

# KINETIKA REAKSI PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS (JELANTAH) DAN METANOL DENGAN KATALISATOR KOH

Murni Yuniwati, Amelia Abdul Karim

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
Jl. Kalisahak no 28 Balapan Yogyakarta 55222  
murni\_yuniwati@yahoo.com

## ABSTRACT

*Biodiesel is a fuel source alternative to diesel fuel made from vegetable oils or animal fats, contain no sulfur and no aromatic. Biodiesel is produced by reacting vegetable oils with alcohols using alkaline substances as catalysts in the temperature and composition. In this study used coconut oil used (jelantah) which can be used to manufacture biodiesel raw material*

*In this study used coconut oil (jelantah) processed through two stages of reactions, esterification and transesterification. Esterification stage is to reduce levels of free fatty acids in the oil. Esterification of oil with methanol and a catalyst  $H_2SO_4$ , heated at a temperature of  $60^\circ C$  with a time of 30 minutes. The results of esterification, reacted with methanol and a catalyst KOH at room temperature, the reaction is the transesterification.*

*Reaction kinetics of biodiesel production from coconut oil used (jelantah) and methanol with KOH catalyst is a second order reaction. By using 100 mL of oil and 126.5 mL of methanol and 1.5 grams of catalyst works at room temperature and atmospheric pressure is obtained optimum results the reaction rate constants to the right ( $k_1$ ) for  $3,49 \cdot 10^{-4}$ , the reaction rate constants to the left ( $k_2$ ) for  $1,89 \cdot 10^{-4}$  and the value of the reaction equilibrium constant (K) of 1.85 with the equilibrium conversion of 80.28%.*

*Keywords: biodiesel, esterification, transesterification*

## INTISARI

Biodiesel merupakan sumber bahan bakar alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, tidak mengandung sulfur dan tidak beraroma. Biodiesel dihasilkan dengan mereaksikan minyak tumbuhan dengan alkohol menggunakan basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu. Dalam penelitian ini digunakan minyak kelapa bekas (jelantah) yang bisa dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan biodiesel.

Pada penelitian ini minyak kelapa bekas (jelantah) diproses melalui dua tahap reaksi yaitu, reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Tahap esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak. Minyak diesterifikasi dengan methanol dan katalisator  $H_2SO_4$ , dipanaskan pada suhu  $60^\circ C$  dengan waktu 30 menit. Hasil reaksi esterifikasi, direaksikan lagi dengan metanol dan katalisator KOH pada suhu kamar, reaksi yang terjadi adalah reaksi transesterifikasi.

Kinetika reaksi pembuatan biodiesel dari minyak kelapa bekas (jelantah) dan metanol dengan katalisator KOH merupakan reaksi orde dua. Dengan menggunakan 100 mL minyak dan 126,5 mL metanol dan 1,5 gram katalisator bekerja pada suhu kamar dan tekanan atmosferis diperoleh hasil optimal yaitu konstanta kecepatan reaksi ke kanan ( $k_1$ ) sebesar  $3,49 \cdot 10^{-4}$ , konstanta kecepatan reaksi ke kiri ( $k_2$ ) sebesar  $1,89 \cdot 10^{-4}$  dan nilai konstanta kesetimbangan reaksi (K) sebesar 1,85 dengan konversi kesetimbangan sebesar 80,28 %.

Kata kunci: biodiesel, esterifikasi, transesterifikasi

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Keterbatasan sumber energi yang terjadi di mana-mana dan terus berlanjut, pada akhir tahun 1970-an minyak nabati di Eropa telah digunakan sebagai bahan bakar motor diesel

menggantikan minyak solar. Namun, karena masalah teknis yang sulit diatasi, sekalipun dengan memodifikasi motor yang akhirnya hanya menambah biaya, minyak nabati kemudian diolah menjadi biodiesel dan mulai dikembangkan sejak

pertengahan tahun 1980-an. Biodiesel merupakan sumber bahan bakar alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, tidak mengandung sulfur dan tidak beraroma, terutama di Jerman dan Austria, biodiesel diproduksi dari minyak *rapeseed* (Swern, 1964). Pemanfaatan minyak tumbuhan dan hewan sebagai bahan baku biodiesel dirasakan mahal, karena pada umumnya minyak tumbuhan dan minyak hewan pada umumnya digunakan sebagai bahan makanan, sehingga harus dipilih minyak tumbuhan yang tidak digunakan sebagai bahan makan misalnya minyak jarak, minyak biji kapuk dan sebagainya.

Minyak kelapa bekas (jelantah) merupakan minyak tumbuhan yang sudah digunakan untuk menggoreng. Penggunaan minyak tumbuhan bekas sebagai bahan baku biodiesel menjadi sangat dimungkinkan karena nilai ekonomis minyak bekas ini sudah turun dibanding minyak tumbuhan yang belum digunakan. Disamping itu, dengan sifat karsinogenik minyak bekas yang berbahaya bagi tubuh, proses pembuatan biodiesel dari minyak goreng menjadi alternative penyelesaian masalah yang patut dipertimbangkan.

Di Indonesia, pemanfaatan minyak kelapa bekas (jelantah) masih kontroversial. Sampai saat ini sebagian minyak kelapa bekas (jelantah) dari perusahaan besar dijual ke pedagang kaki lima dan kemudian digunakan untuk menggoreng makanan dagangannya dan sebagian lain dibuang begitu saja ke saluran pembuangan. Bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak kelapa bekas (jelantah) mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Senyawa-senyawa itu sangat berbahaya bagi tubuh manusia. Sehingga muncul inovasi untuk memanfaatkan minyak kelapa bekas (jelantah) menjadi biodiesel. Dalam penelitian ini akan dipelajari kinetika reaksi pembuatan biodiesel dari minyak kelapa bekas (jelantah) dan methanol dengan katalisator KOH yang sangat diperlukan dalam perancangan reaktornya.

#### **TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinetika reaksi pada transesterifikasi minyak kelapa bekas (jelantah) menggunakan katalisator KOH dengan variabel jumlah katalisator.

#### **RUMUSAN MASALAH.**

Untuk merancang reaktor pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas, diperlukan data kinetika reaksi antara lain bagaimana

bentuk persamaan kecepatan reaksinya dan berapa nilai konstanta kecepatan teaksinya, kemudian dari data kinetika maupun data ter-modinamikanya, dapat ditentukan ukuran reaktor dan kondisi operasi yang baik untuk reaksi tersebut.

#### **BATASAN MASALAH**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah hanya untuk mengetahui kinetika reaksi transesterifikasi minyak kelapa bekas (jelantah) menjadi biodiesel dengan variabel jumlah katalisator.

#### **HIPOTESIS**

Dari percobaan pendahuluan yang dilakukan, serta dari hasil penelitian yang sejenis yang sudah dilakukan, reaksi pembuatan esterifikasi pada awal reaksi akan terjadi perubahan konversi reaktan yang cukup besar, kemudian semakin turun dan akhirnya berhenti pada konversi tertentu. Hal ini menunjukkan adanya indikasi reaksi yang terjadi adalah reaksi bolak balik. Adapun order reaksi maupun nilai konstanta kecepatan reaksinya dapat dihitung berdasarkan eksperimen yang akan dilakukan.

#### **TINJAUAN PUSTAKA**

Minyak atau asam lemak merupakan senyawa yang tidak larut dalam air dan keduanya merupakan kondensasi dari satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak membentuk trigliserida (Swern, 1964). Minyak, lemak, steroid dan terpenin termasuk golongan lipida dengan ikatan kimia yang terbentuk secara alami. Zat ini memang tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik nonpolar misal eter (Fessenden and Fessenden, 1979). Gliserida dari asam jenuh dengan rantai panjang mempunyai titik leleh yang lebih tinggi daripada yang terbuat dari asam jenuh dengan rantai pendek atau tak jenuh.

*Methyl ester* (biodiesel) dari minyak kelapa bekas (jelantah) dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi, yaitu dengan cara mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan *alkohol* (misalnya *methanol*) menjadi *alkohol ester* (*Fatty Acid Methyl Ester/FAME*), atau biodiesel. *Methanol* lebih umum digunakan untuk proses transesterifikasi karena harganya lebih murah dan lebih mudah untuk *direcovery*. Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Untuk mendorong reaksi agar bergerak ke

kanan sehingga dihasilkan *methyl ester* (biodiesel) maka perlu digunakan alkohol dalam jumlah berlebih atau salah satu produk yang dihasilkan harus dipisahkan.

Pada penelitian ini reaksi pembuatan biodiesel dilakukan melalui dua tahap reaksi, yaitu reaksi esterifikasi asam lemak bebas dalam minyak kelapa bekas (jelantah) dengan metanol menggunakan katalisator  $H_2SO_4$ , kemudian dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi minyak kelapa bekas (jelantah) hasil reaksi tahap pertama dan metanol menggunakan katalisator KOH. Penggunaan katalis asam disamping katalis basa guna menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa bekas (jelantah). Karena minyak kelapa bekas (jelantah) yang digunakan berasal dari minyak kelapa yang didalamnya mengandung asam lemak seperti asam kaprilat 8%, asam kaprat 7%, asam laurat 48%, asam miristat 17,5%, asam palmitat 8,8%, asam stearat 2%, asam oleat 6% dan asam linoleat 2,5%. (Kirk Othmer, 1951) Reaksi esterifikasi yang berkatalis asam berjalan lebih lambat namun metode ini lebih sesuai untuk minyak atau lemak yang memiliki kandungan asam lemak bebas relatif tinggi ((Freedman and Mounts, 1984). Dengan esterifikasi, kandungan asam lemak bebas dapat diminimalisir hingga 2% dan diperoleh tambahan ester (Ramadhas dkk. 2005).

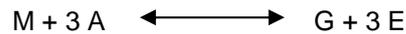
Faktor utama yang mempengaruhi kadar ester dalam hasil reaksi transesterifikasi adalah rasio molar antara trigliserida dan *alkohol*, jenis katalis yang digunakan, suhu reaksi, waktu reaksi, kandungan air dan kandungan asam lemak bebas pada bahan baku yang dapat menghambat reaksi. Faktor lain yang mempengaruhi kandungan ester pada biodiesel, diantaranya kandungan gliserol, jenis alkohol yang digunakan pada reaksi transesterifikasi, jumlah katalis sisa. (Ramadhas dkk. 2005).

Dalam penelitian kinetika reaksi pembuatan biodiesel dari minyak kelapa bekas (jelantah) perhitungan konversi dilakukan dengan menganalisis kadar gliserol dalam hasil reaksi. Analisis gliserol dalam bahan dapat dilakukan dengan metode asetin (Griffin, 1958). Penelitian sejenis dengan dua tahap reaksi pernah dilakukan sebelumnya menggunakan metode analisa Iodometri-Asam Periodat (Prasetyo, 2006; Winoto, 2006)

## LANDASAN TEORI

Senyawa-senyawa yang ada selama proses alkoholisis adalah trigliserida (minyak kelapa bekas (jelantah)), alkohol (metanol), gliserol, ester baru dan katalisator KOH. Menurut Schmidt, 1998 dan Butt, 1999.

Persamaan reaksi alkoholisis dapat ditulis sebagai berikut:



$$r_m = -\frac{dC_m}{dt} = k_1 C_m^t C_a^u - k_2 C_g^v C_e^w$$

M=minyak, A=alkohol, G=gliserol, E=ester

$r_m$  = kecepatan reaksi

$k_1, k_2$  = konstanta kecepatan reaksi

$x$  = konversi

$t, u, v, w$  = orde reaksi

$C_m, C_a$  = konsentrasi minyak, alkohol

$C_g, C_e$  = konsentrasi gliserol dan ester

Penentuan orde reaksi transesterifikasi minyak kelapa bekas (jelantah) dilakukan dengan coba-coba (*trial error*) besarnya orde reaksi sampai diketemukan persamaan reaksi yang sesuai dengan data hasil penelitian. Misalnya dicoba reaksi ke kanan maupun ke kiri orde dua maka persamaan kecepatan reaksi menjadi:

$$r_m = -\frac{dC_m}{dt} = k_1 C_m C_a - k_2 C_g C_e$$

$$\frac{dC_{Ao}(1-x)}{dt} = k_1 C_{mo}(1-x)(C_{ao} - 3C_{mo}x) - 3k_2 C_{mo}^2 x^2$$

Pada saat reaksi telah setimbang maka dicapai konversi kesetimbangan  $x_e$ , dengan konstanta kesetimbangan (K) sebagai berikut:

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{C_g C_e}{C_m C_n}$$

$$K = \frac{C_{mo} x_e \cdot (3C_{mo} x_e)}{C_{mo} (1 - x_e) \cdot (C_{ao} - 3C_{mo} x_e)}$$

$$K = \frac{3C_{mo}^2 x_e^2}{(1 - x_e) \cdot (C_{ao} - 3C_{mo} x_e)}$$

$$Y = C_{mo} \left\{ (1-x)(C_{ao} - 3C_{mo}x) - \frac{1}{K} 3C_{mo}x^2 \right\}$$

$$\text{Maka } \frac{dx}{dt} = k_1 Y$$

Juka dibuat grafik  $\frac{dx}{dt}$  vs Y merupakan

garis lurus maka reaksi orde 2 dan konstanta kecepatan reaksinya adalah gradien dari garis tersebut. Tetapi, apabila bukan garis lurus maka dicoba orde reaksi yang lain. Kesesuaian data

penelitian dengan persamaan kecepatan reaksi maupun nilai  $k$  bisa dihitung dengan *least square*.

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini reaksi pembuatan biodiesel dilakukan melalui dua tahap reaksi, yaitu reaksi esterifikasi minyak kelapa bekas (jelantah) dengan metanol menggunakan katalisator  $H_2SO_4$  untuk menghilangkan asam lemak bebas, dan reaksi transesterifikasi minyak kelapa bekas (jelantah) metanol menggunakan katalisator KOH (Prasetyo,2006 dan Winoto, 2006).

### 1). Tahap Reaksi Esterifikasi

Minyak kelapa bekas (jelantah) sebanyak 150 ml dimasukkan ke dalam labu leher tiga kemudian ditambahkan  $H_2SO_4$  pekat sebanyak 0,2 mL (0,25% berat minyak), kemudian dipanaskan sampai suhu  $60^\circ C$ . Metanol sebanyak 185 mL dimasukkan ke erlenmeyer yang telah dilengkapi pendingin balik, kemudian dipanaskan dengan kompor listrik hingga mencapai titik didih. Selanjutnya metanol dimasukkan ke dalam reaktor berpengaduk melalui saluran pendingin balik. Suhu dalam reaktor diusahakan tetap pada  $60^\circ C$  selama 30 menit. Setelah 30 menit, reaksi dihentikan kemudian hasil reaksi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan sampai mencapai suhu kamar (dibiarkan selama satu malam).

Hasil reaksi kemudian minyak hasil reaksi dicuci dengan 150 mL *aquadest* dalam gelas beker dengan magnetic stirrer selama 15 menit (dilakukan dua kali pencucian). Setelah itu minyak dan *aquadest* dipisahkan dengan corong pisah, minyak kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu  $100^\circ C$  sampai berat konstan.

Langkah-langkah tersebut diulang selama beberapa kali sampai didapatkan minyak hasil yang mencukupi untuk tahap reaksi transesterifikasi.

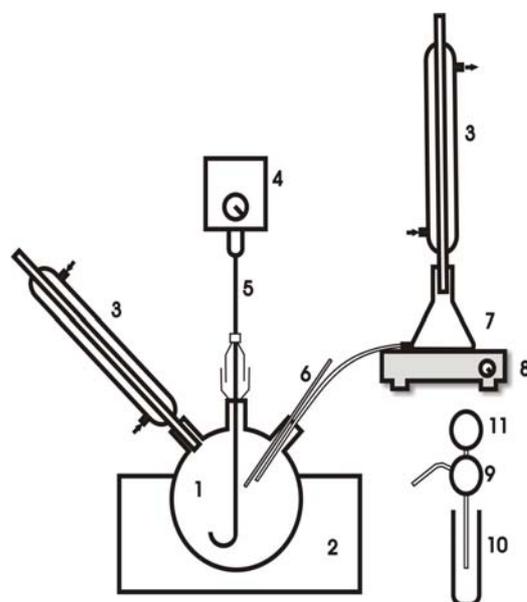
### 2).Tahap Reaksi Transesterifikasi

KOH pellet 0,9 gram dilarutkan dalam metanol yang berada di dalam gelas beker 600 ml diaduk dengan *magnetic stirrer*. 100 ml minyak dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi metanol-KOH. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit, kemudian campuran didiamkan selama satu malam. Proses yang sama dilakukan untuk berat katalis 0,9 gr dengan variasi waktu 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit.

Campuran hasil reaksi dimasukkan ke dalam *vacuum distillation* untuk memisahkan metanol. Setelah ester dan gliserol terbentuk menjadi 2 lapisan sempurna, *vacuum distillation* dihentikan. Lapisan bawah berupa gliserol dan

lapisan atas berupa ester dan sisa minyak, kemudian gliserol dipisahkan dengan corong pisah, gliserolnya dianalisis sedangkan ester dan sisa minyak dicuci dengan *aquadest* dan 2 mL asam asetat untuk memisahkan sisa katalis yang dimungkinkan masih ada dalam ester menggunakan pengaduk mercury dengan kecepatan 500 rpm selama 15 menit pencucian dilakukan dua kali. Setelah itu ester hasil pencucian dimasukkan ke dalam corong pisah. Biarkan sebentar membentuk 2 lapisan, ester di atas dan air di bawah (dibuang). Ester dimasukkan ke dalam beker gelas kemudian dipanaskan pada suhu  $100^\circ C$  selama 1 jam untuk menguapkan sisa air yang masih ada setelah pencucian.

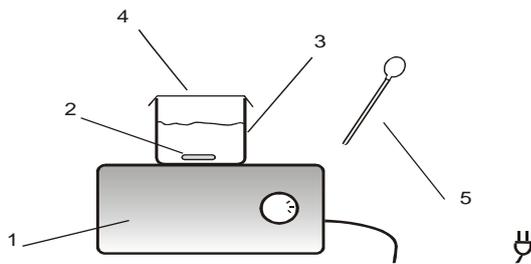
Proses di atas diulang dengan variasi berat katalis 1,1 gram, 1,3 gram, 1,5 gram dan 1,7 gram.



#### Keterangan :

- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| 1. Labu leher tiga | 7. Erlenmeyer          |
| 2. Pemanas mantel  | 8. Kompor listrik      |
| 3. Pendingin balik | 9. Pengambil cuplikan  |
| 4. Motor pengaduk  | 10. Penampung cuplikan |
| 5. Pengaduk        | 11. Karet penghisap    |
| 6. Termometer      |                        |

Gambar 1. Rangkaian Alat Esterifikasi



**Keterangan :**

- 1. *Stirrer*.
- 2. Pengaduk
- 3. Gelas beker.
- 4. Plastik penutup
- 5. pipet sampel
- 6. Steker

Gambar 2. Rangkaian Alat Transesterifikasi

**Analisis hasil**

Analisis hasil dilakukan dengan metode asetin dengan prosedur berikut Gliserol yang telah dipisahkan dari campuran hasil, ditimbang beratnya kemudian gliserol dipanaskan di dalam oven pada suhu 100°C selama 5 menit supaya cairan yang terikat dalam gliserol teruapkan. Setelah itu, gliserol bersih (gliserol setelah dipanaskan) ditimbang kembali, diambil 1,5 g gliserol bersih dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, dan ditambahkan 3 gram natrium asetat dan 7,5 mL asam asetat anhidrid, kemudian dididihkan selama 1 jam. Selanjutnya campuran didinginkan sampai kurang lebih 80°C, penambahan air suling sebanyak 50 mL pada suhu 80°C melalui corong pendingin balik. Setelah itu campuran didinginkan sampai suhu kamar, pendingin balik dilepas, kemudian ditambah 2 mL indikator phenolphthalein. Setelah itu, cairan dinetralkan dengan larutan NaOH 6 N sampai timbul warna merah muda, lalu ditambahkan lagi 10 mL larutan NaOH 1 N. Setelah pendingin balik dipasang, campuran dididihkan kembali selama 15 menit. Cairan didinginkan secepat mungkin kemudian dititrasi dengan HCl 0,1 N sampai warna merah muda hilang. Kemudian volume HCl yang dipergunakan untuk titrasi dicatat. Disamping itu, dilakukan titrasi blangko dengan cara yang sama, tetapi tanpa cuplikan. Kemudian HCl untuk analisis ini juga dicatat. Jumlah gliserol bebas pada akhir reaksi dinyatakan dengan persamaan :

$$G = \frac{W_1 \cdot W_3}{W_2 \cdot W_4} \cdot (V_b - V_s) \cdot N_{HCl}$$

Karena berat campuran dan berat sampel sama maka persamaan menjadi:

$$G = \frac{W_3}{W_4} \cdot (V_b - V_s) \cdot N_{HCl}$$

- G = jumlah gliserol yang dihasilkan, mgrek
- W<sub>1</sub> = berat campuran, g
- W<sub>2</sub> = berat sampel yang diambil, g
- W<sub>3</sub> = berat gliserol setelah dipanaskan, g

- W<sub>4</sub> = berat gliserol yang dianalisis, g
- V<sub>b</sub> = volume HCl titrasi blangko, mL
- V<sub>s</sub> = volume HCL titrasi sampel, mL
- N<sub>HCL</sub> = normalitas larutan HCl, mgrek/L

Konversi (X<sub>m</sub>) dihitung dengan persamaan:

$$X_m = \frac{G}{G_0}$$

G<sub>0</sub>= gliserol total mula-mula, mgrek

$$G_0 = S \times A$$

S = Ekuivalen asam lemak total mgrek/gr minyak

A= berat minyak,gr

**Penentuan ekuivalen asam lemak total**

Minyak sebanyak 5 gr dimasukkan dalam Erlenmeyer kemudian ditambah 50 ml NaOH 0,5 N. Erlenmeyer ini kemudian dilengkapi dengan pendingin balik dan dipanaskan selama 30 menit. Selanjutnya setelah didinginkan, larutan ini ditambah 3 tetes indicator pp dan dititrasi dengan larutan HCl 0,5 N sampai warna berubah bening.

$$EALT = \frac{(V_{Blangko} - V_{titrasi}) \cdot N_{HCl}}{M_{Minyak}}$$

EALT = ekuivalen asam lemak total, mgrek/gram.

V<sub>Blangko</sub> = volume HCl titrasi blangko, mL

V<sub>Titrasi</sub> = volume HCl titrasi sampel, mL

N<sub>HCl</sub> = normalitas HCl, grek/L

**PEMBAHASAN**

Data hasil penelitian kinetika reaksi pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan methanol menggunakan katalisator KOH dengan variable jumlah katalis adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Hubungan antara Konversi dan Konsentrasi Katalis (Minyak = 100 ml, Methanol = 126,5 ml, P = 1 atm, Suhu Kamar=29°C)

Waktu, menit	Konversi Pada Berbagai Jumlah Katalis				
	0.9 gr	1.1 gr	1.3 gr	1.5 gr	1.7 gr
15	0.0622	0.1564	0.188	0.144	0.184
30	0.1292	0.2553	0.285	0.264	0.304
45	0.1800	0.3590	0.371	0.369	0.399
60	0.2096	0.4340	0.435	0.453	0.469
75	0.2258	0.4784	0.484	0.515	0.526

Dari tabel 1. dapat dilihat semakin lama waktu yang digunakan untuk reaksi semakin besar pula konversi yang

dicapai, hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka semakin besar kesempatan untuk bereaksi, disamping itu kecepatan reaksi ke kanan masih lebih besar dari pada kecepatan reaksi ke kiri, sehingga konversi masih terus meningkat. Pada umumnya untuk waktu yang sama, konversi naik dengan semakin besarnya penambahan katalisator, karena semakin besar katalisator maka reaktan semakin reaktif dengan turunya energi aktivasi yang dimiliki, namun pada berat katalisator 1,5 gram tercapai konversi pada awal reaksi lebih kecil dari pada konversi pada penambahan 1,3 gram katalisator. Hal ini mungkin disebabkan dengan penambahan katalisator sebesar 1,5 gram, reaksi ke kanan lebih besar namun reaksi ke kiripun lebih besar, karena konsentrasi produk menjadi lebih besar. Sehingga konversi ke kanan menjadi lebih kecil.

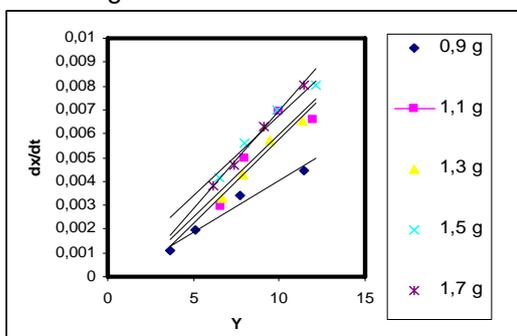
Untuk memperoleh data konversi pada kondisi keseimbangan, maka dilakukan percobaan pada masing masing berat katalisator dengan waktu cukup lama (8 jam), dengan anggapan pada waktu tersebut sudah terjadi keseimbangan, karena dari percobaan pen-dahuluhan dengan menggunakan kata-lisator 0,9 gram pada saat 4 jam sudah tercapai keseimbangan yang ditandai dengan konversi yang tetap tidak berubah lagi. Setelah diperoleh data konversi keseimbangan maka dapat dihitung konstanta keseimbangan. Menggunakan persamaan:

$$K = \frac{3C_{mo}^2 x_e^2}{(1 - x_e) \cdot (C_{ao} - 3C_{mo} x_e)}$$

Tabel 2 Data kesetimbangan

Katalis	0.9 gr	1.1 gr	1.3 gr	1.5 gr	1.7 gr
Xe (%)	44.83	70.39	75.5	80.28	78.10
K	0.33	0.89	1.28	1.84	1.556

Untuk menentukan oder reaksi maupun besarnya konstanta kecepatan reaksi dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik hubungan antara Y vs dx/dt

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa grafik hubungan  $\frac{dx}{dt}$  vs Y mendekati garis lurus maka

bisa ditentukan bahwa persamaan kecepatan reaksi orde 2 dengan persamaan kecepatan reaksi

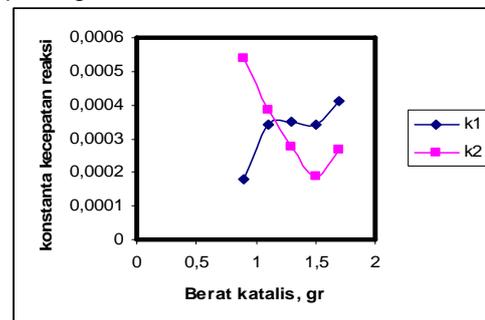
$$r_m = -\frac{dC_m}{dt} = k_1 C_m C_a - k_2 C_g C_e.$$

Dengan cara *least square* dapat dihitung nilai  $k_1$  dan  $k_2$  yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

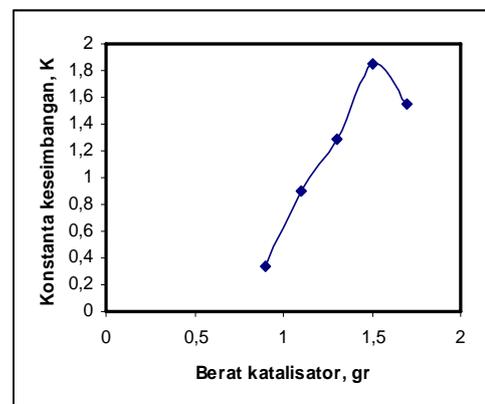
Tabel 3. Hubungan antara berat katalis dengan K,  $k_1$ ,  $k_2$

Berat Katalis (gr)	K	$k_1$	$k_2$
0.9	0.335555	0.00018	0.000540
1.1	0.896120	0.00034	0.000386
1,3	1.283941	0.00035	0.000277
1,5	1.848521	0.00034	0.000189
1,7	1.556136	0.00041	0.000265

Dari data yang ditunjukkan pada tabel 3 kemudian dibuat grafik hubungan antara berat katalis dengan  $k_1$ ,  $k_2$  yang dapat dilihat pada gambar 4 dan hubungan berat katalis dengan K yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Grafik Hubungan Berat Katalis vs  $k_1, k_2$



Gambar 5. Grafik Hubungan Berat Katalis vs K

Dari Tabel 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa konstanta kecepatan reaksi yang

berjalan ke arah kanan naik bertahap seiring bertambahnya jumlah katalis, sedangkan konstanta kecepatan reaksi ke kiri cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa Kalium hidroksida (KOH) mempercepat reaksi ke kanan antara trigliserid dan metanol, dan memperlambat reaksi ke kiri antara gliserol dan ester. Semakin besar jumlah katalis maka nilai konstanta kese-timbangan reaksi semakin besar sebagai-mana ditunjukkan Gambar 5. Tetapi pada penambahan berat katalisator KOH 1,7 gram terjadi penurunan nilai konstanta kesetimbangan reaksi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan katalisator lebih besar 1,5 gram, menyebabkan kecepatan reaksi ke kanan menurun dan kecepatan reaksi ke kiri semakin besar.

### KESIMPULAN

1. Reaksi metanolisis yang dilakukan melalui dua tahap reaksi yaitu esterifikasi asam lemak bebas dengan methanol menggunakan katalisator  $H_2SO_4$  menjadi ester dan air serta transesterifikasi minyak dengan methanol menggunakan katalisator KOH menghasilkan ester dan gliserol. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi orde dua dengan persamaan kecepatan reaksi:

$$r_m = -\frac{dC_m}{dt} = k_1 C_m C_a - k_2 C_g C_e$$

2. Dengan menggunakan 100 ml minyak dan 126,5 ml methanol yang direaksikan pada tekanan atmosferis dan suhu kamar diperoleh hasil terbaik pada penelitian ini dengan menggunakan 1,5 gram katalisator KOH. Pada kondisi tersebut diperoleh nilai kecepatan reaksi ke kanan ( $k_1$ ) sebesar  $3,4905 \cdot 10^{-4}$ , kecepatan reaksi ke kiri ( $k_2$ ) sebesar  $1,89 \cdot 10^{-4}$ , dan nilai konstanta kesetimbangan (K) sebesar 1,8485 dengan konversi kesetimbangan (Xe) sebesar 80,28 %.
3. Katalisator KOH mempercepat reaksi ke kanan antara trigliserid dan alkohol sebaliknya memperlambat reaksi ke kiri yaitu reaksi antara gliserol dan ester.

### DAFTAR PUSTAKA

- Butt, J.B.,1999, *Reaction Kinetics and Reactor Design*, 2<sup>nd</sup> ed, rev. and expanded, Marcel Dekker, New York.
- Fessenden and Fessenden,1986,*Organic Chemistry*,3<sup>th</sup>ed., Wadsworth,Inc., Belmont,California.

- Freedman, B. E. H. and T. L. Mounts., 1984, *Variabel Affecting th Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils*, J. Am. Oil Chem. Soc, 61, pp. 1638-1643
- Griffin, R.C.,1958, *Technical Methods of Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed, MGrav-Hill Book Company,Inc.,New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F, 1951, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 5, pp. 781-790, Interscience Incyclopedia Inc., New York
- Ramadhas, 2005, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit dengan Esterifikasi Dua Tahap, Laporan Penelitian, Laboraturium Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Schmidt, L.D.,1998, *The Engineering of Chemical Reactions*, Oxford University Press, New York.
- Swern, 1964, *Bailey's Industrial Oil and Fats Products*, pp.948-951, Interscience Publisher, Inc., New York.
- Winoto, G., 2006, Pembuatan Bio-diesel dari Minyak Kemiri (*Aleurites moluccana*) Laporan Penelitian, Laboraturium Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia UGM, Yogyakarta
- Prasetyo, A., 2006, Pembuatan Biodiesel Minyak Kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan Dua Tahap Proses, Laporan Penelitian, Laboraturium Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia UGM, Yogyakarta