



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMBUATAN PELUMAS BIO BERBASIS MINYAK  
KELAPA SAWIT MELALUI REAKSI PEMBUKAAN  
CINCIN EFAME (EPOXIDIZED FATTY ACID METHYL  
ESTHER) MENGGUNAKAN RESIN PENUKAR KATION  
AMBERLYST-15**

**TESIS**

**YASIR SULAEMAN KUWEIR  
0806423255**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JULI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMBUATAN PELUMAS BIO BERBASIS MINYAK KELAPA  
SAWIT MELALUI REAKSI PEMBUKAAN CINCIN EFAME  
(EPOXIDIZED FATTY ACID METHYL ESTHER)  
MENGUNAKAN RESIN PENUKAR KATION  
AMBERLYST-15**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Master Teknik**

**YASIR SULAEMAN KUWEIR  
0806423255**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
KEKHUSUSAN PERANCANGAN PRODUK DAN REAKSI  
KIMIA  
DEPOK  
JULI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Yasir Sulaeman Kuweir

NPM : 0806423255

Tanda Tangan : 


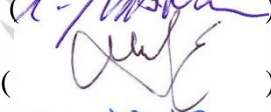
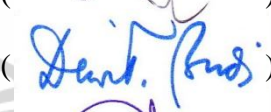

Tanggal : 06 Juli 2010

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Yasir Sulaeman Kuweir  
NPM : 0806423255  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Tesis : Pembuatan Pelumas Bio Berbasisi Minyak Kelapa Sawit Melalui Reaksi Pembukaan Cincin EFAME (Epoxidized Fatty Acid Methyl Esther) Menggunakan Resin Penukar Kation Amberlyst-15

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian prasyarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M. Eng (  )  
Pembimbing II : Ir. Sukirno, M.Eng (  )  
Penguji : Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD (  )  
Penguji : Dr. Ir. Slamet. MT. (  )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 06 Juli 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang memberikan semua kelancaran dan kemudahan dalam menjalankan tesis dan kuliah ini.
2. Almarhum babah tercinta, Sulaeman Ahmad Kuwer yang mendorong saya mengambil program magister, mengarahkan tujuan hidup, memberi dukungan moral yang sangat besar, selalu mendoakan, menyediakan dana, memperhatikan perkembangan selama perkuliahan dan proses tesis ini, “makasih ya bah, yasir sayang babah”.
3. Almarhum kakak tercinta, Hany Sulaeman Kuwer, yang mengajarkan satu hal yang paling penting, patuhi orang tua, “aing ge sayang ka nyaneh han”.
4. Mamah tercinta yang selalu menanyakan “gimana kuliahnya sir, lancar?”. Selalu mendoakan di setiap salat malamnya, membangunkan kalau kuliah pagi, membuatkan bekal yang selalu enak dan banyak.
5. Adik adik tercinta, sarif yang selalu menanyakan IPK, sami yang mensupport di saat sulit, dan sally yang banyak membantu menyelesaikan tugas-tugas perkuliahan, “hidup kuwer”.
6. Mamaikah tercinta yang membantu dukungan moral sepeninggal babah, menemani mamah dan keluarga tanpa pamrih, tidak mengeluh, sabar.”makasih ya mamaikah, *my second mother*”.
7. Prolesara prasodjo yang membantu megatasi masalah-masalah kimia organik dalam tesis dengan metode pengajarannya yang mendetail serta koreksi-koreksinya yang tajam, mengesalkan pada awalnya tapi memberi manfaat

tanpa disadari sesudahnya. Terima kasih juga buat wiwin pendamping pro yang suka mengajak makan bareng saat menyelesaikan tugas kuliah.

8. Pujianto yang memberi kemudahan biaya dalam analisa, memberi alternatif-alternatif dalam menyelesaikan tesis ini serta bersama-sama mengerjakan laporan tesis di MIPA sambil bermain internet.
9. Mas imam dan mba nina yang banyak memberi kebahagiaan, traktir nonton bioskop, traktir makan, jalan-jalan, diskusi di rumahnya, menemani saat menghadapi sidang tesis, semua itu sangat memberi masa yang indah semasa menjalani tesis dan perkuliahan ini;
10. Mas joddy (JAL) yang sangat memberi kemudahan dalam analisa NMR, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama, memudahkan mencari bahan di LIPPI;
11. Mba ani dan Novi yang sangat sering menemani makan bareng, tidak keberatan menunggu apabila pulang magrib sesudah ngerun;
12. Darmansyah yang memberikan suasana kompetisi dalam mengerjakan tesis ini, mba iin dan mas susalit yang membantu solusi tesis;
13. Sugiarti yang suka meminjamkan alat-alat nya, serta mas ari yang memberi dukungan moral.
14. Ir. Sukirno, M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran serta sabar untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
15. Prof M. Nasikin, M.Eng, selaku dosen pembimbing dan dengan pengajaran metlit yang sangat bermanfaat, shingga berkat beliau judul ini dapat terlaksana.
16. Rekan-rekan sejawat dalam penelitian ini, fikri dan ferry senantiasa menemani masa-masa lembur apabila menginap, menemani saat ngerun, yogi yang meminjamkan film-film korea dan jepang. Serta Karnanim dan Dewi yang menemani saat ngerun, sehingga berkat kalian ber 5, tidak pernah saya merasakan kesepian saat ngerun;
17. Mang Ijal yang sangat membantu dengan sabar tanpa mengeluh mengatasi masalah-masalah selama ngerun, Kang Jajat yang meminjamkan tabung

oksigen dengan gratis, dan Mas Eko sebagai teknisi laboratorium yang telah membantu saya secara teknis;

18. Mas Taufik perpus jurusan yang berbaik hati memudahkan dalam meminjamkan koleksi-koleksinya, mba Tiwi yang memudahkan pemakaian *vacuum furnace* serta meminjamkan alat-alat yang lain.
19. Begundal ITENAS Bandung, Made, Tunge, Asrof, Indri dan nama-nama lain (terlalu banyak) yang begitu banyak memberikan kesenangan di luar perkuliahan serta memberikan dukungan moral dalam menyelesaikan tesis ini.
20. Serta nama-nama lain yang tidak mungkin saya sebutkan semuanya, karena 10 lembar pun tidak akan cukup nantinya, hahaha.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 06 Juli 2010



Yasir Sulaeman Kuweir

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yasir Sulaeman Kuweir  
NPM : 0806423255  
Program Studi : Teknik Kimia  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non –exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Pembuatan Pelumas Bio Berbasis Minyak Kelapa Sawit Melalui Reaksi Pembukaan Cincin EFAME (Epoxidized Fatty Acid Methyl Esther) Menggunakan Resin Penukar Kation Amberlyst-15”

berserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 06 Juli 2010  
Yang menyatakan



(Yasir Sulaeman Kuweir)



## ABSTRAK

Nama : Yasir Sulaeman Kuweir  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : PEMBUATAN PELUMAS BIO BERBASIS MINYAK KELAPA SAWIT MELALUI REAKSI PEMBUKAAN CINCIN EFAME (EPOXIDIZED FATTY ACID METHYL ESTHER) MENGGUNAKAN RESIN PENUKAR KATION AMBERLYST-15

Minyak kelapa sawit berpotensi sebagai bahan baku pembuatan pelumas bio, selain *renewable* dan *biodegradable*, juga bersifat *non-toxic*, sehingga dapat digunakan sebagai pelumas bahan makan atau pelumas *food-grade*. Telah dilakukan pembuatan pelumas bio berbasis minyak kelapa sawit melalui 3 tahap yaitu trans-esterifikasi, epoksidasi dan reaksi pembukaan cincin dengan gliserol. Terdapat kendala pada reaksi pembukaan cincin, yaitu dalam pemilihan katalis. Katalis PTSA (*p*-Toluenesulfonic acid) mempunyai keasaman tinggi, tetapi sulit dipisahkan karena katalis homogen. Digunakan H-zeolit dan alumina yang merupakan katalis heterogen, tetapi *yield* yang didapat cukup rendah, karena memiliki luas permukaan yang kecil.

Pada penelitian ini dilakukan reaksi pembukaan cincin dengan gliserol menggunakan *amberlyst-15* yang merupakan katalis heterogen, memiliki keasaman yang tinggi dan luas permukaan yang cukup besar untuk memperbaiki kelemahan-kelemahan katalis-katalis sebelumnya. Reaksi yang dilakukan adalah 2% dan 2,5% berat penambahan *amberlyst-15* pada  $T=100^{\circ}\text{C}$  dengan variasi waktu 12, 16, 20, dan 24 jam. Keberhasilan reaksi dilihat dari uji densitas, viskositas, FTIR, dan gliserol yang tersisa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *amberlyst-15* mampu membuka cincin lebih baik dibandingkan PTSA, H-zeolit dan alumina (dilihat dari besarnya densitas dan viskositas), dan mampu menghasilkan *yield* sebesar 94,88% (dilihat dari sisa gliserol yang tidak bereaksi). Dari uji yang dilakukan, spektrum FTIR memperlihatkan bahwa gugus gliserol teradisi ke dalam produk. Penambahan *amberlyst-15* sebanyak 2% lebih efektif dibandingkan 2,5%.

Kata kunci : Pelumas bio, Pembukaan cincin, *Amberlyst-15*, *yield*.

## ABSTRACT

Name : Yasir Sulaeman Kuweir  
Program Study: Chemical Engineering  
Title : SYNTHESIS OF PALM OIL BASED BIOLUBRICANT THROUGH RING OPENING REACTION OF EFAME (EPOXIDIZED FATTY ACID METHYL ESTHER) USING CATION EXCHANGED RESIN AMBERLYST-15

*Palm oil has high potential as raw material for biolubricant product, beside of its tendency to be renewable, biodegradable, and non-toxic as well so it can be used as a lubricant for food ingredients or food-grade lubricants. Up until now, the making of lubricating oil based Palm oil can be done through three phases, such as trans-esterification, epoxidation and ring opening reaction with glycerol. However, there are constraints on the ring opening reaction, mostly in the selection of the catalyst. PTSA catalyst (p-Toluenesulfonic acid) has high acidity, but it is difficult to separate because of its characteristic as homogeneous catalyst. H-zeolite and alumina are heterogeneous catalyst, but the yield obtained is low enough, because it has smaller surface area.*

*This research use ring opening reaction with glycerol phase by using amberlyst-15 as catalyst. Amberlyst-15 is a heterogeneous catalyst, has high acidity and surface area that large enough to fix the weaknesses of other catalysts. The reaction was performed with 2%w and 2.5%<sup>w</sup> amberlyst -15 additions at T = 100<sup>o</sup>C with varying time 12, 16, 20, and 24 hours. The success of the reaction can be seen from the density and viscosity test, FTIR, and the remaining glycerol.*

*The results showed that amberlyst-15 capable to open the ring better than the PTSA, H-zeolite and alumina (as seen from the high density and viscosity number), and capable to produce yield of 94.88% (as seen from the remaining glycerol wich didn't react). FTIR spectra showed that the product has adsorb glycerol clusters. The result also showed that Amberlyst-15 additions as much as 2% is more effective than 2.5%.*

**Keywords:** *Biolubricants, Ring Opening, Amberlyst-15, Yield.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Pelumas Bio .....	8
2.1.1 Pelumas <i>Food Grade</i> .....	9
2.1.2 Modifikasi Minyak Nabati menjadi Pelumas Bio .....	11
2.2 Transformasi Minyak Sawit menjadi Pelumas Bio melalui Transesterifikasi, Epoksidasi, dan Reaksi Pembukaan Cincin .....	14
2.2.1 Reaksi Pembukaan Cincin Katalis Homogen.....	19
2.2.2 Reaksi Pembukaan Cincin Katalis Heterogen.....	20
2.3 Reaksi Pembukaan Cincin dengan Amberlyst-15.....	23
2.3.1 Prinsip Dasar Pertukaran Ion Amberlyst-15.....	25
2.3.2 Sifat-Sifat Penukar Ion Amberlyst-15 .....	26
2.4 Kerusakan Pelumas Bio .....	27
2.4.1 Mekanisme kerusakan Pelumas Bio .....	28
2.4.2 Analisa Kerusakan Pelumas Bio.....	31
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	32
3.2 Sintesa Produk : Reaksi Pembukaan Cincin dengan Amberlyst-15 .....	32
3.2.1 Alat dan Bahan .....	32
3.2.2 Diagram alir reaksi pembukaan cincin .....	33
3.3 Karakterisasi dan Uji Produk .....	34
<b>4. PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1 Uji Densitas.....	38
4.2 Uji Viskositas.....	39
4.3 Uji FTIR .....	41
4.4 Uji Mikroksidasi.....	44
4.5 Uji <i>Four Ball Wear</i> .....	47
4.6 Uji <i>Pour Point</i> .....	48
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Raw material <i>biolubricant</i> atau pelumas bio .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Struktur molekul trigliserida dan kelemahannya .....	11
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Oksirana (Etilena Oksida) .....	16
<b>Gambar 2.4</b> Contoh-contoh resin penukar ion .....	23
<b>Gambar 2.5</b> Struktur butiran amberlyst-15 .....	24
<b>Gambar 2.6</b> Struktur molekul trigliserida .....	28
<b>Gambar 2.7</b> Mekanisme oksidasi .....	30
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	32
<b>Gambar 3.2</b> Perangkat Alat Penelitan .....	33
<b>Gambar 3.3</b> Diagram alir reaksi pembukaan cincin .....	33
<b>Gambar 4.1</b> Hasil reaksi pembukaan cincin $T=100^{\circ}\text{C}$ 2% w <i>amberlyst-15</i> pada $t=12, 16, 20$ dan $24$ jam .....	37
<b>Gambar 4.2</b> Hasil reaksi pembukaan cincin $T=100^{\circ}\text{C}$ 2,5% w <i>amberlyst-15</i> pada $t=12, 16, 20$ dan $24$ jam .....	37
<b>Gambar 4.3</b> Nilai densitas produk terhadap waktu reaksi pembukaan cincin	38
<b>Gambar 4.4</b> Grafik viskositas produk pada $T=40^{\circ}\text{C}$ terhadap waktu reaksi pembukaan cincin .....	39
<b>Gambar 4.5</b> Grafik viskositas produk pada $T=100^{\circ}\text{C}$ terhadap waktu reaksi pembukaan cincin .....	40
<b>Gambar 4.6</b> Grafik perubahan viskositas produk terhadap suhu selama waktu reaksi pembukaan cincin .....	40
<b>Gambar 4.7</b> Spektrum FTIR EFAME .....	42
<b>Gambar 4.8</b> Spektrum FTIR reaksi pembukaan cincin 2% <sup>w</sup> <i>amberlyst-15</i> pada $T=100^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. ....	42
<b>Gambar 4.9</b> Spektrum FTIR reaksi pembukaan cincin 2,5% <sup>w</sup> <i>amberlyst-15</i> pada $T=100^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam .....	43
<b>Gambar 4.10</b> Uji mikrooksidasi produk reaksi pembukaan cincin .....	45
<b>Gambar 4.11</b> Perbandingan uji mikrooksidasi produk pembukaan cincin..	46
<b>Gambar 4.12</b> Perbandingan besarnya keausan yang terjadi .....	47

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi amberlyst-15 moisture 1,5%.....	24
<b>Tabel 3.1</b> Kondisi reaksi penelitian.....	34
<b>Tabel 4.1</b> Kondisi reaksi penelitian.....	36
<b>Tabel 4.2</b> % <i>yield</i> yang didapat.....	36
<b>Tabel 4.3</b> <i>Pour Point</i> .....	48

