

Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas

Isalmi Aziz

Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
emi_uin@yahoo.co.id

Abstrak

Biodiesel (metil ester) yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak jelantah merupakan bahan yang sangat potensial untuk menggantikan bahan bakar diesel. Biodiesel ini diproduksi secara sinambung dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Pereaksi yang digunakan adalah metanol dan katalis KOH. Proses dilakukan dengan kecepatan pengadukan konstan sebesar 800 rpm, perbandingan ekivalen metanol dan minyak tetap 1,54 kali stokiometri, dan waktu tinggal 60 menit. Sedangkan suhu dan konsentrasi katalis divariasikan. Nilai konstanta kecepatan reaksi di tinjau pada kondisi *unsteady state* RATB. Korelasi konstanta kecepatan reaksi dengan suhu adalah $k = 2(10^7) e^{-6312,2/T}$ ml/mgrek/menit dan konstanta kecepatan reaksi dengan konsentrasi katalis $k = 3(10^{-4}) e^{5,8742 \cdot C_{kat}}$ ml/mgrek/menit. Kondisi proses yang optimal adalah 333 K dan konsentrasi katalis 1 %.

Kata kunci : Biodiesel, minyak goreng bekas, transesterifikasi, RATB

Abstract

Methyl ester (biodiesel) were produced in continuous stirred tank reactor (CSTR) with methanol reactant and KOH catalyst. The process is run with the mixing intensities held constant at 800 rpm, the equivalent ratio of methanol-oil maintained constant at 54 % greater than its stoichiometric ratio and 60 minute of residence time. Temperature and catalyst concentration are varied. Reaction rate constant is viewed in CSTR unsteady state. Correlation of reaction rate constant and temperature is $k = 2(10^7) e^{-6312,2/T}$ ml/mgrek/menit, while correlation of reaction rate constant and catalyst concentration is $k = 3(10^{-4}) e^{5,8742 \cdot C_{kat}}$ ml/mgrek/menit. Optimal process condition is obtained at 333 K and 1 % catalyst concentration.

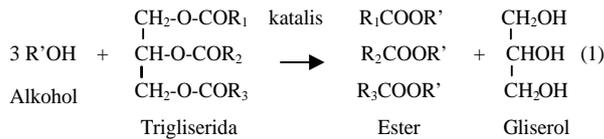
Keywords : Waste cooking oil, biodiesel, transesterification, , CSTR

1. PENDAHULUAN

Minyak goreng bekas merupakan minyak yang berasal dari sisa minyak penggorengan bahan makanan. Minyak goreng bekas maupun minyak nabati yang baru tersusun atas gliserida yang mempunyai rantai karbon panjang, yaitu ester antara gliserol dengan asam karboksilat. Perbedaan minyak goreng bekas dengan minyak nabati yang baru terletak pada komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuhnya. Minyak goreng bekas memiliki kandungan asam lemak jenuh lebih besar dari minyak nabati yang baru. Hal ini disebabkan pada proses penggorengan terjadi perubahan rantai tak jenuh menjadi rantai jenuh pada senyawa penyusunnya. Komposisi asam lemak

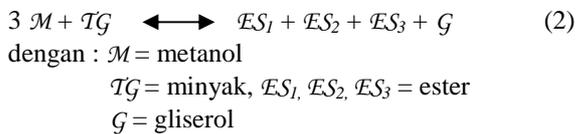
tak jenuh minyak jelantah adalah 30% sedangkan asam lemak jenuh 70% (Kusuma, 2003).

Reaksi antara minyak (trigliserida) dan alkohol adalah merupakan reaksi transesterifikasi (Darnoko dan Cheryan, 2000). Transesterifikasi adalah suatu reaksi yang menghasilkan ester dimana salah satu pereaksinya juga merupakan senyawa ester. Jadi disini terjadi pemecahan senyawa trigliserida dan migrasi gugus alkil antara senyawa ester. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi ini disebut biodiesel. R' adalah gugus alkil dan R₁ – R₃ merupakan gugus asam lemak jenuh dan tak jenuh rantai panjang

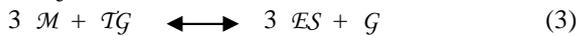


Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan berlebih agar reaksi bergeser ke kanan. Pemilihan katalis dilakukan berdasarkan kemudahan penanganan dan pemisahannya dari produk. Untuk itu dapat digunakan katalis asam, basa dan penukar ion (Groggins, 1958)

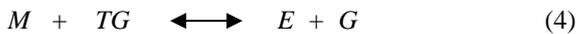
Reaksi transesterifikasi pada persamaan (1) dapat disederhanakan menjadi :



Persamaan reaksi (2) dapat disederhanakan menjadi :



Jika dinyatakan dalam ekivalen, persamaan (3) menjadi :



Darnoko dan Cheryan (2000), mereaksikan minyak sawit dengan metanol menggunakan katalis KOH didapatkan order reaksi dua terhadap trigliserida. Widiono (1995) juga mendapatkan order dua terhadap trigliserida dari reaksi minyak jarak dengan metanol.

Reaksi metanol dengan minyak adalah :

$$(-r) = k.C_{TG}^2 \quad (5)$$

Neraca masa metanol pada kondisi *unsteady state* :

Rate of input – rate of output – rate of reaction = rate of accumulation

$$v_M.C_{M0} - v_T.C_M - (-r).V = \frac{d}{dt}(V.C_M) \quad (6)$$

Dengan mensubstitusikan nilai $(-r)$ dari persamaan (5) didapat persamaan :

$$\frac{dC_M}{dt} = \frac{v_M}{V}C_{M0} - \frac{v_T}{V}C_M - k.C_{TG}^2 \quad (7)$$

Neraca massa minyak pada kondisi *unsteady state* :

Rate of input – rate of output – rate of reaction = rate of accumulation

$$v_{TG}.C_{TG0} - v_{TG}.C_{TG} - (-r).V = \frac{d}{dt}(V.C_{TG}) \quad (8)$$

Dengan mensubstitusikan nilai $(-r)$ dari persamaan (5) didapat persamaan :

$$\frac{dC_{TG}}{dt} = \frac{v_{TG}}{V}C_{TG0} - \frac{v_T}{V}C_{TG} - k.C_{TG}^2 \quad (9)$$

2. METODE PENELITIAN

Reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas dilakukan pada kecepatan pengadukan tetap 800 rpm, perbandingan metanol dengan minyak secara stokiometri 1,54 : 1 dan waktu tinggal 60 menit. Variabel yang divariasikan adalah suhu dan konsentrasi katalis.

Proses dijalankan secara sinambung dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Minyak dengan volume tertentu dipanaskan sampai suhu yang diinginkan. Larutan metanol-KOH juga dipanaskan di tempat terpisah. Setelah suhu kedua umpan tercapai, kedua larutan dimasukkan kedalam reaktor dan pengaduk dihidupkan.

Selanjutnya umpan minyak dan larutan metanol-KOH diumpangkan kedalam reaktor sesuai dengan laju alir yang ditetapkan. Produk keluar dari reaktor secara sinambung dengan peluapan. Sampel diambil setiap 10 menit untuk dianalisa kadar gliserolnya menggunakan GC.

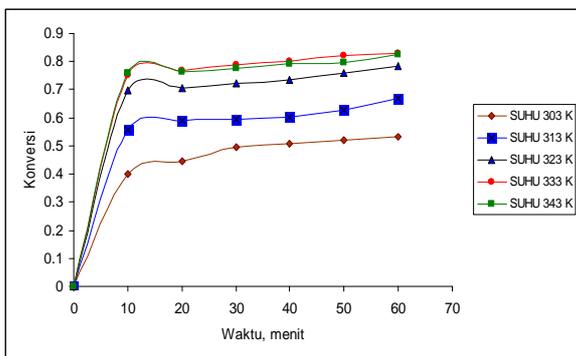
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Suhu

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu reaksi konversi yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan karena lamanya waktu reaksi memberikan kesempatan yang besar bagi molekul-molekul reaktan untuk saling bertumbukan dan bereaksi.

Kenaikan konversi pada sepuluh menit pertama cukup tajam. Ini terlihat jelas pada suhu 323 K, dimana konversi yang dihasilkan mencapai 69,67 %. Ini disebabkan karena pada awal reaksi konsentrasi pereaksi masih tinggi sehingga reaksi dapat berlangsung dengan cepat. Setelah melewati

kondisi ini kenaikan konversi yang dihasilkan hanya sedikit, rata-rata naik 2,5 % tiap 10 menit.

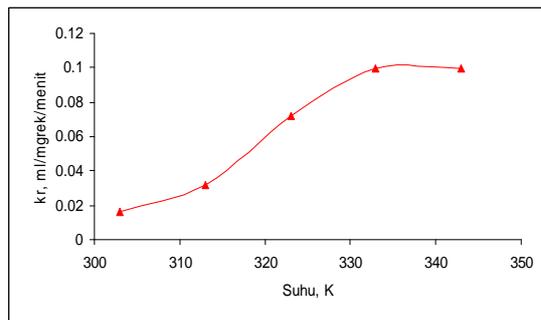


Gambar 1. Grafik hubungan konversi reaksi dengan waktu pada variasi suhu

Kenaikan suhu reaksi juga menaikkan konversi transesterifikasi minyak jelantah. Kenaikan konversi sangat jelas terlihat pada suhu 303 sampai 333 K. Ini disebabkan karena semakin tinggi suhu menyebabkan gerakan molekul semakin cepat atau energi kinetik yang dimiliki molekul-molekul pereaksi semakin besar sehingga tumbukan antara molekul pereaksi juga meningkat. Semua ini menyebabkan kecepatan reaksi semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius yang menyatakan bahwa dengan naiknya suhu maka kecepatan reaksi juga akan meningkat.

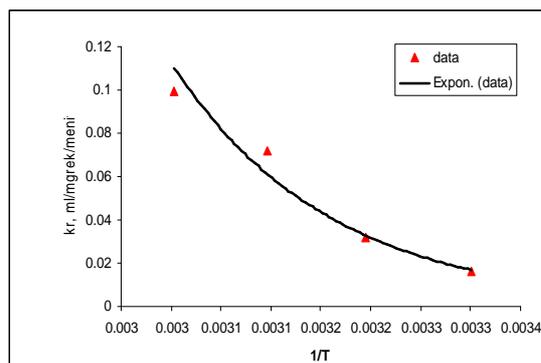
Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa setiap kenaikan suhu 10 °C konstanta kecepatan reaksi rata-rata naik dua kali lipat kecuali pada suhu 343 K, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi kimialah yang mengendalikan reaksi. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Westernt dkk (1984), bahwa pada reaksi kimia setiap kenaikan suhu 10 °C kecepatan reaksi naik 2 sampai 50 kali.

Pada suhu 343 K terjadi penurunan konversi transesterifikasi minyak jelantah. Hal ini disebabkan karena pada suhu 343 K sebagian metanol mengalami perubahan fasa dari cair menjadi gas, sehingga jumlah metanol dalam fasa cair berkurang. Kurangnya jumlah metanol dalam fasa cair menyebabkan jumlah tumbukan antara molekul pereaksi berkurang sehingga kecepatan reaksi juga menurun. Penurunan konstanta kecepatan reaksi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan suhu dengan konstanta kecepatan reaksi

Dari gambar 2 dapat disimpulkan bahwa nilai konstanta kecepatan reaksi maksimum dicapai pada suhu 333 K dengan k sebesar 0,0996 ml/mgrek/menit. Ini menunjukkan bahwa pada suhu 333 K adalah suhu optimum proses. Korelasi konstanta kecepatan reaksi dengan suhu dapat dilihat pada gambar 3.

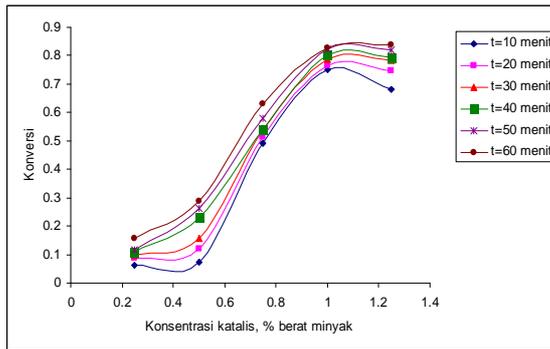


Gambar 3. Hubungan konstanta kecepatan reaksi dengan 1/T

Dari persamaan (10) didapatkan energi aktivasi sebesar 12542,3 kal/gmol dan frekuensi tumbukan $2(10^7)$ ml/mgrek/menit. Energi aktivasi yang dihasilkan besar dari 10.000 kal/gmol, hal ini memperkuat bahwa reaksi kimia yang mengendalikan reaksi.

Pengaruh Konsentrasi Katalis

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis, konversi reaksi semakin besar. Hal ini disebabkan karena dengan naiknya konsentrasi katalis akan semakin menurunkan energi aktivasi, sehingga meningkatkan jumlah molekul yang teraktifkan yang mengakibatkan kecepatan reaksi menjadi naik.

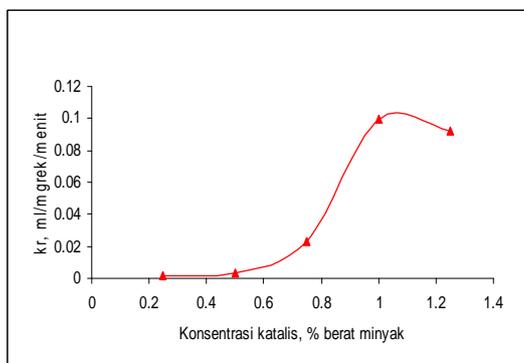


Gambar 4. Grafik hubungan konversi dengan konsentrasi katalis

Kenaikan konversi dan konstanta kecepatan reaksi yang terjadi cukup signifikan, tetapi pada konsentrasi 1% menuju 1,25 %, kenaikan ini tidak cukup berarti. Secara keseluruhan konversi pada konsentrasi 1 % lebih tinggi dari konsentrasi 1,25 %, kecuali pada menit ke 60 konversi lebih besar. Hal ini disebabkan karena terjadinya reaksi samping antara katalis KOH dengan minyak yang dikenal dengan saponifikasi atau reaksi penyabunan yang menyebabkan hasil penyabunan berupa surfaktan menghalangi kontak antara minyak dengan metanol. Akibatnya kecepatan reaksi dan konversi yang dihasilkan menurun.

Dari gambar 5 didapatkan bahwa nilai konstanta kecepatan reaksi maksimum didapat pada konsentrasi katalis 1% yaitu 0,0920 mgrek/ml/menit untuk reaksi heterogen dan 0,0996 mgrek/ml/menit untuk model homogen.

Hubungan antara konsentrasi katalis dengan konstanta kecepatan reaksi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Hubungan konstanta kecepatan reaksi dengan konsentrasi katalis

Dari gambar 5 didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$k = 3(10^{-4}) \exp (5,8742. C_{kat}) \quad (10)$$

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan :

1. Kenaikan suhu dan konsentrasi katalis dapat meningkatkan konversi dan kecepatan reaksi transesterifikasi minyak jelantah.
2. Hubungan antara suhu dengan konstanta kecepatan reaksi :

$$k_r = 2.10^7 \exp \left(- \frac{6312,2}{T} \right)$$

3. Hubungan antara suhu dengan konstanta kecepatan reaksi

$$k = 0,0003 \exp (5,8742. C_{kat})$$

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak DR. Ir. Bardi Murachman, SU, DEA, dan Bapak Ir. Supranto, MSc, PhD atas segala masukan dan sarannya, pimpinan dan staff Laboratorium Teknologi Minyak Bumi dan Laboratorium Konversi Energi FT UGM atas semua sarana dan prasarana, dan teman-teman HIMMPAS UGM, S1 dan S2 Teknik Kimia UGM atas segala do'a dan dukungannya.

NOMENKLATUR

C_{M0} = Konsentrasi metanol mula-mula, mgrek/ml

C_M = Konsentrasi metanol, mgrek/ml

C_{TG0} = Konsentrasi minyak mula-mula, mgrek/ml

C_{TG} = Konsentrasi minyak, mgrek/ml

k = Konstanta kecepatan reaksi ml/mgrek/menit

r = Laju reaksi, ml/menit

R' = Gugus alkil

R_1 = Gugus asam lemak jenuh dan tak jenuh

rantai panjang

T = Suhu, K

V = Volume reaktor, ml

DAFTAR PUSTAKA

1. Darnoko, D and Cheryan, M., 2000, " Continuous Production of Palm Metyl Ester ", *J. Am.Oil Chem.Soc.*, 77, 1269-

- 1272.
2. Groggins, P.H., 1958, " Unit Processes in Organic Synthesis ", 5 ed., Mcgraw Hill Book Company, New York.
 3. Kusuma, I.G.B.W., 2003," Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dan Pengujian terhadap Prestasi Kerja Mesin Diesel", Poros, volume 6 no 4 2003, hal 227-234.
 4. Westerterp, K.R., Van Swaaij, W.P.M., and Beenackers, A.A.C.M., 1984, " Chemical Reactor and Operation ", 2 ed., pp. 16, John Wily and Sons, New York.
 5. Widiono, B., 1995, " Alkoholisasi Minyak Biji Jarak dalam Reaktor Kolom Berpulsasi secara Sinambung Ditinjau Dari Segi Kinetika", Tesis diajukan kepada Fakultas Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.