

PROSIDING

Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2012

“The Challenge of Chemical Engineering Institutions
in Product Innovation for a Sustainable Future”



Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Depok, Jawa Barat, Indonesia
20-24 September 2012

Diterbitkan oleh:



Asosiasi Pendidikan Tinggi
Teknik Kimia Indonesia

Disponsori oleh:



Didukung oleh:





Studi Kinetika Perengkahan Katalitik Minyak Sawit untuk Menghasilkan Biofuel

Nurjannah*, La Ifa

Jurusan Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

*E-mail: ljannah6907@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *biofuel* yang berasal dari minyak sawit/jelantah menggunakan katalis Silika Alumina. *Biofuel* ini telah berhasil diperoleh pada proses perengkahan minyak sawit dan minyak jelantah menggunakan katalis Silika Alumina pada berbagai temperatur dan laju alir gas N₂.

Penelitian dilakukan dalam dua tahapan yaitu karakterisasi katalis dan proses perengkahan katalitik. Katalis dikarakterisasi dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) menunjukkan bahwa Silika Alumina mempunyai rasio Si/Al 198. Luas permukaan silika alumina diperoleh dari analisa *Brunauer Emmet Teller* (BET) yaitu 149,91 m².g⁻¹ dan ukuran pori rata-rata adalah 13 °A.

Perengkahan katalitik minyak sawit dilakukan dalam suatu mikroreaktor *fixed bed* terbuat dari stainless steel dengan diameter 1 cm panjang 15 cm diisi dengan 1 g katalis. Proses perengkahan dilakukan pada temperatur reaktor 350- 500 °C dan laju gas N₂ 100 - 160 ml.menit⁻¹. Hasil perengkahan dianalisa dengan metode gas kromatografi. Hasil yang diperoleh untuk katalis silika alumina fraksi *diesel* dengan yield tertinggi 32,05%, *gasoline* 2,78% pada temperatur 400°C dan laju gas N₂ 200 ml.menit⁻¹.

Reaksi perengkahan minyak sawit/jelantah dimodelkan dengan perengkahan asam oleat, dan diperoleh persamaan kinetika reaksi orde satu terhadap asam oleat yaitu :
 $r_A''' = 13,5285 e^{-29496,17/RT} C_A$, mol/gr kat. menit

Kata kunci: *biofuel*, kinetika reaksi, minyak sawit/jelantah, perengkahan katalitik, silika alumina

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk berakibat semakin meningkatnya kebutuhan energi yang sangat dibutuhkan dalam bidang transportasi dan industri, padahal minyak bumi merupakan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui.

Bensin (*gasoline*), minyak tanah (*kerosene*) maupun minyak solar (*diesel oil*) merupakan bahan bakar fosil yang banyak digunakan pada alat transportasi, industri dan rumah tangga di Indonesia. Pemakaian bahan bakar tersebut kian

hari kian meningkat tetapi tidak diimbangi dengan kemampuan penyediaannya sehingga mendorong upaya untuk mencari bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar berbasis minyak bumi. Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah adalah dengan mengeluarkan beberapa kebijakan melalui Instruksi Presiden No. 1/2006, Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006. Dalam Inpres dan Pepres tersebut mengamanatkan pengembangan dan penggunaan bahan bakar alternatif lain yang dapat diperbaharui dan mengacu pada Rencana Umum Kebijakan Energi, untuk program jangka panjang sampai tahun 2020 dimana para pelaku energi berkewajiban untuk memanfaatkan energi



terbarukan (*non-fossil fuel obligation*) serta penerapan kewajiban penghematan energi dan menggunakan teknologi efisien dan ramah lingkungan. (*Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2003*)

Berbagai sumber energi baru yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) dan dapat diandalkan adalah berasal dari berbagai jenis minyak nabati (minyak sawit, minyak jarak pagar, minyak kedelai, dll). Pemilihan minyak sawit sebagai sumber energi alternatif sangat tepat dilakukan di Indonesia karena saat ini Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar nomor dua di dunia setelah Malaysia. Dengan produksi sebesar 16 juta ton pertahun pada 2006, Indonesia memastikan diri untuk menjadi yang terbaik di Industri kelapa sawit di masa depan [1]. Dengan ketersediaan minyak sawit yang cukup banyak, maka minyak sawit merupakan salah satu bahan baku alternatif yang sangat potensial untuk membuat bahan bakar pengganti *gasoline, kerosene* dan solar, selain itu pembuatan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak sawit telah diteliti lebih ramah lingkungan. Minyak sawit memiliki rantai hidrokarbon panjang yang mirip dengan minyak bumi. Hidrokarbon inilah yang memungkinkan untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar nabati (*biofuel*). Komposisi asam lemak minyak sawit ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Kelapa Sawit

Asam lemak (> 1%)	Komposisi (%)
Asam Miristat	3
Asam Palmitat	30
Asam stearat	3
Asam Oleat	55
Asam Linoleat	8
Asam Lemak (< 1%)	Komposisi (ppm)
Karotenoid	500-700
Tokoferol / tokotrienol	600-1000

Sterol / sitosterol	218 – 370
Kampesterol	90 – 151
Stigmasterol	44 – 66
Kolesterol	7 – 13
Lainnya	2- 18

Sumber : [2]

Berbagai proses telah dilakukan untuk menghasilkan biofuel diantaranya proses esterifikasi namun kelemahan proses ini adalah pada pemisahan biofuel dan gliserol, proses transesterifikasi, minyak nabati yang digunakan kandungan asam lemak bebasnya harus rendah, jika kandungan asam lemak bebasnya tinggi kebutuhan katalis besar yang menyebabkan terbentuknya sabun sehingga menyulitkan dalam proses pemisahan. Proses perengkahan non katalis (*thermal cracking*) berlangsung pada suhu dan tekanan yang tinggi sehingga membutuhkan energi yang besar.

Saat ini mulai dikembangkan penelitian tentang pembuatan *biofuel* dari minyak nabati dengan proses perengkahan berkatalis. Proses konversi minyak nabati menjadi bahan bakar dengan metode perengkahan (*cracking*), yaitu proses pemutusan ikatan C-C hidrokarbon berat molekul tinggi menjadi molekul dengan berat molekul rendah. Proses ini juga melibatkan substansi yang mempercepat reaksi kimia yang dikenal dengan katalis. Teknik perengkahan katalitik biasanya menghasilkan produk bahan bakar yang lebih baik dibandingkan tanpa ada katalis. Proses ini dapat memecah hidrokarbon kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana, meningkatkan kualitas dan kuantitas produk, berlangsung pada suhu dan tekanan yang rendah dengan adanya katalis. Pada beberapa penelitian proses perengkahan minyak nabati dengan berbagai macam katalis menghasilkan berbagai jenis biofuel yang komposisinya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya waktu reaksi, suhu reaksi, laju alir umpan, dan jenis katalis.



Berbagai jenis katalis telah digunakan dalam proses perengkahan untuk menghasilkan biofuel diantaranya adalah katalis X, Y dan Faujasite katalis-katalis ini merupakan katalis perengkahan yang awalnya digunakan pada proses perengkahan minyak bumi, kemudian dikembangkan lebih lanjut pada proses perengkahan minyak nabati. Beberapa katalis yang juga digunakan pada proses perengkahan yaitu HZSM-5, Zeolit β dan ultrastabil Y (USY). Dari ketiga jenis katalis ini ternyata HZSM-5 yang menghasilkan konversi dan yield produk yang terbesar, sebagaimana yang telah diteliti oleh [4], konversi katalitik minyak sawit menjadi berbagai jenis hidrokarbon dimana pada suhu 350°C laju umpan 1 h⁻¹ katalis HZSM-5, konversi yang dihasilkan 99% yield gasoline 28,3% dan pada kondisi yang sama untuk katalis zeolit β konversinya 82% yield gasoline 22%, katalis USY konversi yang diperoleh 53% dan yield gasoline 7,3%. Menurut [5], konversi katalitik minyak sawit berdasar pada residu campuran asam lemak dengan katalis HZSM-5 menggunakan reaktor fixed-bed pada tekanan atmosfer, hasil yang diperoleh fraksi gasoline 44,4% berat pada laju umpan 3,66 h⁻¹ dan suhu reaksi 440°C.

Beberapa variabel yang berpengaruh pada proses perengkahan minyak nabati meliputi: tekanan operasi, temperatur reaksi, laju alir umpan dan jenis katalis. Pada penelitian sebelumnya proses perengkahan minyak nabati menggunakan katalis yang siap pakai yang dipenuhi dengan mengimpor dari negara lain dan harganya relatif mahal, sehingga dalam penelitian kami katalis yang kami gunakan dengan mensintesa dari bahan yang mengandung Si, Al. Peneliti sebelumnya juga melakukan proses perengkahan minyak nabati pada beberapa variabel diatas dengan menggunakan reaktor bertekanan dengan ukuran reaktor yang besar. Ditinjau dari segi ekonomi hal ini kurang ekonomis karena

membutuhkan biaya yang besar baik dari perancangan alat maupun penggunaan bahan.

1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari unjuk kerja katalis HZSM-5, pada reaksi perengkahan katalitik minyak sawit menjadi *biofuel*
2. Mempelajari pengaruh laju alir umpan pada reaksi perengkahan katalitik minyak sawit menjadi *biofuel*
3. Mempelajari pengaruh suhu pada reaksi perengkahan katalitik minyak sawit menjadi *biofuel*.
4. Merumuskan model kinetika reaksi katalitik dari proses perengkahan minyak sawit (asam oleat) menjadi *biofuel*.

2. Metode Penelitian

Tahapan Penelitian:

1. Tahap persiapan katalis

Pada tahap ini dilakukan proses pengaktifan katalis.

2. Tahap proses perengkahan

Proses perengkahan katalitik minyak sawit dalam mikro reaktor fixed bed pada berbagai suhu dan laju alir umpan pada tekanan 1 atm.

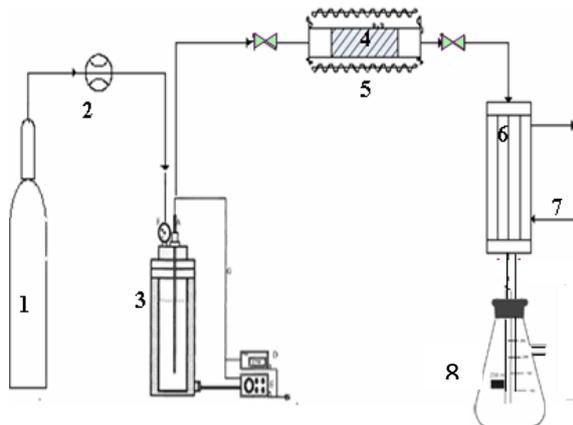
3. Tahap Analisa Produk

Produk hasil perengkahan dianalisa dengan gas kromatografi FID jenis kolom poraplotQ untuk produk fase cair. Analisa sifat fisik katalis dilakukan dengan metode *Brunauer Emmett Teller* (BET), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Atomic Adsorption Spectrofotometri* (AAS).

Penelitian dilakukan dengan memanaskan minyak sawit dalam tangki umpan sampai suhu 350°C dan Reaktor pada suhu yang diinginkan (350-500)°C dan kedalam tangki dialiri gas N₂ sebagai gas pembawa dengan laju antara 100 – 160 ml/menit. Uap minyak dan gas N₂ akan mengalir kedalam reaktor unggun tetap yang dilapisi dengan elemen pemanas dan berisi katalis \pm 1 gram. Reaksi perengkahan dilakukan selama 120 menit. Hasil perengkahan dianalisa dengan metode gas kromatografi. Rangkaian alat proses perengkahan minyak nabati dapat dilihat pada Gambar 2.



unggun tetap yang dilapisi dengan elemen pemanas dan berisi katalis ± 1 gram. Reaksi perengkahan dilakukan selama 120 menit. Hasil perengkahan dianalisa dengan metode gas kromatografi. Rangkaian alat proses perengkahan minyak nabati dapat dilihat pada



Keterangan gambar :

1. Gas N₂
2. Flow meter
3. Pemanas umpan
4. Katalis
5. Mikroreaktor
6. Kondensor
7. Air Pendingin
8. produk

Gambar 1. Rangkaian alat proses perengkahan minyak sawit.

2.1 Studi kinetika

Reaksi katalitik fase gas – solid akan terjadi bila sedikitnya satu atau seringkali semua reaktan harus bersinggungan dengan permukaan katalis melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi dapat terjadi secara fisika maupun kimia. Untuk persamaan reaksi katalitik reaktan menjadi produk, laju reaksi secara umum tergantung pada regim-regim reaksi sebagai berikut :

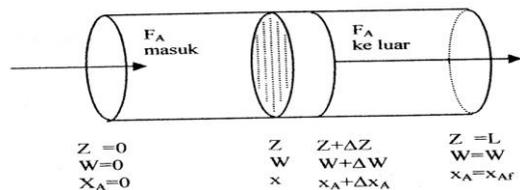
1. Kinetika reaksi permukaan didalam atau diluar partikel. Reaksi ini termasuk proses adsorpsi reaktan dan desorpsi dari produknya.
 2. Tahanan diffusi didalam partikel (pore diffusion) yang dapat menghambat reaktan.
 3. Difusi pada film disekitar partikel
 4. Beda suhu dibagian dan luar partikel. Hal ini disebabkan oleh panas yang dilepas pada reaksi exotermik
 5. Beda suhu dibagian luar katalis dan badan fasa gas. Partikel mungkin suhunya seragam disetiap bagian tetapi lebih panas daripada gas sekelilingnya.
- Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi efek pengendalian massa dapat digunakan metode Modulus Weisz (M_w)

$$M_w = M_T^2 \varepsilon = L^2 \frac{(-r_A''' / C_A)_{obs}}{D_e}$$

dengan batas efek diffusi pori :

- Jika M_T < 4 atau M_w < 0,15 → tahanan diffusi pori diabaikan
- Jika M_T > 4 atau M_w > 4 → tahanan diffusi pori dominan

Hubungan konversi reaksi, berat katalis dan kecepatan reaksi diberikan dalam bentuk elemen volume fixed bed reactor dengan panjang ΔZ secara sket dapat dilihat pada Gambar 6 [3].



Gambar 2. Elemen volume fixed bed reaktor.

Persamaan neraca massa untuk reaktan A dalam elemen volume reaktor dengan berat katalis ΔW dalam keadaan mantap dapat diungkapkan dengan persamaan :



Kecepatan A masuk – kecepatan A keluar –
 kecepatan A bereaksi = kecepatan akumulasi A
 dengan :

Kecepatan masuk pada titik Z = $F_{A0} (1 - X_A)$

Kecepatan A keluar pada titik Z + $\Delta Z = F_{A0} \{1 - X_A + \Delta X_A\}$

Kecepatan A bereaksi = $r_A \Delta W$

Kecepatan akumulasi A = 0 (keadaan manatap)

Persamaan neraca massa dapat ditulis :

$$F_{A0}(1 - X_A) - F_{A0} \{1 - X_A + \Delta X_A\} - r_A \Delta W = 0 \quad (1)$$

$$F_{A0}\Delta X_A = r_A \Delta W$$

$$\lim \Delta X_A \rightarrow 0$$

$$\lim \Delta W \rightarrow 0$$

maka :

$$F_{A0}dX_A = r_A dW$$

atau dapat ditulis dalam bentuk persamaan

diferensial :

$$\frac{dW}{F_{A0}} = \frac{dX_A}{r_A} \quad (2)$$

dengan kondisi batas :

$$W = 0, X_A = 0 \text{ dan } W = W, X_A = X_{Af} \quad (3)$$

dengan :

W = berat katalis, gr

F_{A0} = kecepatan umpan, mol/menit

X_{A0} = konversi pada saat masuk reaktor, fraksi mol

X_{Af} = konversi pada saat keluar reaktor, fraksi mol

untuk hipotesis, jika $n = 0 : r_A = k$, maka dengan menggunakan persamaan (2), persamaan (3) dapat ditulis :

$$F_{A0}dX_A = k dW \quad (4)$$

pengintegrasian persamaan (4) antara masukan dan keluaran dari reactor memberikan persamaan (5) :

$$k = \frac{F_{A0}}{W} X_A \quad (5)$$

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

untuk hipotesis, jika $n = 1 : r_A = k C_A$, maka dengan menggunakan persamaan (2) dan espresikan persamaan (6), persamaan (7) dapat ditulis :

$$F_{A0}dX_A = k C_A (1 - X_A) dW \quad (7)$$

pengintegrasian persamaan (7) antara masukan dan keluaran dari reactor memberikan persamaan (8) :

$$-\ln(1 - X_A) = k C_{A0} W / F_{A0} \quad (8)$$

dengan $k = r_A / C_{A0}$

untuk hipotesis, jika $n = 2 : r_A = k \times C_A^2$, maka dengan menggunakan persamaan (2) dan espresikan persamaan (6), persamaan (9) dapat ditulis :

$$F_{A0}dX_A = k C_{A0}^2 (1 - X_A)^2 dW \quad (9)$$

pengintegrasian persamaan (9) antara masukan dan keluaran dari reactor memberikan persamaan (10) :

$$k C_{A0}^2 \frac{W}{F_{A0}} = \frac{X_A}{1 - X_A} \quad (10)$$

untuk menentukan orde reaksi, konversi divariasikan dengan mengubah laju alir umpan dan temperatur reaksi. Sebagai contoh untuk $n = 0$, jika kita memplotkan konversi versus m/F_{A0} pada grafik dan jika kita memperoleh suatu garis lurus, hipotesis itu dibenarkan jika tidak kita mengecek untuk $n = 1$ dengan grafik $-\ln(1 - X_A)$ versus W/F_{A0} .

Percobaan ini dilaksanakan pada empat temperatur yang berbeda (370, 400, 450, 500 °C) dengan laju alir mula-mula (F_{A0}) yang berbeda.

Temperatur reaksi mempengaruhi harga konstanta laju reaksi sesuai dengan persamaan Arrhenius $k = k_0 e^{-E/RT}$ [4]. Kenaikan temperatur berbanding lurus dengan kenaikan laju reaksi.

Dimana :

k_0 = faktor frekwensi

E = energi aktivasi

R = tetapan gas umum

T = temperatur.

Persamaan Arrhenius dapat dinyatakan secara logaritma sebagai berikut:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E}{RT} \quad (11)$$

Energi aktivasi (E) diperoleh dari plot $\ln k$ vs $1/T$ diperoleh intersep $\ln k_0$ dan slope E/R digunakan untuk menentukan E dan faktor frekwensi (k_0).



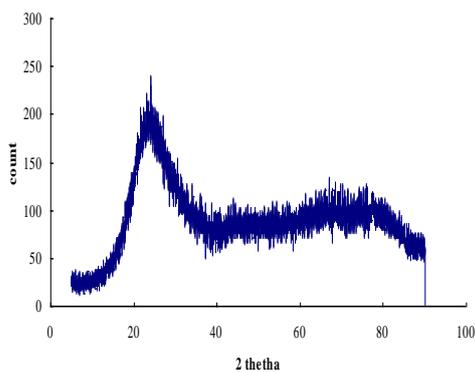
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Karakterisasi Katalis Silika Alumina

Karakterisasi dari katalis menggunakan *Absorption Atomic Spectroscopy* (AAS) untuk melihat rasio Si/Al dalam katalis. Pengukuran luas permukaan (surface area) dan ukuran pori rata – rata menggunakan metode *Brunauer Emmet Teller* (BET). Untuk mengetahui jenis dan struktur kristal yang terbentuk dengan difraksi sinar X (XRD). Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3

Tabel 2 Hasil Karakterisasi katalis silika alumina

Nama Katalis	Si/Al (m/m)	Ukuran Pori (A°)	Luas Permukaan (m ² /g)
Silika Alumina	198	13.209	149,918



Gambar 3. Pola difragtogram XRD Silika Alumina.

3.2 Analisa Hasil Proses Perengkahan

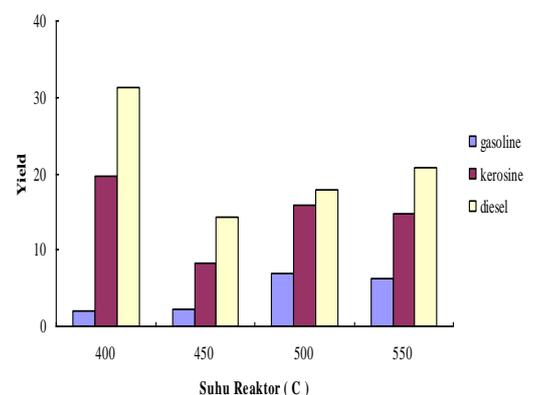
3.2.1 Pengaruh Suhu Terhadap Yield Gasoline, kerosine dan diesel untuk katalis silika alumina.

Pada Gambar 4 yield kerosine dan diesel tertinggi pada suhu 400°C yaitu untuk diesel 31,20% kerosene 19,70% kemudian terjadi penurunan dengan naiknya suhu hal ini disebabkan karena aktivitas katalis pada suhu ini mampu merengkah rantai karbon asam palmitat (C₁₆H₃₂O₂) dan asam oleat (C₁₇H₃₃O₂) menjadi rantai hidrokarbon paraffin dengan melepaskan gas CO₂ dan CO sehingga menjadi senyawa C₁₇H₃₆ yang berada pada fraksi solar. Terbentuknya fraksi gasoline pada laju alir gas N₂ 0.2

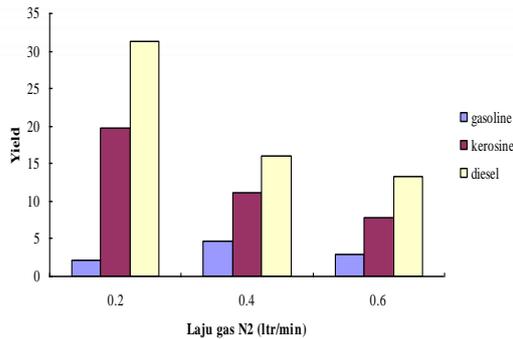
pada suhu 400°C dan 450° menunjukkan semakin kecil kecepatan volumetrik umpan maka waktu kontak antara uap minyak dengan katalis menjadi semakin besar sehingga terjadi reaksi perengkahan lanjut komponen C₁₄H₃₀ menjadi C₉H₂₀, dengan meningkatnya suhu, fraksi gasoline semakin besar karena komponen C₉H₂₀ terengkah lebih lanjut menjadi C₅ – C₇.

3.2.2 Pengaruh Laju Gas N₂ pada yield gasoline, kerosine dan diesel untuk katalis silika alumina

Pada Gambar 5 Pengaruh laju alir gas N₂ terhadap yield gasoline, kerosene dan diesel menunjukkan peningkatan pada laju 0,2 ltr/menit ke laju 0,4 ltr/menit akan tetapi menurun pada laju gas N₂ 0,6 ltr/menit. Penurunan *space time* pada laju gas N₂ 0,4 ltr/menit dibanding laju gas N₂ 0,2 ltr/menit masih dapat menaikkan yield dari gasoline, kerosene dan solar, hal ini dikarenakan jumlah N₂ yang masuk masih dapat menyeimbangkan dengan peningkatan jumlah minyak yang masuk, akan tetapi pada laju gas N₂ 0,6 ltr/menit jumlah gas total yang masuk sangat besar sehingga yield dari gasoline, kerosene dan diesel menjadi menurun. Peningkatan laju gas N₂ berakibat meningkat pula laju uap minyak yang masuk kedalam reaktor yang mengakibatkan waktu tinggal didalam reaktor (*space time*) menurun.

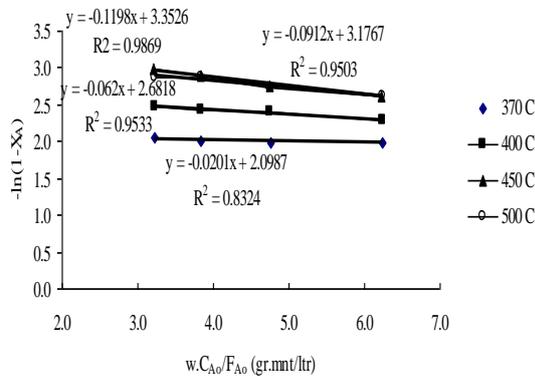


Gambar 4. Pengaruh Suhu Terhadap Yield Pada Laju Gas N₂ 0,2 ltr/min

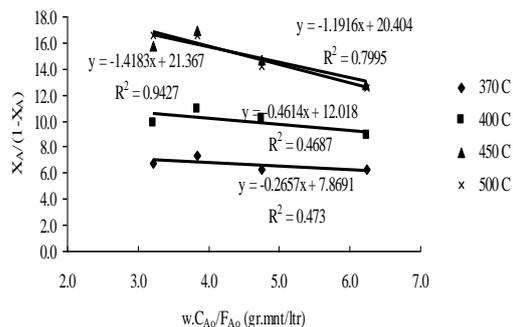


Gambar 5. Pengaruh Laju Gas N₂ Terhadap Yield Pada Suhu 400°C

3.2.3. pengujian orde reaksi



Gambar 6. Uji orde satu hubungan antara $-\ln(1-X_A)$ terhadap $w.C_{A0}/F_{A0}$



Gambar 7. Uji orde dua hubungan antara $X_A/(1-X_A)$ terhadap $w.C_{A0}/F_{A0}$

Tes orde reaksi ditunjukkan dengan gambar 6 untuk orde satu dan Gambar 7 untuk orde dua. Dari kedua

Gambar tersebut ternyata tes orde satu memberikan harga R² cukup besar dan mendekati 1 dibanding dengan tes untuk orde dua yang memberikan harga R² rata-rata lebih kecil atau tidak mendekati 1. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa reaksi perengkahan asam oleat mengikuti reaksi orde satu.

3.2.4 Penentuan energi aktivasi

Tabel 3 Hubungan 1/T versus ln k untuk reaksi orde satu

	T (K)	k (litr/mnt.gr)	1/T (1/K)	ln k
ada	643	0,0443	0,001555	-3,1167
tabel 3	673	0,0651	0,001486	-2,7318
dapat	723	0,0842	0,001383	-2,4769
dilihat	773	0,1212	0,001294	2,1119
hubungan				
gan				
ekspon				
ensial				

antara k dan T dan dari persamaan Arrhenius : $k = k_0 e^{-E/RT}$, k₀ merupakan faktor frekwensi, E adalah energi aktivasi, R adalah tetapan gas umum, dan T merupakan suhu absolut. Dari persamaan Arrhenius tersebut dapat dicari harga E dimana $\ln k = \ln k_0 - E/RT$, dimana hubungan antara ln k versus 1/T dengan nilai R adalah 8,3144 J/mol K diperoleh harga energi aktivasi sebesar 29496,17 J/mol dan faktor pengaktifan (k₀) sebesar 13,5285 liter mnt⁻¹ gr kat.⁻¹. Sehingga bila suhu meningkat maka harga k juga akan meningkat sehingga akan meningkatkan laju reaksi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa untuk memutuskan molekul pereaksi yang mempunyai banyak ikatan memerlukan energi aktivasi sebesar 29496,17 J/mol dan ini menunjukkan bahwa reaksi tersebut sangat peka terhadap temperatur.

4. Kesimpulan

1. Sintesa katalis dengan metode Latourette menghasilkan kalis jenis silika alumina sedang metode Plank menghasilkan jenis HZSM-5.
2. Suhu reaktor berpengaruh meningkatkan yield dari gasoline, kerosene dan diesel namun pada suhu yang sangat tinggi terjadi penurunan.



3. Laju gas N_2 berpengaruh pada yield diesel karena terjadi peningkatan dengan meningkatnya laju gas N_2 pada gasoline dan kerosine terjadi penurunan karena produk gas meningkat dengan bertambahnya produk perengkahan berupa gas CO , CO_2 , H_2 dan C_1-C_4 .
4. Penggunaan katalis sintesis silika alumina dan HZSM-5 memiliki kemampuan dalam mengarahkan proses *cracking* minyak kelapa sawit menjadi fraksi gasoline, kerosine dan diesel.

Daftar Pustaka

- [1] <http://www.apolin.blogspot.com>. "Forum Biodiesel", tanggal akses 26 Juni 2007
- [2] Hui, Y.H. (1996), "Bailey's Industrial Oil and Fat Products" : *Industrial and Consumer Non edible products from Oils and Fats*, vol 5, 5th ed , John Wiley & Sons , New York
- [3],[6] Levenspiel, O. (1999), *Chemical Engineering Reaction Third Edition*, New York : John Wiley and Sons.
- [4] Twaiq, Farouq, A., Zabidi, Noor, Asmawati, Abdul, Raahman, Mohamed, Bhatia, Subhash (2003), "Catalytic Conversion of Palm Oil over Mesoporous Aluminosilicate MCM-41 for the Production of Liquid Hydrocarbon Fuels", *Fuel Processing Technology* , vol 84, pp.105-120.
- [5] Ooi, S. Y., Zakaria, R., Mohamed A. R. & Bhatia, S., 2004, "Catalytic conversion of palm oil-based fatty acid mixture to liquid fuel", *Biomassa and Bioenergy*, Vol 27, 477-484.