

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KINETIKA REAKSI METANOLISIS MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL (DITINJAU SEBAGAI REAKSI HOMOGEN)

Endang Kwartiningsih¹, Dwi Ardiana Setyawardhani¹
Erna Dwi Widyawati², Wahyu Kuncoro Adi²

¹) Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

²) Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta

Abstract : *The necessity of petroleum is getting increase day to day, that is caused scarcely fuel oil. In order to anticipate this problem, it is necessary to find a fuel oil alternative which is obtained from plants oil, known as biodiesel. In this research biodiesel was made from methanol and waste oil by methanolysis process which was done in a three neck round bottom flask in a batch condition. It was made by 2 : 1 stoichiometrically feed ratio between methanol, waste oil, and KOH catalyst 2.5 % of oil weight and a 400 rpm rate of stirring. The temperature was done between 30-70 oC with a 10 oC interval. Biodiesel was analysed by glycerol analysis using acetin methode. The higher temperature, the higher biodiesel concentration result at the same time. The reaction rate constant equation approached by arrhenius equation, and the equation was $k = 714.726 e^{-3243.5/T}$.*

Keywords : *methanolysis, waste oil, biodiesel, glycerol*

PENDAHULUAN

Kebutuhan minyak bumi dari hari ke hari semakin meningkat, bahkan konsumsinya pun melebihi kapasitas yang seharusnya. Keadaan ini diperkirakan akan berlangsung terus menerus dan jika hal ini dibiarkan begitu saja, maka suatu saat akan terjadi kelangkaan bahan bakar minyak bumi (BBM).

Untuk mengantisipasi terjadinya kelangkaan bahan bakar minyak bumi pada masa yang akan datang, saat ini dunia internasional telah menemukan bahan bakar alternatif lain yang diolah dari minyak tumbuhan, yang lebih dikenal dengan biodiesel.

Jelantah adalah minyak goreng bekas yang berasal dari restoran fast food yang banyak ditemukan di kota-kota besar. Restoran fast food yang bagus umumnya telah memberi batasan waktu, seberapa lama minyak goreng boleh digunakan dan harus diganti dengan yang baru. Sebab, minyak goreng setelah dipakai beberapa kali tidak bagus lagi untuk kesehatan, karena dapat menyebabkan penyakit kanker. Minyak jelantah yang baik yang dapat digunakan untuk membuat biodiesel adalah minyak jelantah yang baru dipakai \pm 1-2 kali penggorengan, sebab zat pengotornya masih sedikit sehingga konversi reaksi dapat mencapai \pm 93 %.

(www.terranel.or.id)

Dalam penelitian ini biodiesel dibuat dari minyak jelantah (minyak kelapa yang sudah dipakai) dan methanol, dengan menggunakan katalis KOH melalui proses esterifikasi dengan hasil samping

gliserol. Gliserol dapat dimanfaatkan dalam dunia industri, seperti industri farmasi, industri tekstil, industri kosmetik serta industri sabun. Adapun pemilihan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, disamping mudah didapat dan harganya murah juga untuk memanfaatkan minyak jelantah yang biasanya dibuang agar menjadi produk yang bermanfaat. (Encinar,1999).

Melalui data-data kinetika yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan yang cukup berarti bagi dunia industri dalam perancangan alat proses.

Sifat-sifat fisis biodiesel dianalisa, dan diamati kesesuaian sifat fisisnya dengan minyak solar dan minyak diesel. Sifat-sifat fisis minyak solar dan minyak diesel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Sifat Fisis antara Minyak Diesel dan Minyak solar

sifat-sifat	minyak solar	Minyak diesel
specific gravity at 60/60 °F	0,820-0,870	0,840-0,920
colour ASTM	maks 3,0	Maks 6,0
pour point, °F	maks 65	Maks 65
flash point, °F	min 150	Min 150
viscosity kinematic at 40 °F, cSt	1,6-5,8	3,39-6,53
sediment, %wt	maks 0,01	Maks 0,02

Pengaruh Temperatur terhadap Kinetika Reaksi Metanolisis Minyak Jelantah menjadi Biodiesel (Ditinjau sebagai Reaksi Homogen)

(Endang Kwartiningsih, Dwi A. Setyawardhani, Erna D. Widyawati dan Wahyu K. Adi)

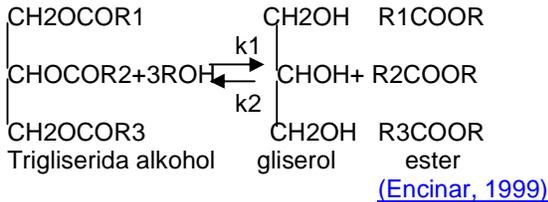
sifat-sifat	minyak solar	Minyak diesel
ash content, %wt	maks 0,01	Maks 0,02
conradson carbon residue, %wt	maks 0,1	maks 1,0
water content, %vol	maks 0,05	maks 0,25

(www.pertamina.com)

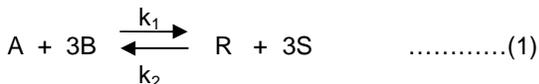
Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh temperatur terhadap kinetika reaksi metanolisis minyak jelantah menjadi biodiesel ditinjau sebagai reaksi homogen.

LANDASAN TEORI

Reaksi Esterifikasi mengubah trigliserida (96-98 % minyak) dan alkohol menjadi ester, dengan sisa gliserin sebagai produk sampingnya. Molekul-molekul trigliserida yang panjang dan bercabang diubah menjadi ester-ester yang lebih kecil yang memiliki ukuran dan sifat yang serupa dengan minyak diesel. Keseluruhan reaksi transesterifikasi dapat dituliskan sebagai berikut :



Jika ditinjau sebagai reaksi homogen, persamaan reaksi metanolisis dapat dituliskan sebagai berikut :



dengan A, B, R, dan S masing-masing adalah minyak, metanol, gliserol dan ester.

Persamaan kecepatan reaksinya :

$$r_A = -dCA/dt = k_1[CA][CB]^3 - k_2[CR][CS]^3 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Reaksi alkoholisis adalah reaksi bolak-balik yang berjalan lambat (Groggins, 1958), sehingga untuk reaksi yang relatif pendek reaksi ke kiri dapat diabaikan terhadap reaksi ke kanan. Bila metanol yang digunakan berlebihan, maka konsentrasi metanol dapat dianggap konstan sehingga :

$$r_A = -dCA/dt = k CA \quad \dots\dots\dots(3)$$

setelah reaksi berlangsung selama t menit, maka berlaku :

$$CA = CA_0(1-X) \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$-dCA = -CA_0 d(1-X) \quad \dots\dots\dots(5)$$

dengan CA₀ dan X masing-masing merupakan konsentrasi minyak mula-mula dan konversi minyak. Dengan cara integral dan substitusi persamaan (4) dan (5) ke persamaan (3) diperoleh :

$$-\ln(1-X) = kt + b \quad \dots\dots\dots(6)$$

Bila grafik $-\ln(1-X)$ terhadap waktu (t) berupa garis lurus, maka metanolisis minyak jelantah mengikuti reaksi orde satu dan nilai tetapan kecepatan reaksi dapat dihitung berdasarkan angka arah (slope).

Hubungan antara suhu dengan besarnya konstanta kecepatan reaksi didekati dengan persamaan Arrhenius :

$$k = A e^{-E/RT}$$

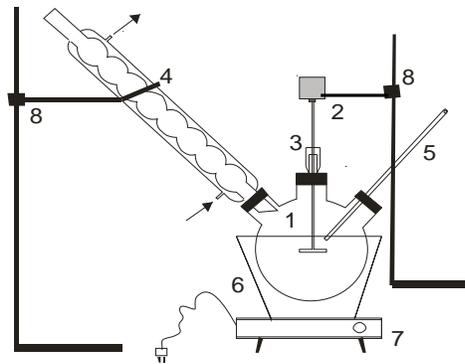
$$\ln k = \ln A - E/RT \quad \dots\dots\dots(7)$$

Dengan memplotkan grafik $\ln k$ terhadap $1000/T$ maka akan didapat hubungan antara suhu dengan konstanta kecepatan reaksi.

METODE PENELITIAN

Bahan baku utama yang digunakan adalah minyak jelantah, metanol dan Kalium Hidroksida (KOH), sedangkan bahan pembantu yang digunakan untuk analisa hasil adalah natrium asetat, asam asetat anhidrit, indikator phenolptalein, larutan HCl 1 N, aquadest, larutan KOH 1 N dan 3 N.

Rangkaian alat dapat dilihat pada gambar 1.



Keterangan gambar :

1. labu leher tiga
2. motor pengaduk
3. pengaduk merkuri
4. pendingin balik
5. thermometer
6. water bath
7. kompor listrik
8. statif + klem

Gambar 1 Rangkaian Alat Penelitian

Minyak jelantah sebanyak 200 ml dipanaskan dalam labu leher tiga sampai suhu tertentu. Pada waktu yang sama, KOH (2,5% berat minyak) dipanaskan dalam 42 ml metanol sampai suhu yang sama dengan suhu minyak.

Larutan metanol dan KOH dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang berisi minyak jelantah setelah suhu keduanya sama. Bersamaan dengan itu menghidupkan pengaduk dan waktu reaksi mulai dihitung. Pengambilan sampel dilakukan tiap interval waktu 10 menit sebanyak 5 kali. Biodiesel yang diperoleh dipisahkan dari gliserol sebagai hasil samping dan sisa reaktan (minyak dan metanol) serta katalis. Gliserol yang diperoleh dianalisa dengan cara asetin untuk mengetahui konversinya. Percobaan di atas diulangi pada suhu yang berbeda (30, 40, 50, 60, 70 °C).

Lapisan ester yang terbentuk diambil dan dicuci dua kali dengan aquadest sehingga bersih dari sisa katalis dan metanol, kemudian larutan ester didistilasi pada suhu 80oC untuk meyakinkan tidak ada lagi kandungan metanol di dalam ester. Larutan ester inilah yang kemudian dianalisa sifatnya dengan metode standar ASTM. Sifat fisis yang dianalisa meliputi specific gravity, flash point, pour point, viscosity kinematic, conradson carbon residue, water content, sediment, ash content, dan ash content.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

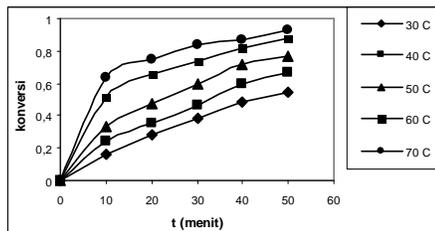
Suhu divariasikan pada kisaran 30-70 oC dengan kenaikan suhu 10 oC. Variabel waktu divariasikan antara 10-50 menit dengan kenaikan 10 menit. Variabel lain yang dibuat tetap yaitu kecepatan putaran 400 rpm, perbandingan stoikiometris umpan metanol : minyak adalah 2:1 dan persen berat katalis yaitu 2,5% berat minyak.

Gliserol yang dihasilkan dianalisa dengan cara asetin (Griffin, 1955) :

$$CG = \frac{W_1}{W_2} \times (Vb - Vc) \times N_0 \times \frac{V_1}{V_2}$$

$$X = \frac{C_G}{\{(A_2 - A_1) \times (V_m \times \rho_m)\}}$$

Grafik hubungan antara konversi dan waktu pada berbagai suhu dapat dilihat gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu vs konversi pada berbagai suhu.

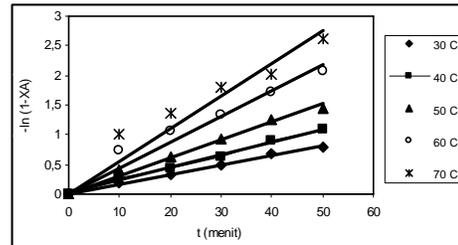
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu maka semakin tinggi pula konversi yang didapat pada waktu reaksi yang sama.

Pengaruh Temperatur terhadap Kinetika Reaksi Metanolisis Minyak Jelantah menjadi Biodiesel (Ditinjau sebagai Reaksi Homogen)

(Endang Kwartiningsih, Dwi A. Setyawardhani, Erna D. Widayawati dan Wahyu K. Adi)

Semakin lama waktu reaksi, konversi yang didapat juga semakin besar.

Untuk mendapatkan nilai konstanta kecepatan reaksi didekati dengan persamaan regresi linear yang diperoleh dari grafik hubungan $-\ln(1-X)$ vs waktu (t) yang dapat dilihat pada gambar 3. Sedangkan nilai konstanta kecepatan reaksi (k) pada berbagai suhu dapat dilihat pada tabel 4.

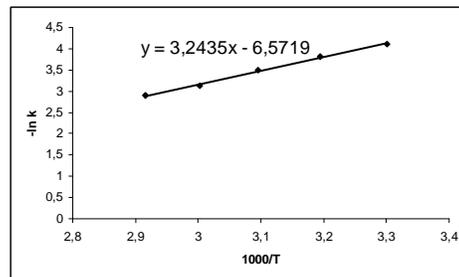


Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu vs $-\ln(1-X)$ pada berbagai suhu.

Tabel 4. Nilai konstanta kecepatan reaksi pada berbagai suhu

Suhu (T)	Konstanta kecepatan reaksi, k (menit-1)
303 K	0,0163
313 K	0,0221
323 K	0,0305
333 K	0,0438
343 K	0,0551

Untuk mencari hubungan antara suhu dengan konstanta kecepatan reaksi maka dibuat grafik antara $-\ln k$ vs $1000/T$ yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan antara $1000/T$ vs $-\ln k$

Dari gambar 4. diatas didapatkan persamaan :

$$-\ln k = \frac{3243,5}{T} - 6,5719$$

atau setelah diubah menjadi :

$$k = 714,7265 e^{-3243,5/T}$$

E/R = 3243,5 dengan R = 1,9872 kal/mol oK
 Dari persamaan diatas jelas nampak bahwa pengaruh suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius dengan faktor frekuensi (A) 714,7265 menit-1 dan energi aktivasi (E) sebesar 6.445,4832 kal/mol.

Biodiesel yang dihasilkan kemudian dianalisa sifat fisisnya di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi UGM yang dapat dilihat pada tabel 5. Dari sifat fisisnya biodiesel ini termasuk jenis minyak diesel.

Tabel 5. Hasil analisa sifat fisis biodiesel

Jenis Analisa	Hasil Analisa
Specific gravity at 60/60 oF	0.8781
Viscosity kinematic at 40 oC, cSt	4.536
Pour Point oF	50
Flast Point P.M.c.c, oF	359
Water content, % wt	0.12
Sediment, % wt	0.0069
Conradson Carbon	0.015
Residue, % wt	
Colour ASTM	L 1.0
Ash content, % wt	Nihil
Nilai kalor, kal/gr	9,559.54

KESIMPULAN

Jika ditinjau sebagai reaksi homogen, pengaruh suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi metanolisis minyak jelantah mengikuti persamaan $k=714,7265 e - 3243,5/T$

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variabel lain, seperti : variasi kecepatan putaran pengadukan, perbandingan stoikiometris bahan baku, maupun penggunaan bahan baku lain selain minyak jelantah. Perlu juga ditinjau mengenai produk samping (gliserol), sehingga mempunyai nilai ekonomi yang bisa dipertimbangkan.

DAFTAR LAMBANG DAN ARTI

A	= faktor frekuensi, menit ⁻¹
A1	= asam lemak bebas, mgrek/gr minyak
A2	= asam lemak total, mgrek/gr minyak
CA	= konsentrasi A setelah reaksi, mol/liter
CA0	= konsentrasi A mula-mula, mol/liter
CG	= gliserol yang terbentuk, mgrek
E	= energi aktivasi, kal/mol
k	= konstanta kecepatan reaksi, menit ⁻¹
No	= normalitas HCl, mgrek/ml
rA	= kecepatan reaksi
R	= konstanta gas, kal/mol K
t	= waktu, menit
T	= suhu, K
V1	= volume minyak + volume methanol, ml
V2	= volume sample, ml

Vb	= volume HCl untuk titrasi blangko, ml
Vc	= volume HCl untuk titrasi cuplikan yang dianalisis, ml
Vm	= volume minyak untuk proses, ml
W1	= berat lapisan gliserol, gr
W2	= berat lapisan gliserol yang dianalisis, gr
X	= konversi
pm	= densitas minyak, gr/ml

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing Materials, 1958, ASTM Standards on Petroleum Products and Lubricants, Pp 458-459, Baltimore.
- Anderson, J. W., 1935, Diesel Engines, Pp 404-406, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Encinar, Jose M., 1999, Preparation and Properties of Biodiesel from Cynara Carduncus L. Oil. Industrial and Engineering Chemistry Research, Vol. 38. No.8, Ind. Chem. Res., Washington.
- Groggins, 1958, Unit Processes in Organic Synthesis, 5th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Hardjono, A., 2001, Teknologi Minyak Bumi, edisi pertama, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- <http://www.beritaiptek.com>.
- <http://www.terranel.or.id>.
- Ketaren, S., 1986, Teknologi Minyak dan Lemak Pangan, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Kwartiningsih, E dan Setyawardhani, D.A., 2006 "Kinetika Reaksi Metanolisis Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif", Laporan Penelitian Dosen Muda, DIKTI.
- Maleev, V. L., 1954, Biodiesel Engine: Operations and Maintenance, Pp 144-146, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Wedel, R.V., Ph.D., 1999, Technical Handbook for Marine Biodiesel in Recreational Boats, Second edition, www.cytoculture.com
- Widyawati, E.D. dan Adi, W.K., 2006, "Pengaruh Temperatur Terhadap Kinetika Reaksi Metanolisis Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif, Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNS.