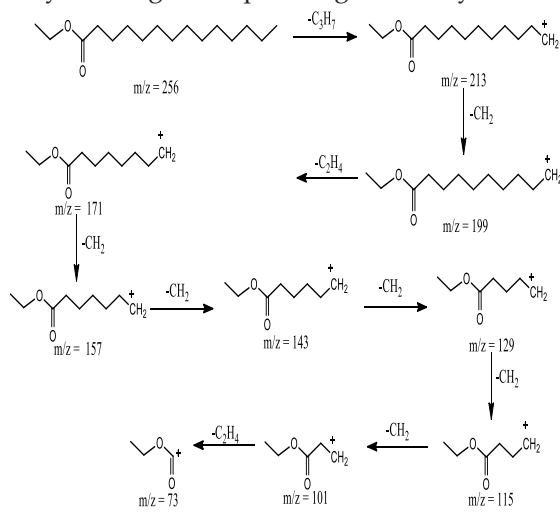
Gambar 14. Spektrum Massa Senyawa Etil Miristat



**Tabel 7** Perbandingan M/Z dari Fragmentasi Puncak 4 dan Senyawa Etil Miristat

m/z	
Senyawa 4	Etil Miristat
256	256
213	211
199	-
171	-
157	157
143	143
129	-
115	115
101	101
88	88
70	73
57	57
41	43
28	29
-	27

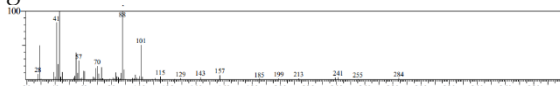
Berikut adalah struktur dugaan senyawa target dan pola fragmentasinya.



**Gambar 15.** Pola Fragmentasi Etil Miristat

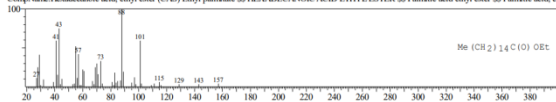
Puncak 5 Dengan Waktu Retensi 37.099

Pola fragmentasi menunjukkan puncak 5 mempunyai kelimpahan 8.13% pada waktu retensi 37.099. Sesuai dengan spektrum yang ada pada gambar 16, puncak 5 memiliki puncak dasar m/z 88 dengan berat molekul 284 yang memiliki kemiripan dengan etil palmitat pada gambar 17.



**Gambar 16.** Spektrum Massa Senyawa 5

SI:90 Formula: C18H36O2 CAS:628-97-7 MolWeight:284 RetIndex:0  
CompName:Hexadecanoic acid, ethyl ester (CAS) Ethyl palmitate SS HEXADECANOIC ACID ETHYL ESTER SS Palmitic acid ethyl ester SS Palmitic acid, ethyl



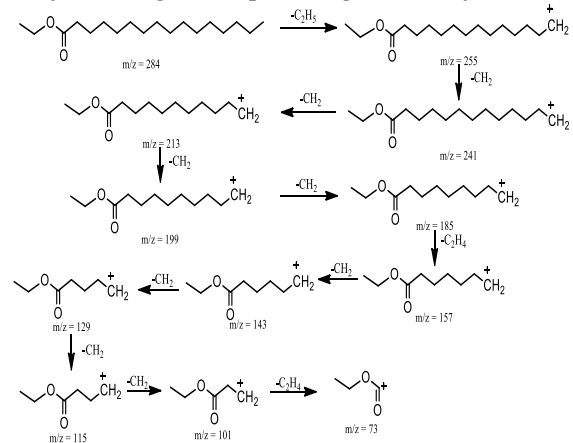
**Gambar 17.** Spektrum Massa Senyawa Etil Palmitat

**Tabel 8** Perbandingan M/Z dari Fragmentasi Puncak 5 dan Senyawa Etil Palmitat

m/z	
-----	--

Senyawa 5	Etil palmitat
284	-
255	-
241	-
213	-
199	-
185	-
157	157
143	143
129	129
115	115
101	101
88	88
70	70
57	57
41	41
28	28
-	27

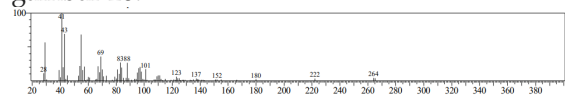
Berikut adalah struktur dugaan senyawa target dan pola fragmentasinya.



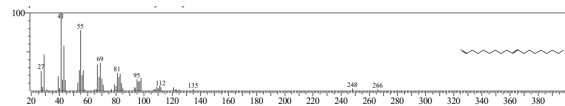
**Gambar 18.** Pola Fragmentasi Etil palmitat

Puncak 8 Dengan Waktu Retensi 40.535

Pola fragmentasi menunjukkan puncak 8 mempunyai kelimpahan 5.24% pada waktu retensi 40.532. Sesuai dengan spektrum yang ada pada gambar 19, puncak 8 memiliki puncak dasar m/z 41 dengan berat molekul 264 yang memiliki kemiripan dengan oktadekanal pada gambar 20.



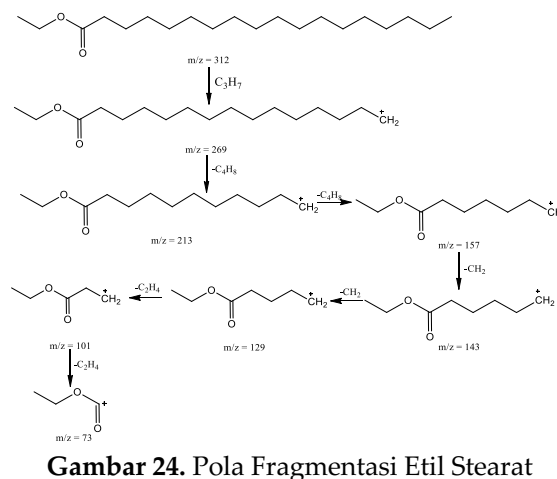
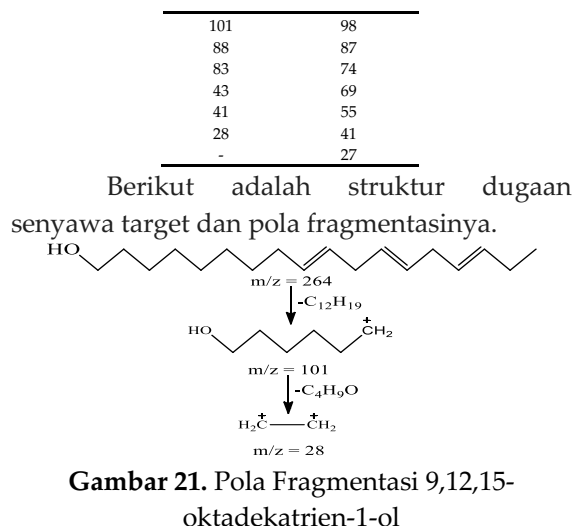
**Gambar 19.** Spektrum Massa Senyawa 8



**Gambar 20.** Spektrum Massa Senyawa 9-Oktadekanal

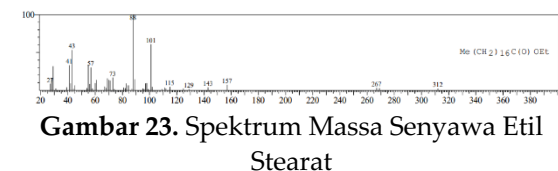
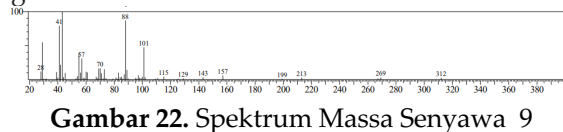
**Tabel 9** Perbandingan M/Z dari Fragmentasi Puncak 8 dan Senyawa 9-Oktadekanal

m/z	
Senyawa 8	9-oktadekanal
264	264
222	222
180	180
152	-
137	138
123	123



**Puncak 9 Dengan Waktu Retensi 40.998**

Pola fragmentasi menunjukkan puncak 9 mempunyai kelimpahan 2.28% pada waktu retensi 40.998. Sesuai dengan spektrum yang ada pada gambar 22, puncak 9 memiliki puncak dasar m/z 88 dengan berat molekul 312 yang memiliki kemiripan dengan etil streat pada gambar 23.



**Tabel 10** Perbandingan M/Z dari Fragmentasi Puncak 9 dan Senyawa Etil Stearat

m/z	
Senyawa 9	Etil stearate
321	321
269	267
213	-
157	157
143	143
129	129
115	115
101	101
88	88
70	70
57	57
43	43
41	41
28	28

Berikut adalah struktur dugaan senyawa target dan pola fragmentasinya yang dimodeling menggunakan aplikasi chemdraw.

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh katalis homogen terhadap rendemen hasil reaksi transesterifikasi pada KOH sebesar 74,3% dan katalis NaOH sebesar 70%.
2. Hasil identifikasi KG-SM yang paling dominan yaitu etil kaproat 4.12%, etil kaprat 4.99%, etil laurat 54.97%, etil miristat 18.49%, etil palmitat 8.13%, 9,12 oktadekatrien-1-ol 5.24% dan etil stearat 2.28%.

**Daftar Pustaka**

1. Rubianto L Biodiesel. 2018.
2. Octavia, R.Z. Pembuatan Dan Uji Kualitas Bahan Bakar Alternatif (Biodiesel) Dari Minyak Kelapa (Cocos Nucifera). 2011.
3. Gugule, S. Karakterisasi Virgin Coconut Oil (VCO) Rempah. *Chem Prog* 2010.
4. Herlina, Netti; Ginting, Hendra S. Lemak Dan Minyak. 2002.
5. Yuniwati, M.; Karim, A.A. Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah) Dan Metanol Dengan Katalisator Koh. *J. Teknol.* 2009, 2.
6. Kandou, N.Y.; Gugule, S.; Aloanis, A.A. Mempelajari Reaksi Transesterifikasi Terkatalisis Kalsium Oksida. *Fuller. J. Chem.* 2020, 5, 73, doi:10.37033/fjc.v5i2.163.
7. Gashaw,A.; Getachew,T.; Teshita,A. A Review on Biodiesel Production As Alternative. *Fuel.* 2015.
8. Gugule, S. Karakterisasi Virgin Coconut Oil (VCO) Rempah. . *November* 2010, 3.
9. Nasikin, M., & Susanto, B *Katalis Heterogen; pertana;* Universitas Indonesia: jakarta, 2010;
10. Maulana,A. R., & Setyoningrum, T. M. *Pembuatan Biodiesel Dari Ampas Keapa Dengan*

*Metode Transesterifikasi In-Situ Dan Katalis Kalsium Oksida*; Eksergi, 2019;

11. Gugule, S.; Fatimah, F.; Maanari, C.P.; Tallei, T.E. Data on the Use of Virgin Coconut Oil and Bioethanol Produced from Sugar Palm Sap as Raw Materials for Biodiesel Synthesis. *Data Brief* 2020, 29, 105199, doi:10.1016/j.dib.2020.105199.
12. Santoso, H.; Kristianto, I.; Setyadi, A. Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur. 2013.
13. Haryanto, A.; Triyono, S Produksi Biodiesel Dari Transesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya Dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Biodiesel. 2015.
14. Sibarani, J. Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Sawit Sebagai Sumber Katalis Basa (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) Pada Pembuatan Biodiesel Minyak Kelapa Dalam Media Metanol. 2006.
15. Encinar, J.; Gonzalez, J.; Rodriguez, J.; Tejedor A. Biodiesel Fuels from Vegetable Oils: Transesterification of *Cynara c* *Ardunculus L.* Oils with Ethanol. *Energy Fuels*. 2002.



© 2023 by the authors. Licensee Fullerene Journal Of Chem. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).