



## SINTESIS PELUMAS DASAR BIO MELALUI ESTERIFIKASI ASAM OLEAT MENGGUNAKAN KATALIS ASAM HETEROPOLI/ZEOLIT

**Bambang Heru Susanto<sup>\*)</sup>, Mohammad Nasikin, dan Sukirno**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia  
Kampus UI Depok, Jawa Barat, 16424Telp/fax. 021-786 3515/786 3516

### Abstrak

*Produk ester yang berasal dari minyak nabati sebagai pelumas, saat ini mulai banyak menarik perhatian peneliti maupun industri. Sedangkan perolehan produk ester yang salah satunya melalui reaksi esterifikasi banyak menggunakan katalis homogen asam, seperti  $H_2SO_4$ , HF,  $H_3PO_4$  dan PTSA, yang bersifat korosif, beracun dan sulit untuk dipisahkan dari produk. Penggunaan katalis yang aman dan ramah lingkungan seperti asam heteropoli polytungstate (HPW) menjadi suatu alternatif, namun memiliki kelemahan pada luas permukaan yang rendah dan kelarutan yang tinggi dalam sistem polar, karenanya perlu dijadikan katalis padat dengan cara menyisipkannya pada penyangga yang memiliki luas permukaan lebih besar, seperti zeolit.*

*Pada penelitian ini dilakukan sintesis pelumas dasar bio melalui reaksi esterifikasi asam oleat dengan oktanol dengan menggunakan katalis asam padat heteropoli/zeolit. Hasil karakterisasi memperlihatkan HPW terdispersi dengan baik pada zeolit tanpa merubah struktur zeolit. Dari hasil uji reaksi memperlihatkan bahwa penggunaan katalis HPW20/Z memiliki pengaruh terbesar pada konversi asam oleat (80.73%). Sedangkan konversi asam oleat dipengaruhi oleh jumlah katalis dan rasio mol reaktan. Namun perubahan besaran putaran pengadukan dan suhu reaksi tidak memberikan perubahan signifikan terhadap konversi. Dari viskositas pelumas dasar bio yang dihasilkan, memperlihatkan kecocokan aplikasi untuk kondisi tribologi berkecepatan tinggi dan rentang beban rendah seperti untuk pendingin dan pelumas pada mesin pembuatan logam dan rantai.*

**Kata kunci :** Esterifikasi, Asam Heteropoli, Zeolit, Ester, Pelumas Dasar Bio

### 1. Pendahuluan

Esterifikasi asam organik dan alkohol merupakan salah satu reaksi yang paling mendasar dan penting dalam industri kimia. Produk-produk esternya secara luas dimanfaatkan sebagai pelarut dan pengemulsi dalam industri makanan (tepung), farmasi serta kosmetik ataupun pelumas dalam pengolahan logam, industri tekstil dan plastik.(Arismunandar, 2006; Liu dkk, 2006). Saat ini perhatian atas rekayasa pada reaksi esterifikasi dan produk esternya telah semakin meningkat, terutama setelah alkil ester (metil ester, etil ester dan profil ester) memiliki karakteristik sebagai solar bio, sehingga dapat menggantikan bahan bakar fosil.

Penelitian pelumas dasar bio berbasis minyak sawit di Departemen Teknik Kimia FTUI telah berlangsung sejak tahun 2005, yang merupakan bagian dari *roadmap* penelitian “CPO Sebagai Pengganti Minyak Bumi”. Penelitian pelumas dasar bio yang telah dilaksanakan menggunakan 3 (tiga) tahapan proses pada rangkaian reaktor *batch* berpengaduk, yaitu metanolisis dengan katalis NaOH (cair), epoksidasi dengan katalis asam formiat (cair) dan pembukaan cincin dengan katalis H-Zeolit (padat). Dari penelitian yang sudah dilakukan tersebut dirasakan adanya kendala dalam pemurnian produk sintesis, pemisahan katalis dan panjangnya tahapan proses. Maka sintesis pelumas dasar bio melalui proses esterifikasi asam lemak dari minyak nabati dengan alkohol rantai panjang akan menjadi suatu hal yang menarik untuk diteliti dan dimanfaatkan. Pada proses esterifikasi ini, katalis dan kondisi operasi reaksi memberikan pengaruh dan peranan yang penting (Sukirno dkk, 2006).<sup>1</sup>

Pada proses esterifikasi katalis yang banyak digunakan pada awalnya adalah katalis homogen asam donor proton dalam pelarut organik, seperti  $H_2SO_4$ , HF,  $H_3PO_4$  dan  $RSO_3H$ , PTSA (Juan dkk, 2007). Hanya saja, katalis-katalis homogen ini bersifat korosif, beracun dan sulit untuk dipisahkan dari produk. Oleh karena itu, dicoba dilakukan penggantian katalis homogen asam dengan katalis padat (katalis heterogen), seperti dengan zeolit, alumina ataupun resin pengganti ion, yang saat ini merupakan satu-satunya yang telah digunakan secara

<sup>\*)</sup> Penulis dimana alamat surat menyurat dialamatkan : bambanghs@che.ui.edu

komersial. (Fumin dkk, 2006). Namun resin pengganti ion ini kurang memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas termal, sehingga mudah terdeaktivasi dan karenanya pemakaiannya terbatas.

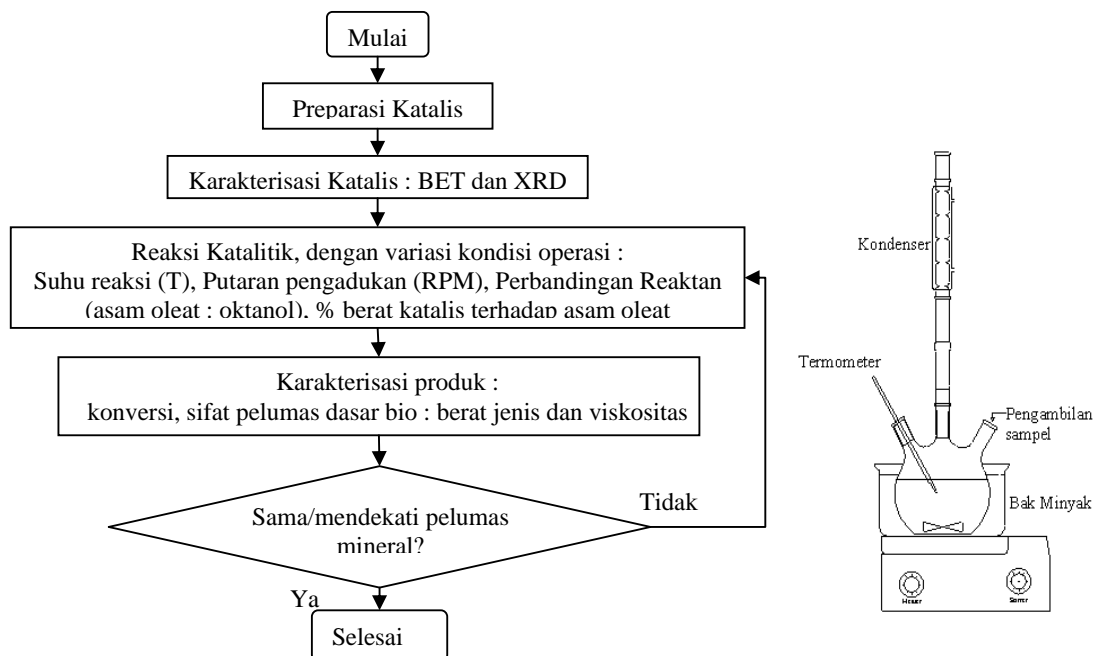
Disisi lain asam heteropoli (HPA) dengan tipe Keggin memiliki kekuatan asam Brønsted yang tinggi dan secara luas telah digunakan pada reaksi berkatalis asam (Misuno, 1987; Mukai dkk, 1997). Hanya saja HPA memiliki kelemahan sebagai katalis dilihat dari rendahnya luas permukaan ( $<10 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ) dan kelarutan yang tinggi dalam sistem reaksi polar sehingga menimbulkan masalah dalam pemisahannya (Marme dkk, 1998). Untuk mengatasi hal tersebut maka HPA disanggakan pada katalis penyangga seperti pada silika, silika-alumina, karbon aktif, MCM-41, SBA-15 dan zeolit tipe Y pada esterifikasi asam asetat dengan etanol (Chiementi dkk, 2001; Fumin dkk, 2006; Juan dkk, 2007; Kozhevnikov dkk, 1996, Marme dkk, 1998). Selain daripada itu, saat ini telah dikembangkan juga penelitian sintesis ester melalui esterifikasi asam karboksilat dengan alkohol menggunakan enzim lipase (Dormo dkk, 2004; Laudani dkk, 2007; Radzi dkk, 2005). Dan juga penelitian tentang konversi asam oleat menggunakan katalis heterogen  $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Sreeparsanth dkk, 2006)

Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini dilakukan proses esterifikasi asam oleat dengan oktanol untuk menghasilkan ester (oktil oleat) sebagai bahan pelumas dasar bio menggunakan katalis asam padat, yaitu asam heteropoli yang disanggakan pada zeolit alam Lampung.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan katalis adalah asam heteropoli *polytungstate* ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ , HPW) yang didapatkan dari *supplier* (Merck) dan zeolit alam Lampung. Zeolit alam Lampung (ZAL) mengalami modifikasi dealuminasi dengan HF 3% dan HCl 6M, pertukaran ion dengan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  1N serta kalsinasi menjadi H-Zeolit (H-Z). Setelah itu HPW disisipkan kedalam H-Z menggunakan metode impregnasi basah sebesar 5% (HPW5/Z), 10% (HPW10/Z) dan 20% (HPW20/Z) yang kemudian dikeringkan pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 1 jam.

Reaksi esterifikasi dilakukan pada reaktor tumpak berpengaduk 100mL (Gambar 1) yang ditempatkan dalam bak minyak (gliserol), dengan suhu reaksi  $150\text{-}180^\circ\text{C}$  selama 420 menit. Konversi ditentukan dengan cara pengambilan sampel setiap selang waktu tertentu sebanyak 1.5 mL yang kemudian disentrifugasi untuk memisahkannya dari katalis padat dan dititrasi dengan KOH untuk menentukan sisa asam oleatnya. Metode penelitian yang dijalankan dan skema reaktor tumpak yang dipergunakan dapat disajikan dalam diagram alir penelitian berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian dan Skema Reaktor

### 3. Hasil dan Pembahasan

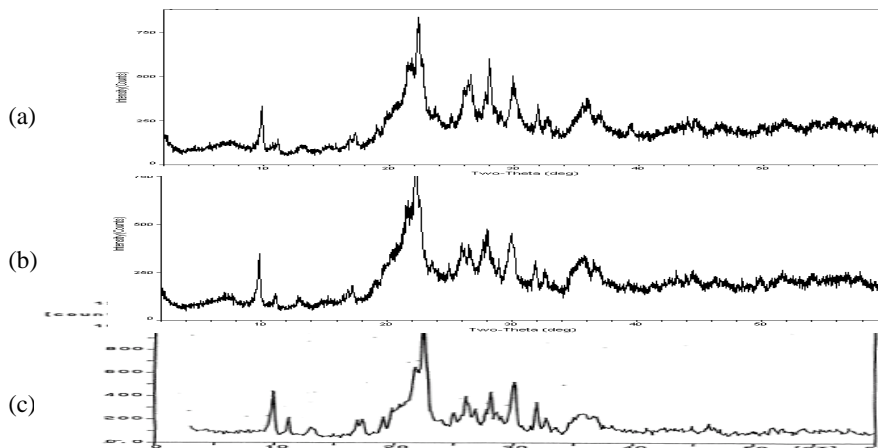
#### 3.1. Karakterisasi Katalis

Tabel 1 memperlihatkan luas permukaan BET dari berbagai katalis yang digunakan dalam penelitian ini. Terlihat bahwa HPW memiliki luas permukaan yang paling rendah, yaitu  $2 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Sedangkan zeolit alam yang telah mengalami dealuminasi, ionisasi dan kalsinasi (H-Z) mengalami perubahan luas permukaan kurang lebih dua kali lebih besar dari ZAL, yaitu  $101.6 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Disisi lain, katalis-katalis HPW yang telah disisipkan (HPW/Z), memperlihatkan penurunan luas permukaan sesuai dengan % berat HPW yang disisipkan, namun secara keseluruhan masih lebih besar luas permukaannya bila dibandingkan dengan HPW.

Tabel 1. Luas Permukaan BET Katalis

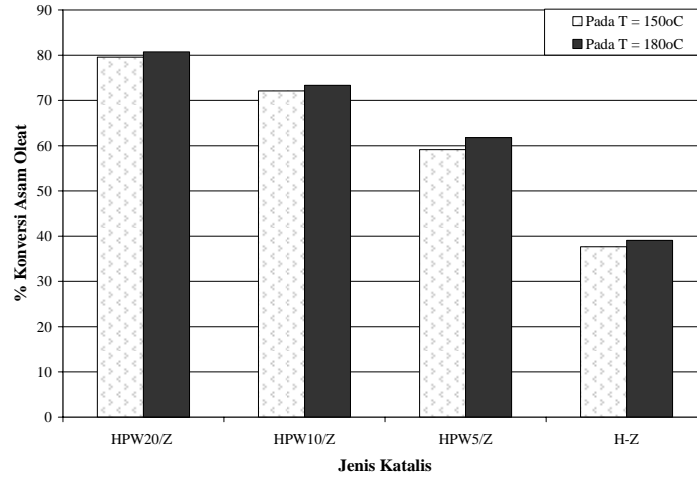
NO	JENIS KATALIS	LUAS PERMUKAAN BET ( $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )
1	HPW	2
2	ZAL	51.9
3	H-Z	101.6
4	HPW5/Z	63.7
5	HPW10/Z	52.7
6	HPW20/Z	24.2

Sedangkan pola yang dihasilkan dari XRD secara kualitatif terhadap H-Z dan HPW/Z, seperti yang tersaji dalam Gambar 2, menunjukkan struktur kristal yang tidak begitu berbeda dibandingkan dengan ZAL, dengan posisi-posisi puncak yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi ZAL menjadi H-Z dan HPW/Z tidak merusak struktur kristal zeolit.



Gambar 2. Pola XRD untuk: (a) HPW20/Z, (b) H-Z, dan (c) ZAL

### 3.2. Aktivitas Katalis

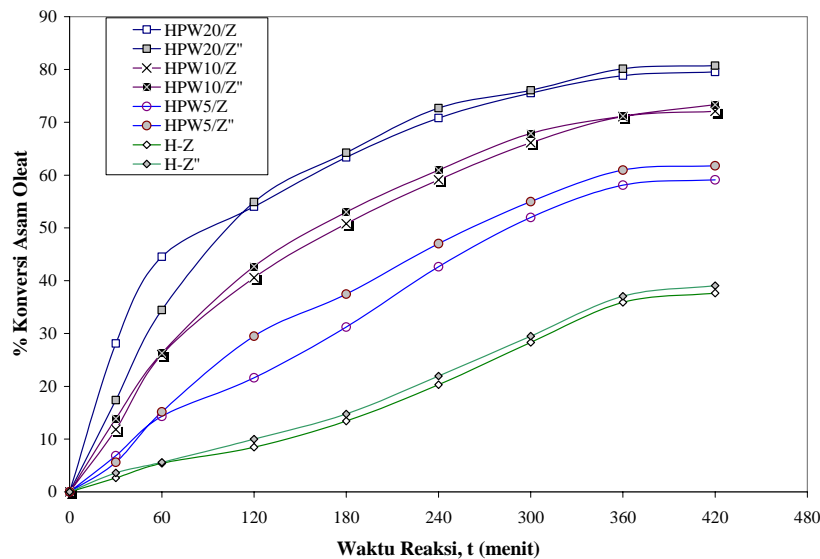


Gambar 3. Perbandingan Aktivitas Katalis Esterifikasi Asam Oleat dengan Oktanol

Reaksi esterifikasi adalah jenis reaksi yang dapat dikatalisis dengan asam dan kekuatan asam dari katalis akan memberikan pengaruh yang besar terhadap aktivitas katalitiknya.. Dari Gambar 3 diatas diperlihatkan bahwa secara kualitatif katalis HPW20/Z memiliki aktivitas katalis yang lebih besar, baik pada suhu 150 °C dan 180 °C, bila dibandingkan dengan katalis-katalis HPW10/Z dan HPW5/Z. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas katalis dipengaruhi oleh besarnya HPW yang disisipkan pada H-Z dan indikasi tingkat keasaman dari katalis-katalis yang digunakan, yaitu : HPW20/Z > HPW10/Z > HPW5/Z > H-Z.

### 3.3. Pengaruh Suhu Reaksi

Dalam uji reaksi esterifikasi ini, variasi suhu yang dilakukan mengacu pada penelitian dan paten dari Srinivas dkk (2006), yaitu pada rentang suhu 150°C-180°C. Penggunaan variasi temperatur ini mendasarkan pada karakteristik reaksi esterifikasi yang lambat dan endotermis.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Konversi Asam Oleat untuk Berbagai Jenis Katalis pada Reaksi Esterifikasi Asam Oleat pada T = 150°C dan 180°C (\*), [Kondisi Operasi n=480 rpm, Asam Oleat : Oktanol = 1:6, W<sub>kat</sub> = 2%]

Dari Gambar 4., terlihat bahwa konversi dari asam oleat meningkat seiring dengan meningkatnya waktu reaksi. Pada waktu reaksi 420 menit dan suhu 180 °C, penggunaan katalis H-Z pada proses esterifikasi

menghasilkan konversi asam oleat sebesar 39.06%, sedangkan dengan menggunakan katalis-katalis HPW/Z diperoleh konversi asam oleat sebesar : 61.76% untuk HPW5/Z, 73.36% untuk HPW5/Z dan 80.73% untuk HPW20/Z. Terlihat bahwa penggunaan katalis-katalis HPW/Z berpengaruh besar terhadap kenaikan konversi reaksi asam oleat bila dibandingkan dengan reaksi menggunakan katalis H-Z. Demikian juga penggunaan jumlah HPW yang disisipkan pada pengemban (zeolit) akan berpengaruh terhadap konversi reaksi dari asam oleat. Dimana dengan semakin besarnya HPW yang disisipkan, maka aktivitas katalis akan meningkat dengan pengaruh langsung pada peningkatan konversi reaksi dari asam oleat.

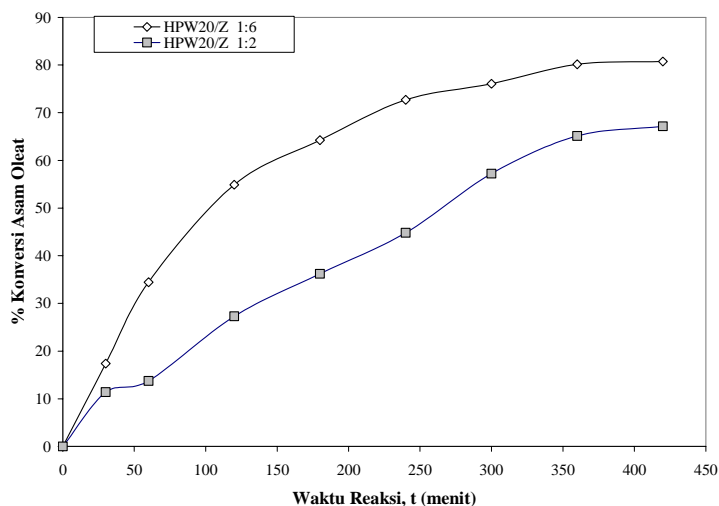
Namun Pengaruh perbedaan suhu reaksi sebesar 30 °C (150 °C dan 180 °C ), seperti terlihat pada Gambar 4., tidak begitu signifikan memperlihatkan perubahan pada konversi asam oleat. Dimana kisaran perubahannya adalah dibawah 5%. Hal ini dijelaskan dalam tinjauan teoritis bahwa pada penelitian ini, reaksi dilakukan dalam medium polar dimana digunakannya oktanol yang merupakan golongan alkohol sebagai reaktan dan terjadinya produksi air selama reaksi berlangsung. Kehilangan air dalam HPW didalam katalis selama proses reaksi dikompensasi oleh struktur Keggin dari anion heteropoli, sehingga mengakibatkan keasaman dari katalis tidak berubah signifikan.

### 3.4. Pengaruh Rasio Mol Reaktan

Rasio molar asam reaktan adalah merupakan salah satu parameter penting yang dapat mempengaruhi *yield* dari ester yang dihasilkan. Secara teoritis, dalam reaksi esterifikasi 1 mol asam oleat memerlukan 1 mol oktanol. Karena reaksi esterifikasi adalah reversibel, maka oktanol berlebih dapat mengalihkan kesetimbangan kearah pembentukan ester.

Reaksi esterifikasi dengan katalis heterogen (asam padat) diketahui juga memiliki laju reaksi yang lambat. Oleh karena itu untuk meningkatkan laju reaksi tersebut, maka penggunaan oktanol berlebih adalah merupakan pilihan yang lebih baik. Kelebihan oktanol nantinya dapat didistilasi dan digunakan kembali.

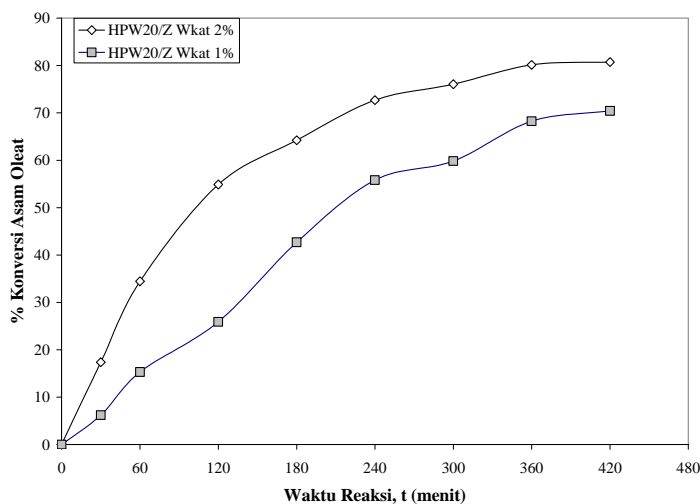
Gambar 5. berikut ini memperlihatkan pengaruh dari rasio molar reaktan terhadap konversi asam oleat. Dimana pada rasio molar asam oleat : oktanol = 1 : 2 menghasilkan konversi asam oleat yang lebih kecil (67.15%) bila dibandingkan rasio molar 1 : 6 (80.73%), atau dengan kata lain dengan penambahan rasio molar dari 1:2 menjadi 1 : 6 akan menghasilkan peningkatan konversi asam oleat sebesar 20.21%.



**Gambar 5.** Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Konversi Asam Oleat pada Reaksi Esterifikasi Asam Oleat dengan Rasio Molar Asam Oleat:Oktanol = 1:2 dan 1:6 [Kondisi Operasi T=180°C, n=480 rpm, W<sub>kat</sub> = 2%]

### 3.5. Pengaruh Jumlah Penggunaan Katalis

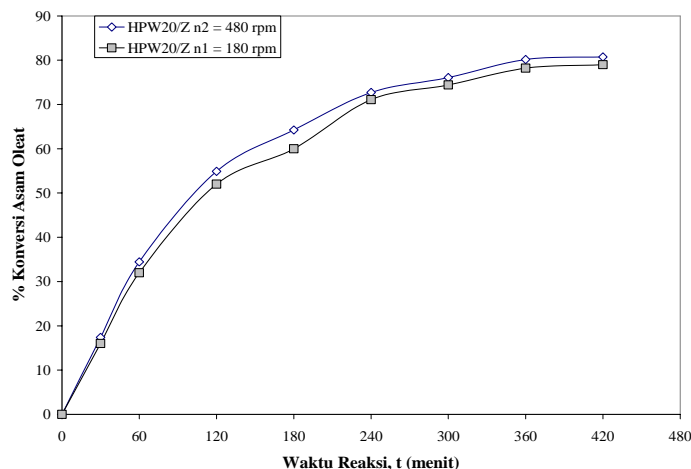
Pengaruh penggunaan jumlah katalis pada reaksi esterifikasi asam oleat dan oktanol diperlihatkan pada Gambar 6. Dari grafik terlihat bahwa konversi reaksi dipengaruhi oleh berat katalis yang digunakan, dimana pada waktu reaksi 420 menit dengan penggunaan katalis sebesar 2% dihasilkan konversi asam oleat sebesar 80.73% sedangkan dengan penggunaan berat katalis sebesar 1% pada kondisi reaksi yang sama dihasilkan konversi asam oleat sebesar 70.44%. Dengan kata lain terjadi peningkatan konversi sebesar 14.6% dengan cara peningkatan penggunaan berat katalis dari 1% menjadi 2%.



**Gambar 6.** Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Konversi Asam Oleat pada Reaksi Esterifikasi Asam Oleat dengan  $W_{kat} = 1\%$  dan  $W_{kat} = 2\%$  [Kondisi Operasi  $T=180^{\circ}\text{C}$ ,  $n=480$  rpm, Asam Oleat : Oktanol = 1:6]

### 3.6. Pengaruh Pengadukan

Untuk menganalisis pengaruh dari difusi eksternal terhadap transfer massa dari reaktan ke permukaan katalis, maka kecepatan pengadukan divariasikan pada  $n_1 = 180$  rpm dan  $n_2 = 480$  rpm, dengan kondisi operasi sebagai berikut  $T=180^{\circ}\text{C}$ ,  $W_{kat} = 2\%$ , Asam Oleat : Oktanol = 1:6. Gambar 7 memperlihatkan konversi asam oleat sebagai fungsi waktu tidak terlalu dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Perubahan konversi reaktan yang terjadi pada  $n_1$  dan  $n_2$  adalah dibawah 1%. Dengan demikian kecepatan pengadukan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap konversi reaksi dan karenanya tidak ada pembatasan dari difusi eksternal untuk kecepatan pengadukan lebih besar dari 180 rpm.



**Gambar 7.** Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Konversi Asam Oleat pada Reaksi Esterifikasi pada Putaran Pengaduk Mekanis  $n_1 = 180$  rpm dan  $n_2 = 480$  rpm [Kondisi Operasi  $T=180^{\circ}\text{C}$ ,  $W_{kat} = 2\%$ , Asam Oleat : Oktanol = 1:6]

### 3.7. Karakterisasi Produk Sintesa.

Uji sifat fisikokimia untuk produk ester yang dihasilkan meliputi pengukuran densitas, viskositas, dan pengambilan spektrum FTIR dari produk sintesa, serta analisa GC-MS. Pengukuran densitas dan viskositas, yang merupakan alat analisa paling mudah dan murah, dimaksudkan untuk identifikasi awal perubahan sifat fisik dari proses konversi kimia. Produk ester hasil reaksi esterifikasi asam oleat dengan oktanol yang telah diukur viskositas dan densitasnya disajikan dalam Table 2. Produk Ester 1 dan Produk Ester 2 adalah produk yang

dihasilkan dalam penelitian ini pada reaksi esterifikasi dengan suhu reaksi T1 = 180 °C dan T2 = 150 °C dengan kondisi operasi  $W_{kat} = 2\%$ , Asam Oleat : Oktanol = 1:6 dan n= 480 rpm.

**Tabel 2.** Viskositas Produk Sintesa

Bahan/Produk Sintesa	Viskositas (cSt)		Perubahan Viskositas thd suhu (cSt/°C)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
	40°C	100°C		
<b>Produk Ester 1</b>	<b>7.073</b>	<b>2.82</b>	<b>0.071</b>	<b>0.837</b>
<b>Produk Ester 2</b>	<b>7.544</b>	<b>3.76</b>	<b>0.063</b>	<b>0.824</b>
EPOME Gliserol*	35.4	6.9854	0.47	0.882
EPOME Heksadekanol*	21.76	5.3446	0.27	-
HVI 160 S*	96.29	11.0035	1.42	-
Pelumas Bio ( <i>oleate ester</i> )**	6.39	2.28	0.0685	0.864
Pelumas sintetik DB-32**	9.03	2.70	0.1055	0.925

Sumber : \* = hasil penelitian Sukirno dkk (2006)

\*\* = Hasil penelitian Dormo dkk (2004)

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa produk hasil penelitian (Produk Ester) jika dibandingkan dengan produk hasil penelitian yang dilakukan oleh Sukirno dkk (2006) yang menggunakan 3 tahapan reaksi yaitu transesterifikasi epoksidasi dan pembukaan cincin guna mendapatkan pelumas dasar bio (EPOME Gliserol dan Heksadekanol), maka terlihat lebih encer. Namun perubahan perubahan viskositasnya terhadap temperatur (indek viskositas) kedua produk sintesa (tercetak tebal) ternyata lebih baik.

Sedangkan bila dibandingkan dengan produk ester hasil penelitian Dormo dkk (2004) maka terlihat viskositas Produk Ester dari penelitian ini tidak terlalu berbeda jauh. Dengan demikian mengacu pada hasil kesimpulan dari Dormo dkk (2004), maka Produk Ester hasil penelitian ini kemungkinan dapat digunakan pada kondisi tribologi dari peralatan yang berkecepatan tinggi dan rentang beban rendah seperti untuk pendingin pada proses pembuatan baja dan pelumasan rantai. Namun demikian masih diperlukan pengujian lebih lanjut untuk meyakinkan hal tersebut dengan melalui serangkaian pengujian tambahan yaitu diantaranya adalah nilai asam (*acid value*), *flash point*, *pour point* dan bilangan iodin.

Dari hasil analisis dengan GC-MS didapatkan hasil komponen-komponen yang terkandung didalam produk yang beraneka ragam. Sehingga untuk memudahkan penjelasan maka pada Tabel 3 berikut ini dikelompokkan persentase tiap senyawa hidrokarbon menurut panjang rantainya.

**Tabel 3.** Persentase Senyawa Hidrokarbon Pada Produk Berdasarkan Jenisnya

No	Jenis Hidrokarbon	Persentase (%)	
		Produk 1 T= 150 °C	Produk 1 T= 180 °C
1	Alkohol	14.95	34.6
2	Ester	78.73	60.4
3	Alkena	1.23	1.8
4	Asam Karboksilat	4.26	2.2
5	Alkana	0,22	0,2

Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa persentase produk ester adalah 78.73% untuk Produk 1 dan 60.4% untuk produk 2. Namun dari hasil GC-MS disimpulkan bahwa ester yang dihasilkan tidak seperti yang seharusnya terjadi pada reaksi esterifikasi asam oleat dengan oktanol yang akan menghasilkan ester oktil oleat. Namun ternyata pada Produk 1 ester yang dihasilkan adalah desil oleat dan pada Produk 2 adalah heksil oleat. Hal ini diperkuat dengan terdeteksi adanya komponen penyusun produk lainnya seperti alkena (olefin), asam karboksilat, alkana dan alkohol. Kemungkinan yang terjadi adalah munculnya reaksi samping, seperti dehidrasi alkohol (Fessenden, 1990). Dehidrasi alkohol ini dapat terjadi dengan adanya kehadiran katalis asam kuat dan pemanasan sehingga menghasilkan alkena pada temperatur tinggi (170 °C), eter pada temperatur sedang (140 °C) dan ester pada temperatur rendah. Alkena atau olefin ini dapat bergabung dengan gugus karbonil maupun berpolimerisasi.

Selain itu kemungkinan juga terjadi peristiwa perengkahan atau pemutusan ikatan hidrokarbon tidak jenuh dari asam karboksilat oleh katalis HPW/Z. Pemutusan pada ikatan hidrokarbon tak jenuh diawali oleh adanya serangan elektron oleh ikatan rangkap terhadap  $H^+$  atau asam Bronsted yang terdapat pada permukaan katalis. Akibat hal tersebut menyebabkan terbentuknya karbokation pada atom karbon ikatan rangkap yang kekurangan elektron, serangan tersebut juga mengakibatkan adanya ikatan antara hidrogen pada katalis dengan karbon ikatan rangkap.

Adanya ikatan pada asam Bronsted akan melemahkan ikatan antar karbon yang sebelumnya merupakan ikatan rangkap. Hal ini disebabkan karena adanya perpindahan pasangan elektron menuju atom karbon yang kekurangan elektron. Perpindahan pasangan elektron tersebut akan memutus ikatan antar karbon, dan akan membentuk senyawa alkena baru dengan rantai yang lebih pendek disertai dengan pembentukan karbokation baru.

Muatan positif pada karbokation baru akan menstabilkan diri dengan jalan perpindahan ion hidrida internal, sehingga memindahkan muatan positif menuju antara kedua atom karbon, oleh karena itu muatan positif akan lebih terstabilkan dengan adanya pemencaran elektron oleh kedua atom karbon. Karbokation tersebut akan menuju pada keadaan yang lebih stabil dengan melepaskan ion  $H^+$ , sehingga akan terbentuk senyawa alkena baru. Ion  $H^+$  yang telah terlepas dari hidrokarbon akan diikat kembali oleh katalis sebagai asam Bronsted yang membentuk keadaan awal karena pada dasarnya katalis tidak dikonsumsi dan fungsi katalis hanya sebagai pemercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi pada reaksi perengkahan.

#### 4. Kesimpulan

1. Hasil karakterisasi memperlihatkan bahwa HPW terdispersi dengan baik pada zeolit tanpa merubah struktur zeolit. Kemudian dari hasil uji reaksi memperlihatkan bahwa penggunaan katalis HPW20/Z memiliki pengaruh terbesar pada konversi asam oleat (80.73%).
2. Konversi asam oleat dipengaruhi oleh jumlah katalis dan rasio mol asam oleat/oktanol. Sedangkan besarnya putaran pengadukkan dan perubahan suhu reaksi tidak memberikan perubahan signifikan terhadap konversi asam oleat.
3. Produk ester yang didapat memiliki viskositas yang lebih encer dari penelitian sebelumnya di DTK-FTUI, sehingga dapat diaplikasikan pada kondisi tribologi yang berkecepatan tinggi dan rentang beban rendah seperti untuk pendingin dan pelumas pada mesin pembuatan logam dan rantai.
4. Kemungkinan terjadinya reaksi samping, dehidrasi alkohol dan perengkahan, menyebabkan produk ester yang dihasilkan memiliki ikatan yang lebih panjang (deksil oleat dan heksadesil oleat).

#### Ucapan terimakasih:

Kepada Universitas Indonesia atas pembiayaan penelitian ini melalui program Hibah Pasca UI 2008

#### Daftar Pustaka

- Arismunandar, W., (2006), "Pelumas dan Perkembangannya", dipresentasikan pada *The 1<sup>st</sup> Inonesia Fuel & Lubes Conference & Exhibition*
- Chimienti, M. E., Pizzio, L.R., Cáceres, C.V., dkk., (2001), "Tungsto-phosphoric and tungstosilicic acids on carbon as acidic catalysts", *Appl. Catal. A*, , 208, hal. 7-19
- Diani, F., (1996), "Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Berbasis Zeolit Klinoptilolit untuk Reaksi-reaksi Dekomposisi dan Eterifikasi Alkanol", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia.
- Dormo, N., Belafi-Bako, K., dkk., (2004),. "Manufacture of an Environmental-Safe Biolubricant from Fusel Oil by Enzymatic Esterification in Solvent-Free System", *Biochemical Engineering Journal*, 21.
- Fessenden, R.J., dan.Fessenden, J.S, (1990), "*Kimia Organik*", edisi kesatu, Penerbit Erlanga.
- Fumin, Z., Jun W., dkk, (2006), "Catalytic Performance of Heteropoly Compounds supported on dealuminated ultra-stable Y Zeolite for Liquid-phase Esterification", *Science in China: Series B Chemistry*, Vol 49 No.2, hal. 140-147,
- Gandhi, N.N., (1997), "Application of Lipase", *J.Am.Oil Chem.Soc.*, 74, 6, hal. 621 – 634.
- Juan, J.C., Zhang, J., Yarmo, M.A, (2007) "12-Tungstophosphoric acid supported on MCM-41 for esterification of fatty acid under solvent-free condition" *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 267, 265–271.



- Kozhevnikov, I. V., Kloetstra, K. R., Sinnema, A. dkk., (1996) "Study of catalysts comprising heteropoly acid  $H_3PW_{12}O_{40}$  supported on MCM-41 molecular sieve and amorphous silica", *J. Mol. Catal. A* , 114, hal. 287-298.
- Laudani, C.G., Habulin, M., dkk, (2007), "Immobilized lipase-mediated long-chain fatty acid esterification in dense carbon dioxide: bench-scale packed-bed reactor study", *J. of Supercritical Fluids*, 41, hal. 74–81.
- Liu, Y., Lotero, E., dan Goodwin, J. G. Jr, (2006) *J. Mol. Catal. A: Chem.*, 245, hal. 132–140
- Marme, F., Coudurier, G, Védrine, J.C., (1998) "Acid-type catalytic properties of heteropolyacid  $H_3PW_{12}O_{40}$  supported on various porous silica-based materials", *Micropor. Mesopor. Mater.*, 22, hal. 151-163.
- Misono, M., (1987), "Heterogeneous catalysis by heteropoly compounds of molybdenum and tungsten", *Catal. Rev. Sci. Eng.*, 29, hal. 269-321.
- Mukai, S.R., Masuda, T., Ogino, I., dkk., (1997), "Preparation of encaged heteropoly acid catalyst by synthesizing 12-molybdophosphoric acid in the supercages of Y-type zeolite", *Appl. Catal. A*, 165, hal. 219-226.
- Mizuno, N., Misono, M., (1998), "Heterogenous catalysis", *Chem. Rev.*, 98, hal 199-217.
- Nasikin, M., (1998), "Sintesis Etilen dari Etanol dengan Katalis H-Zeolit Alam", *Jurnal Teknologi*, No.3, XII, hal..296.
- Radzi, S.M, Basri, M., dkk, (2005), 'High performance enzymatic synthesis of oleyl oleate using immobilized lipase from *Candida antarctica*', *Journal of Biotechnology* Vol.8 No.3, Issue of December 15.
- Sreeparsanth, P.S., Srivastava, R., dkk, (2006) "Hydrophobic, Solid Acid Catalysts For Production Of Biofuel And Lubricants", *Applied Catalysis A: General*
- Srinivas, D., Rajendra, S., Ratnasamy, (2006), "An improved process for the preparation of lubricants by using double metal cyanid catalysts", *European Patent EP1733788* .
- Sukirno, dkk (2006) "Formulasi Pelumas berbasis Minyak Sawit Sawit", *Laporan penelitian RUSNAS Industri Hilir Kelapa Sawit*