

## KINETIKA REAKSI TRANSESTERIFIKASI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS CaO MODIFIKASI

Diny Angelia<sup>1)</sup>, Geby Prestasindi Winda Permatasari<sup>2)</sup>, Sri Redjeki<sup>3)</sup>

<sup>(1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Jalan Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur 60249, Indonesia  
Penulis korespondensi: dinyangeliaaa@gmail.com

### Abstrak

Berkurangnya ketersediaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi mendorong manusia untuk menciptakan inovasi dalam bidang energi baru dan terbarukan seperti salah satu contohnya yaitu pembuatan biodiesel dari minyak yang bersumber dari nabati ataupun lemak hewan. Biodiesel yang berasal dari lemak hewan atau minyak nabati memiliki harga yang lebih mahal. Produksi biodiesel dengan harga lebih terjangkau dapat dilakukan dengan menggunakan minyak jelantah. Tujuan dari penelitian ini ialah mengetahui suhu serta waktu yang optimal untuk pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis CaO modifikasi dan untuk mengetahui kinetika reaksi transesterifikasi dalam produksi biodiesel. Minyak jelantah dalam penelitian ini didapatkan dari limbah rumah makan PT. Onsu Pangan Perkasa outlet "Geprek Bensu" di daerah Rungkut, Surabaya. Minyak jelantah yang didapat terlebih dahulu dilakukan pretreatment. Minyak jelantah hasil pretreatment kemudian di atur pada suhu 40, 45, 50, 55, 60°C dan dicampur dengan larutan metoksid kemudian diaduk pada variable waktu 20, 30, 40, 50, 60 menit. Biodiesel yang didapat kemudian didiamkan, dimurnikan, dan dipisahkan dengan kandungan air di dalam centrifuge. Pada hasil penelitian didapatkan konversi terbesar, yaitu 21,94% pada suhu dan waktu reaksi yaitu 60°C dan 60 menit. Kadar methyl ester total sebesar 98,16%. Reaksi transesterifikasi biodiesel dari minyak jelantah memakai katalis CaO modifikasi sesuai dengan orde satu semu.

**Kata kunci:** biodiesel; minyak jelantah; transesterifikasi; kinetika; CaO modifikasi

## KINETICS TRANSESTERIFICATION REACTION OF WASTE COOKING OIL INTO BIODIESEL WITH MODIFIED CaO CATALYSTS

### Abstract

The reduced availability of fossil fuels as an energy source requires humans to create new and renewable energy, such as making biodiesel from plant oils or animal fats. Biodiesel obtained from animal fat or plant oil has a higher price. Making biodiesel at a more affordable price can be done using used cooking oil. This observe goals to decide the kinetics, temperature, and time of transesterification reaction of waste cooking oil using modified CaO catalyst. Used cooking oil is from PT. Onsu Pangan Perkasa outlet "Geprek Bensu" in Rungkut area, Surabaya. The used cooking oil is pretreatment first. The pretreatment used cooking oil was then set at 40, 45, 50, 55, 60°C and mixed with methoxide solution, and then stirred for 20, 30, 40, 50, 60minutes. The biodiesel obtained is then allowed to stand, purified, and separated from the water content in the centrifuge. The results showed that the most extensive conversion was 21.94% at 60°C and 60minutes with a total methyl ester content of 98.16%. The transesterification reaction of biodiesel from waste cooking oil that makes use of a modified CaO catalyst is pseudo first-order.

**Keywords:** biodiesel; used-cooking oil; transesterification; kinetics; CaO modification

### PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang semakin hari semakin tinggi oleh manusia menimbulkan permasalahan baru

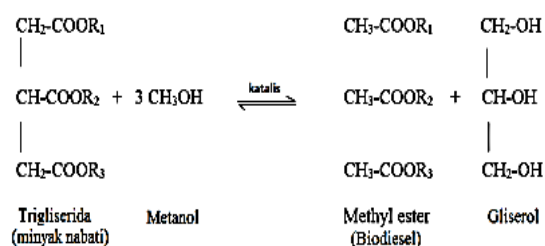
dalam hal penyediaan energi. Kebutuhan energi yang lebih tinggi dari ketersediaan menyebabkan ketidakseimbangan. Bahan bakar fosil merupakan salah satu kekayaan sumber daya alam. Bahan bakar fosil yang

terus menerus berkurang ketersediaannya sebagai sumber energi mendorong manusia untuk terus melakukan inovasi menciptakan energi baru dan terbarukan seperti salah satunya yaitu pembuatan biodiesel dari minyak tanaman ataupun lemak hewan.

Diesel atau solar merupakan bahan bakar tidak terbarukan yang dapat digantikan dengan energi alternatif terbarukan yaitu biodiesel. Potensi biodiesel yang berasal dari minyak jelantah bernilai tinggi, karena minyak jelantah merupakan limbah yang ada dimana-mana, bahkan minyak jelantah mengandung peroksida yang dapat meningkatkan resiko berbagai penyakit salah satunya yaitu tumor (kanker) yang terjadi di membran penghalang organ pada manusia (Suroso, 2013). Minyak jelantah sering berakhir di perairan seperti dibuang ke laut, jika dilakukan terus-menerus maka dapat meningkatkan kadar COD (*chemical oxygen demand*) dan BOD (*biological oxygen demand*) yang dapat menyebabkan hewan ataupun penghuni perairan akan mati karena sinar matahari tidak dapat menembus ke perairan (Mardiana, 2020).

Harga pembuatan biodiesel dari lemak hewan atau minyak nabati jauh lebih mahal jika dibandingkan dengan energi dari bahan bakar fosil, akibatnya biodiesel dengan harga yang jauh lebih mahal kurang diminati oleh Masyarakat. Oleh karena itu, biodiesel tidak hanya bisa dibuat dari minyak yang baru atau belum pernah dipakai, tetapi juga dapat dibuat dari limbah, seperti minyak jelantah

Reaksi transesterifikasi antara trigliserida yang terkandung dalam lemak hewani atau minyak nabati dengan penambahan alkohol merupakan reaksi untuk mendapatkan biodiesel atau metil ester. Reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1 (Yozanna, 2016):



**Gambar 1.** Proses Transesterifikasi

Katalis padat pada reaksi transesterifikasi memiliki keunggulan yaitu ramah lingkungan, mudah dipisahkan dari sisa pengolahan biodiesel, dan dapat digunakan kembali pada akhir reaksi sehingga untuk biaya produksi tidak terlalu besar. Penelitian ini menggunakan katalis CaO karena memiliki harga yang terjangkau, tidak terlalu beracun, dan mudah didapat (Fanny, 2012).

Perbedaan antara katalis CaO dengan katalis CaO super basa yaitu pada tingkat aktivitas. Katalis CaO memiliki aktivitas yang lebih rendah jika

dibandingkan dengan katalis CaO super basa. Pemakaian katalis CaO yang dimodifikasi menjadi super basa berpengaruh terhadap konversinya yaitu pada CaO super basa memiliki konversi 99,9% dan kadar ester yang didapat 98,82%-99,07% (Fanny, 2012).

Model kinetika reaksi:

1. Reaksi Orde Nol

Reaksi ini terjadi apabila laju suatu reaksi tidak mendapatkan pengaruh dari konsentrasi pereaksi tersebut dan dapat ditulis sebagai Persamaan 1.

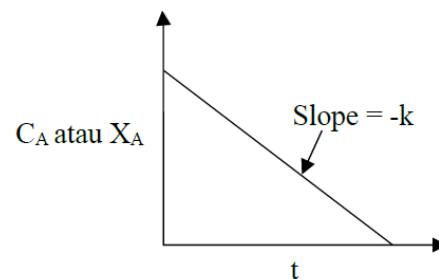
$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k \quad (1)$$

k ialah konstanta laju reaksi orde nol. Persamaan (1) dituliskan dalam bentuk integral seperti pada Persamaan 2 dengan hasil seperti pada Persamaan 3.

$$-\int_{C_{A0}}^{C_A} dC_A = k \int_0^t dt \quad (2)$$

$$C_A = -kt + C_{A0} \quad (3)$$

Persamaan (3) merupakan persamaan garis lurus  $y = ax+b$ , y merupakan  $C_A$ , ax merupakan  $-kt$ , dan b merupakan  $C_{A0}$ . Terbentuknya persamaan garis lurus dengan kemiringan garis  $-k$  sebagai slope dan  $C_A$  sebagai intersep terhadap hasil plot  $C_A$  terhadap t.



**Gambar 2.** Reaksi Orde Nol

2. Reaksi Orde Satu

Apabila konsentrasi reaktan sebanding dengan laju reaksi, reaksi orde pertama akan terjadi dan dapat ditulis sebagai Persamaan 4.

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k C_A \quad (4)$$

Persamaan (4) diintegrasikan sehingga menjadi:

$$\begin{aligned}
 -\frac{dC_A}{C_A} &= k \cdot dt \\
 -\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} &= k \int_0^t dt \\
 -\ln \frac{C_A}{C_{A0}} &= k t \quad (5)
 \end{aligned}$$

Persamaan konversi:

$$X_A = 1 - \frac{C_A}{C_{A0}} \quad (6)$$

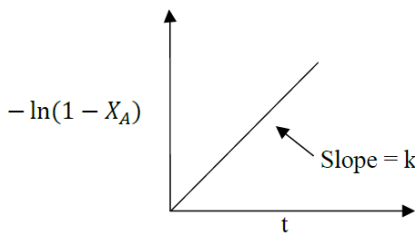
$$C_A = C_{A0} (1 - X_A) \quad (7)$$

Substitusi persamaan (7) ke persamaan (4) sehingga didapatkan persamaan:

$$-\ln \frac{C_{A0}}{C_A} (1 - X_A) = kt \quad (8)$$

$$-\ln(1 - X_A) = kt \quad (9)$$

Plot dari persamaan (8) adalah sebagai berikut



**Gambar 3.** Reaksi Orde Satu

### 3. Reaksi Orde Dua

Terjadinya reaksi orde dua ketika laju reaksi sebanding dengan kuadrat konsentrasi satu reaktan atau produk dari konsentrasi yang meningkat dengan pangkat satu atau kedua reaktan.

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = -\frac{dC_B}{dt} = k C_A C_B \quad (10)$$

Persamaan konversi

$$X_A = 1 - \frac{C_A}{C_{A0}} \quad (11)$$

$$dX_A = -\frac{dC_A}{C_{A0}} \quad (12)$$

Persamaan (12) dapat ditulis dalam  $X_A$  dan  $C_A$  ditulis dalam persamaan (14) menjadi:

$$-r_A = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k(C_{A0} - C_{A0}X_A)(C_{B0} - C_{A0}X_A) \quad (13)$$

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}} \quad (14)$$

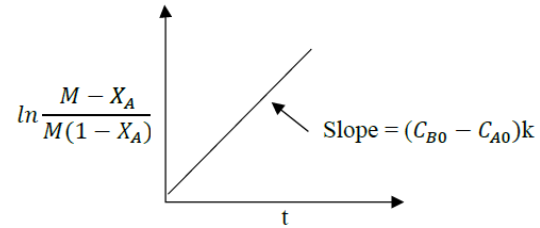
$$-r_A = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = kC_{A0}^2(1 - X_A)(M - X_A) \quad (14)$$

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)(M-X_A)} = C_{A0} k \int_0^t dt \quad (15)$$

Hasil akhir didapatkan sebagai berikut:

$$\ln \frac{M-X_A}{M(1-X_A)} = (C_{B0} - C_{A0})k \quad (16)$$

Hasil plot untuk persamaan (15) adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.** Reaksi Orde Dua

(Levenspiel, 1999)

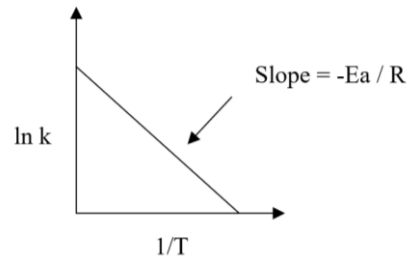
Nilai k yang didapatkan dari orde reaksi yang sesuai digunakan untuk menghitung nilai energi aktivasi sesuai persamaan Arrhenius:

$$K = A e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (17)$$

Dalam logaritma persamaan x menjadi

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln A \quad (18)$$

Persamaan (17) merupakan persamaan garis lurus  $y = ax + b$ , y merupakan  $\ln k$ , ax merupakan  $-\frac{E_a}{R} \frac{1}{T}$ , dan b merupakan  $\ln A$ . Sehingga korelasi antara energi aktivasi dengan temperatur serta laju reaksi dapat terlihat pada Gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Grafik Penentuan Energi Aktivasi.

Hipotesis pada penelitian ini menyatakan bahwa kinetika reaksi dari minyak jelantah menggunakan katalis CaO modifikasi yaitu CaO super basa dengan proses transesterifikasi dengan dipengaruhi oleh waktu dan konsentrasi dan reaksi pembentukan mengikuti orde satu semu.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data kinetika, mendapatkan data pengaruh waktu serta suhu pada kinetika reaksi pembuatan biodiesel, dan membuat biodiesel alternatif dari limbah minyak jelantah dari reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO modifikasi.

## METODE PENELITIAN

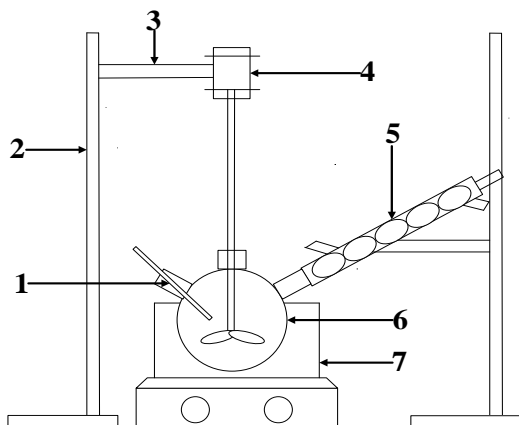
### Bahan

Penelitian ini menggunakan minyak jelantah yang diperoleh dari limbah rumah makan PT. Onsu

Pangan Perkasa outlet “Geprek Benu” di daerah Rungkut, Surabaya tanggal 21 April 2021 Pukul 13.00 WIB. Bahan tambahan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah: Katalis CaCO<sub>3</sub>, Metanol, Amonium Karbonat, Indikator fenoltalein, Aquadest.

#### Alat

Rangkaian peralatan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Rangkaian Alat

Keterangan Gambar 6:

1. Termometer
2. Statif
3. Klem
4. Motor Pengaduk
5. Kondesor
6. Labu leher tiga
7. Heating Mantel

#### Prosedur

##### Pembuatan Katalis CaO Modifikasi (Super Basa)

Padatan CaCO<sub>3</sub> dikalsinasi pada suhu 900°C dengan waktu 1,5 jam. Menambahkan 12 gram padatan CaO ke larutan ammonium karbonat konsentrasi 0,12 g/mL sebanyak 171,5 mL. Campuran CaO dan amonium karbonat diaduk selama 30 menit kemudian dilakukan penyaringan untuk mendapatkan padatan. Kemudian, padatan dipanaskan dengan suhu 110°C, dan dilakukan kalsinasi pada suhu tinggi selama 1,5 jam. Kemudian, padatan CaO dengan temperatur 250°C dipindahkan ke dalam desikator.

##### Proses Pretreatment Minyak Jelantah

Penghilang Bumbu (Despicing) (Viantini, 2015).

Minyak jelantah dan air dengan perbandingan 1:1 dilakukan pencampuran. Kemudian campuran tersebut dipanaskan pada 110°C dengan waktu 4 jam. Kemudian, akan terdapat 2 lapisan pada saat pemisahan campuran air dan minyak dilakukan menggunakan labu kocok. Didapatkan minyak pada

lapisan atas. Minyak ditampung untuk diproses pada proses selanjutnya dan untuk air dibuang.

Proses *Netralisasi* (Viantini,2015).

Minyak jelantah hasil dari proses penghilang bumbu (*despicing*) yang memiliki pengotor lebih sedikit dipanaskan pada temperature ±40°C. Selanjutnya, menambahkan larutan NaOH 15% pada minyak goreng tersebut. Perbandingan jumlah minyak dan NaOH adalah 100 ml minyak dan 5 ml 15% NaOH. Campuran kemudian diaduk selama 10 menit dengan kecepatan putaran 500 rpm. Pemisahan minyak dari campuran dilakukan dengan menggunakan kertas saring.

Proses *Bleaching* (Purnama,2014)

Proses *Bleaching* menggunakan zeolit yang telah dicuci dengan aquadest. Kemudian dengan oven bersuhu 150°C zeolit tersebut dimasukkan selama 3 jam untuk proses pengeringan. Zeolit yang telah melewati proses pengeringan kemudian diayak sehingga didapatkan zeolit ukuran 100 mesh. Minyak jelantah ditambahkan pada zeolit 100 mesh. Terdapat perbandingan minyak jelantah dan zeolit yaitu minyak jelantah sebanyak 100 ml dan zeolite 40 gram. Campuran minyak dan zeolit diaduk pada suhu 60°C dengan waktu 75 menit. Kemudian didapatkan minyak dari penyaringan dengan menggunakan kertas saring.

#### Pembuatan Biodiesel

##### 1. Tahapan Pembersihan Minyak Jelantah

Minyak jelantah diproses melalui Pretreatment minyak jelantah.

##### 2. Analisa Kadar Free Fatty Acid

Uji kadar FFA (*Free Fatty Acid*) yaitu dengan menimbang 10gr minyak jelantah hasil pretreatment dan dititrasi menggunakan larutan 1N NaOH. Kemudian menghitung %FFA menggunakan rumus:

$$\%FFA = \frac{\text{ml NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM minyak}}{\text{gr minyak jelantah}} \times 100\%$$

##### 3. Tahap Pembuatan Larutan Metoksid

Penelitian ini menggunakan proses transesterifikasi metanol berlebih dengan rasio 1:6 antara minyak jelantah dan metanol. Proses pembuatan larutan metoksid diawali dengan menambahkan 5 gram katalis CaO Modifikasi ke dalam larutan metanol 14 ml (6 mol). Kemudian, campuran diaduk pada beaker glass selama kurang lebih 5menit hingga larut.

##### 4. Proses Transesterifikasi

Pada labu leher tiga reaksi Transesterifikasi dilakukan dengan menggunakan kondensor, motor pengaduk, dan termometer. Pertama, minyak jelantah hasil *pretreatment* dipanaskan pada suhu 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C. Kemudian

minyak ditambahkan larutan metoksid pada labu leher tiga. Setelah itu, campuran minyak jelantah dan larutan metoksid diaduk dengan variabel waktu 20, 30, 40, 50, 60 menit. Hasil reaksi dipisahkan dengan mendiamkan larutan selama 24 jam. Biodiesel yang didapat dari reaksi transesterifikasi dilakukan pemurnian dengan mencuci menggunakan aquadest sampai pH netral. Kemudian, biodiesel yang didapatkan dimasukkan dalam *centrifuge* selama 10menit sehingga biodiesel terpisah dari air. Kandungan air yang terdapat di biodiesel dipisahkan dengan proses pegeringan pada suhu 60°C sehingga air dapat teruapkan.

**Analisa**

1. Perhitungan Konversi

Konversi biodiesel dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut

$$konversi = \frac{mol\ FAME\ bereaksi}{mol\ FAME\ mula\ mula} \times 100\%$$

2. Penentuan Orde Reaksi

Biodiesel hasil reaksi pada berbagai variabel suhu dan waktu ditentukan dengan penentuan orde reaksi yang sesuai.

3. Metode GC-MS

Biodiesel hasil reaksi transesterifikasi pada berbagai variabel suhu dan waktu menggunakan katalis CaO modifikasi dilakukan analisis dengan memakai uji GC-MS (Gas Chromatography - Mass Spectroscopy) di Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang untuk sampel 60°C; 60 menit sebagai nilai konversi metil ester tertinggi. Tipe GC-MS: GCMS-QP2010 Plus SHIMADZU.

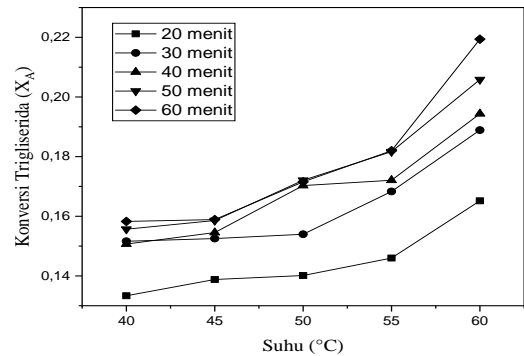
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan dengan terlebih dahulu menguji sampel minyak jelantah. Uji terhadap kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*) pada hasil minyak jelantah setelah *pretreatment* bertujuan untuk menentukan proses reaksi yang akan digunakan. Hasil pengujian nilai FFA dalam penelitian ini sebesar 0,25% sehingga pembuatan biodiesel dapat digunakan proses transesterifikasi tanpa melalui proses esterifikasi.

**Pengaruh Suhu Reaksi (°C) dan Waktu (menit) Terhadap Konversi Triglisierida (X<sub>A</sub>)**

Kadar metil ester meningkat signifikan pada suhu reaksi 60°C. Kandungan biodiesel yang dihasilkan akan lebih tinggi sebanding dengan digunakannya suhu yang lebih tinggi dan waktu reaksi transesterifikasi yang lama (Alfianita, 2019). Suhu 60°C dan waktu 60 menit merupakan kondisi optimum terjadinya reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel menggunakan katalis CaO modifikasi. Rasio molar yang digunakan 1:6. Minyak

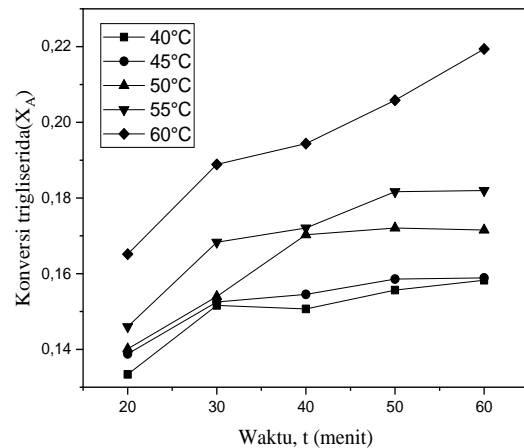
yang digunakan 50 gram dengan penggunaan katalis 5% dan kecepatan pengadukan 800 rpm.



**Gambar 7.** Pengaruh Suhu Reaksi (°C) terhadap Konversi Triglisierida (X<sub>A</sub>) pada berbagai Waktu Reaksi (menit)

**Penentuan Orde Reaksi**

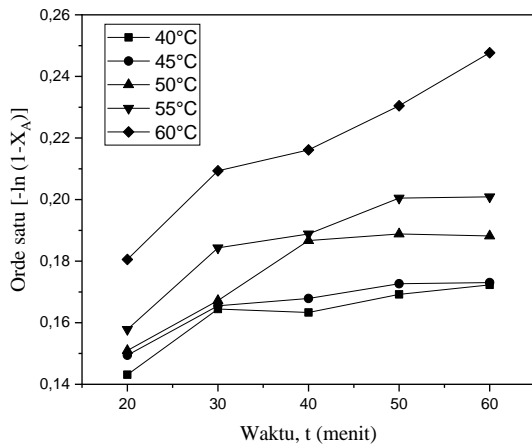
Orde reaksi ditentukan melalui laju reaksi transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel. Percobaan pada tiga tingkatan orde reaksi yaitu orde 0,1, dan 2 menggunakan metode grafik. Nilai koefisien korelasi (R<sup>2</sup>) yang mendekati satu merupakan orde yang sesuai.



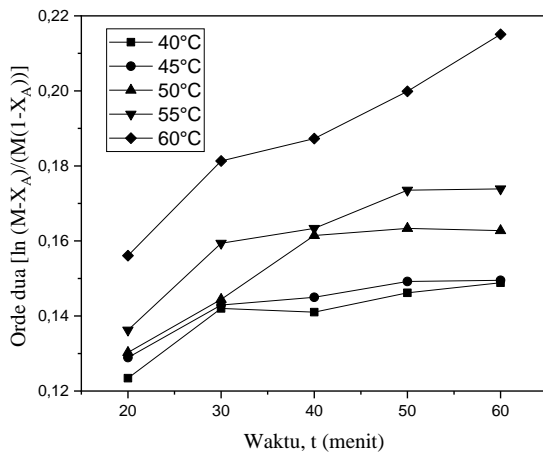
**Gambar 8.** Nilai Koefisien Korelasi Orde Nol

Penentuan untuk reaksi orde nol dilakukan dengan membuat grafik Konversi Triglisierida (X<sub>A</sub>) versus Waktu (t). Gambar 8 menunjukkan grafik dengan garis lurus dan memiliki nilai slope. Nilai tetapan laju reaksi didapatkan dari slope pada grafik. Diperoleh nilai koefisien korelasi (R<sup>2</sup>) dalam rentang 0,7623 - 0,9591 pada orde nol.

Reaksi orde satu dapat ditentukan dengan memplotkan -ln(1-X<sub>A</sub>) dengan t. Didapatkan grafik dengan garis lurus pada Gambar 9. Nilai dari tetapan laju reaksi didapatkan dari slope. Diperoleh nilai koefisien korelasi (R<sup>2</sup>) yaitu dalam rentang 0,7648 – 0,9617 pada orde satu.



Gambar 9. Nilai Koefisien Korelasi Orde Satu



Gambar 10. Nilai Koefisien Korelasi Orde Dua

Reaksi orde dua dapat ditentukan dengan melakukan plot  $\ln (M-X_A)/(M(1-X_A))$  terhadap  $t$ . Pada Gambar 10 didapatkan garis lurus dengan nilai slope sebagai  $k$ . Diperoleh nilai korelasi ( $R^2$ ) dalam rentang 0,7651– 0,962 pada orde dua.

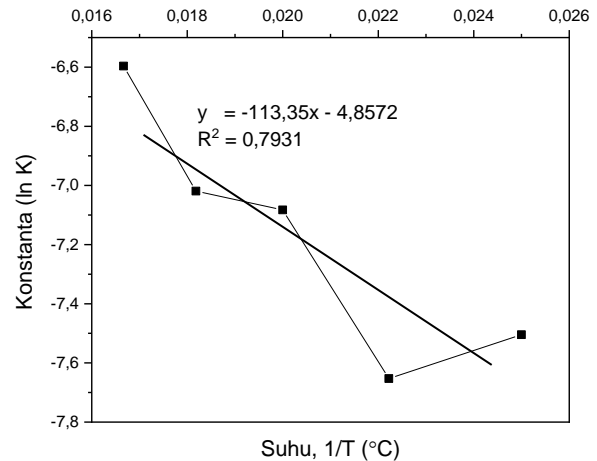
Dalam penelitian ini didapatkan nilai korelasi ( $R^2$ ) mendekati 1 berada pada orde dua sebesar 0,962 pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dengan waktu 60 menit. Namun, jika  $C_{B0}$  jauh lebih besar dari  $C_{A0}$ , maka  $C_B$  akan tetap konstan setiap saat. Dengan demikian reaksi orde dua akan menjadi orde satu semu (Levenspiel,1999).

#### Penentuan Energi Aktivasi ( $E_a$ )

Persamaan Arrhenius digunakan untuk mengetahui nilai energi aktivasi reaksi transesterifikasi. Plot antara  $\ln k$  dan  $1/T$  pada grafik didapatkan slope dan intersep. Nilai yang didapatkan dari grafik antara lain: nilai energi aktivasi, nilai frekuensi tumbukan, dan persamaan tetapan laju reaksi.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai Energi Aktivasi berdasarkan Persamaan Arrhenius

T	1/T	k	ln k
40	0,025	0,0006	-7,5045
45	0,022	0,0005	-7,6530
50	0,02	0,0008	-7,0829
55	0,0182	0,0009	-7,0190
60	0,0167	0,0014	-6,5963



Gambar 11. Hubungan  $\ln k$  dengan  $1/T$  pada Pembuatan Biodiesel melalui Reaksi Transesterifikasi dari Minyak Jelantah dengan Penggunaan Katalis CaO Modifikasi

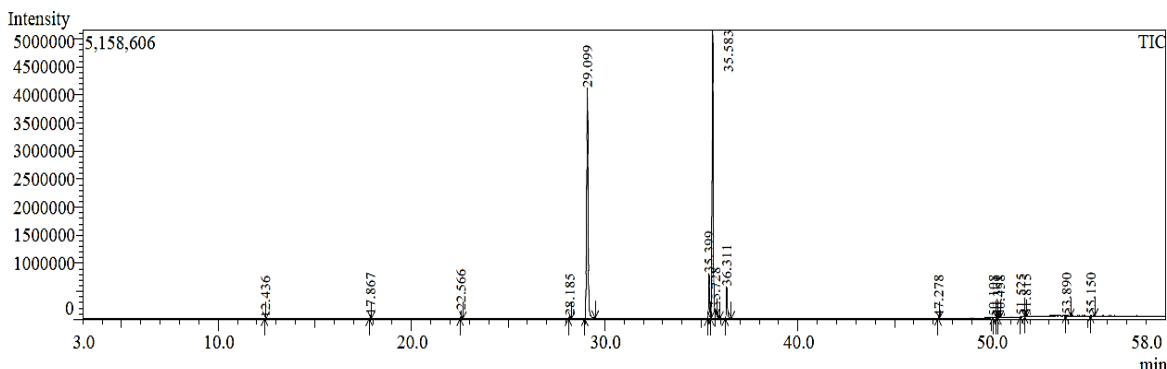
Hasil perhitungan energi aktivasi dari grafik hubungan  $\ln k$  dengan  $1/T$  didapatkan *slope* sebesar -113,35 dan *intercept* sebesar -4,8572. Maka didapatkan energi aktivasi ( $E_a$ ) yaitu sebesar 942,3924 J/mol; frekuensi tumbukan didapatkan sebesar 0,0078. Sehingga, didapatkan persamaan tetapan laju reaksi sebesar  $k=0,0078 e^{(-113,35/T)}$ .

#### Hasil Analisis GC-MS Metil Ester

Analisa GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) merupakan metode analisis yang dilakukan untuk mengetahui bahwa hasil reaksi merupakan benar senyawa metil ester (biodiesel). Hasil uji analisis menggunakan metode GCMS dari sampel biodiesel pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dan waktu 60 menit pada penelitian ini didapatkan kesimpulan yaitu hasil dari sintesis memiliki kandungan senyawa metil ester (biodiesel). Hal tersebut dapat dibuktikan dari hasil analisis yang didapatkan pada Gambar 12 dan Tabel 2. Dari kromatogram didapatkan 17 puncak dengan waktu retensi antara 12,436 – 55,150. Pada Tabel 2 terlihat bahwa biodiesel yang dihasilkan mengandung 17 senyawa. Didapatkan beberapa komponen utama pada sampel yaitu antara lain *hexadecanoic acid*, *methyl ester* pada puncak no.5 sebesar 43,71% dengan waktu resensi 29,099 menit. Kemudian, diikuti oleh senyawa *9,12-Octadecadienoic acid*

(Z,Z)-, methyl ester pada puncak no.6 sebesar 6,09% dengan waktu resensi 35,399 menit dan setelah itu senyawa 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E) pada

puncak no.7 sebesar 43,99% dengan waktu resensi 35,583 menit; methyl stearate pada puncak no.9 sebesar 4,37% dengan waktu resensi 36,311 menit.



Gambar 12. Kromatogram GC dari Produk Biodiesel

Tabel 2. Hasil Analisis GC-MS Biodiesel

No. puncak	Waktu Retensi (Min)	Metyl Ester	Berat Molekul	% Area
1	12,436	1,2-diacetylhydrazine	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (116)	0,02
2	17,867	Undecanoic acid, methyl ester	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> (200)	0,29
3	22,566	Methyl tetradecanoate	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> (242)	0,69
4	28,185	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> (296)	0,35
5	29,099	Hexadecanoic acid, methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> (270)	43,71
6	35,399	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> (294)	6,09
7	35,583	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> (296)	43,99
8	35,728	11-Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> (296)	0,21
9	36,311	Methyl stearate	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub> (298)	4,37
10	47,278	1-Methyl-2-heptafluorobutyryloxycyclohexane	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> F <sub>7</sub> O <sub>2</sub> (310)	0,03
11	50,108	Pentanoic acid, 5-hydroxy-, 2,4-di- <i>t</i> -butylphenyl esters	C <sub>19</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub> (306)	0,05
12	50,301	Hydrocinnamic acid, <i>p</i> -methoxy-.beta.-methyl-, methyl ester	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub> (208)	0,03
13	50,458	(6-Nitrobenzothiazol-2-yl)carbamic acid, methyl ester	C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub> S (253)	0,03
14	51,525	1H-Pyrimido[1,2- <i>a</i> ]quinoline-2-acetic acid, 1-oxo-, ethyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (282)	0,03
15	51,815	Ethylamine, N,N-dinonyl-2-(2-thiophenyl)-	C <sub>24</sub> H <sub>45</sub> NS (379)	0,02
16	53,890	3-Ethoxy-1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3-(trimethylsiloxy)trisiloxane	C <sub>11</sub> H <sub>32</sub> O <sub>4</sub> Si <sub>4</sub> (340)	0,04
17	55,150	2-(2-Hydroxyethoxy)ethyl 2,2,3,3,3-pentafluoropropanoate	C <sub>7</sub> H <sub>9</sub> F <sub>5</sub> O <sub>4</sub> (252)	0,05

**SIMPULAN**

Didapatkan kesimpulan untuk biodiesel yang berasal dari minyak jelantah menggunakan katalis CaO modifikasi yaitu pertama, penggunaan waktu reaksi transesterifikasi yang lebih lama dan suhu yang lebih tinggi maka konversi yang didapat akan lebih

tinggi; kedua, konversi terbesar yaitu sebesar 21,94% pada temperatur 60°C dan waktu 60 menit. Pada uji GC-MS didapatkan kadar methyl ester total sebesar 98,16% dengan metil ester yang tertinggi adalah metil oleat 43,99% dengan waktu resensi 35,583 menit, kemudian metil palmitat 43,71% dengan waktu resensi 29,099 menit, asam alfa-linoleat 6,09% dengan waktu resensi 35,99 menit; selanjutnya, nilai

korelasi ( $R^2$ ) tertinggi didapatkan pada orde dua dengan temperatur 60°C dan waktu 60 menit sebesar 0,962 dengan energi aktivasi ( $E_a$ ) yaitu 942,3924 J/mol dan rasio antara minyak jelantah dan metanol sebesar 1:6.

### SARAN

Pengukuran kinetika reaksi transesterifikasi pada percobaan ini menggunakan variabel suhu di bawah titik optimum biodiesel yaitu 40-60°C sehingga perlu dilakukan penelitian menggunakan variabel suhu dengan interval mendekati titik optimum biodiesel.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfianita, Rizca, A dan Nur, H, 2019, *Pengaruh Variasi Waktu Dan Suhu Terhadap Rendemen Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Katalis Abu Layang Batubara (Fly Ash) Melalui Proses Transesterifikasi*, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Fanny, W, Subahjo, S dan Prakoso, T 2012, 'Pengembangan Katalis Kalsium Oksida Untuk Sintesis Biodiesel', *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 11, no. 2, hh. 66-73.
- Levenspiel, O 1999, *Chemical Reaction Engineering*, New York: John Wiley & Son.
- Mardiana, S, Mulyasih, R, Tamara, R dan Sururi, A 2020, 'Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Minyak Jelantah dengan Ekstrak Jeruk dalam Perspektif Komunikasi Lingkungan di Kelurahan Kaligandu', *Jurnal Solma*, vol. 9, vol. 1, hh. 92-101.
- Midiyarti, Nurhayati dan Muhdarina 2016, 'Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Dengan Katalis Heterogen Cao Dari Cangkang Kerang Darah (Andara Granosa)', *Jurnal Photon*, vol. 7, no.1.
- Purnama, H, Mistyanti, O dan Amin, R 2014, 'Pemurnian Minyak Jelantah Dengan Zeolit Alam: Pengaruh Massa Zeolit Dan Waktu Pengadukan' *Jurnal Simposium Nasional Teknologi Terapan*, vol. 2.
- Suroso, A 2013, 'Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar Air', *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, vol. 3, no. 2, hh. 77-88.
- Viantini, F dan Yustunah 2015, 'Pengaruh Temperatur Pada Proses Pemurnian Minyak Goreng Bekas Dengan Buah Mengkudu', *Jurnal Konversi*, vol. 4, no.02.
- Yozanna, O 2016, *Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah*, Bandar Lampung: Universitas Lampung.