



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMASI PENAMBAHAN 1-OKTANOL DALAM  
PEMBUATAN MINYAK LUMAS DASAR DARI MINYAK  
NABATI SERTA UJI KOMPATIBILITASNYA DENGAN  
BEBERAPA *BASE OIL***

**SKRIPSI**

**FERI HARDI UTAMI  
0606069022**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI S1 REGULER KIMIA  
DEPOK  
JANUARI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI PENAMBAHAN 1-OKTANOL DALAM  
PEMBUATAN MINYAK LUMAS DASAR DARI MINYAK  
NABATI SERTA UJI KOMPATIBILITASNYA DENGAN  
BEBERAPA *BASE OIL***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains**

**FERI HARDI UTAMI  
0606069022**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI S1 REGULER KIMIA  
DEPOK  
JANUARI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Feri Hardi Utami

NPM : 0606069022

Tanda Tangan : ...

Tanggal : ...

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Feri Hardi Utami  
NPM : 0606069022  
Program Studi : S1 Reguler Kimia  
Judul Skripsi : Optimasi Penambahan 1-oktanol dalam Pembuatan Minyak Lumas Dasar dari Minyak Nabati serta Uji Kompatibilitasnya dengan Beberapa *Base Oil*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Rona Malam Karina, MT ( ..... )  
Pembimbing II : Drs. Riswiyanto, M.Si ( ..... )  
Penguji : Dr. Emil Budianto ( ..... )  
Penguji : Dr. Ivandini Tribidasari A ( ..... )  
Penguji : Drs. Sunardi, M.Si ( ..... )

Ditetapkan di : .....  
Tanggal : .....

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kasih, karena atas berkat kasih-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Ridha Mulyana, M.Sc, selaku kepala pusat PPPTMGB “LEMIGAS”.
2. Drs. Mardono, MM, selaku koordinator kelompok program riset teknologi aplikasi produk.
3. Ir. Rona Malam Karina, MT, selaku Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada penulis selama penelitian.
4. Drs. Riswiyanto, M.Si, selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan pengarahan kepada penulis selama penelitian.
5. Para analis dan laboran Laboratorium Aplikasi LEMIGAS ; Mbak Catur, Pak Jo, Mas Supri, dan Mbak Erlin, serta semua staff bidang Aplikasi LEMIGAS.
6. Bapak Dr. Ridla Bakri, selaku Ketua Departemen Kimia FMIPA UI.
7. Bapak Drs. Ismunaryo M.Phil, selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberikan nasehat selama penulis menempuh pendidikan.
8. Kedua orang tua dan kakak-kakak yang telah banyak memberikan dorongan moril maupun materil serta doa yang tiada henti untuk keberhasilan penulis.
9. Teman senasib dan seperjuangan selama penelitian di PPPTMGB Lemigas, Ni Putu Karunia W. Perjuangan kita yang panjang dan penuh tantangan ini tak akan terlupakan selamanya.
10. Teman-teman selama kuliah, Nissia, Annisa, Faiza, Ayu, Tantri, Kartika, Narita, Nadya, dan Novi, terimakasih atas “godaan-godaan” yang kalian

berikan selama penelitian serta pengalaman yang sangat berharga selama ini.

11. Teman-teman penelitian di lantai 4, Nadiroh, Diana, Sophe, Nining, Arief, dan Yudha.
12. Seluruh teman-teman Kimia 2006.
13. Seluruh staf pengajar, karyawan, dan laboran Departemen Kimia UI.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masihlah jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

**Penulis**

2011

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

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

Nama : Feri Hardi Utami  
NPM : 0606069022  
Program Studi : S1 Reguler  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

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

**Optimasi Penambahan 1-oktanol dalam Pembuatan Minyak Lumas Dasar dari Minyak Nabati serta Uji Kompatibilitasnya dengan Beberapa *Base Oil***

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 : .....

Yang menyatakan

( Feri Hardi Utami)

## ABSTRAK

Nama : Feri Hardi Utami

Program Studi : Kimia

Judul : Optimasi Penambahan 1-oktanol dalam Pembuatan Minyak Lumas Dasar dari Minyak Nabati serta Uji Kompatibilitasnya dengan Beberapa *Base Oil*

*Castor Oil*, yang komposisi terbesarnya asam risinoleat, dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan minyak lumas dasar. *Castor Oil* yang akan digunakan sebagai biofuel maupun sebagai pelumas harus diproses terlebih dahulu, terutama proses pemurnian. Pada penelitian ini dilakukan optimasi penambahan 1-oktanol dalam pembuatan minyak lumas dasar. Reaksi modifikasi tiga tahap pada *Castor Oil* dilakukan untuk memperbaiki karakteristik fisika-kimia, sehingga dapat dijadikan minyak lumas dasar berkualitas. Reaksi tersebut meliputi reaksi transesterifikasi, epoksidasi, dan pembukaan cincin epoksida menjadi OctMCO. Pembukaan cincin epoksida menggunakan 1-oktanol menggunakan katalis PTSA dan dilakukan variasi volume 1-oktanol (65, 95, 125 mL), suhu reaksi (60°C, 80°C, dan 100°C), dan waktu reaksi (6, 8, 10 jam). Dari hasil penelitian didapat komposisi optimum yaitu 95 mL 1-oktanol pada suhu 100°C selama 10 jam. OctMCO yang diperoleh memiliki keunggulan pada nilai titik tuang yang rendah. Hasil produk optimum dilakukan pencampuran dengan HVI 160 dan Yubase. Kompatibilitas OctMCO dengan HVI lebih baik dibandingkan dengan Yubase, hal itu terlihat dari banyaknya OctMCO yang tercampur dengan HVI. OctMCO yang bercampur dengan HVI 160 sebanyak 94,5% sedangkan dengan Yubase sebanyak 74,02%. Produk campuran dikarakteristik dan dihasilkan kenaikan indeks viskositas pada HVI dan Yubase.

Kata Kunci : asam risinoleat, *Castor oil*, COME, ECOME, minyak lumas dasar, OctMCO, uji kompatibilitas, 1-oktanol.

xiii + 80 halaman : 36 gambar; 5 tabel

Daftar Pustaka : 1986-2010

## ABSTRACT

Name : Feri Hardi Utami  
Program Study : Chemistry  
Title : Optimization of the Addition of 1-octanol in the  
Manufacture of Lubricating Base Oil from Vegetable Oil  
and Its Compatibility with Some Base Oil

Castor Oil which is contain of ricinoleic acid at large compotition, utilized to produce base oil. Castor Oil to be used as a biofuel or as a lubricant must be processed first, especially the purification process. In this research, conducted optimization of the addition of 1-octanol in the manufacture of lubricating base oil. Castor oil is modified by three-step reactions to improve the physico-chemical characteristics with the good quality base lubricating. These steps include transesterification, epoxidation, and epoxy opening reaction to OctMCO. Epoxy opening reaction using alcohol compound and PTSA catalyst with variation volume of 1-octanol (65, 95, 125 mL), tempetature (60°C, 80°C, dan 100°C), and time of reaction (6, 8, 10 hours). From the research results obtained optimum conditions is 95 mL of 1-octanol at 100°C in 10 hours. OctMCO obtained has the specal quality of low pour point. The results optimum product performed mixing with HVI 160 and Yubase. Compatibility OctMCO with HVI better than it looks from the many OctMCO mixed with HVI. OctMCO mixed with HVI 160 is 94,5%; whereas mixed with Yubase is 74,02%. Blended products are characterized and show an increase in viscosity index of HVI 160 and Yubase.

Key Word : base oil, Castor Oil. COME, compatibility, ECOME,  
OctMCO, ricinoleic acid, 1-octanol.  
xiii + 80 pages : 36 pictures; 5 tables  
References : 1986-2010

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian .....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Pelumas.....	4
2.1.1 Fungsi Pelumas .....	6
2.1.2 Karakteristik Fisiko-Kimia Pelumas .....	7
2.1.3 Minyak Lumas Dasar .....	11
2.1.3.1 Minyak Mineral .....	11
2.1.3.1 Minyak Nabati .....	13
2.2 Tanaman Jarak.....	15
2.2.1 Karakteristik Minyak Jarak Kepyar .....	17
2.2.2 Minyak Jarak Sebagai Minyak Lumas Dasar.....	20
2.2.3 Reaksi Modifikasi Tiga Tahap Pada Minyak Jarak .....	22
2.2.3.1 Transesterifikasi.....	22
2.2.3.2 Epoksidasi.....	23
2.2.3.3 Pembukaan Cincin Epoksida .....	23
2.3 Senyawa 1-Oktanol .....	24
2.4 Spektroskopi Inframerah .....	25
2.5 HPLC.....	29
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	31
3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	31
3.2.1 Bahan Penelitian.....	31
3.2.2 Alat Penelitian .....	32
3.3 Cara Kerja.....	33

3.3.1 Reaksi Modifikasi Tiga tahap .....	33
3.3.1.1 Tahap I: Transesterifikasi .....	33
3.3.1.2 Tahap II: Epoksidasi .....	35
3.3.1.3 Tahap III: Reaksi Pembukaan Cincin Epoksida .....	36
3.3.2 Uji Karakteristik Fisiko-Kimia.....	37
3.3.2.1 Densitas.....	37
3.3.2.2 Viskositas Kinematik dan Indeks Viskositas.....	38
3.3.2.3 Titik Tuang .....	39
3.3.2.4 Titik Nyala .....	39
3.3.2.5 Bilangan Asam.....	40
3.3.2.6 Bilangan Iod.....	40
3.3.3 Uji Kompatibilitas Antara OctMCO Dengan Beberapa <i>Base Oil</i> .....	41
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
4.1 Hasil.....	43
4.2 Pembahasan .....	45
4.2.1 Tahap I: Reaksi Transesterifikasi .....	45
4.2.2 Tahap II: Reaksi Epoksida.....	48
4.2.3 Tahap III: Pembukaan Cincin Epoksida .....	51
4.2.4 Kromatogram HPLC Reaksi Modifikasi Tiga Tahap.....	56
4.2.5 Spektrum IR Reaksi Modifikasi Tiga Tahap.....	58
4.3 Uji Karakteristik Fisika-Kimia .....	60
4.3.1 Densitas .....	60
4.3.2 Viskositas Kinematik dan Indeks Viskositas.....	61
4.3.3 Titik tuang.....	63
4.3.4 Titik Nyala .....	65
4.3.5 Bilangan Asam .....	65
4.3.1 Bilangan Iodin .....	66
4.4 Uji Kompatibilitas Produk Modifikasi dengan Beberapa <i>Base Oil</i> .....	67
<b>5. PENUTUP.....</b>	<b>70</b>
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Tanaman Jarak Kepyar.....	16
<b>Gambar 2.2</b>	Buah Jarak Kepyar.....	17
<b>Gambar 2.3</b>	Biji Jarak Kepyar.....	17
<b>Gambar 2.4</b>	Minyak Jarak Kepyar .....	18
<b>Gambar 2.5</b>	Rumus Struktur Triglicerida dari <i>Castor Oil</i> .....	19
<b>Gambar 2.6</b>	Rumus Struktur Asam <i>Ricinoleat</i> .....	19
<b>Gambar 2.7</b>	Reaksi Transesterifikasi pada Triglicerida.....	22
<b>Gambar 2.8</b>	Reaksi pembukaan cincin epoksida pada kondisi asam dan basa.....	24
<b>Gambar 2.9</b>	Struktur molekul 1-oktanol.....	24
<b>Gambar 2.10</b>	Regangan Simetri dan Asimetri.....	26
<b>Gambar 2.11</b>	Vibrasi goyangan, guntinga, kibasan, pelintiran.....	31
<b>Gambar 4.1</b>	Reaksi Saponifikasi.....	46
<b>Gambar 4.2</b>	Reaksi Transesterifikasi .....	47
<b>Gambar 4.3</b>	Perubahan struktur triglicerida <i>Castor Oil</i> menjadi COME .....	48
<b>Gambar 4.4</b>	Perubahan struktur Come menjadi ECOME.....	50
<b>Gambar 4.4</b>	Perubahan struktur Come menjadi ECOME.....	50
<b>Gambar 4.5</b>	Struktur dari PTSA.....	52
<b>Gambar 4.6</b>	Pembukaan cincin epoksida melalui tahap protonasi oksigen.....	54
<b>Gambar 4.7</b>	Struktur <i>Octanol Modified Castor Oil</i> (Oct MCO).....	54
<b>Gambar 4.8</b>	Kromatogram HPLC ECOME.....	56
<b>Gambar 4.9</b>	Kromatogram HPLC ECOME + 1-oktanol 65 ml.....	56
<b>Gambar 4.10</b>	Kromatogram HPLC ECOME + 1-oktanol 95 ml.....	57
<b>Gambar 4.11</b>	Kromatogram HPLC ECOME + 1-oktanol 125 ml.....	57
<b>Gambar 4.12</b>	Spektrum IR <i>Castor Oil</i> .....	58
<b>Gambar 4.13</b>	Spektrum IR COME.....	59
<b>Gambar 4.14</b>	Spektrum IR ECOME.....	59
<b>Gambar 4.15</b>	Spektrum IR ECOME + 95 mL 1oktanol.....	60
<b>Gambar 4.16</b>	Perubahan viskositas pada tiap tahapan reaksi.....	61
<b>Gambar 4.17</b>	Perubahan nilai indeks viskositas pada tiap tahapan.....	62
<b>Gambar 4.18</b>	Grafik perubahan VI OctMCO dengan variasi suhu dan waktu.....	63
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik perubahan titik tuang pada tiap tahapan.....	64
<b>Gambar 4.20</b>	Grafik perubahan titik nyala pada tiap tahapan.....	65
<b>Gambar 4.21</b>	Grafik perubahan TAN pada tiap tahapan.....	66
<b>Gambar 4.22</b>	Grafik perubahan bilangan iod pada tiap tahapan.....	67
<b>Gambar 4.23</b>	Grafik perubahan VI pada blending.....	69
<b>Gambar 4.24</b>	Grafik perubahan titik nyala pada blending.....	69
<b>Gambar 4.25</b>	Grafik perubahan titik tuang pada tiap blending.....	69

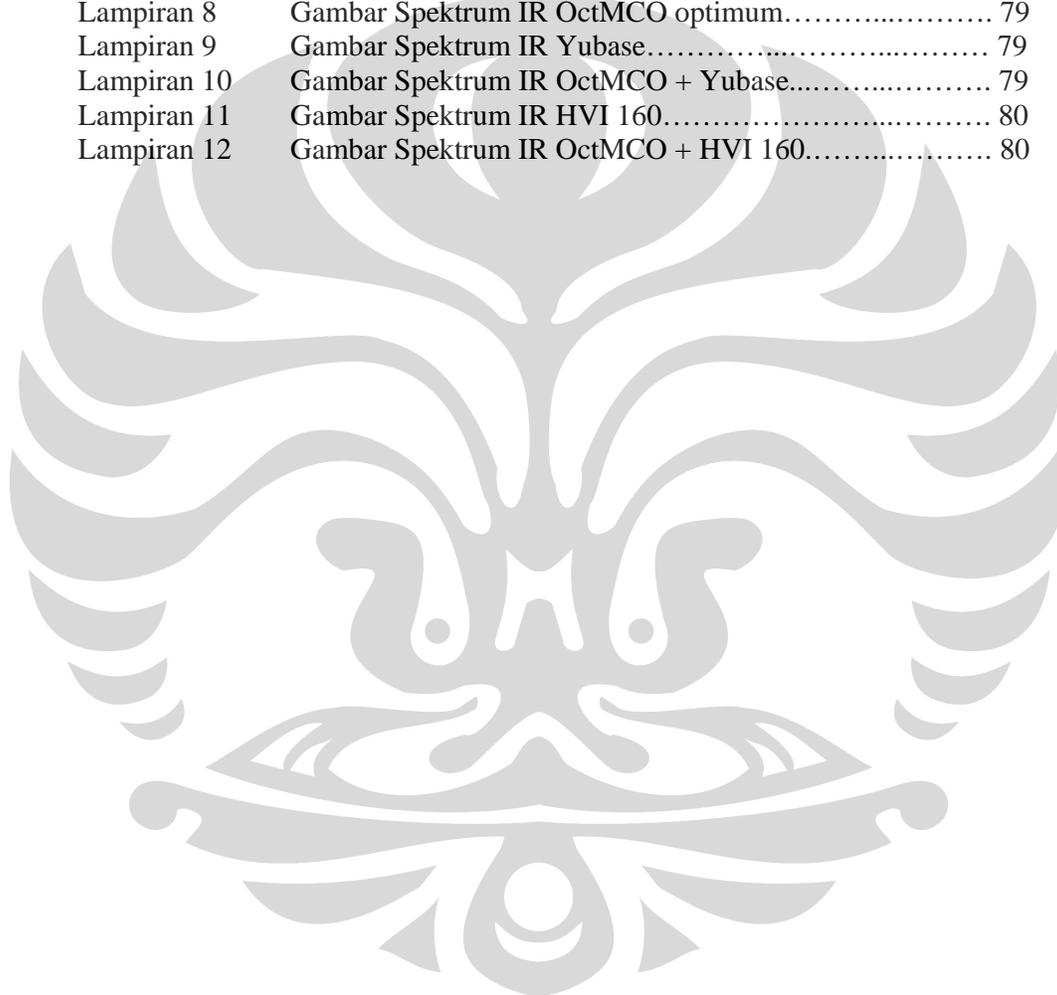
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Kandungan bahan dalam biji jarak kepyar.....	16
<b>Tabel 2.2</b>	Korelasi gugus fungsi dalam spektra inframerah.....	28
<b>Tabel 4.1</b>	Sifat fisiko-kimia hasil reaksi Tahap I dan II .....	43
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Uji Viskositas OctMCO.....	43
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil uji karakteristik fisika-kimia HVI 160, Yubase, OctMCO, dan hasil blending .....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema prosedur kerja untuk setiap tahapan reaksi.....	73
Lampiran 2	Hasil perhitungan reaksi .....	75
Lampiran 3	Gambar <i>Castor Oil</i> , COME, ECOME .....	77
Lampiran 4	Gambar OctMCO variasi volume.....	77
Lampiran 5	Gambar OctMCO variasi waktu pada suhu 60°C.....	77
Lampiran 6	Gambar OctMCO variasi waktu pada suhu 80°C.....	78
Lampiran 7	Gambar OctMCO variasi waktu pada suhu 100°C.....	78
Lampiran 8	Gambar Spektrum IR OctMCO optimum.....	79
Lampiran 9	Gambar Spektrum IR Yubase.....	79
Lampiran 10	Gambar Spektrum IR OctMCO + Yubase.....	79
Lampiran 11	Gambar Spektrum IR HVI 160.....	80
Lampiran 12	Gambar Spektrum IR OctMCO + HVI 160.....	80



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketersediaan sumber daya alam mineral seperti minyak bumi dan batu bara terus berkurang. Seiring perubahan kondisi alam yang semakin menguatirkan, kesadaran untuk menggantikan energi tak terbarukan tersebut juga tumbuh semakin besar. Salah satu nilai tambah dari hasil minyak bumi yang dibutuhkan industri adalah pelumas. Beberapa dekade belakangan ini, penggunaan minyak bumi sebagai bahan dasar pelumas telah dikurangi dengan menggunakan bermacam-macam bahan alternatif pengganti. Pelumas berbahan baku nabati merupakan prospek yang kompetitif karena merupakan bahan baku yang ramah lingkungan serta dapat diperbaharui.

Tanaman *Ricinus communis* L. atau yang lebih dikenal dengan nama Jarak Kepyar merupakan salah satu jenis tanaman yang dimanfaatkan dalam bentuk minyak nabatinya. Secara historis telah diketahui bahwa tanaman Jarak Kepyar ini telah banyak digunakan sebagai minyak lumas pada berbagai mesin kendaraan tempur pada masa pendudukan Jepang di Indonesia. Dengan daya lumasnya yang tinggi serta karakteristik minyaknya yang tidak menempel pada dinding mesin membuat minyak dari tanaman Jarak Kepyar ini banyak diteliti lebih lanjut untuk digunakan sebagai pelumas pada mesin otomotif modern dengan daya kerja yang tinggi.

Selain tidak menimbulkan kerak pada mesin, minyak Jarak Kepyar atau yang dikenal juga dengan nama *Castor Oil* ini juga memiliki karakteristik unik yang tidak dimiliki oleh minyak nabati lainnya. Karakteristik tersebut, yaitu kandungan trigliseridanya yang sangat didominasi dengan asam *ricinoleat*. Asam *ricinoleat* ini hanya memiliki satu ikatan rangkap yang membuatnya memiliki nilai oksidasi yang rendah dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Oleh karena sifat yang sangat unik inilah, maka penelitian ini dilakukan dengan reaksi

kimia tiga tahap terhadap trigliserida dari *Castor Oil*. Reaksi kimia tiga tahapan tersebut, yaitu transesterifikasi, epoksidasi, serta reaksi pembukaan cincin dengan menggunakan senyawa alkohol. Senyawa alkohol yang digunakan adalah 1-oktanol.

Selain itu dilakukan juga pencampuran antara produk hasil modifikasi dengan beberapa *base oil*, karena adanya kesamaan komposisi hidrokarbon yang dimiliki keduanya. Dengan demikian dapat dilihat perbedaan kompatibilitas produk hasil modifikasi dengan beberapa *base oil*.

Pada penelitian sebelumnya, gliserol dan senyawa diol digunakan dalam reaksi pembukaan cincin epoksida. Dari tahapan ini, dapat diperoleh minyak lumas dengan viskositas dan sifat-sifat yang baik, tetapi memiliki kompatibilitas yang rendah saat dicampurkan dengan minyak mineral (Hernawati, B.D, 2009; Atmanegara, A, 2010; Arizona, T.A, 2010). Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan dicoba menggunakan senyawa alkohol rantai panjang untuk digunakan dalam reaksi pembukaan cincin epoksida, yaitu 1-oktanol. Diharapkan dari reaksi dengan senyawa alkohol ini akan menghasilkan produk yang lebih nonpolar, karena berkurangnya gugus hidroksi (OH) dan bertambahnya rantai alkil, sehingga produk hasil reaksi lebih kompatibel dengan minyak mineral.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dengan melakukan variasi komposisi senyawa alkohol (1-oktanol) serta variasi komposisi pencampuran ECOME alkohol dengan beberapa *base oil*, akan dipelajari:

1. Bagaimanakah karakteristik produk pada masing-masing tahap Reaksi Modifikasi Tiga Tahap ?
2. Bagaimanakah kondisi optimum pada reaksi pembukaan cincin epoksida ECOME (*Epoxidized Castor Oil Methyl Ester*) menggunakan 1-oktanol?
3. Bagaimanakah kompatibilitas dari hasil modifikasi *Castor Oil* ini dengan beberapa *base oil*, seperti HVI 160 *mineral oil* dan Yubase *synthetic oil*?
4. Bagaimanakah karakteristik fisika-kimia dari *Octanol Modified Castor Oil* (OcMCO) maupun dari proses pencampuran dengan beberapa *base oil*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui karakteristik produk pada masing-masing tahap Reaksi Modifikasi Tiga Tahap.
2. Mempelajari kondisi optimum pada reaksi pembukaan cincin epoksida ECOME (*Epoxidized Castor Oil Methyl Ester*) menggunakan 1-oktanol.
3. Mempelajari kompatibilitas dari hasil modifikasi *Castor Oil* ini dengan beberapa *base oil*, seperti HVI 160 *mineral oil* dan Yubase *synthetic oil*.
4. Mengetahui sifat fisika-kimia dari maupun dari proses pencampuran dengan beberapa *base oil*.

### 1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah:

1. Pencampuran *Octanol Modified Castor Oil* dengan beberapa *base oil* akan memperbaiki karakteristik *base oil*.
2. Kompatibilitas *Octanol Modified Castor Oil* dengan Yubase akan lebih baik dibandingkan dengan HVI 160.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pelumas**

Bahan pelumas adalah bahan-bahan yang digunakan dalam proses pelumasan terutama pada elemen mesin yang bergerak. Dalam kehidupan sehari-hari bahan pelumas yang banyak dijumpai adalah oli jenis minyak pelumas. Bahan pelumas terutama minyak pelumas oli diperoleh dari penambangan minyak mineral. Adanya pelumas tersebut akan sangat membantu dalam proses kerja pemesinan, misalnya pelumas motor bensin, pelumas motor diesel, pelumas dalam pesawat terbang dan berbagai macam pelumas sebagai campuran bahan bakar dalam motor. (Suprpto, 2004)

Pelumas adalah suatu zat kimia yang diberikan di antara dua benda bergerak yang saling bersinggungan dengan tujuan untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi antara keduanya. Menurut Djauhar (2003), pelumas dibuat dari minyak dasar (*base oil*) ditambah aditif dengan perbandingan tertentu, sesuai spesifikasi yang diinginkan. Bahan aditif yang ditambahkan bukan berasal dari minyak bumi melainkan bahan kimia yang dapat berfungsi untuk meningkatkan kualitas. Diharapkan pelumas yang dihasilkan dapat melayani pelumasan pada mesin atau peralatan sesuai dengan spesifikasi.

Untuk mendapatkan kinerja mesin yang optimal, penting untuk memilih oli yang berkualitas dan sesuai karakter mesin. Salah satu komponen yang terpenting dari kinerja sebuah mesin adalah minyak pelumas atau oli. Minyak pelumas berfungsi mengurangi terjadinya gesekan-gesekan antar komponen yang dapat mengakibatkan kerusakan pada mesin. Selain itu, minyak pelumas sekaligus berfungsi sebagai pelicin jalan bagi komponen-komponen tersebut.

Pelumas ideal pada umumnya mempunyai kriteria sebagai berikut, yaitu memiliki kekentalan yang sesuai baik dalam kondisi pada suhu tinggi maupun

suhu rendah, membentuk suatu lapisan pelumasan yang kuat, memiliki titik tuang yang rendah, mempunyai daya untuk melicinkan, tingkat korosinya rendah, memiliki kemampuan membersihkan dan mendispersikan dengan baik, tidak beracun, tidak mudah terbakar, serta bersifat ramah lingkungan.

Berdasarkan wujudnya, minyak pelumas dapat digolongkan menjadi dua bentuk, yaitu cair (liquid) atau biasa disebut oli, dan setengah padat (semi solid) atau biasa disebut gemuk.

Minyak pelumas cair (oli) dapat digolongkan berdasarkan beberapa hal, yaitu:

1. Berdasarkan bahan pelumas itu dibuat
  - a. Pelumas mineral (pelikan) yang berasal dari minyak bumi. Mineral yang terbaik digunakan untuk pelumas mesin-mesin diesel otomotif, kapal, dan industri.
  - b. Pelumas organik, yaitu yang terbuat dari bahan lemak binatang atau tumbuh-tumbuhan. Sifat penting yang dipunyai pelumas organik ini ialah bebas sulfur atau belerang, tetapi tidak tahan suhu tinggi, sehingga untuk mendapatkan sifat gabungan yang baik biasanya sering dicampur dengan bahan pelumas yang berasal dari bahan minyak mineral, biasa disebut juga *compound oil*.
  - c. Pelumas sintetik, yaitu pelumas yang bukan berasal dari organik ataupun mineral. Minyak pelumas ini berasal dari suatu bahan yang dihasilkan dari pengolahan tersendiri. Pada umumnya pelumas sintetik mempunyai sifat-sifat khusus, seperti daya tahan terhadap suhu tinggi yang lebih baik daripada pelumas mineral atau nabati, daya tahan terhadap asam, dll
2. Berdasarkan *viscosity* atau kekentalan minyak pelumas yang dinyatakan dalam nomor-nomor SAE (*Society of Automotive Engineer*). Angka SAE yang lebih besar menunjukkan minyak pelumas yang lebih kental.
  - a. Oli monograde, yaitu oli yang indeks kekentalannya dinyatakan hanya satu angka.

- b. Oli multigrade, yaitu oli yang indeks kekentalannya dinyatakan dalam lebih dari satu angka.
3. Berdasarkan penggunaan minyak pelumas (diatur oleh *The American Petroleum Institutes Engine Service Classification*)
  - a. Penggunaan minyak pelumas untuk mesin bensin.
  - b. Penggunaan minyak pelumas untuk mesin diesel.

### 2.1.1 Fungsi Pelumas

Fungsi-fungsi dasar pelumas tentu saja adalah mengurangi gesekan dan mencegah *wear*. Dalam realitanya, pelumas harus juga dapat memenuhi faktor lainnya yang juga vital dalam pengoperasian peralatan.

Menurut Anton (1998), pelumas secara umum memiliki fungsi dasar sebagai berikut:

- a. Mengurangi gesekan  
Pelumas dapat mengurangi koefisien gesekan dengan cara membentuk lapisan di antara dua permukaan logam yang bergerak dan saling bergesekan.
- b. Menurunkan suhu  
Pelumas membantu menyerap panas pada daerah suhu tinggi dan memindahkannya ke bagian lain yang suhunya lebih rendah.
- c. Mengendalikan korosi  
Pelumas dapat mengendalikan korosi dengan cara membentuk lapisan pelindung untuk menetralkan bahan yang korosif dan membasahi permukaan logam.
- d. Mencegah keausan  
Pelumas memegang peranan penting untuk mengatasi tiga hal penyebab keausan, yaitu abrasi, korosi, dan kontak antara dua permukaan logam. Keausan abrasi oleh partikel padat data dihilangkan dengan dialirkan dalam filter atau didispersikan oleh kandungan aditif deterjen. Sedangkan bahan yang menimbulkan korosi dihilangkan dengan antioksidan atau anti

korosi. Untuk menghindari kerusakan akibat kontak antara logam, maka di dalam pelumas perlu ditambah aditif yang disebut sebagai aditif tekanan ekstrim (*extreme pressure*).

e. Meredam kejutan

Pelumas dapat berfungsi sebagai fluida peredam kejutan melalui dua mekanisme. Pertama dengan proses pemindahan tenaga pemindahan tenaga mekanik ke tenaga fluida, seperti dalam peredam kejut otomotif (*shock absorber*), dan yang kedua dengan adanya kenaikan viskositas terhadap kenaikan tekanan.

f. Menghilangkan kotoran

Pelumas akan membawa kotoran yang timbul pada permukaan logam ke permukaan aktif dari filter atau sentrifugasi untuk menghilangkannya. Kotoran yang tidak tertangkap oleh filter, didispersikan oleh aditif dispersan yang terdapat dalam pelumas tersebut.

### 2.1.2 Karakteristik Fisika-Kimia Pelumas

Karakteristik fisika-kimia menentukan kualitas suatu minyak lumas. Berikut karakteristik fisika-kimia minyak nabati dan minyak mineral yang diuji:

a. Densitas/kerapatan

Densitas/kerapatan dari cairan dapat diukur seperti padatan, dengan mengukur massa dan volume dari sampel. Densitas/kerapatan dapat digunakan untuk mengukur karakteristik suatu senyawa yang bernilai tetap. Untuk cairan, perubahan yang relatif kecil pada suhu dapat menyebabkan perubahan yang besar pada densitas, namun memerlukan perubahan tekanan yang besar untuk meningkatkan perubahan yang sangat besar. Makin kental pelumas makin tinggi berat jenisnya.

b. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik adalah ukuran besarnya tahanan laju air antara minyak dan permukaan. Makin kental minyak, maka laju aliran pada permukaan akan

semakin lambat atau gaya geser/gesek antara pelumas dan permukaan akan makin besar. Viskositas kinematik yang baik adalah penyesuaian untuk mencapai sirkulasi pelumas yang lancar, dalam arti tenaga luar yang diperlukan kecil dengan kedua permukaan dilumasi tetap dapat bebas bergerak.

Kekentalan merupakan sifat terpenting dari minyak pelumas, yang merupakan ukuran yang menunjukkan tahanan minyak terhadap suatu aliran. Minyak pelumas dengan viskositas tinggi adalah kental, berat dan mengalir lambat. Ia mempunyai tahanan yang tinggi terhadap gerakannya sendiri serta lebih banyak gesekan di dalam dari molekul-molekul minyak yang saling meluncur satu di atas yang lain. Jika digunakan pada bagian-bagian mesin yang bergerak, minyak dengan kekentalan tinggi kurang efisien karena tahanannya terhadap gerakan. Sedangkan keuntungannya adalah dihasilkan lapisan minyak yang tebal selama penggunaan.

Minyak dengan kekentalan rendah mempunyai gesekan di dalam dan tahanan yang kecil terhadap aliran. Suatu minyak dengan kekentalan rendah mengalir lebih tipis. Minyak ini dipergunakan pada bagian peralatan yang mempunyai kecepatan tinggi dimana permukaannya perlu saling berdekatan seperti pada bantalan turbin.

c. Indeks viskositas

Indeks viskositas adalah ukuran yang menunjukkan kemampuan pelumas untuk dapat bertahan atau mempertahankan kekentalan terhadap perubahan suhu selama proses kerja pelumas dalam mesin. Semakin tinggi nilai dari indeks viskositas suatu pelumas, maka pelumas akan semakin baik dan stabil tingkat kekentalannya terhadap suhu lingkungan. Nilai *viscosity index* ini dibagi dalam 3 golongan, yaitu:

- HVI (*High Viscosity Index*) di atas 80.
- MVI (*Medium Viscosity Index*) 40 – 80.
- LVI (*Low Viscosity Index*) di bawah 40.

d. Titik nyala (*Flash Point*)

Titik nyala merupakan suatu suhu terendah, dimana pelumas sudah dapat terbakar oleh adanya letupan bunga api (*flash*). Tujuan dari pengukuran titik nyala suatu pelumas adalah untuk mengetahui kondisi yang sesuai untuk pemakaian minyak pelumas tersebut (*safety precaution*). Pengukuran titik nyala ini menggunakan alat-alat yang standard, tetapi metodenya berlainan tergantung dari produk yang diukur titik nyalanya.

e. Titik tuang (*Pour Point*)

Titik tuang adalah suhu terendah, dimana pelumas masih dapat mengalir pada kondisi tersebut. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui kemampuan mengalir pelumas pada suhu rendah yang berhubungan dengan suhu minimum pemakaian atau kondisi kerja dari pelumas tersebut.

f. Bilangan asam

Bilangan asam merupakan jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 g pelumas. Bilangan asam merupakan salah satu karakteristik kimia dari pelumas yang sangat penting, karena dengan mengetahui bilangan asam, dapat mengetahui tingkat korositas pelumas tersebut terhadap mesin.

g. Bilangan iod

Bilangan iod adalah gram iodin ( $I_2$ ) yang diserap oleh 100 g sampel yang akan diukur (dimana sampel mengandung ikatan karbon tidak jenuh). Pengukuran bilangan iod pada suatu pelumas bertujuan untuk mengetahui banyaknya ikatan rangkap. Semakin kecil bilangan iod yang ada dalam sampel minyak, maka semakin sedikit ikatan rangkap yang rentan terhadap oksidasi.

Selain ciri-ciri fisik yang penting seperti telah dijelaskan sebelumnya, minyak pelumas juga memiliki sifat-sifat penting, yaitu:

- Sifat kebasaaan (*alkalinity*)

Untuk menetralsir asam-asam yang terbentuk karena pengaruh dari luar (gas buang) dan asam-asam yang terbentuk karena terjadinya oksidasi.

- Sifat *detergency* dan *dispersancy*
  - Sifat *detergency* : Untuk membersihkan saluran-saluran maupun bagian-bagian dari mesin yang dilalui minyak pelumas, sehingga tidak terjadi penyumbatan.
  - Sifat *dispersancy* : Untuk menjadikan kotoran-kotoran yang dibawa oleh minyak pelumas tidak menjadi mengendap, yang lama-kelamaan dapat menjadi semacam lumpur (*sludge*). Dengan sifat *dispersancy* ini, kotoran-kotoran tadi dipecah menjadi partikel-partikel yang cukup halus serta diikat sedemikian rupa sehingga partikel-partikel tadi tetap mengembang di dalam minyak pelumas dan dapat dibawa di dalam peredarannya melalui sistem penyaringan. Partikel yang bisa tersaring oleh filter, akan tertahan dan dapat dibuang sewaktu diadakan pembersihan atau penggantian filter elemennya.

- Sifat tahan terhadap oksidasi

Untuk mencegah minyak pelumas cepat beroksidasi dengan uap air yang pasti ada di dalam karter, yang pada waktu suhu mesin menjadi dingin akan berubah menjadi embun dan bercampur dengan minyak pelumas. Oksidasi ini akan mengakibatkan minyak pelumas menjadi lebih kental dari yang diharapkan, serta dengan adanya air dan belerang sisa pembakaran maka akan bereaksi menjadi  $H_2SO_4$  yang sifatnya sangat korosif.

### 2.1.3 Minyak Lumas Dasar

Pada umumnya pelumas memiliki komposisi yang terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. minyak lumas dasar dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu minyak mineral, organik, dan sintesis. Minyak mineral merupakan minyak lumas dasar yang berasal dari hasil pengilangan minyak bumi. Minyak organik berasal dari komponen lemak tumbuh-tumbuhan (nabati) dan hewan

(hewani). Minyak sintesis berasal dari bahan kimia yang mengalami proses sintesis hidrokarbon (misalnya *poly- $\alpha$ -olefin*, golongan ester, atau golongan *alkylated naphthalene*) (Misriyanto, 2009).

Berikut adalah penjelasan mengenai minyak mineral dan minyak nabati yang merupakan minyak dasar dari pelumas:

### 2.1.3.1 Minyak Mineral

Hasil tambang atau bahan yang biasanya disebut sebagai bahan mineral yang dapat dijadikan pelumas, antara lain minyak bumi, batu-bara, dan gambut. Bahan pelumas yang lazim digunakan saat ini adalah fraksi pelumas yang berasal dari pengolahan minyak bumi. Bahan ini bisa disebut minyak mineral. Menurut HEPPLER (1967), bahan dasar pelumas adalah fraksi minyak bumi dengan atau tanpa aditif yang mempunyai kisaran titik didih antara 380°C - 550°C yang digunakan untuk maksud pelumasan. Secara umum, minyak bumi yang hampir seluruhnya merupakan ikatan hidrokarbon, menurut struktur rumus bangunnya dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

#### a. Parafinik

Rumus bangun hidrokarbon jenis minyak bumi ini berbentuk lurus dan dapat bercabang. Hidrokarbon yang memiliki struktur bercabang merupakan kandungan terbanyak di dalam minyak mentah jenis parafinik, sedangkan rantai lurus panjang dari molekulnya yang tinggi menaikkan suhu titik tuang pelumas dan harus dihilangkan melalui proses yang disebut *dewaxing*. Minyak lumas yang kaya akan parafinik akan memiliki kerapatan atau massa jenis yang lebih rendah dibanding naftenik dan aromatik. Secara alami, parafinik sudah memiliki viskositas tinggi dan perubahan viskositas terhadap suhu relatif kecil. Penguapan rendah sehingga titik nyalanya tinggi. Parafinik memiliki kemampuan yang buruk dalam melarutkan hasil oksidasi pelumas.

b. Naftenik

Jenis minyak bumi ini memiliki ikatan hidrokarbon yang berbentuk rangkaian rumus bangun yang tertutup atau siklus. Dengan struktur hidrokarbon tertutup ini terkenal dengan bentuk monosiklik. Jika lebih dari satu bentuk hidrokarbonnya tertutup disebut polisiklik. Pada siklus ini dapat pula bercabang parafin. Sifat minyak lumas yang dominan naftenik akan mempunyai massa jenis relatif tinggi dibanding parafenik dan aromatik pada viskositas yang sama. Perubahan viskositas terhadap suhu relatif besar, sehingga indeks viskositasnya rendah. Penguapannya cukup tinggi sehingga titik nyalanya rendah. Sifat alami naftenik adalah memiliki kemampuan yang baik dalam melarutkan hasil oksidasi, sehingga digunakan sebagai campuran minyak lumas dasar jenis parafenik.

c. Aromatik

Struktur rumus bangun ikatan hidrokarbon jenis minyak bumi ini merupakan ikatan tertutup setengah jenuh atau benzena dengan derivat-derivatnya. Strukturnya lebih mudah rusak dibandingkan jenis parafin maupun naftenik. Kerapatannya cukup tinggi dan indeks viskositasnya rendah.

Menurut Anton (1998), minyak mineral memiliki beberapa kelebihan di antaranya:

- a. Harga relatif murah dan tersedia dalam jumlah yang cukup besar.
- b. Daerah suhu operasi cukup lebar, meliputi hampir seluruh pemakaian dalam industri, mesin-mesin transportasi, alat-alat berat, dan mesin-mesin lainnya.
- c. Mudah dicampur dengan bahan aditif, sehingga dapat meningkatkan mutu dan kinerja.
- d. Tidak merusak sekat (*seal*) dan saluran (*gland*).
- e. Stabil selama penyimpanan.

Pengolahan minyak mineral dapat menghasilkan beberapa jenis minyak pelumas dengan tingkat viskositas dan sifat fisik yang berbeda satu dengan yang lainnya. Selain memiliki kelebihan, minyak mineral juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

- a. Minyak mineral cenderung membentuk bola-bola kecil (*sphere*) di atas permukaan pelat.
- b. Kemampuan minyak mineral untuk melumasi permukaan logam terbatas pada suhu tertentu saja dan kemampuan melumasi akan menurun pada suhu lebih tinggi.
- c. Sulit membentuk emulsi dalam air.

### 2.1.3.2 Minyak Nabati

Minyak nabati adalah komponen lipid yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Penyusun utama minyak nabati adalah trigliserida asam lemak. Asam lemak yang membentuk trigliserida terdiri dari dua jenis yaitu asam lemak jenuh (ikatan tunggal) dan asam lemak tidak jenuh (ikatan rangkap). Asam lemak jenuh berifat lebih stabil daripada asam lemak tidak jenuh.

Beberapa tanaman penghasil minyak nabati dapat dijadikan bahan dasar pelumas, seperti bunga matahari, *rapeseed*, kedelai, kelapa sawit, kelapa kapuk, dan jarak. Selain sifat pelumasannya dapat menyamai minyak mineral, minyak nabati juga lebih mudah terurai secara biologis (*biodegradable*).

Dalam memilih minyak nabati yang sesuai, dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya panjang rantai karbon dan jumlah ikatan rangkapnya. Panjang rantai karbon yang ideal adalah sekitar  $C_{16}$ - $C_{18}$ , sedangkan ikatan rangkapnya berjumlah sekitar dua sampai tiga. Faktor lainnya adalah karakteristik minyak nabati, (Suhardono, 2006).

Jika berada dalam pelat logam, minyak nabati berbeda dengan minyak mineral. Minyak nabati akan mengalir ke bagian pelat logam yang paling panas, sedangkan minyak mineral tetap ditempat semula (tidak mengalir). Sifat minyak nabati tersebut disebabkan karena penurunan tegangan permukaan yang begitu cepat akibat kenaikan suhu, sehingga meningkatkan daya penetrasi dan sifat menyebar (*spreading property*) minyak pada permukaan pelat logam.

Menurut La Puppung (1986), minyak nabati mempunyai kelebihan sebagai berikut:

1. Minyak nabati mudah mengalir dari suhu lebih rendah ke bagian pelat bersuhu tinggi, karena kekentalan minyak bertambah kecil akibat pertambahan suhu.
2. Minyak nabati mudah membentuk emulsi dengan air jika dibubuhi emulsifier dan emulsi yang terbentuk relatif stabil.
3. Daya lumas minyak nabati lebih baik daripada minyak mineral.

La Puppung (1986) juga menyebutkan kelemahan minyak nabati sebagai berikut:

1. Minyak nabati mengandung asam lemak tidak jenuh yang bersifat labil dan mudah teroksidasi sehingga membentuk senyawa-senyawa dengan bobot molekul rendah seperti aldehid, keto, dan asam yang dapat mengakibatkan mesin dapat berkarat.
2. Proses oksidasi dan hidrolisis minyak nabati tidak hanya terjadi selama digunakan pada proses pelumasan, tetapi juga dapat terjadi selama penyimpanan minyak lumas tersebut akibat pengaruh udara, cahaya, air, dan enzim.
3. Minyak yang kontak dengan panas pada suhu tinggi akan menghasilkan sejumlah senyawa polimer yang ditandai dengan warna minyak menjadi lebih gelap dan meningkatnya bobot jenis dan nilai kekentalan, serta daya lumasnya berkurang.
4. Minyak dan lemak nabati dapat rusak oleh mikroorganisme, terutama selama penyimpanan, sehingga minyak sering dibubuhi dengan zat anti mikroorganisme atau minyak harus selalu dalam keadaan steril.

## 2.2 Tanaman Jarak Kepyar

Tanaman Jarak Kepyar, yang bernama ilmiah *Ricinus communis*, L. berasal dari Ethiopia. *Ricinus* dalam bahasa latin berarti serangga, hal ini karena

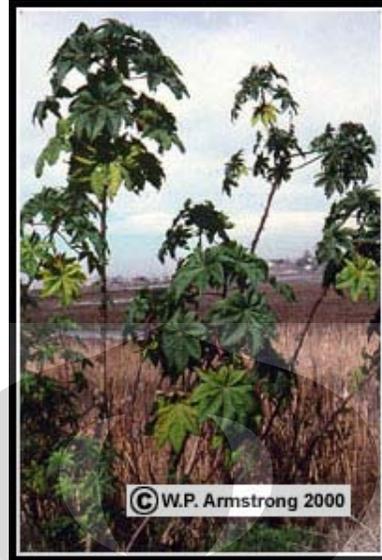
buah jarak kepyar berbintik-bintik dan bentuknya sekilas mirip dengan serangga. Tanaman ini pertama kali dibudidayakan oleh bangsa Portugis dan Spanyol. Mereka menyebutnya sebagai *Agno Casto*, sedangkan bangsa Inggris menyebutnya *Castor* (Weiss, 1971 dlm Widodo W. dan Sri Sumarsih, 2007: 11).

Jarak Kepyar termasuk ke dalam kategori sebagai tanaman perdu atau terna, dengan tinggi tanaman 1-3 m. Tanaman ini berbuah sekali hingga beberapa kali dalam satu siklus hidupnya, tergantung dari varietasnya. Sifat pertumbuhan tanaman ini pada umumnya *indeterminate*, artinya pertumbuhan tanaman tidak berhenti walaupun sudah berbuah. Namun ada pula kultivar yang bersifat *determinate*, artinya tanaman hanya sekali berbuah dan setelah buahnya tua, tanaman tersebut akan mati (Widodo W. dan Sri Sumarsih, 2007: 12)

Tanaman Jarak Kepyar dalam dunia tatanama tumbuhan memiliki sistematika sebagai berikut,

Divisi	: Spermatophyta (Tumbuhan Berbiji)
Subdivisi	: Angiospermae (Tumbuhan Berbiji Tertutup)
Kelas	: Dicotyledoneae (Tumbuhan Berbiji Belah Dua)
Bangsa	: Euphorbiales
Suku	: Euphorbiaceae
Marga	: <i>Ricinus</i>
Jenis	: <i>Ricinus communis</i> L.

(Tjitrosoepomo, 1993 dlm Widodo W. dan Sri Sumarsih, 2007: 13).



**Gambar 2.1** Tanaman Jarak Kepyar atau *Ricinus communis L.*

Biji Jarak Kepyar terutama mengandung minyak dan protein. Kandungan Bahan biji Jarak Kepyar dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

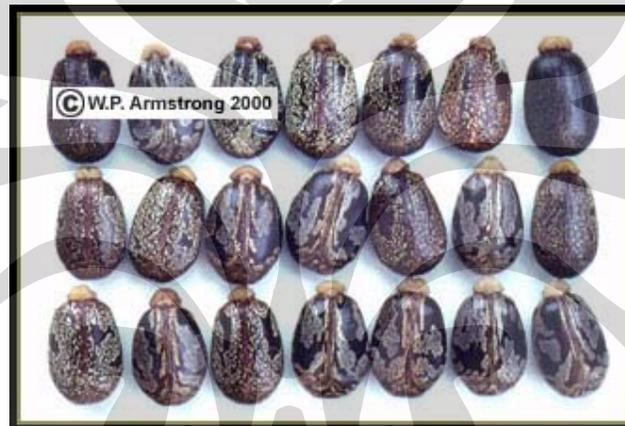
**Tabel 2.1** Kandungan Bahan dalam Biji Jarak Kepyar

Bahan	Kadar (%)
Air	5,1 – 5,5
Protein	12,0 – 16,0
Minyak	45,0 – 50,6
Abu	2,0 – 2,2

Selain itu, biji jarak juga mengandung alkaloid piridin dan *tocopherol* (Vitamin E). Biji jarak ini juga mengandung enzim lipase, endotripsin, amilase, invertase, maltase, asam glikolat, oksidase, dan ribonuklease, serta mengandung 7 ppm HCN (Widodo W. dan Sri Sumarsih, 2007: 96).



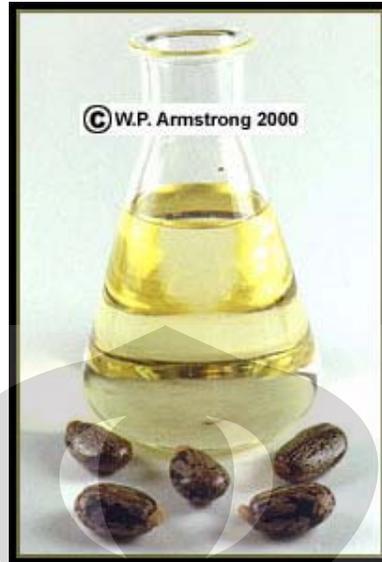
**Gambar 2.2 Buah Jarak Kepyar**



**Gambar 2.3 Biji Jarak Kepyar**

### 2.2.1 Karakteristik Minyak Jarak Kepyar

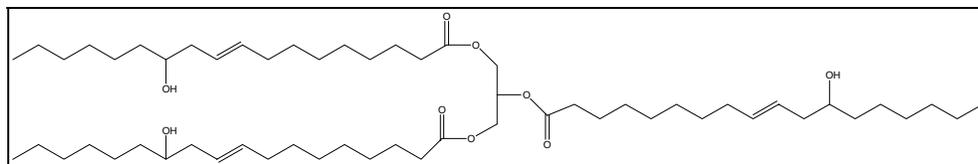
Minyak yang diperoleh dari biji tanaman Jarak Kepyar ini sering disebut juga sebagai *Castor Oil*. *Castor Oil* tersebut mengandung trigliserida asam-asam lemak, terutama asam *ricinoleat*, dengan konsentrasi 89,5% berat kering, sehingga sering hanya disebut sebagai trigliserida *ricinoleat* (Prihandana, Rama dan Roy Hendroko, 2007: 175).



**Gambar 2.4 Minyak Jarak Kepyar atau *Castor Oil***

*Castor Oil* digunakan secara luas untuk berbagai penggunaan, seperti *castor ester* untuk kosmetik, *hydrogenated castor oil* (farmasi), *heptaldehyde* (parfum), *alkyd resin* (cat dan tinta). *Polyurethane* (elektronik), *poly ester* (tekstil), dan *partial dehydrate castor fatty acid* (pelumas). Meskipun mengandung minyak lemak, *Castor Oil* kurang sesuai apabila digunakan sebagai BBN (Bahan Bakar Nabati), hal ini karena *Castor Oil* memiliki viskositas yang tinggi (Prihandana, Rama dan Roy Hendroko, 2007: 175).

Asam *ricinoleat* merupakan asam lemak yang tersusun atas 18 atom karbon dengan satu ikatan rangkap (tidak jenuh), dan memiliki gugus fungsional hidroksil pada atom C ke-12. Gugus fungsional ini menyebabkan *Castor Oil* bersifat polar. *Castor Oil* ini tetap bertahan dalam bentuk cair pada suhu yang tinggi maupun rendah (Widodo W. dan Sri Sumarsih, 2007: 101).



**Gambar 2.5 Rumus Struktur Trigliserida dari *Castor Oil***



**Gambar 2.6 Rumus Struktur Asam Ricinoleat**

Pada masa sekarang, seperti minyak nabati lainnya, *Castor Oil* dapat diproses menjadi biofuel, dan yang terkenal adalah untuk membuat pelumas *high grade*, minyak rem, dan minyak hidrolisis, serta sebagai bahan aditif untuk *high-performance motor oil*. *Castor Oil* dengan kemurnian yang tinggi, dimana telah dihilangkan kandungan airnya dan sifat polar dengan konstanta dielektrik relatif tinggi (4,7) dapat digunakan sebagai cairan dielektrik pada kapasitor performa tinggi voltase tinggi (Widodo W. dan Sri Sumarsih, 2007: 101).

Karakteristik umum dari *Castor Oil* antara lain sebagai berikut,

1. *Castor Oil* tidak menetes, tidak meninggalkan sisa bakar dan tidak larut dalam bensin.
2. Jika *Castor Oil* ini dihidrogenasi secara keseluruhan, produk hasil hidrogenasinya memiliki titik leleh yang tinggi (86-88)°C.
3. Nilai titer *Castor Oil* lebih rendah dari pada minyak-minyak yang telah dikenal lainnya.
4. *Castor Oil* berbeda dari senyawa-senyawa trigliserida lainnya karena memiliki nilai *specific gravity* yang tinggi, begitu pula dengan viskositas dan nilai keasamannya.
5. *Castor Oil* larut di dalam etil alkohol berkonsentrasi 95% pada suhu 25°C. Satu volume minyak jarak terlarut dalam dua volume larutan alkohol ini. Minyak ini juga larut dalam pelarut organik polar dan kurang larut dalam senyawa hidrokarbon alifatik dan pelarut-pelarut non polar organik lainnya.

(Prihandana, Rama dan Roy Hendroko, 2007: 178)

### 2.2.2 Minyak Jarak Sebagai Minyak Lumas Dasar

*Castor Oil* yang akan digunakan sebagai biofuel maupun sebagai pelumas harus diproses terlebih dahulu, terutama proses pemurnian. Setelah mendapatkan minyak dengan kemurnian yang tinggi, dilakukan proses esterifikasi sampai diperoleh metil atau etil ester asam lemak. Metil atau etil ester asam lemak yang telah dimurnikan dapat digunakan sebagai biofuel. Biofuel yang berasal dari minyak nabati ini merupakan bahan bakar mesin diesel yang juga mempunyai sifat pelumasan. Dalam hal ini biofuel sudah mulai diperkenalkan sebagai campuran pada bahan bakar fosil yang memberikan sifat pelumasan (Widodo W. dan Sri Sumarsih, 2007: 104).

Untuk membuat pelumasan, maka metil atau etil ester asam lemak tersebut dicampur dengan berbagai bahan aditif. Bahan aditif digunakan untuk membentuk performa dengan sifat khusus untuk pelumas. Umumnya pelumas mengandung 90% bahan utama metil atau etil ester asam lemak dan 10% bahan aditif (Widodo W. dan Sri Sumarsih, 2007: 105).

Minyak adalah asam trigliserida yang asam lemaknya didominasi oleh asam risinoleat. Ciri khusus dari asam risinoleat adalah memiliki ikatan rangkap dan juga gugus hidroksil, artinya minyak jarak memiliki potensi digunakan sebagai bahan dasar pelumas. Selain itu, minyak jarak memiliki sifat yang kental (*viscous*) pada suhu tinggi, titik tuang yang rendah, indeks ketahanan beban yang cukup tinggi, serta tetap cair pada suhu rendah.

Keunggulan minyak jarak sebagai pelumas yang bahan dasarnya berasal dari nabati antara lain (PPPTMGB Lemigas, 1998):

- 1) Sebagai alternatif pengganti minyak lumas yang berasal dari minyak bumi, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi.
- 2) Bahan baku yang tersedia relatif mudah diperoleh, karena biji tanaman jarak (*R. communis L.*) tumbuh dengan baik di iklim Indonesia dan bukan merupakan komoditas pangan.

- 3) Minyak jarak bersifat ramah lingkungan dalam arti limbahnya tidak mencemari lingkungan.

Berbagai dampak menguntungkan dapat diperoleh dengan digunakannya biodiesel minyak jarak sebagai komponen bahan bakar di Indonesia antara lain :

1. Pengaruh terhadap kesehatan, minyak jarak digolongkan ke dalam clean energy atau green energy karena tidak menghasilkan senyawa polycyclic aromatic hydrocarbons seperti proses pembakaran batu bara yang menyebabkan infeksi saluran pernafasan bahkan penyakit kanker serta zat-zat lain yang beracun seperti sulfur, merkuri, arsenik, selenium, dan fluorida.
2. Dampak terhadap lingkungan, minyak jarak berpotensi mengurangi emisi karbon yang mengotori udara sebanyak 2.636 gram CO<sub>2</sub> equivalent untuk setiap pembakaran 1 liter biodiesel. Dengan demikian secara global berpotensi untuk mengurangi emisi gas-gas rumah kaca karena penggunaan minyak jarak dapat menurunkan emisi karbondioksida dari proses pembakarannya hingga lebih dari 50%.
3. Selain itu, minyak ini juga rendah kadar emisi gas sulfur (SO<sub>x</sub>), nitrogen (NO<sub>x</sub>), dan karbon, serta bisa dipakai untuk tanaman penghijauan dan reboisasi karena jarak pagar dapat difungsikan sebagai upaya memulihkan kembali lahan kritis yang saat ini mencapai sekitar 22 juta hektar. Sehingga jarak pagar berpotensi mengubah lahan kritis menjadi lahan yang produktif.
4. minyak jarak tidak termasuk minyak pangan, sehingga pengembangan energi alternatif ini tidak mengganggu kebutuhan pangan. Karena minyak jarak bukan bahan baku pangan yang merupakan konsumsi sehari-hari sehingga tidak akan terjadi kontradiksi antara energy security terhadap food security.

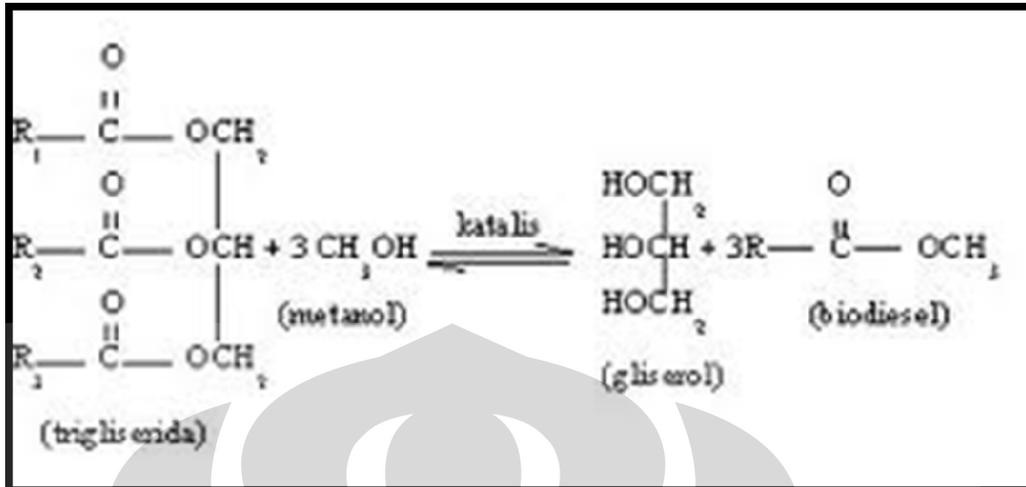
### 2.2.3 Reaksi Modifikasi Tiga Tahap Pada Minyak Jarak

Pengolahan minyak jarak untuk menghasilkan minyak lumas dasar yang berkualitas baik dapat dilakukan dengan melakukan tahapan reaksi sebagai berikut:

#### 2.2.3.1 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi pembuatan ester dari bentuk ester yang lain, dengan mereaksikan molekul trigliserida minyak dengan alkohol. Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa biasanya menggunakan NaOH, KOH, atau natrium metoksida. Alkohol yang digunakan adalah alkohol alifatik monohidrat baik primer maupun sekunder dengan atom karbon antara 1 sampai 8. Alkohol yang sering digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah metanol dan etanol. Reaksi terdiri dari beberapa reaksi bolak-balik, dimana trigliserida dikonversi secara bertahap menjadi digliserida, monogliserida, dan gliserol.

Tahapan reaksi transesterifikasi yang menggunakan katalis basa, dimulai dari tercampurnya katalis dengan alkohol membentuk ion alkohol. Selanjutnya ion alkohol menyerang atom karbon karbonil dari molekul trigliserida membentuk substrat antara. Kemudian substrat bereaksi dengan alkohol membentuk substrat bentuk lain yang akan mengalami proses penyusunan kembali menjadi ester dan gliserida. (Rizki, 2009)



Gambar 2.7 Reaksi Transesterifikasi Pada Triglis erida

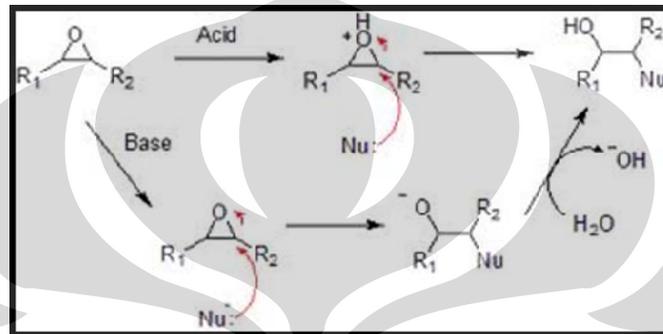
### 2.2.3.2 Epoksidasi

Setelah triglis erida minyak nabati dikonversi menjadi ester, ikatan rangkap ester kemudian diputus melalui reaksi epoksidasi. Reaksi epoksidasi yang terjadi pada ester adalah reaksi oksidasi, dimana ikatan rangkap karbon diserang oleh oksidator dan diubah menjadi oksirana atau epoksida. Oksidator yang dapat digunakan adalah  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan bantuan katalis asam format. Reaksinya terjadi melalui dua tahap. Pertama, oksidasi asam format menjadi asam peroksida format oleh  $\text{H}_2\text{O}_2$ , sehingga ikatan rangkap karbon diadisi oleh oksigen dari asam peroksida format.

### 2.2.3.3 Pembukaan Cincin Epoksida

Pembukaan cincin adalah reaksi khas epoksidasi, berkaitan dengan kereaktifan cincin epoksida. Suatu cincin epoksida tidak memiliki sudut ikatan  $sp^3$  sebesar  $109^\circ$ , sudut inti hanya  $60^\circ$ , Sesuai persyaratan cincin tiga anggota. Orbital yang membentuk ikatan cincin epoksida mengalami tarikan (*strained*).

Polaritas ikatan C-O, bersama-sama tarikan cincin ini, mengakibatkan reaktifitas epoksida yang tinggi, dibanding reaktifitas eter yang lainnya. Pembukaan cincin tiga anggota tertarik menghasilkan produk yang lebih stabil dan berenergi lebih rendah. Reaksi pembukaan cincin dapat berlangsung baik dalam suasana asam maupun basa. (Fessenden & Fessenden, 1986)



**Gambar 2.8 Reaksi Pembukaan Cincin Epoksida Pada Kondisi Asam dan Basa**

### 2.3 Senyawa 1-oktanol

1-oktanol adalah senyawa alkohol rantai lurus dengan delapan karbon dan memiliki rumus molekul  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{OH}$



**Gambar 2.9 Struktur molekul 1-oktanol**

1-oktanol terbentuk secara alami dalam bentuk ester di beberapa minyak esensial. Penggunaan utama dari oktanol adalah dalam pembuatan berbagai ester (baik sintetis dan alami), seperti asetat oktil, yang digunakan dalam parfum dan rasa. Penggunaan aplikasi medis lainnya termasuk eksperimental dengan

menggunakan oktanol untuk mengontrol Esensial Tremor dan jenis lainnya tremor neurologis paksa.

Sifat fisika dan kimia 1-oktanol

Wujud : Cairan

Rumus Kimia :  $C_8H_{18}O$

Berat Molekul : 130.23 g/mol

Densitas :  $0.824 \text{ g/cm}^3$

Titik didih :  $195 \text{ }^\circ\text{C}$ , 468 K,  $383 \text{ }^\circ\text{F}$

Titik leleh :  $-16 \text{ }^\circ\text{C}$ , 257 K,  $3 \text{ }^\circ\text{F}$

## 2.4 Spektroskopi Inframerah

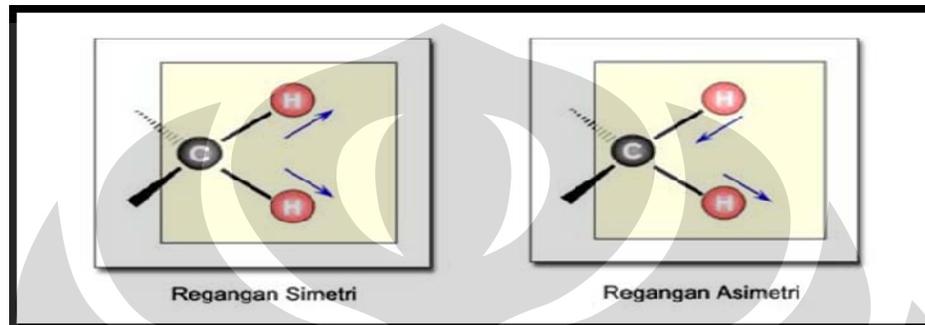
Spektrofotometri Infra Red atau Infra Merah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang  $0,75 - 1.000 \mu\text{m}$  atau pada Bilangan Gelombang  $13.000 - 10 \text{ cm}^{-1}$ . Radiasi elektromagnetik dikemukakan pertama kali oleh *James Clark Maxwell*, yang menyatakan bahwa cahaya secara fisis merupakan gelombang elektromagnetik, artinya mempunyai vektor listrik dan vektor magnetik yang keduanya saling tegak lurus dengan arah rambatan.

Atom-atom di dalam molekul tidak dalam keadaan diam, tetapi biasanya terjadi peristiwa vibrasi. Hal ini bergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkannya. Vibrasi molekul sangat khas untuk suatu molekul tertentu dan biasanya disebut vibrasi finger print. Vibrasi molekul dapat digolongkan atas dua golongan besar, yaitu :

### 1. Vibrasi Regangan (*Stretching*)

Dalam vibrasi ini atom bergerak terus sepanjang ikatan yang menghubungkannya sehingga akan terjadi perubahan jarak antara keduanya, walaupun sudut ikatan tidak berubah. Vibrasi regangan ada dua macam, yaitu:

1. Regangan Simetri, unit struktur bergerak bersamaan dan searah dalam satu bidang datar.
2. Regangan Asimetri, unit struktur bergerak bersamaan dan tidak searah tetapi masih dalam satu bidang datar.

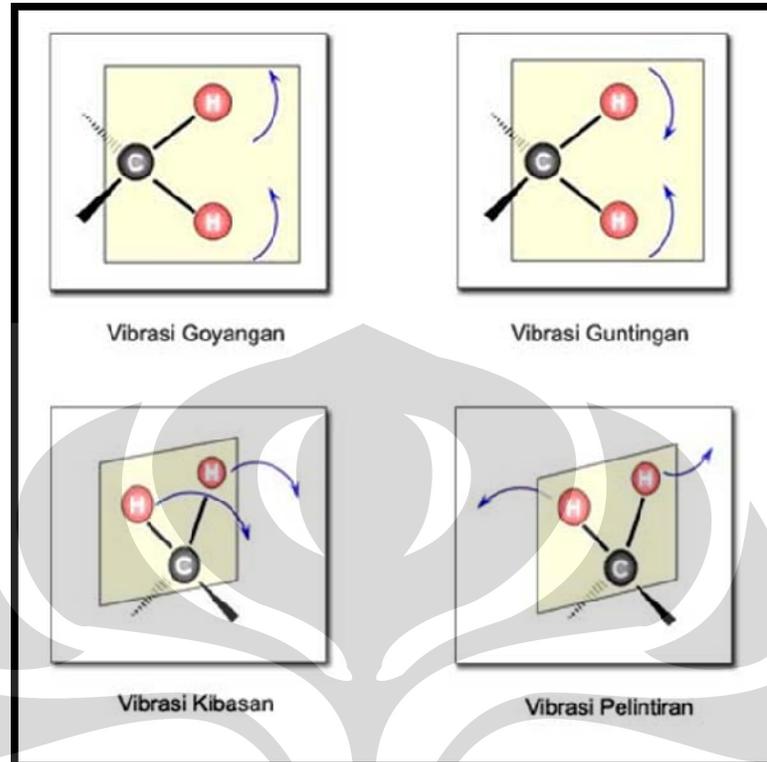


**Gambar 2.10 Regangan Simetri dan Asimetri**

## 2. Vibrasi Bengkokan (*Bending*)

Jika sistem tiga atom merupakan bagian dari sebuah molekul yang lebih besar, maka dapat menimbulkan vibrasi bengkokan atau vibrasi deformasi yang mempengaruhi osilasi atom atau molekul secara keseluruhan. Vibrasi bengkokan ini terbagi menjadi empat jenis, yaitu :

1. Vibrasi Goyangan (*Rocking*), unit struktur bergerak mengayun asimetri tetapi masih dalam bidang datar.
2. Vibrasi Guntingan (*Scissoring*), unit struktur bergerak mengayun simetri dan masih dalam bidang datar.
3. Vibrasi Kibasan (*Wagging*), unit struktur bergerak mengibas keluar dari bidang datar.
4. Vibrasi Pelintiran (*Twisting*), unit struktur berputar mengelilingi ikatan yang menghubungkan dengan molekul induk dan berada di dalam bidang datar.



**Gambar 2.11 Vibrasi Goyangan, Guntingan, Kibasan, Pelintiran**

Para ahli kimia telah memetakan ribuan spektrum infra merah dan menentukan panjang gelombang absorpsi masing-masing gugus fungsi. Vibrasi suatu gugus fungsi spesifik pada bilangan gelombang tertentu. Dari Tabel 2 diketahui bahwa vibrasi bengkokan C-H dari metilena dalam cincin siklo pentana berada pada daerah bilangan gelombang  $1455\text{ cm}^{-1}$ . Artinya jika suatu senyawa spektrum senyawa X menunjukkan pita absorpsi pada bilangan gelombang tersebut tersebut maka dapat disimpulkan bahwa senyawa X tersebut mengandung gugus siklo pentana.

Tabel 2.2 Korelasi gugus fungsi dalam spektra inframerah

Frekwensi (cm <sup>-1</sup> )	Golongan	Jenis Vibrasi *
3040	Metilena	Vibrasi regangan C–H dari cincin siklo propana
2962	Metil	Vibrasi regangan asimetris dari ikatan C–H
2926	Metilena	Vibrasi regangan asimetris dari ikatan C–H
2890 <sup>b</sup>	–CH tersier	Vibrasi regangan dari ikatan C–H
2872	Metil	Vibrasi regangan simetris dari ikatan C–H
2853	Metilena	Vibrasi regangan simetris dari ikatan C–H
1467	Metilena	Vibrasi bengkokan C–H dari rantai metilena lurus
1460	Metil	Vibrasi bengkokan asimetris dari ikatan C–H
1455	Metilena	Vibrasi bengkokan C–H dari cincin siklo pentana
1452	Metilena	Vibrasi bengkokan C–H dari cincin siklo heksana
1397 <sup>c</sup> 1370 <sup>c</sup>	Butil tersier	Vibrasi bengkokan simetris C–H dari metil
1385 <sup>c</sup> 1368 <sup>c</sup>	Iso propil dan gem–di–metil	Vibrasi bengkokan simetris C–H dari metil
1378 <sup>c</sup>	Metil	Vibrasi bengkokan simetris C–H
1350 – 1150	Metilena	Vibrasi kibasan dan pelintiran C–H
1345 <sup>d</sup>	Iso propil	?
1305 <sup>e</sup>	Metilena	Vibrasi kibasan C–H
1250 1210	Butil tersier	Vibrasi goyangan C–CH <sub>3</sub>
1170	Iso propil	Vibrasi goyangan C–CH <sub>3</sub>
1141 – 1132	Metil dalam normal parafin	Vibrasi goyangan C–CH <sub>3</sub>
955	Iso propil	Vibrasi C–C
930 <sup>e</sup>	Butil tersier	Vibrasi C–C
920 <sup>d</sup>	Iso propil	Vibrasi C–C
835 – 739 <sup>e</sup>	Butil tersier	Vibrasi C–C
720 <sup>c</sup>	–(CH <sub>2</sub> )–	Vibrasi goyangan C–H
Keterangan :		
= Semuanya berdasarkan kepada n-parafin, kecuali untuk jenis lain yang		
- a	disebutkan	
- b	= Disimpulkan dari bukti yang ada	
- c	= Tidak diperiksa dalam spektrum Raman	
- d	= Tidak diperiksa dalam spektrum Inframerah	
- e	= Kuat di spektrum Raman, tetapi lemah di spektrum Inframerah	

Vibrasi yang digunakan untuk identifikasi adalah vibrasi bengkokan, khususnya goyangan (*rocking*), yaitu yang berada di daerah bilangan gelombang 2000 – 400 cm<sup>-1</sup>. Karena di daerah antara 4000 – 2000 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah yang khusus yang berguna untuk identifikasi gugus fungsional. Daerah ini menunjukkan absorpsi yang disebabkan oleh vibrasi regangan. Sedangkan daerah

antara  $2000 - 400 \text{ cm}^{-1}$  seringkali sangat rumit, karena vibrasi regangan maupun bengkokan mengakibatkan absorpsi pada daerah tersebut.

Dalam daerah  $2000 - 400 \text{ cm}^{-1}$  tiap senyawa organik mempunyai absorpsi yang unik, sehingga daerah tersebut sering juga disebut sebagai daerah sidik jari (fingerprint region). Meskipun pada daerah  $4000 - 2000 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan absorpsi yang sama, pada daerah  $2000 - 400 \text{ cm}^{-1}$  juga harus menunjukkan pola yang sama sehingga dapat disimpulkan bahwa dua senyawa adalah sama.

### **2.5 High Performance Liquid Chromatograph (HPLC)**

HPLC atau biasa disebut kromatografi cair kinerja tinggi adalah alat yang dikembangkan sesuai dengan kromatografi cair khususnya pada kromatografi kolom. Prinsip dari HPLC ini adalah dinamika dan migrasi dengan menggunakan dua fasa. HPLC biasanya digunakan untuk senyawa yang berberat molekul tinggi dan tidak menguap, dimana penyerapan semakin baik jika molekul berada pada bentuk terkecil sehingga pemisahan semakin baik.

Beberapa keunggulan HPLC dibanding alat alat:

1. HPLC dilengkapi dengan adanya pompa. Pompa ini menghasilkan tekanan sekitar 400 atm untuk mengalirkan eluen dengan tekanan tinggi dan konstan sehingga memperingan kerja kolom dan juga pemisahan sehingga waktu lebih sedikit. Pada pompa dikenal dua sistem dalam teknik pemisahan yaitu isokratik dan gradient, namun gradient lebih bersifat akurat karena masing-masing pompa mengatur laju alir larutan yang berbeda.
2. HPLC memiliki keunggulan kolom. Dimana kolom HPLC ini lebih pendek dan lebih kecil dibanding GC. Diameter untuk internal kolom HPLC  $\leq 4,6$  mm sehingga dapat memberikan permukaan kontak yang lebih luas dimana mempengaruhi sempurna pemisahan yang semakin baik. Panjang kolom HPLC adalah 150-250 mm. kolom HPLC dapat digunakan kembali dengan cara diregenerasi enagn mencucinya hingga bersih dengan pelarut yang sesuai.

3. HPLC mempunyai detektor yang sangat sensitif dan peka. HPLC memiliki beberapa detektor misalnya detektor ultraviolet, detektor fluorometrik, detektor elektrokimia.
4. Waktu retensi. Waktu yang dibutuhkan oleh senyawa untuk melalui kolom hingga ke detektor disebut waktu retensi yang diukur berdasarkan waktu dimana sampel diinjeksikan sampai sampel menunjukkan ketinggian puncak yang maksimum dari senyawa tersebut.
5. Kromatogram. Kromatogram menunjukkan hasil yang didapat. Kromatogram yang diinginkan adalah kromatogram yang lurus tinggi dengan lebar sekecil mungkin. Bukan dengan bentuk lainnya, karena bentuk tersebut menandakan pemisahan dilakukan dengan sangat baik. Namun dalam kromatogram kita menemukan beberapa puncak kecil atau yang mengganggu dan disebut dengan noise. Noise muncul jika sampel kita ataupun pelarut yang digunakan belum murni dari pengotor-pengotor yang mungkin tidak sengaja masuk ke dalamnya.

Fase gerak dalam HPLC memegang peranan penting karena sangat akan mempengaruhi pemisahan. Pada pemilihan fasa gerak harus diperhatikan hal sebagai berikut:

- (1) Fasa gerak tidak boleh tercampur dengan fasa diam.
- (2) Harus mempunyai kekentalan yang rendah agar dapat mengalir dalam kolom dengan lancar.
- (3) Harganya relatif murah.
- (4) Tidak beracun.
- (5) Kemurniannya tinggi dan stabil.

Untuk pemilihan urutan kepolarnya dapat dipilih seperti pada pemilihan fasa diam.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 3 Agustus 2010 hingga selesai, di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (PPPTMGB) LEMIGAS, Kelompok Program Riset Teknologi Aplikasi Produk, Laboratorium Kimia Fisika Pelumas, Jl. Ciledug Raya Kav. 109 Cipulir Kebayoran Lama, Jakarta Selatan.

#### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

##### 3.2.1 Bahan Penelitian

Untuk modifikasi *Castor Oil* menjadi suatu bentuk minyak lumas yang kompatibilitas, maka dilakukan beberapa tahap reaksi modifikasi. Pada setiap tahapan reaksi tersebut diperlukan bahan-bahan sebagai berikut:

- a. Reaksi Transesterifikasi *Castor Oil* menjadi Metil Ricinoleat (COME)
  - *Castor Oil*
  - KOH
  - Metanol
  
- b. Reaksi modifikasi *Castor Oil Methyl Ester* menjadi *Epoxidized Castor Oil Methyl Ester* (ECOME)
  - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

- COME
- Asam formiat
- c. Reaksi modifikasi pembukaan cincin menghasilkan *Octanol Modified Castor Oil* (OcMCO)
  - PTSA
  - ECOME
  - 1-oktanol
- d. Kompatibilitas dengan *Base Oil*
  - *Octanol Modified Castor Oil* (OcMCO)
  - *Yubase Synthetic Oil*
  - *HVI 160 Mineral Base Oil*
- e. Uji karakteristik *Castor Oil* dan hasil modifikasi produk
  - Uji bilangan asam:
    - NaOH
    - Etanol 98%
    - Indikator Fenolftalein
  - Uji bilangan iod
    - Larutan Wijs
    - CCl<sub>4</sub>
    - Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
    - KI
    - Larutan kanji

### 3.2.2 Alat Penelitian

1. Reaktor (wadah gelas dengan tutup berlubang empat dan memiliki jaket reaktor).

2. Pemanas dengan pengaduk
3. Peralatan evaporasi vakum
4. Pengaduk magnet
5. Neraca analitik
6. Termometer
7. Gelas ukur
8. Gelas beaker
9. Labu erlenmeyer
10. Corong pisah
11. Biuret

### **3.3 Cara Kerja**

#### **3.3.1 Reaksi Modifikasi Tiga Tahap**

Dalam memodifikasi *Castor Oil*, dilakukan tiga tahap reaksi secara berurutan, yaitu transesterifikasi, epoksidasi, dan pembukaan cincin epoksida dengan senyawa alkohol.

##### **3.3.1.1 Tahap I: Transesterifikasi**

Proses transesterifikasi dilakukan untuk mendapatkan metil ester (*Castor Oil Methyl Ester*) dari *Castor oil*. *Castor oil* direaksikan dengan metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dan menggunakan katalis KOH.

##### **a. Preparasi Bahan**

1. Pengukuran densitas *Castor Oil*.
2. Menyiapkan *Castor Oil* sebagai reaktan dengan jumlah 2,25 L.

3. Penyiapan metanol. Volume metanol yang digunakan sebanyak 0,5618 L (13.90 mol), yakni sesuai dengan proporsi mol metanol 6 : 1 terhadap mol *Castor Oil*.
4. Penyiapan KOH sebanyak 7,56 gram, yaitu 0,35 % dari massa *Castor Oil*.

#### **b. Prosedur Reaksi Transesterifikasi**

1. *Castor oil* terlebih dahulu dipanaskan hingga suhu 35°C dengan menggunakan pemanas dan dilakukan pengadukan secara konstan. Sedangkan katalis KOH terlebih dahulu dilarutkan dalam metanol untuk memudahkan reaksi karena KOH yang digunakan berbentuk padatan.
2. Larutan Metanol + KOH dimasukkan secara perlahan dan pengadukan terus dilakukan agar larutan tersebut terdispersi merata dalam *Castor Oil*.
3. Reaksi dilakukan pada suhu 35°C dan dijaga konstan selama reaksi dilakukan. Waktu reaksi adalah 1 jam.
4. Setelah reaksi dilakukan produk yang dihasilkan diinapkan selama semalam. Setelah didiamkan selama semalam, produk akan terpisah menjadi dua fasa yaitu *Castor Oil Methyl Ester (COME)* dan gliserin.
5. Pisahkan *Castor Oil Methyl Ester (COME)* dari gliserin.
6. Lakukan pencucian *Castor Oil Methyl Ester (COME)* dengan menggunakan aquades hangat dengan perbandingan volume 1 : 1 dan diaduk merata. Setelah pengadukan dilakukan, diamkan dan *Castor Oil Methyl Ester (COME)* akan terpisah kembali. Pisahkan aquades tersebut dari Metil ester ricinoleat. Lakukan pencucian lagi sampai aquades yang didapat bening. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan gliserin yang masih tercampur dalam *Castor Oil Methyl Ester*.
7. Panaskan *Castor Oil Methyl Ester* dalam kondisi vakum untuk menghilangkan kandungan aquades yang tersisa.

### 3.3.1.2 Tahap II: Epoksidasi

*Castor Oil Methyl Ester* hasil transesterifikasi kemudian diepoksidasi dengan hidrogen peroksida dengan bantuan katalis asam formiat untuk menghasilkan *Epoxidized Castor oil Methyl Ester* (ECOME).

#### a. Preparasi Bahan

1. Pengukuran densitas COME.
2. Menyiapkan 300 mL COME.
3. Menyiapkan massa  $H_2O_2$  sebanyak 46,512 gram (1.368 mol), hal ini setara dengan perbandingan mol antara  $H_2O_2$  terhadap COME sebesar 1,5 : 1.
4. Menyiapkan asam formiat sebanyak 15 mL.

#### b. Prosedur Reaksi Epoksidasi

1. Lakukan pemanasan awal dari COME sampai  $60^{\circ}C$  di dalam reaktor sambil terus diaduk.
2. Di luar reaktor, larutan  $H_2O_2$  dicampur secara perlahan ke dalam asam format sambil diaduk, untuk membentuk asam peroksiformat.
3. Larutan asam peroksiformat dimasukkan setetes demi setetes ke dalam reaktor.
4. Jaga temperatur ( $65^{\circ}C$ ) dengan menaikkan skala *hot plate* untuk memanaskan atau mengalirkan air ke dalam jaket reaktor untuk menurunkan suhu reaktor.
5. Reaksi dijalankan hingga waktu yang telah ditetapkan (1,5 Jam).
6. Setelah reaksi dilakukan, ECOME yang terbentuk didekantasi dari sisa asam format dan  $H_2O_2$ .

7. ECOME dimurnikan dengan pencucian menggunakan aquades hangat dan penamasan dalam kondisi vakum.

### 3.3.1.3 Tahap III: Reaksi Pembukaan Cincin Epoksida

ECOME yang dihasilkan dari tahapan diatas akan mempunyai gugus oksirana yang sangat reaktif yang nantinya akan dibuka cincin gugus itu dengan alkohol untuk memperoleh hasil yang lebih baik dengan bantuan katalis PTSA.

#### a. Preparasi Bahan

1. Pengukuran densitas ECOME.
2. Menyiapkan 200 mL ECOME.
3. Menyiapkan massa PTSA sebanyak 0.9568 gram (6.893 mol), hal ini setara dengan 0,5 % berat ECOME yang digunakan dan merupakan nilai perbandingan berat yang didapat dari hasil variasi jumlah katalis untuk mendapatkan hasil reaksi yang optimal.
4. Menyiapkan 1-oktanol sebanyak 65, 95, 125 mL.

#### b. Tahapan Reaksi Pembukaan Cincin

1. Lakukan pemanasan awal dari ECOME sampai 60<sup>0</sup>C di dalam reaktor sambil diaduk.
2. Katalis PTSA dilarutkan dalam alkohol terlebih dahulu untuk memudahkan reaksi karena PTSA berupa padatan.
3. Masukkan perlahan-lahan larutan PTSA dalam 1-oktanol sambil dilakukan pengadukan.
4. Reaksi dilakukan dalam beberapa variasi volume, suhu, dan waktu.

a) Variasi volume

- 1) Reaksi dijaga pada temperatur 60°C, dan dijaga konstan selama 6 jam. Digunakan 65, 95, 125 mL variasi volume 1-oktanol.
- 2) ECOME alkohol dicuci menggunakan aquades hangat dan penamasan dalam kondisi vakum. Uji HPLC.

b) Variasi suhu

- 1) Reaksi menggunakan volume optimum 1-oktanol yang diperoleh pada percobaan sebelumnya, dan dijaga konstan selama 6 jam. Suhu reaksi dilakukan pada suhu 60°C, 80°C, dan 100°C.
- 2) ECOME alkohol dicuci menggunakan aquades hangat dan penamasan dalam kondisi vakum.

c) Variasi waktu

- 1) Reaksi menggunakan volume optimum 1-oktanol dan suhu optimum yang telah diperoleh pada percobaan sebelumnya. Waktu reaksi dilakukan selama 6, 8, dan 10 jam.
- 2) ECOME alkohol dicuci menggunakan aquades hangat dan penamasan dalam kondisi vakum.

### 3.3.2 Uji Karakteristik Fisika-Kimia

#### 3.3.2.1 Densitas

Pengukuran alat ini bersifat otomatis dengan metode pengujian ASTM D5002 “*Test Method for Densities and Relative Densities of Crudes Oils by Densities Analyzer*”. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. *Densities Analyzer* dihidupkan dan ditunggu sampai suhu menunjukkan 20°C.
2. Tombol “method” ditekan dan dipilih “lubricant”.

3. Sampel dimasukkan ke sel pengukuran dengan menggunakan syringe, dan dipastikan jangan ada gelembung (dapat dilihat dari jendela pengamat).
4. Tekan tombol “sampel” untuk memasukkan nomer sampel.
5. Nilai pengukuran akan tampak pada layar dan terlihat tulisan valid.
6. Sampel dikeluarkan dari sel dan dilakukan pencucian sel dengan menggunakan toluena dan aseton.
7. Pengeringan sel dilakukan dengan memasang “air hose” ke “filling nozzle”. Pompa vakum dinyalakan dengan menekan tombol “pump” hingga tulisan disebelah kiri atas berkedip. Setelah 10 menit, pompa vakum dimatikan dan “filling nozzle” diubah ke “air hose”.

### 3.3.2.2 Viskositas Kinematik dan Indeks Viskositas

Pengukuran alat ini bersifat otomatis, pada suhu 40<sup>0</sup>C dan 100<sup>0</sup>C dengan metode pengukuran ASTM D445 “*Standard Method For Kinematic Viscosity og Transparent And Opaque Liquid*”. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Siapkan sampel yang akan diukur kedalam dua buah tabung vial dengan masing-masing sejumlah 5 mL.
2. Siapkan alat ukur *Kinematic Viscosity* dengan tahapan sebagai berikut:
  - Hidupkan alat ukur *Kinematic Viscosity* terlebih dahulu.
  - Hidupkan pompa gas CA II dan buka jalan udara.
  - Hidupkan tombol pengatur udara pada posisi ON.
  - Ketika alat telah siap, maka kondisikan alat pada keadaan remote dengan pengendalian dari komputer.
  - Ketika tube pengukuran telah siap pada kondisi suhu yang diinginkan, yaitu 40<sup>0</sup>C dan 100<sup>0</sup>C, maka pengukuran sampel dapat dilakukan.
  - Hasil pengukuran *Kinematic Viscosity* sampel pada dua kondisi suhu akan diperoleh *Viscosity Index* (VI) sebagai ukuran pengaruh perubahan suhu terhadap kekentalan minyak lumas.

### 3.3.2.3 Titik Tuang

Pengukuran alat ini bersifat otomatis dengan metode pengujian ASTM D97 “*Pour Point of Petroleum Products*”. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Siapkan Sampel yang akan diukur pada tabung vial bertara, volume sampel haruslah mencapai batas tara pada tabung.
2. Siapkan alat ukur *Pour Point*, hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu
  - Hidupkan alat ukur terlebih dahulu
  - Nyalakan mesin pendingin, dan tunggu beberapa saat hingga panel suhu pada pendingin tersebut menyatakan kondisi 0°C.
  - Masukkan sampel yang berada pada tabung vial ke dalam wadah pengukuran, kemudian posisikan detektor ke dalamnya.
  - Tekan tombol START dan pengukuran pun dimulai. Pengukuran akan dilakukan dengan cara memanaskan sampel terlebih dahulu hingga titik menguapnya. Setelah pemanasan, sampel kemudian didinginkan secara bertahap hingga dicapai temperatur terendah dimana permukaan lapisan minyak/ sampel tersebut telah membeku.

### 3.3.2.4 Titik Nyala

Pengukuran alat ini bersifat otomatis dengan metode pengujian ASTM D92 “*Standard Test Method for Flash Point and Fire Point by Cleveland Open Cup*”. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Siapkan Sampel yang akan diukur pada wadah logam bertara, volume sampel haruslah mencapai batas tara pada wadah.
2. Siapkan alat ukur *Flash Point*, hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu
  - Hidupkan alat ukur terlebih dahulu
  - Hidupkan pompa gas LPG dan buka jalan udara

- Masukkan sampel yang berada pada wadah logam ke tempat wadah pengukuran, kemudian posisikan detektor ke dalamnya.
- Tekan tombol START dan pengukuran pun dimulai. Pengukuran akan dilakukan dengan cara memanaskan sampel terlebih dahulu hingga titik menguapnya. Uap-uap yang dihasilkan tersebut akan menempel pada kawat filamen. Apabila api pendeteksi yang melewati filamen tersebut menimbulkan kejutan api, maka pada suhu tersebutlah *Flash Point* dari minyak/ sampel yang diukur.

### 3.3.2.5 Bilangan Asam

Penentuan bilangan asam ditentukan secara manual dengan cara titrasi menggunakan NaOH. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. 2,5 g sampel ditimbang ke dalam labu erlenmeyer.
2. 25 mL etanol 98% ditambah ke dalam sampel.
3. Larutan sampel dipanaskan selama 10 menit di atas penangas air sambil diaduk.
4. Larutan sampel didinginkan dan dititrasi dengan larutan NaOH 0.1 N menggunakan indikator fenolftalein.
5. Larutan dititrasi sampai terbentuk warna merah jambu yang tidak hilang selama 10 detik.
6. Bilangan asam dihitung dengan rumus:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{\text{Volume NaOH} \times \text{N NaOH} \times 40}{\text{berat sampel}}$$

### 3.3.2.6 Bilangan Iod

Penentuan bilangan iod ditentukan secara manual dengan cara dititrasi menggunakan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Timbang 0,5 gram sample ke dalam labu erlenmeyer yang kering.

2. Tambahkan 10 mL  $\text{CCl}_4$  dan kocok untuk memastikan bahwa sample telah larut sempurna.
3. Dengan menggunakan pipet, tambahkan 10 mL larutan WIJS ke dalam labu. Tutup dan kocok agar tercampur merata.
4. Simpan labu di tempat gelap 1 jam pada suhu kamar.
5. Keluarkan labu yang telah didiamkan selama 1 jam dan tambahkan 10 mL larutan KI 15%. Kocok dan tambahkan 25 mL aquademin.
6. Titrasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N secara perlahan dan dengan pengocokan yang kuat. Lanjutkan titrasi sampai warna kuning hampir hilang. Tambahkan 2 mL larutan kanji dan lanjutkan titrasi dengan hati-hati hingga warna biru tepat hilang.
7. Blanko diuji dengan jumlah pereaksi dan perlakuan yang sama seperti pada sampel.
8. Bilangan iod dihitung dengan rumus:

$$\text{Bilangan iod} = \frac{(\text{Volume blanko} - \text{volume sampel}) \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 12.69}{\text{Berat sampel}}$$

### 3.3.3 Uji Kompatibilitas Antara *Octanol Modified Castor Oil* (OcMCO) Dengan Beberapa *Base Oil*

Pada tahapan ini dilakukan pengujian kompatibilitas antara *Octanol Modified Castor Oil* (OcMCO) dengan beberapa *Base Oil*, seperti *Mineral Base Oil* dengan nilai HVI 160, serta dilakukan pula terhadap *Synthetic Base Oil* (Yubase). Uji kompatibilitas ini bertujuan untuk mengkolaborasikan karakteristik dari *Octanol Modified Castor Oil* (OcMCO) dengan *Base Oil* agar diperoleh minyak lumas dengan karakteristik fisika kimia yang semakin baik. Adapun prosedur dari uji kompatibilitas ini, yaitu:

- a. Menghitung densitas dari OcMCO .
- b. Dilakukan pencampuran % (w/w) antara OcMCO dengan *Base Oil*, yaitu 8%. Hal ini dilakukan terhadap *Mineral Base Oil* HVI 160, serta terhadap *Yubase Synthetic Oil*.
- c. *Diblending* selama 1 jam.
- d. Hasil tersebut diukur kembali karakteristik fisika kimianya.



**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil**

**Tabel 4.1 Sifat fisiko-kimia hasil reaksi Tahap I dan II**

Uji Karakterisasi		Castor Oil	Tahap I	Tahap II
			COME	ECOME
Viskositas	40°C	252,8	20,50	51,09
Kinematik (cSt)	100°C	19,98	3,871	6,671
Indeks Viskositas (IV)		90	63	76
Titik Nyala (°C)		282	206	204
Titik Tuang (°C)		-24	-17	-13
Bilangan Iod (g I <sub>2</sub> /100 g sampel)		4,5684	2,2842	0,7614
Angka Asam Total (mg NaOH/g sampel)		0,96	0,95	1,9
Warna		Kuning kental	Kuning bening	Oranye

**Tabel 4.2 Hasil uji viskositas OctMCO**

No	Sampel	KV	KV	VI
		(40°C, cSt)	(100°C, cSt)	
1.	ECOME + 1-okt (65 ml, 60°C, 6 jam)	26,05	4,188	24
2.	ECOME + 1-okt (95 ml, 60°C, 6 jam)	30,17	4,413	6

3.	ECOME + 1-okt (125 ml, 60°C, 6 jam)	18,78	3,290	-18
4.	ECOME + 1-okt (95 ml, 60°C, 8 jam)	25,37	4,027	4
5.	ECOME + 1-okt (95 ml, 60°C, 10 jam)	26,06	4,149	17
6.	ECOME + 1-okt (95 ml, 80°C, 6 jam)	25,77	4,256	40
7.	ECOME + 1-okt (95 ml, 80°C, 8 jam)	25,6	4,136	21
8.	ECOME + 1-okt (95 ml, 80°C, 10 jam)	26,27	4,197	22
9.	ECOME + 1-okt (95 ml, 100°C, 6 jam)	31,36	4,702	40
10.	ECOME + 1-okt (95 ml, 100°C, 8 jam)	39,09	5,547	67
11.	ECOME + 1-okt (95 ml, 100°C, 10 jam)	35,34	5,252	68

**Tabel 4.3. Hasil uji karakteristik fisika-kimia HVI 160, Yubase, OctMCO, dan hasil blending**

No.	Uji	HVI 160	Yubase	OctMCO	OctMCO + HVI	OctMCO + Yubase
1.	Titik Tuang (°C)	-16	-13	-40	-16	-12
2.	Titik Nyala (°C)	238	240	132	216	216
3.	Bil.Asam (mg NaOH/g sampel)	1,38	0,82	1,584	1,27	1,27
4.	Bil.Iod (g I <sub>2</sub> /100 g sampel)	-	-	0,7614	0,2538	0,2538
5.	Indeks Viskositas	96	131	68	97	132

- **Persen OctMCO yang tercampur dengan *base oil***

**OctMCO + HVI** = OctMCO yang tercampur sebanyak 94,5 %

**OctMCO + Yubase** = OctMCO yang tercampur sebanyak 74,02 %

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Tahap I: Reaksi Transesterifikasi

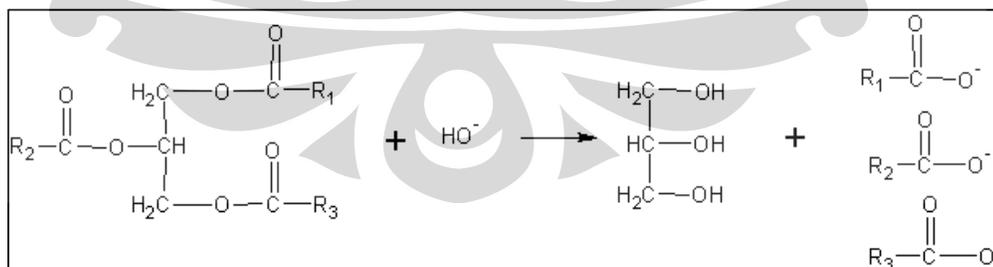
Pada tahap ini dilakukan reaksi transesterifikasi pada *Castor Oil* untuk mengubah trigliserida risinoleat menjadi ester risinoleatnya. Tujuan dari reaksi transesterifikasi ini adalah untuk memperbaiki sifat dari *Castor Oil* awal dengan cara mengurangi jumlah dari asam lemak bebas yang terdapat pada *Castor Oil* dengan cara merubahnya menjadi bentuk metil ester. Dengan begitu *Castor Oil Methyl Ester* yang dihasilkan akan memiliki sifat yang tidak mudah teroksidasi.

Pertama kali yang dilakukan pada tahap ini yaitu homogenasi *Castor Oil*. Homogenasi *Castor Oil* ini dilakukan dengan kecepatan konstan menggunakan

*automatic stirrer*. Setelah homogenasi maka *Castor Oil* ini siap untuk reaksi transesterifikasi dengan menggunakan metanol dan katalis basa. Sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi, *Castor Oil* yang telah dihomogenasi dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu 35°C dengan pengadukan konstan.

Katalis yang digunakan pada reaksi ini adalah basa yaitu KOH. Katalis basa digunakan dalam reaksi transesterifikasi ini karena dengan menggunakan katalis basa maka reaksi yang terjadi akan lebih cepat 4000 kali dibandingkan dengan menggunakan katalis asam. Penggunaan katalis asam akan memerlukan suhu yang lebih tinggi dan waktu reaksi yang lebih lama (Ege, 1989). KOH yang digunakan pada reaksi ini sebanyak 0,35 % mol *Castor Oil*. Jumlah ini berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, di mana jumlah katalis KOH optimum untuk reaksi transesterifikasi *Castor Oil* adalah sebanyak 0,35% (Karina, R.M, 2005).

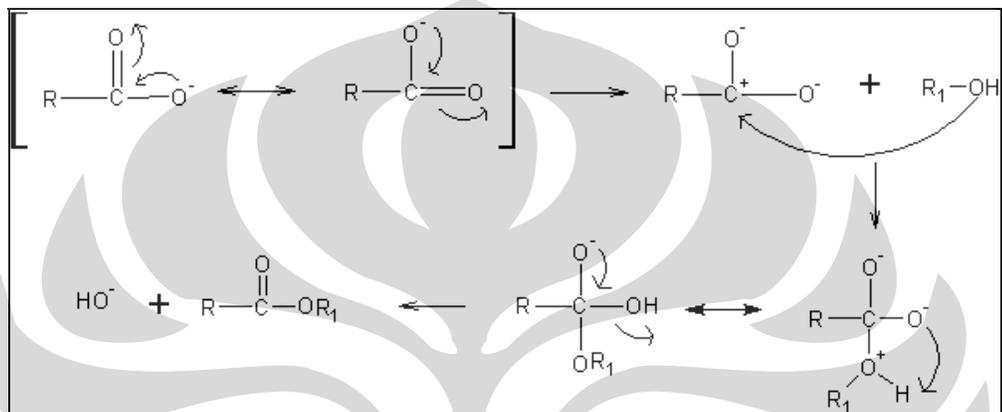
Padatan KOH yang digunakan terlebih dahulu dilarutkan dalam metanol. Metanol disini selain berfungsi sebagai pereaksi, juga berfungsi sebagai jembatan kepolaran untuk mempertemukan *Castor Oil* yang bersifat cenderung non polar dengan KOH yang bersifat cenderung polar. Metanol mempunyai sifat yang unik sebab berada pada level polar dan non polar sehingga dapat melarutkan KOH dan juga dapat melarutkan *Castor Oil*. Larutan metanol + KOH dimasukkan secara perlahan dan pengadukan terus dilakukan agar larutan tersebut terdispersi secara merata.



**Gambar 4.1.** Reaksi Saponifikasi

KOH di dalam metanol akan mengalami ionisasi dan bereaksi dengan trigliserida saat dicampurkan ke dalam minyak. Reaksi yang terjadi merupakan

saponifikasi yang menghasilkan produk gliserol dan garam karboksilat dari asam risinoleat. Hasil dari reaksi ini adalah suatu alkoksi ( $RO^-$ ), yaitu metoksi yang sangat reaktif. Gugus metoksi yang dihasilkan ini memiliki sifat nukleofilisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk metanolnya. Metoksi ini selanjutnya akan menyerang atom C pada gugus karbonil yang bersifat lebih positif.



**Gambar 4.2.** Reaksi Transesterifikasi

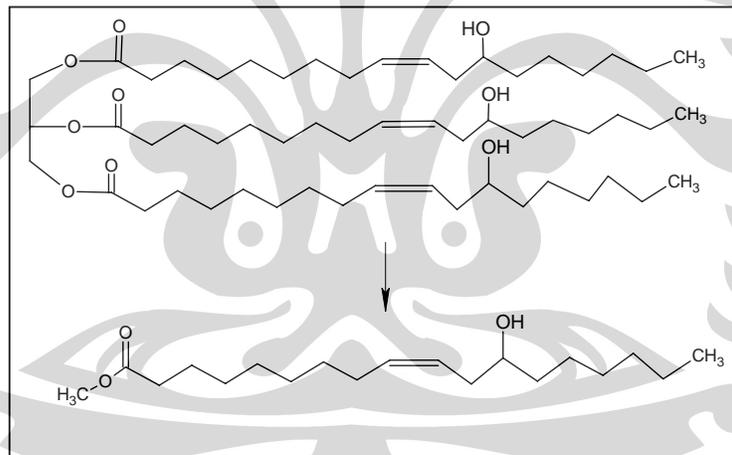
Hasil dari penyerangan ini, yaitu suatu senyawa intermediet yang tidak stabil dalam bentuk enolnya. Intermediet yang terbentuk dari penyerangan ini tidak stabil dan segera melakukan penataan membentuk ester dengan pelepasan kembali  $OH^-$  dari katalis basa yang bereaksi pada tahap saponifikasi.

Secara stoikiometri, perbandingan minyak dan metanol adalah 1:3, namun reaksi ini adalah reaksi yang sedikit reversibel, maka perbandingan mol minyak : metanol harus ditingkatkan, yaitu dengan membuat metanol berlebih. Berdasarkan penelitian sebelumnya, perbandingan minyak : metanol optimum adalah 1 : 6 atau 1 : 9. Penelitian ini menggunakan perbandingan mol minyak dan metanol 1:6.

Reaksi transesterifikasi ini berjalan selama 1 jam dengan suhu  $35^\circ C$  dan dilakukan pengadukan secara konstan. Hasil dari reaksi transesterifikasi ini adalah *Castor Oil Methyl Ester* (COME) dan gliserol. Setelah reaksi berjalan selama 1 jam, didiamkan selama semalam untuk memisahkan gliserol dengan COME yang terbentuk. Gliserol dan COME yang telah memisah menjadi dua lapisan dipisah dengan cara didekantasi. Metil ester dengan berat jenis yang lebih kecil berada

pada posisi atas sedangkan gliserol dengan berat jenis yang lebih besar berada pada bagian bawah. Gliserol yang dihasilkan ini berwarna kemerahan, sedangkan metil ester yang diperoleh berwarna kuning jernih.

COME yang didapat dari reaksi ini lalu dicuci dengan akuades hangat ( $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  C) yang bertujuan untuk menghilangkan sisa basa, metanol, dan gliserol. Pencucian dilakukan hingga air cucian tidak lagi membirukan lakmus merah dan air cucian sudah bening. Setelah itu dilakukan pemanasan secara vakum untuk menarik air sisa pencucian hingga diperoleh COME yang berwarna kuning bening tidak ada gelembung-gelembung udara lagi. Prinsip dari pemanasan secara vakum ini, yaitu mengikuti hukum Gas Ideal dimana tekanan dan suhu memiliki hubungan berbanding terbalik. Pada pemberian tekanan tinggi dengan volume yang sama akan menurunkan temperatur. Dengan adanya tekanan yang tinggi akan membuat air pada suhu yang cukup rendah telah dapat menguap.



**Gambar 4.3.** Perubahan struktur trigliserida *Castor Oil* menjadi COME

#### 4.2.2 Tahap II: Reaksi Epoksidasi

Tahapan selanjutnya merupakan reaksi epoksidasi, yaitu pembentukan cincin epoksida dari ikatan rangkap dua. COME sebagai bentuk metil ester dari *Castor Oil* tersebut masih mengandung gugus ikatan rangkap yang memiliki potensi yang sangat besar untuk berikatan dengan oksigen bebas ataupun

senyawa elektrofil lainnya. Hal ini akan menyebabkan COME yang dihasilkan mudah teroksidasi dan memiliki umur penyimpanan yang relatif pendek. Oleh karena itu tujuan dari tahap dua ini yaitu mengurangi jumlah gugus ikatan rangkap, sehingga dapat mengurangi tingkat oksidasi minyak.

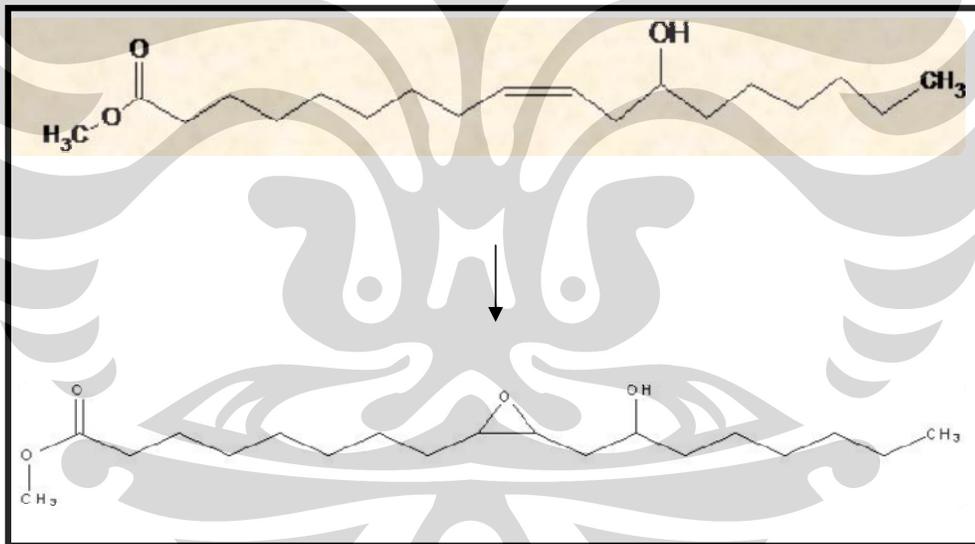
Pertama-tama yang dilakukan pada tahap II yaitu COME yang dihasilkan pada tahap I dipanaskan hingga suhu  $60^{\circ}\text{C}$  dengan pengadukan konstan di dalam reaktor. Dalam pembentukan cincin epoksida ini digunakan oksidator asam peroksida dan katalis asam format. Asam peroksida dan asam format dicampur terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam reaktor yang berisi COME. Pencampuran tersebut menghasilkan asam peroksi yang bersifat reaktif sebagai osidator. Asam peroksi yang dihasilkan kemudian dimasukkan setetes demi setetes ke dalam reaktor. Lama-kelamaan warna larutan berubah dari kuning bening menjadi orange keruh. Reaksi dilakukan selama 1,5 jam dengan menjaga suhu tetap konstan pada  $65^{\circ}\text{C}$ . Perbandingan mol antara  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan COME yang diperlukan, yaitu 1,5 : 1. Perbandingan mol ini merupakan perbandingan mol untuk mendapatkan kondisi teroksidasi yang optimal.

Penggunaan  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebagai peroksida sebenarnya telah cukup untuk mengepoksidasi ikatan rangkap yang terdapat COME. Namun sifat peroksida yang terdapat pada  $\text{H}_2\text{O}_2$  tidaklah terlalu reaktif untuk mengepoksidasi COME. Oleh karena itu diperlukan suatu katalis asam yang dapat membuat  $\text{H}_2\text{O}_2$  menjadi lebih bersifat reaktif. Katalis asam yang diperlukan ini, yaitu asam-asam organik, seperti asam format. Hal ni dikarenakan jika katalis yang digunakan bukanlah asam organik, maka akan terdapat kemungkinan tidak terbentuknya siklis epoksi, melainkan akan terbentuk pemutusan ikatan rangkap dari COME.

Asam peroksi format yang terbentuk saat  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan asam format dicampurkan akan berinteraksi dengan ikatan rangkap. Asam peroksi bertindak sebagai elektrofilik dan mentransfer satu atom oksigennya kepada ikatan rangkap. Reaksi ini akan membentuk kembali asam format yang kembali bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$  lain membentuk asam peroksi, mentransfer satu atom oksigen ke dalam ikatan rangkap lain, dan terlepas lagi dalam bentuk asam formatnya. Proses ini terjadi berulang-ulang sampai seluruh ikatan rangkap di dalam COME dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  habis bereaksi. Karena itulah meskipun dari reaksi pembentukan asam peroksi

dibutuhkan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan asam format dengan perbandingan mol 1 : 1, asam format dapat digunakan dalam jumlah yang lebih sedikit karena dalam mekanisme reaksinya akan selalu terbentuk kembali. Dengan demikian asam format disebut sebagai katalis dalam reaksi epoksidasi ini.

Reaksi pembentukan ECOME ini merupakan reaksi yang paling menentukan dalam beberapa tahap pembuatan pelumas dari Castor Oil. Hal ini dikarenakan, dengan berhasilnya pembuatan COME menjadi bentuk terepoksidasinya akan membuat menurunnya probabilitas minyak lumas tersebut untuk mudah teroksidasi, selain itu dengan dihasilkannya epoksida yang bersifat reaktif ini dapat membantu tahapan reaksi berikutnya, yaitu reaksi adisi molekul atau senyawa lain untuk meningkatkan kompatibilitas antara minyak lumas dengan mesin yang akan dilumasi.



**Gambar 4.4.** Perubahan Struktur COME menjadi ECOME

Data uji bilangan iod pada produk tahap I dan tahap II mengalami penurunan, dari 2,2842 pada COME menjadi 0,7614 pada ECOME. Penurunan drastis dari angka iod ini sesuai dengan teori pembentukan cincin epoksida. Dalam pembentukan cincin epoksida, suatu ikatan rangkap alkena akan

tergantikan oleh cincin epoksida itu sendiri. Makin sedikit adisi pada ikatan rangkap oleh alkena akan mengakibatkan angka iod juga akan turun. Jadi data angka iod ini membuktikan bahwa benar telah terjadi pembentukan cincin epoksida dari ikatan rangkap yang telah ada sebelumnya.

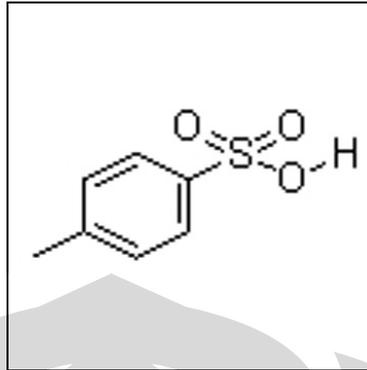
Proses terakhir pada tahap modifikasi ini, yaitu pencucian dengan air hangat dan juga pemanasan ECOME yang dihasilkan secara vakum. Pencucian dengan air ini bertujuan untuk melarutkan sisa asam formiat yang terdapat pada sistem. Air hasil pencucian tersebut dibuang dari sistem, sehingga ECOME diharapkan tidak mengandung sisa-sisa asam formiat. Pencucian dilakukan hingga diperoleh air cucian yang tidak memerahkan lakmus biru lagi.

Sama halnya pada proses pemanasan vakum COME, pemanasan vakum kali ini pula bertujuan untuk menghilangkan air yang masih tersimpan pada ECOME.

#### **4.2.3 Tahap III: Pembukaan Cincin Epoksida**

Tahap selanjutnya yang merupakan tahap terakhir dari reaksi modifikasi *Castor Oil* yaitu reaksi pembukaan cincin epoksida. Pada tahap ini dilakukan pembukaan cincin epoksida pada tahap sebelumnya dengan menggunakan alkohol rantai panjang yaitu 1-oktanol. Meskipun ECOME memiliki ketahanan oksida relatif baik namun memiliki sifat yang sangat reaktif karena memiliki gugus oksiran. ECOME yang dihasilkan dari tahap sebelumnya yang mempunyai gugus oksiran akan dibuka cincin epoksidanya dengan menggunakan 1-oktanol. Pembukaan cincin oksiran lebih mudah dilakukan dengan adanya asam, oleh karena itu pada reaksi pembukaan cincin epoksida ini digunakan katalis asam yaitu PTSA.

Katalis PTSA berbentuk padatan putih oleh karena itu harus dilarutkan terlebih dahulu agar didapatkan fungsinya sebagai katalis homogen. PTSA memiliki karakteristik sebagai katalis yang sering digunakan dalam reaksi esterifikasi, epoksidasi, transesterifikasi, dan juga reaksi alkilasi suatu senyawaan kimia. Pada reaksi pembukaan cincin kali ini, PTSA yang digunakan berfungsi sebagai katalis dalam proses alkilasi.



**Gambar 4.5.** Struktur dari Para Toluene Sulfonic Acid (PTSA)

Penggunaan katalis ini karena beberapa alasan berikut, yaitu

1. Katalis ini bersifat asam, oleh karena itu kondisi asam yang diberikan oleh katalis ini akan mendestabilkan tegangan ikatan pada cincin epoksida. Dengan begitu, cincin epoksida akan terbuka.
2. Selain itu, PTSA ini walaupun bersifat oksidator, namun dalam reaksinya PTSA tidak akan mengoksidasi ECOME yang ada.
3. PTSA yang digunakan bersifat anhidrat untuk mengurangi kesalahan relatif yang disebabkan oleh molekul air. Dengan begitu cincin epoksida yang telah terbuka tidak akan bereaksi dengan molekul air, melainkan akan berikatan seluruhnya dengan gliserol.

PTSA dilarutkan dalam 1-oktanol yang dapat berperan sebagai pelarut organik yang dapat melarutkan PTSA. Hal ini dilakukan agar PTSA dapat dengan efektif berperan sebagai katalis dalam bentuk ionnya dibandingkan dengan dalam bentuk kristalnya. Pelarutan PTSA ini akan menghasilkan toluene sulfonic ion dan  $H^+$ . Dalam pembuatan pelumas ini, kita menghindarkan hadirnya air di dalam system, sehingga tidak digunakan katalis asam mineral dimana membutuhkan pelarut air. *p-Toluenesulfonic Asam* (PTSA) adalah senyawa organik dengan rumus  $CH_3C_6H_4SO_3H$ . Sering disingkat TsOH, sebenarnya dapat larut dalam air, alkohol, dan larutan organik.

Senyawa alkohol dipilih dalam penelitian ini untuk menggantikan senyawa gliserol dan diol yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya dalam reaksi

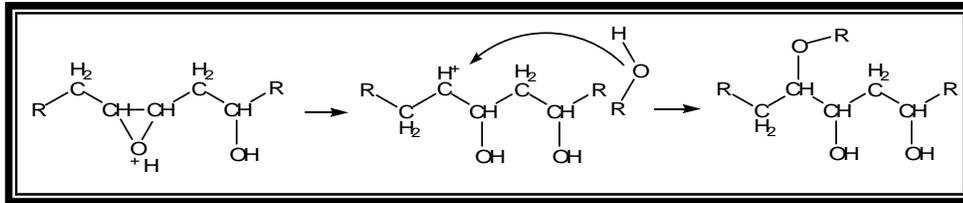
pembukaan cincin epoksida. Gliserol dan senyawa diol memiliki gugus hidroksi yang merupakan elektrofil yang baik dalam reaksi pembukaan cincin epoksida, namun produk reaksi dari gliserol dan diol ini masih belum kompatibel dengan minyak lumas dasar mineral karena adanya perbedaan kepolaran diantara keduanya (Hernawati, B.D & Anggoro, M.A, 2009; Arizona, T.A & Atmanegara, A, 2010).

Senyawa alkohol dipilih sebagai alternatif karena memiliki satu gugus hidroksil. Jumlah OH yang lebih sedikit diharapkan dapat menghasilkan produk yang memiliki sifat pelumasan yang lebih baik serta kompatibel dengan minyak lumas dasar mineral karena kepolarannya berkurang.

Pada tahap ini dilakukan reaksi dengan tiga variasi yaitu variasi volume, suhu, serta waktu. Variasi ini dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimum pelepasan cincin epoksida. Variasi volume 1-oktanol yang digunakan yaitu 65 mL, 95 mL, dan 125 mL. suhu yang digunakan yaitu pada suhu 60°C, 80°C, dan 100°C. selain itu juga dilakukan variasi waktu selama 6 jam, 8 jam, dan 10 jam.

Minyak ECOME dipanaskan terlebih dahulu untuk meningkatkan energi kinetik molekul-molekulnya sehingga siap untuk bereaksi. Setelah PTSA larut dalam 1-oktanol, larutan tersebut langsung dimasukkan perlahan-lahan ke dalam reaktor yang berisi ECOME panas. Dengan adanya panas dalam sistem ini menyebabkan katalis PTSA akan reaktif terhadap cincin epoksida yang ada pada ECOME. Pada saat 1-oktanol + PTSA ditambahkan maka akan terjadi reaksi pembukaan cincin dengan bantuan katalis asam organik kuat PTSA.

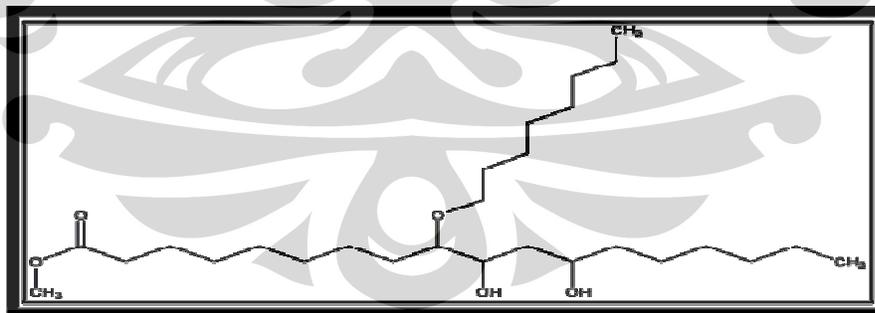
Katalis asam PTSA akan menyerang gugus epoksi,  $H^+$  akan menyerang O yang cukup elektronegatif. Hal tersebut menyebabkan ikatan epoksi akan melemah, sehingga memudahkan masuknya nukleofil 1-oktanol (terjadi adisi nukleofilik). Lepasnya ikatan antara atom C dan O membentuk intermediet karbokation yang kemudian diserang oleh atom oksigen dari senyawa alkohol. Kemudahan lepasnya ikatan ini juga didukung oleh sudut ikatan epoksida yang tegang, sehingga membuatnya mudah terlepas.



**Gambar 4.6.** Pembukaan cincin epoksida melalui tahap protonasi oksigen

Ada dua kemungkinan posisi karbokation yang terbentuk, yaitu di atom karbon nomor 9 atau atom karbon nomor 10. Sesuai dengan prinsip kestabilan, maka posisi yang lebih disukai adalah pada atom karbon nomor 9. Posisi karbokation pada atom karbon nomor 10 akan membuatnya diapit oleh dua gugus hidroksil. Adanya gugus hidroksil ini akan membuat karbokation yang terbentuk kurang stabil akibat terjadi penguatan muatan dari atom oksigen yang elektronegatif. Selain itu, posisi pada atom karbon nomor 10 sterik, sehingga akan menyulitkan nukleofil untuk masuk.

Posisi atom karbon nomor 9 menguntungkan bagi karbokation, selain alasan kurangnya faktor sterik, juga disebabkan oleh adanya rantai alkil di sebelahnya. Gugus alkil merupakan pendorong elektron, sehingga terjadi pemecaran muatan positif dari karbokation yang bersifat menstabilkan (Franisal, 2004).



**Gambar 4.7.** Struktur *Octanol Modified Castor Oil (OctMCO)*

Reaksi pada tahap III ini bertujuan untuk membuka gugus epoksida dan memberikan suatu rantai eter serta bertambahnya jumlah gugus hidroksi. Sebagai

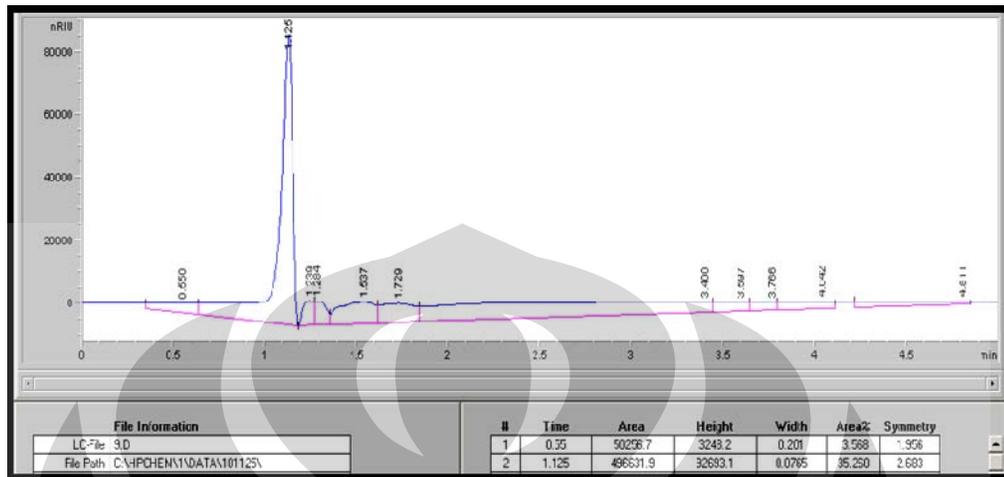
akibat dari perubahan struktur ini, maka karakteristik yang dimiliki oleh produk hasil modifikasi berbeda dari ECOME awalnya.

Pertama kali yang dilakukan variasi yaitu variasi volume sebesar 65 mL, 95 mL, dan 125 mL dilakukan pada suhu 60°C selama 6 jam. Pada reaksi tahap tiga variasi volume ini diperoleh warna minyak yang sama dengan warna minyak ECOME pada tahap sebelumnya. Produk reaksi berwarna oranye dan larutan semakin encer dengan bertambahnya konsentrasi karena senyawa alkohol yang digunakan sangat encer. Berdasarkan uji HPLC dan uji viskositas produk variasi volume ini, diperoleh volume optimum penambahan 1-oktanol sebanyak 95 mL, hal ini sesuai dengan perhitungan mol pada reaksi secara sempurna. Indeks viskositas yang diperoleh pada penambahan 65 mL lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan 95 mL, namun jika berdasarkan perhitungan mol maka pada penambahan 65 mL 1-oktanol belum semua ECOME berubah menjadi OctMCO sehingga di dalam campuran larutan masih mengandung ECOME, maka dapat disimpulkan volume penambahan 1-oktanol yang optimum sebanyak 95 mL. Hal itu juga dapat dilihat dari hasil HPLC yang dilakukan.

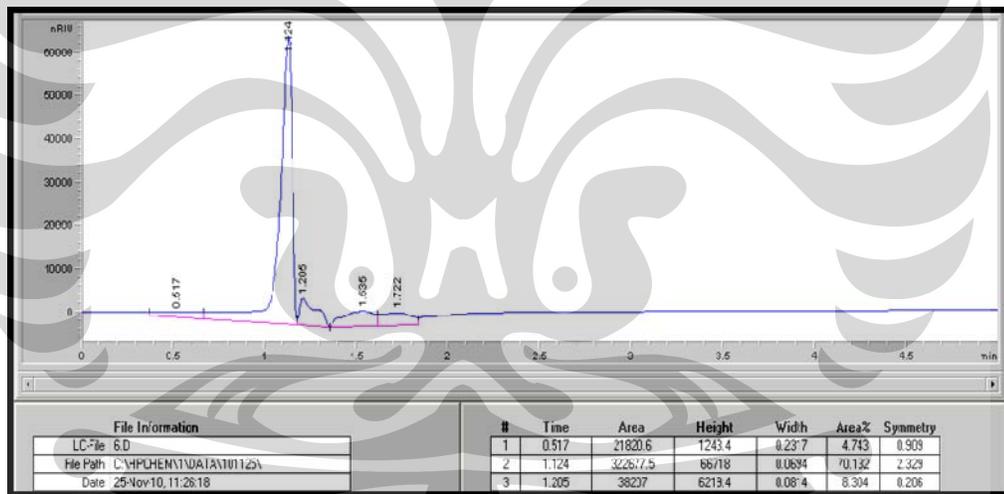
Selanjutnya dilakukan reaksi sebanyak 8 kali dengan menggunakan variasi suhu serta waktu dengan volume 1-oktanol sebanyak 95 mL dengan tujuan mendapatkan produk yang memiliki sifat pelumas yang lebih baik.

Sifat fisik yang teramati yaitu perubahan warna pada OctMCO ketika digunakan suhu 100°C. ECOME yang berwarna oranye berubah menjadi putih dan makin lama waktu yang digunakan maka warna akan berubah menjadi kuning. Sedangkan jika digunakan suhu 60°C dan 80°C tidak terdapat perubahan warna yang signifikan, warna tetap oranye. Selain itu ketika dilakukan pencucian dengan air hangat untuk menghilangkan sisa asam yang terkandung pada produk, pada pencucian pertama di suhu 60°C serta 80°C air cucian langsung tidak merubah lakmus biru menjadi merah, hal itu menandakan reaksi belum sempurna karena katalis asam yang digunakan belum berubah kembali. Sedangkan pada pencucian suhu 100°C, pencucian dilakukan hingga 11 kali sampai diperoleh air cucian yang tidak memerahkan lakmus biru lagi. Dari data nilai indeks viskositas yang diperoleh nilai indeks viskositas yang paling baik yaitu pada keadaan reaksi suhu 100°C selama 10 jam dengan volume 95 mL.

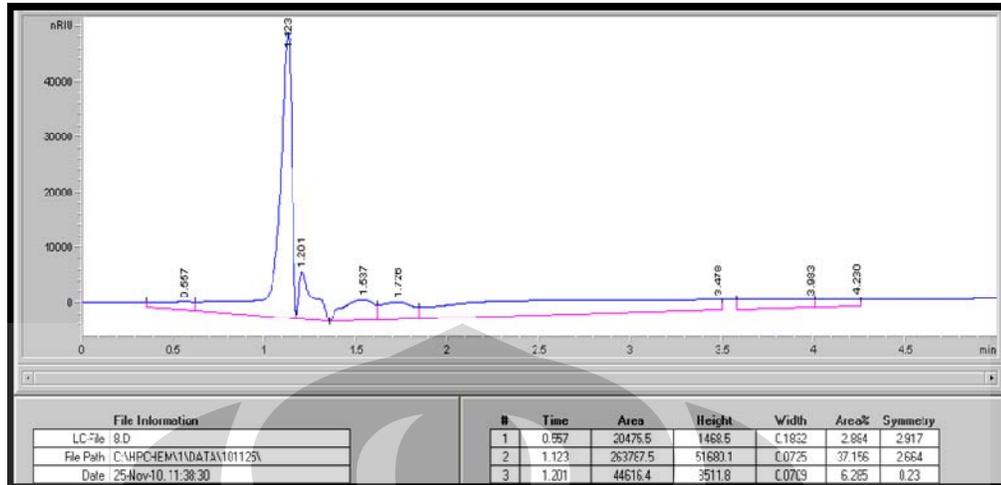
#### 4.2.4 Kromatogram HPLC Reaksi Modifikasi Tiga Tahap



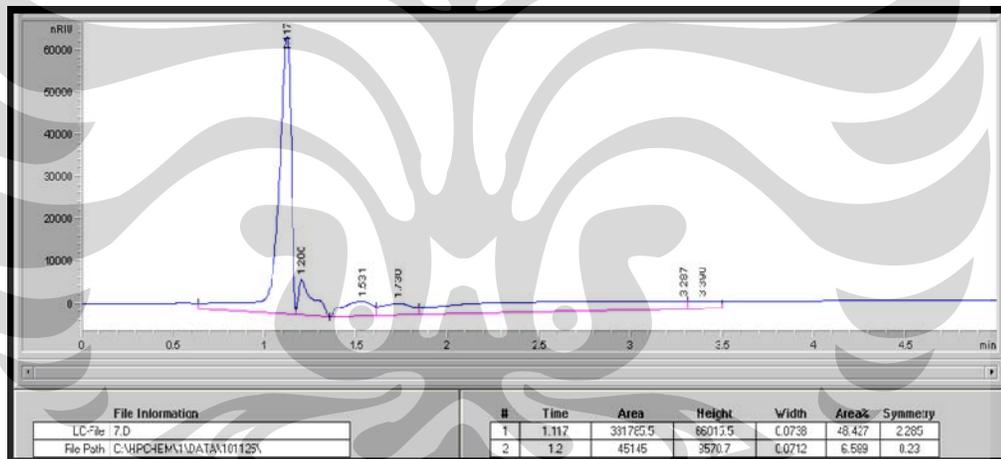
Gambar 4.8. Kromatogram HPLC ECOME



Gambar 4.9. Kromatogram HPLC ECOME + 1-oktanol 65 mL



**Gambar 4.10.** Kromatogram HPLC ECOME + 1-oktanol 95 mL



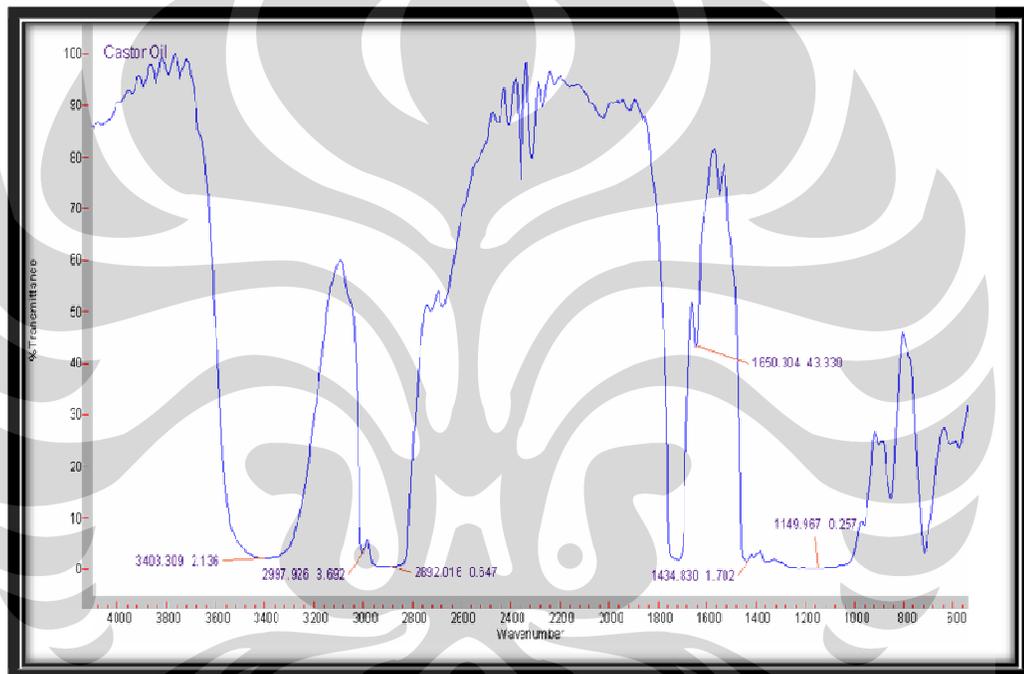
**Gambar 4.11.** Kromatogram HPLC ECOME + 1-oktanol 125 mL

HPLC fase terbalik ini menggunakan kolom C-18 sebagai fase stasioner dan THF sebagai fase gerak, detektor yang digunakan adalah RI (*refractive index*) dengan laju alir sebesar 1 mL/menit.

Pada gambar kromatogram di atas terlihat pengurangan jumlah ECOME pada tahap 3 (ECOME + 1-oktanol). ECOME awal miliki tinggi 92693,1 sedangkan pada penambahan 65 mL 1-oktanol tinggi ECOME yang tersisa sebesar 66718, penambahan 95 mL tinggi ECOME yang tersisa sebesar 51680,1;

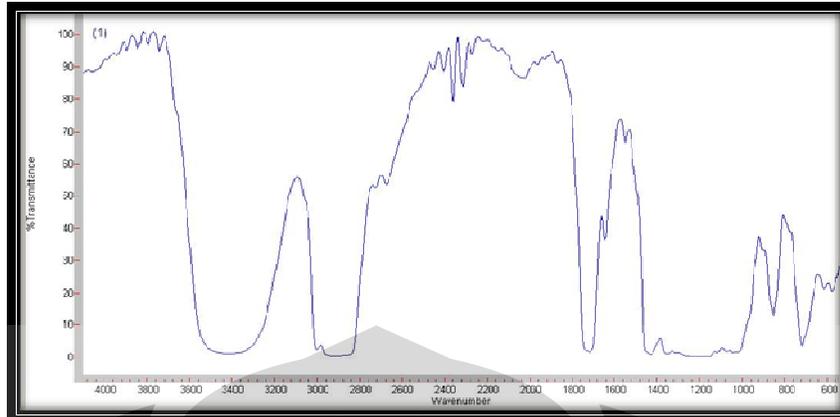
dan pada penambahan 125 mL 1-oktanol tinggi ECOME yang tersisa sebesar 66015,5. Oleh karena itu dapat disimpulkan penambahan 1-oktanol paling baik sebanyak 95 mL karena pada penambahan tersebut diperoleh sisa ECOME yang paling sedikit.

#### 4.2.5 Spektrum IR Reaksi Modifikasi Tiga Tahap

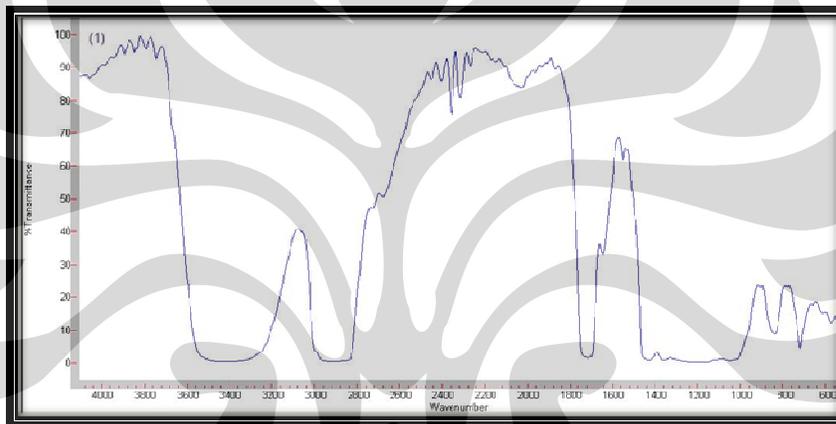


Gambar 4.12. Spektrum IR *Castor Oil*

Pada gambar 4.13 terlihat adanya pita serapan melebar yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H dari gugus  $-\text{CH}_2$  dan  $-\text{CH}_3$  pada bilangan gelombang,  $\bar{\nu} = 2800\text{-}2980\text{ cm}^{-1}$ , serta adanya beberapa gugus hidroksi pada panjang gelombang,  $\bar{\nu} = 3300\text{ - }3500\text{ cm}^{-1}$ . Pada panjang gelombang  $\bar{\nu} = 3000\text{-}3300\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan pita serapan  $=\text{C-H (sp}^2\text{)}$ . Pita serapan yang tajam pada bilangan gelombang,  $\bar{\nu} = 1720\text{ cm}^{-1}$ , mengindikasikan adanya gugus karbonil  $-\text{C=O}$  dari ester.

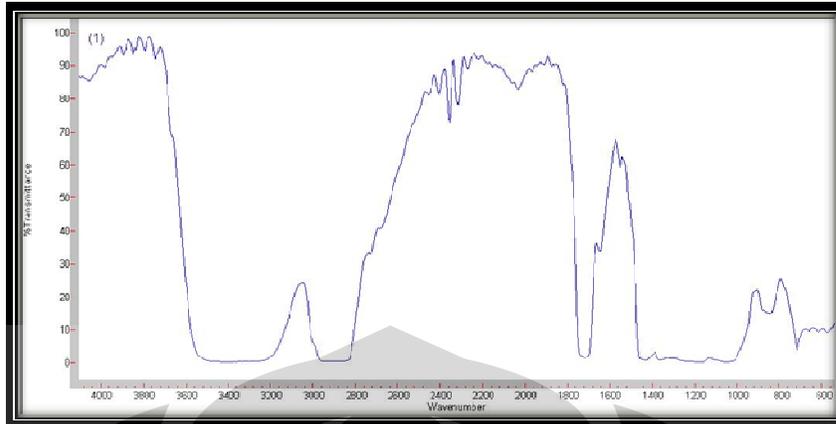


**Gambar 4.13.** Spektrum IR COME



**Gambar 4.14.** Spektrum IR ECOME

Pada gambar spektrum IR COME terlihat masih terdapat pita serapan pada panjang gelombang,  $\bar{\nu} = 3000\text{-}3300\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan masih adanya ikatan rangkap alkena namun serapan melemah jika dibandingkan dengan serapan pada *Castor Oil*. Hal tersebut menunjukkan berkurangnya jumlah ikatan rangkap alkena. Sedangkan pada spektrum IR ECOME tidak ada pita serapan pada panjang gelombang tersebut yang menunjukkan sudah tidak adanya ikatan rangkap alkena.



**Gambar 4.15.** Spektrum IR ECOME + 95 mL 1-oktanol

### 4.3 Uji Karakteristik Fisika-Kimia

Untuk melihat apakah suatu minyak lumas dapat dikatakan sebagai minyak lumas yang ideal, maka perlu diketahui sifat fisika dan kimia dari minyak lumas tersebut. Dengan mengetahui sifat fisika dan kimia tersebut, maka dapat diketahui kondisi penggunaan dari minyak lumas tersebut, sifat-sifat apa saja yang perlu diperbaiki dari minyak lumas tersebut agar sesuai dengan kriteria minyak lumas yang diinginkan. Beberapa karakteristik fisika kimia yang sangat mempengaruhi kualitas minyak lumas, yaitu *flash point*, *pour point*, *viscosity kinematic*, *Total Acid Number*, dan *Iodine Value*.

#### 4.3.1 Densitas

Pengukuran densitas diperlukan untuk mengetahui jumlah reaktan dalam reaksi. Dari hasil pengukuran, diperoleh densitas *Castor Oil*, *COME*, *ECOME* secara berurutan sebesar 0,9745; 0,9319; 0,9685 g/cm<sup>3</sup>.

### 4.3.2 Viskositas Kinematik dan Indeks Viskositas

Pada sifat fisika *viscosity kinematic* ini akan dibahas melalui sudut pandang nilai empirisnya, yaitu *viscosity index* (VI) dari suatu minyak lumas. Viskositas suatu pelumas adalah suatu ukuran dari besar tahanan yang diberikan oleh pelumas untuk mengalir atau dengan perkataan lain adalah suatu ukuran kekentalan dari pelumas tersebut. Makin besar viskositas (makin kental) berarti makin besar pula tahanannya untuk mengalir.

Indeks viskositas adalah suatu ukuran dari perubahan viskositas terhadap temperatur. Viskositas pelumas akan turun jika temperatur naik, sebaliknya viskositas akan naik jika temperatur turun. Perubahan ini tidak akan sama untuk semua pelumas. Untuk menunjukkan perubahan ini dengan suatu bilangan maka digunakan indeks viskositas yang dapat diukur melalui perbandingan angka viskositas yang ditentukan pada dua temperatur, yaitu 40°C dan 100°C.

Pelumas yang baik diharapkan memiliki viskositas cukup rendah pada suhu yang rendah, sehingga dapat mengalir dengan mudah saat mesin mulai dinyalakan. Sebaliknya, pada suhu tinggi, viskositas harus cukup tinggi agar tetap dapat mengalir dan melapisi permukaan mesin dengan baik.



**Gambar 4.16.** Perubahan Viskositas pada tiap tahapan reaksi

Pada gambar 4.16 terlihat adanya penurunan nilai viskositas dari *Castor Oil* setelah melalui reaksi transesterifikasi. Penurunan ini diakibatkan karena adanya pemotongan rantai trigliserida asam lemak risinoleat menjadi metil ester. Peningkatan viskositas terjadi pada tahap II dengan bertambahnya jumlah oksigen

pada struktur molekul. Sedangkan pada tahap III mengalami penurunan dikarenakan 1-oktanol yang berwujud sangat cair sehingga viskositas mengalami penurunan.



**Gambar 4.17.** Perubahan nilai Indeks Viskositas pada tiap tahap

Pada percobaan terlihat bahwa nilai VI dari setiap modifikasi *Castor Oil* memiliki nilai yang berbeda. Pada umumnya terlihat bahwa adanya penurunan nilai VI pada tahap COME dan ECOME. Namun melihat dari hasil pada setiap tahapan modifikasi *Castor Oil* belum diperoleh nilai VI yang melebihi 100. Hal ini mengindikasikan bahwa minyak lumas hasil modifikasi ini belum dapat dijadikan sebagai minyak lumas modern. Hal ini juga dapat disebabkan kurang sempurnanya tahapan akhir pada reaksi modifikasi, dengan adanya kandungan air pada *Castor Oil* hasil modifikasi. Adanya kandungan air ini akan mengganggu proses alir dari minyak lumas dalam tube.

Penelitian Asadauskas et al (1997) menunjukkan bahwa *Castor Oil*, meskipun memiliki viskositas lebih tinggi, tetapi memiliki indeks viskositas relatif rendah dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Hal ini dijelaskan dengan alasan berkurangnya kekuatan ikatan hidrogen seiring peningkatan suhu. Pada jurnal yang sama pula, dijelaskan bahwa ikatan rangkap dan linearitas yang tinggi memungkinkan terjadinya interaksi molekular yang lebih kuat dengan peningkatan suhu dibandingkan ester atau hidrokarbon bercabang. Faktor-faktor inilah yang menjadi penjelasan untuk fenomena menurunnya indeks viskositas dari *Castor Oil*, COME, ECOME, OctMCO.



**Gambar 4.18.** Grafik Perubahan VI OctMCO dengan variasi suhu dan waktu

Berdasarkan gambar 4.18 terjadi kenaikan nilai indeks viskositas seiring dengan kenaikan suhu. Hal ini membuktikan bahwa suhu optimum reaksi tahap III adalah 100°C. Hal tersebut juga dapat dilihat pada saat pencucian produk tahap III, pada suhu 60°C dan 80°C air cucian pertama langsung tidak memerahkan lakmus biru yang menandakan reaksi belum berjalan dengan sempurna karena katalis PTSA belum berubah kembali.

### 4.3.3 Titik Tuang

Titik tuang merupakan salah satu sifat fisika dari pelumas yang sangat penting. Hal ini karena, dengan nilai titik tuang yang bagus dari suatu pelumas akan membuat pelumas tersebut dapat tetap dipakai pada kondisi temperatur yang ekstrim.

Titik tuang merupakan suhu terendah, dimana mulai terbentuk kristal-kristal parafin, dimana minyak lumas masih dapat mengalir atau dalam bentuk cairnya. Titik tuang dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan dan cabang, dimana

semakin tinggi ketidakjenuhan dan cabang, maka titik tuang semakin rendah. Titik tuang juga dipengaruhi oleh panjang rantai karbon, dimana semakin panjang rantai karbon maka semakin tinggi titik tuang.

Salah satu kelemahan dari minyak lumas dasar nabati adalah buruknya nilai titik tuang. Pada suhu yang sedikit rendah, minyak sudah mulai membeku. Karakteristik ini tentu tidak baik untuk negara-negara subtropik yang memiliki musim dingin dengan suhu yang rendah.

Pada penelitian ini diperoleh produk dengan titik tuang relatif rendah yaitu -40. Nilai titik tuang OctMCO bahkan lebih baik daripada minyak mineral pada umumnya.

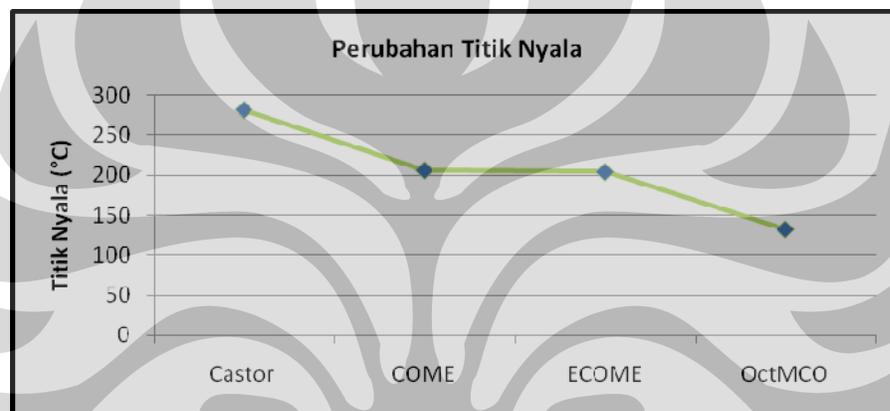


**Gambar 4.19.** Grafik perubahan titik tuang tiap tahap

Pada gambar 4.19 terlihat bahwa *Castor Oil* memiliki titik tuang yang relatif rendah karena masih banyaknya ikatan rangkap yang terdapat dalam trigliserida asam lemaknya. Lalu terjadi peningkatan nilai titik tuang pada COME dan ECOME karena pengurangan jumlah ikatan rangkap. Kemudian titik tuang kembali rendah pada produk tahap III yaitu OctMCO dikarenakan penambahan cabang dari senyawa. Nilai titik tuang yang rendah ini merupakan keunggulan dari produk hasil modifikasi *Castor Oil* jika dibandingkan dengan *Base oil* mineral.

#### 4.3.4 Titik Nyala

Titik nyala merupakan titik terendah dimana uap dari minyak lumas tersebut dapat menimbulkan nyala api. Nyala api ini hanya bersifat sesaat, sehingga api tidak akan tetap menyala hingga mengakibatkan minyak lumas habis terbakar.



**Gambar 4.20.** Grafik perubahan titik nyala pada tiap tahap

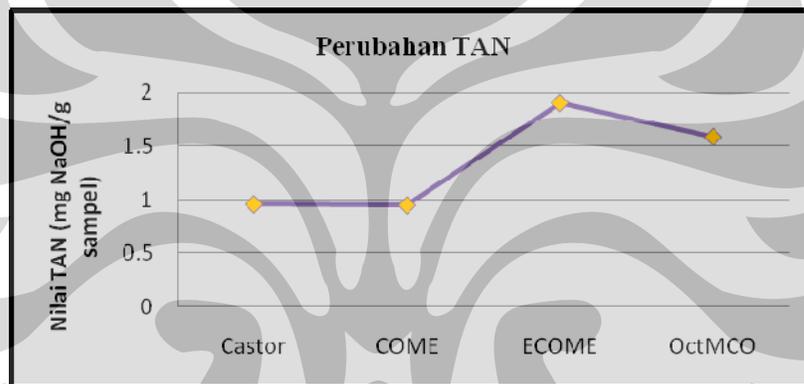
Titik nyala merupakan sifat pelumas yang digunakan untuk prosedur penyimpanan agar aman dari bahaya kebakaran. Pada dasarnya, titik nyala tidak berpengaruh terhadap performa mesin, namun faktor ini sangat menentukan cara penyimpanan pelumas (Agita,G, 2009). Semakin tinggi titik nyala suatu pelumas berarti semakin aman dalam penggunaan dan penyimpanan agar aman dari bahaya kebakaran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi penurunan titik nyala untuk tiap tahapan reaksi. Sebab terjadinya penurunan titik nyala ini, selain dikarenakan sifat khas dari setiap jenis minyak, juga dikarenakan berkurangnya bobot molekul.

#### 4.3.5 Bilangan Asam

*Total Acid Number* (TAN) merupakan jumlah milligram NaOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak lumas. TAN merupakan salah satu karakteristik kimia dari minyak lumas yang sangat penting, karena dengan mengetahui nilai TAN suatu minyak lumas, kita dapat mengetahui tingkat korosifitas minyak lumas tersebut terhadap mesin.

Oleh karena berhubungan dengan kondisi pemakaian, maka idealnya angka asam dilakukan secara berkala pada waktu dan suhu tertentu. Namun dalam penelitian ini, penentuan angka asam tidak diberikan perlakuan khusus, karena hanya ingin diamati kecenderungan perubahan keasaman dan kemungkinan adanya pengotor asam akibat proses pencucian yang tidak maksimal.



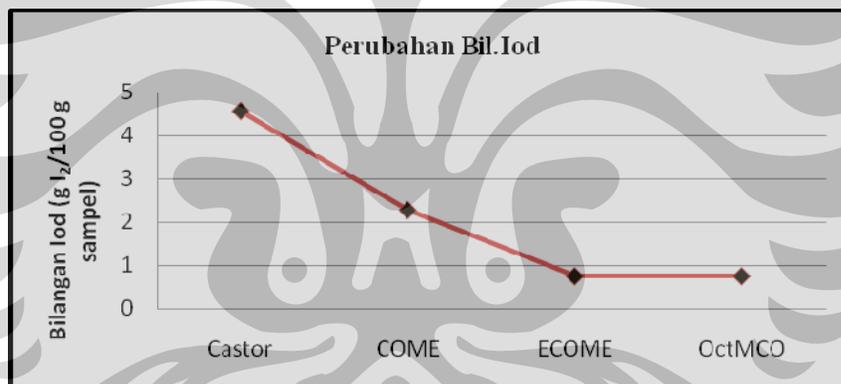
**Gambar 4.21.** Grafik perubahan TAN pada tiap tahap

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi penurunan angka asam pada tahap I, namun terjadi kenaikan angka asam ketika tahap II dan kembali turun pada produk hasil modifikasi tahap III. Pelumas yang baik harus memiliki angka asam yang sangat kecil, tetapi dalam penelitian ini, masih diperoleh angka asam yang cukup tinggi, berkisar sekitar 1-2 gram NaOH/ g sampel. Tingginya angka asam ini mungkin disebabkan karena adanya pengotor asam sisa katalis yang tidak terbuang dari pencucian yang masih terperangkap di dalam larutan.

#### 4.3.6 Bilangan Iodin

*Castor Oil* terdiri dari banyak trigliserida yang memiliki ikatan rangkap pada strukturnya. Adanya ikatan rangkap yang bersifat tidak stabil ini akan membuat minyak lumas menjadi lebih mudah teroksidasi. Tingginya probabilitas suatu minyak lumas teroksidasi akan menyebabkan minyak lumas menjadi tengik dan memiliki nilai bilangan asam yang cukup tinggi. Keadaan ini akan membuat mesin menjadi mudah terkorosi.

Proses pengukuran bilangan, yaitu  $I_2$  akan mengadisi ikatan karbon tidak jenuh (ikatan karbon rangkap) sedangkan sisa  $I_2$  yang tidak bereaksi dengan ikatan rangkap karbon akan bereaksi dengan titrator  $Na_2S_2O_3$  (Natrium Tiosulfate). *Iodine value* ini menjadi indikator banyaknya ikatan rangkap yang ada dalam minyak nabati, semakin sedikit bilangan iodin yang ada dalam sampel minyak maka semakin sedikit ikatan ganda yang rentan terhadap oksidasi.



**Gambar 4.22.** Grafik perubahan Bilangan Iod pada tiap tahap

Penurunan bilangan iod secara signifikan terjadi pada tahap I dan tahap II. Hal itu dikarenakan berkurangnya ikatan rangkap pada senyawa produk.

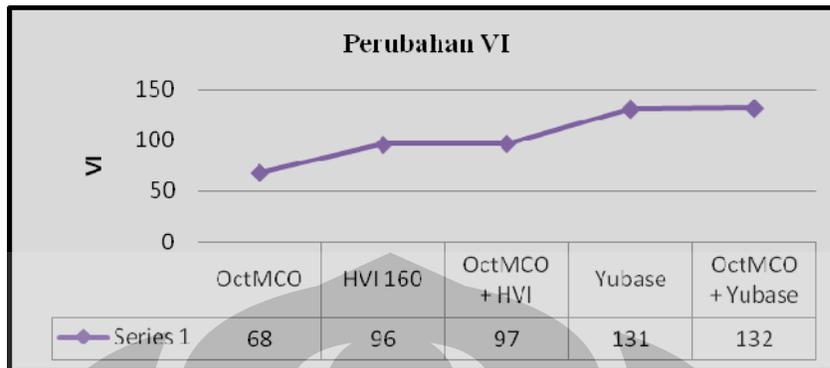
#### 4.4 Uji Kompatibilitas Produk Modifikasi dengan Beberapa *Base Oil*

Minyak lumas hasil modifikasi diuji kompatibilitasnya terhadap minyak lumas dasar mineral yaitu HVI 160 dan Yubase. HVI 160 merupakan minyak lumas hasil pengolahan fraksi pelumas dari minyak bumi, yang terdiri dari senyawa-senyawa C<sub>16</sub>-C<sub>20</sub> parafinik, naftanik, dan aromatik. Sementara Yubase merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dari fraksi ini sehingga kandungan sulfur dan aromatiknya sudah sangat rendah, dengan demikian kualitas minyak lumas dasar Yubase ini jauh lebih baik daripada HVI 160.

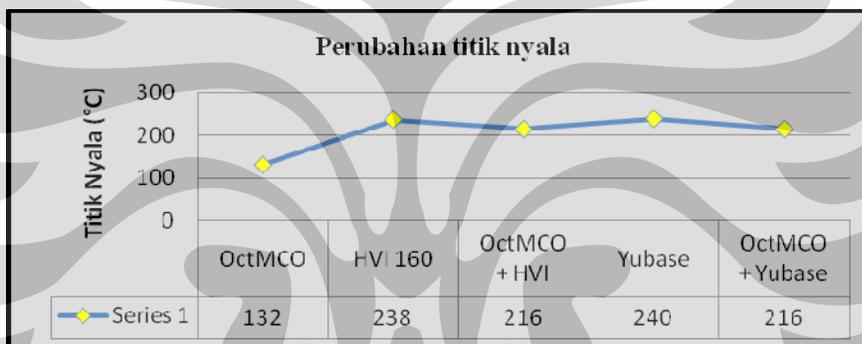
Uji kompatibilitas dilakukan dengan pencampuran OctMCO dengan *base oil* sebesar 8% (w/w). Pencampuran dilakukan selama satu jam dengan pengadukan konstan pada suhu ruang. Setelah pengadukan selesai, campuran didiamkan selama semalam untuk mengetahui pemisahan yang terjadi. Setelah didiamkan semalam diperoleh persen OctMCO yang tercampur dengan *base oil*. Hasil pencampuran didapat produk modifikasi bercampur lebih banyak dengan HVI sebanyak 94,5%, sedangkan dengan Yubase OctMCO yang bercampur sebanyak 74,02%. Hasil pencampuran tersebut terlihat OctMCO lebih kompatibel dengan HVI dibanding dengan Yubase.

Uji sifat fisika-kimia hasil blending produk modifikasi dengan HVI 160 dan Yubase menunjukkan peningkatan nilai indeks viskositas. Nilai titik tuang *base oil* tidak berubah secara signifikan, hal ini menunjukkan blending tidak mempengaruhi nilai titik tuang. Sedangkan pada nilai titik nyala *base oil* mengalami penurunan, namun masih dikisaran 200°C ke atas yang menandakan masih memenuhi standar nilai titik tuang yang baik yaitu >200°C.

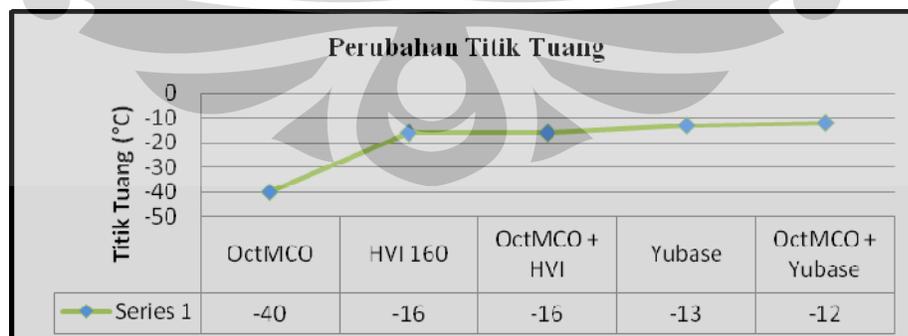
Hasil spektrum uji FTIR (lampiran 9 dan 10) menunjukkan pada pencampuran HVI dengan OctMCO tidak begitu mengalami perubahan jumlah gugus fungsi pada HVI. Sedangkan spektrum FTIR (lampiran 11 dan 12) pada pencampuran Yubase dengan OctMCO terjadi pengurangan jumlah gugus hidroksi, hal itu terlihat dari melemahnya serapan pada panjang gelombang 3300-3500 cm<sup>-1</sup>.



**Gambar 4.23.** Grafik perubahan VI pada blending 8% (w/w)



**Gambar 4.24.** Grafik perubahan titik nyala pada blending 8% (w/w)



**Gambar 4.25.** Grafik perubahan titik tuang pada blending 8% (w/w)

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum reaksi pembukaan cincin epoksida pada penambahan 1-oktanol sebanyak 95 mL pada suhu 100°C selama 10 jam.
2. *Octanol Modified Castor Oil* belum memiliki karakteristik minyak lumas dasar yang baik, namun memiliki kelebihan pada nilai titik tuang yang rendah.
3. Kompatibilitas OctMCO dengan HVI lebih baik dibandingkan dengan Yubase, hal itu terlihat dari banyaknya OctMCO yang tercampur dengan HVI yaitu sebanyak 94,5%.
4. Penambahan OctMCO pada *base oil* dapat menaikkan nilai indeks viskositas *base oil*.

#### 5.2 Saran

Perlu dilakukan sebuah metode pemurnian produk reaksi yang lebih efektif untuk menghilangkan sisa katalis, pereaksi, dan akuades yang digunakan saat pencucian. Pemurnian perlu dilakukan tidak hanya secara fisik, tetapi juga secara kimiawi untuk memaksimalkan hasil yang diperoleh. Selain itu juga sebaiknya pada reaksi pembukaan cincin epoksida digunakan senyawa alkohol rantai panjang yang memiliki kekentalan dan titik didih tinggi agar diperoleh nilai viskositas yang lebih baik serta lebih kompatibel dengan *base oil*.

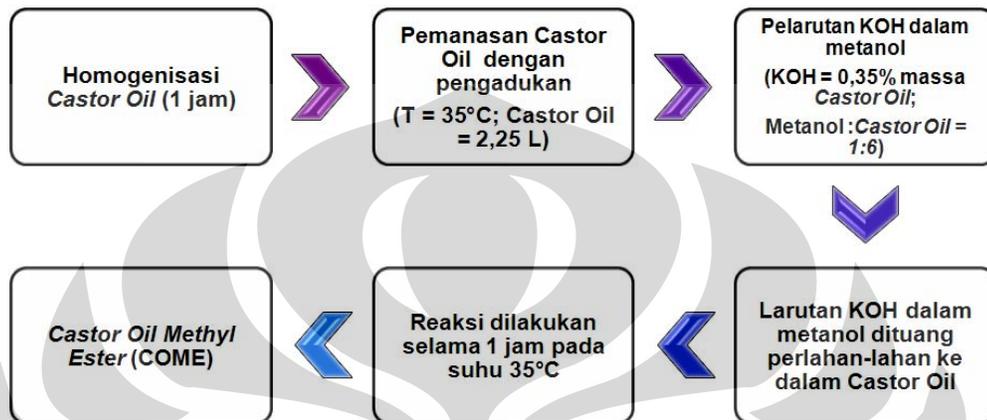
## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Pelumas*. 21 Juli 2010. <http://id.wikipedia.org/wiki/kategori:pelumas>.
- Anonim. *1-Octanol*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Octanol>. (2 Agustus 2010).
- Annual Book of ASTM Standards, (1976) D961. Washington D.C.
- Anggoro, M.A. (2009). *Pembuatan Biopelumas Melalui Reaksi Modifikasi Tiga Tahap pada Minyak Tanaman Jarak Ricinus communis L. atau Castor Oil Serta Uji Kompatibelitasnya Terhadap Beberapa Base Oil* (Laporan PKL). Depok: Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia.
- Atmanegara, A. (2010). *Pembuatan Minyak Lumas Dasar dari Tanaman Jarak Ricinus communis L (Castor Oil) Melalui Reaksi Modifikasi Tiga Tahap Menggunakan 1,4-Butanadiol dan 1,6-Heksanadiol Serta Uji Kompatibelitasnya Dengan Beberapa Base Oil*. Depok: Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia.
- Arizona, T.A. (2010). *Pembuatan Minyak Lumas Dasar dari Tanaman Jarak Ricinus Communis L Menggunakan Senyawa 1,3-Propanadiol dan 1,5-Pentanadiol serta Uji Kompatibilitasnya Terhadap Minyak Mineral*. Depok: Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia.
- Asadauskas, S., Perez, J.M., & Duda, J.L. (1997). Lubrication properties of Castor Oil-potential basestock for biodegradable lubricants. *Journal of The Society of Tribologists and Lubrication Engineers*.
- Fessenden & Fessenden. (1986). *Kimia organik, Edisi Ketiga, Jilid 1*. Jakarta : PT Erlangga.
- Franisal, N, et al. (2004). *Kimia Organik menuju Olimpiade Kimia*. Jakarta : PT. Bina Sumber Daya MIPA.
- Giwangkara, E.G. (2007). *Spektrofotometri Inframerah*. [http://www.chem-is-try.org/artikel\\_kimia/kimia\\_analisis/spektrofotometri\\_infra\\_merah/](http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimia_analisis/spektrofotometri_infra_merah/).
- Hernawati, B.D. (2009). *Pembuatan Biopelumas Melalui Reaksi Modifikasi Tiga Tahap pada Minyak Tanaman Jarak Ricinus communis L. atau Castor Oil Serta Uji Kompatibelitasnya Terhadap Beberapa Base Oil* (Laporan PKL). Depok: Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia.

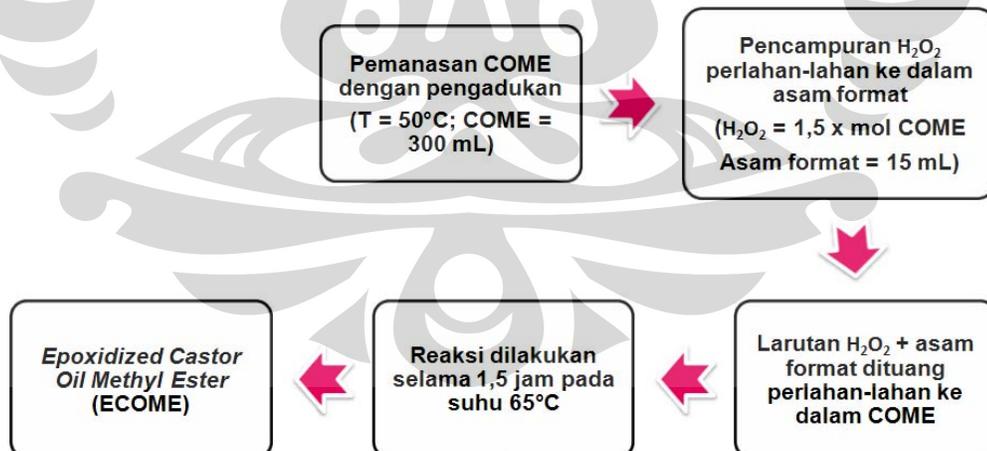
- Karina, R.M. (2005). *Stabilitas Oksidasi Castor Oil sebagai Minyak Lumas Dasar* (Tesis). Depok: Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- La Puppung, P. (1986). *Minyak Jarak Memiliki Potensi Sebagai Bahan Dasar Minyak Pelumas*. Jakarta: Lembaran Publikasi Lemigas No. 4/1986.
- Marlina et al. (2004). Pengaruh konsentrasi oksidator pada proses hidroksilasi minyak jarak (Castor Oil) dengan atau tanpa proteksi gugus hidroksi. *PROC. ITB Sains & Tek, Vol 36 A, No. 1, 2004, 33-43*.
- Misriyanto, Eko, Spd. *Alternatif Penggunaan Minyak Pelumas Kendaraan Tempur Dalam Rangka Menuju Kesiapan Operasi Pertahanan*. Litbang Pertahanan Indonesia. <http://buletinlitbang.dephan.go.id/index>. (21 Juli 2010).
- Saputra, Asep Handaya. *Sekilas Tentang Minyak Pelumas*. Shvoong. <http://id.shvoong.com/tags/sekilas-tentang-minyak-pelumas/>. (24 Juli 2010)
- Suhardono, E. (2006). *Etil Ester Sebagai Biodiesel Masa Datang*. Jakarta: Lembaran Publikasi Lemigas.
- Wartawan, Anton L., (1998). *Pelumas Otomotif dan Industri*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Widodo, Wahyu dan Sri Sumarsih. (2007). *Jarak Kepyar*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

## Lampiran 1 : Skema Prosedur Kerja untuk Setiap Tahapan Reaksi

### Tahap 1 : Reaksi Transesterifikasi

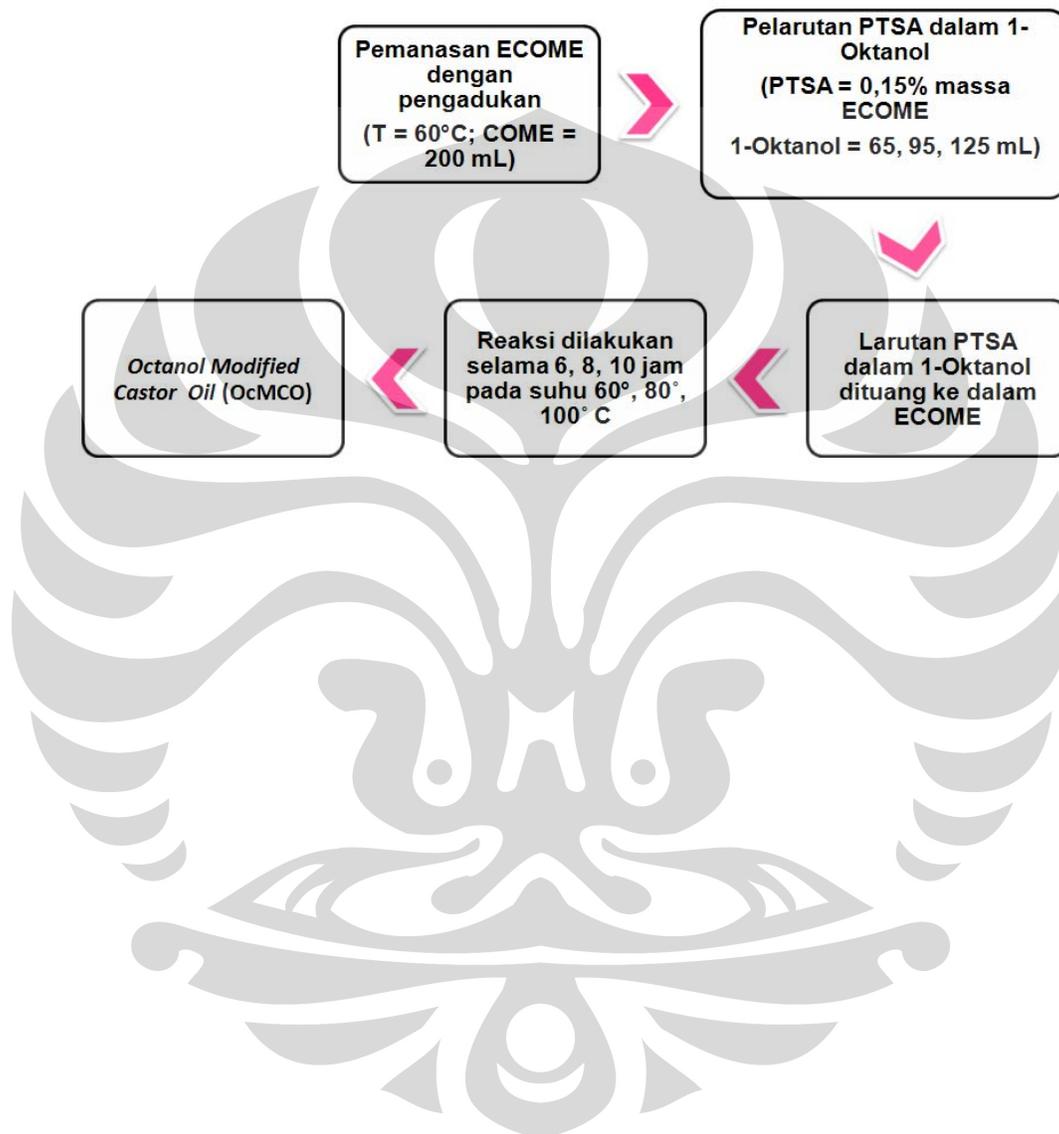


### Tahap II : Reaksi Epoksidasi



(lanjutan)

### Tahap III : Reaksi Pembukaan Cincin Epoksida



## Lampiran 2 : Hasil Perhitungan Reaksi

### TAHAP I

Triglicerida	+	3 Metanol	→	3 COME	+	Gliserol
$C_{57}H_{104}O_9$	+	3 $CH_4O$	→	3 $C_{19}H_{36}O_3$	+	$C_3H_8O_3$
2,3526 mol		13,8744 mol		-		-
2,3526 mol		7,0578 mol		7,0578 mol		2,3526 mol
-		6,8166 mol		7,0578 mol		2,3526 mol

### Castor Oil awal

$$\rho = 0,9745 \text{ g/mL}$$

$$m = \rho \times V$$

$$= 0,9745 \text{ g/mL} \times 2250 \text{ mL}$$

$$= 2.192,625 \text{ g}$$

$$n = m/Mr$$

$$= 2.192,625 \text{ g} / 932 \text{ g/mol} = 2,3526 \text{ mol}$$

### Metanol

$$\rho = 0,79 \text{ g/mol}$$

$$m = \rho \times V = 0,79 \text{ g/mL} \times 562 \text{ mL} = 443,98 \text{ g}$$

$$n = m/Mr = 443,98 \text{ g} / 32 \text{ g/mol} = 13,8744 \text{ mol}$$

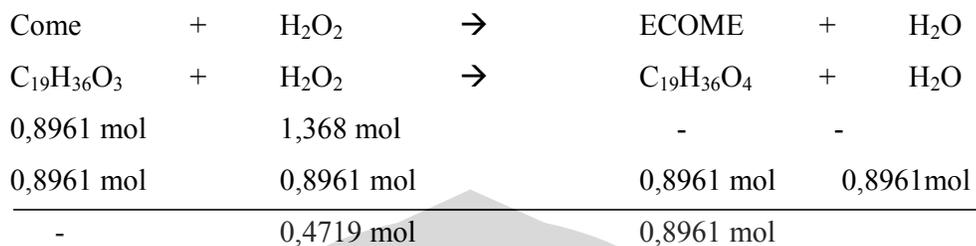
$$\text{COME yang terbentuk} = 7,0578 \text{ mol} \times 312 \text{ g/mol}$$

$$= 2202,0336 \text{ g}$$

$$\text{Gliserol} = 2,3526 \text{ mol} \times 92 \text{ g/mol}$$

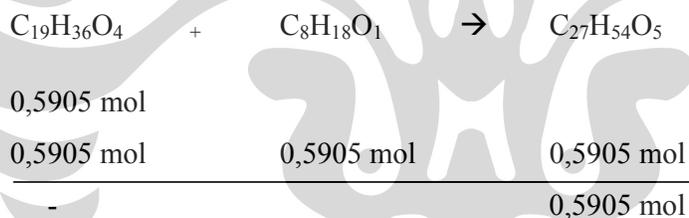
$$= 216,4392 \text{ g}$$

(lanjutan)

**Tahap II: Epoksidasi****ECOME yang terbentuk secara teoritis**

$$m = 0,8961 \text{ mol} \times 328 \text{ g/mol}$$

$$= 293,9208 \text{ gram}$$

**Tahap III : Reaksi Pembukaan Cincin Epoksida****OctMCO yang terbentuk :**

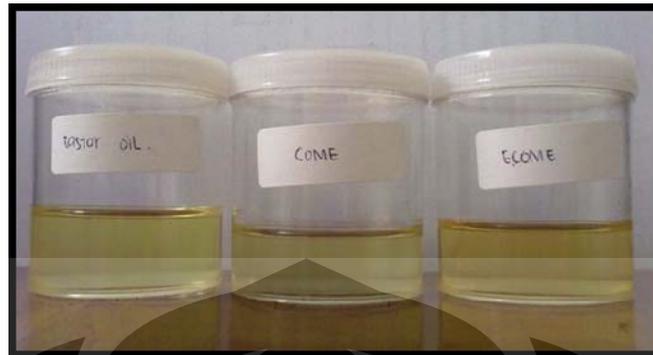
$$\text{Mr OctMCO} = 458 \text{ gram/mol}$$

$$m = n \times \text{Mr}$$

$$= 0,5905 \text{ mol} \times 458 \text{ gram/mol}$$

$$= 270,449 \text{ gram.}$$

**Lampiran 3. Gambar *Castor Oil*, COME, ECOME**



**Lampiran 4. Gambar OctMCO variasi volume**



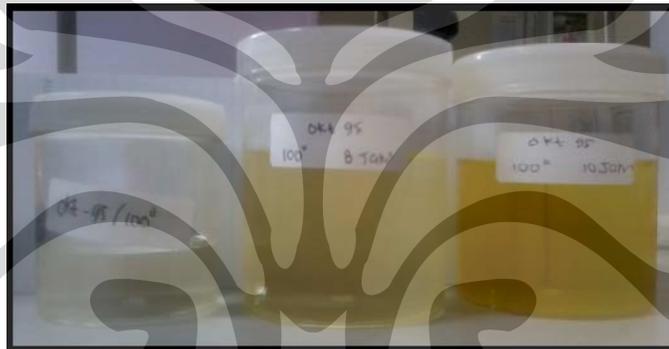
**Lampiran 5. Gambar OctMCO variasi waktu pada suhu 60°C**



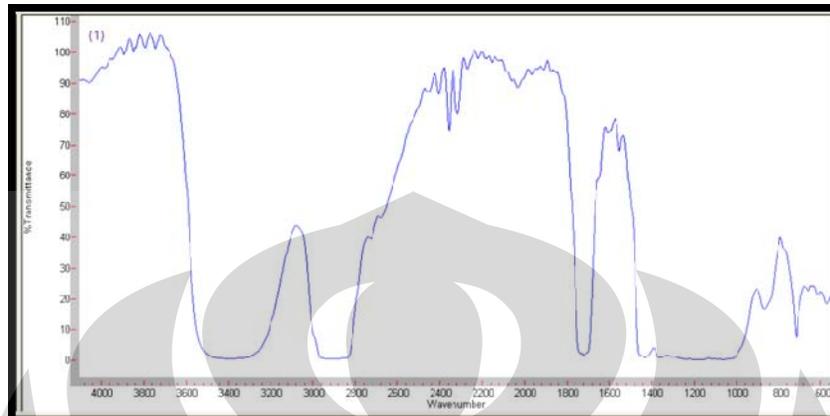
**Lampiran 6. Gambar OctMCO variasi waktu pada suhu 80°C**



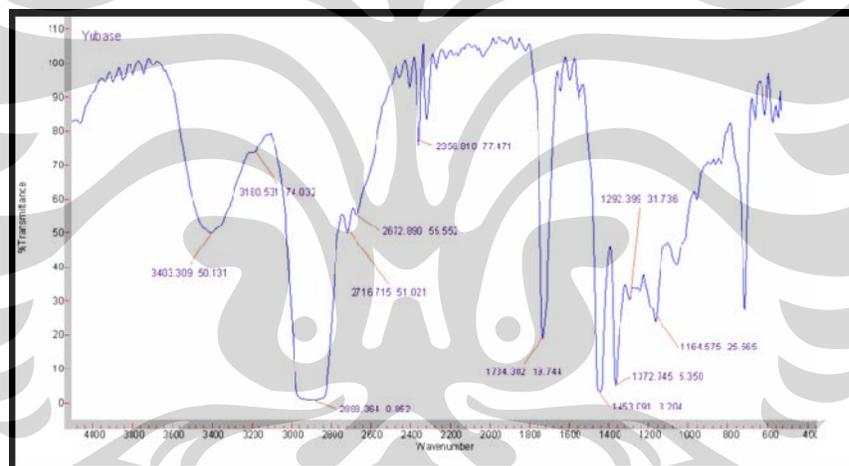
**Lampiran 7. Gambar OctMCO variasi waktu pada suhu 100°C**



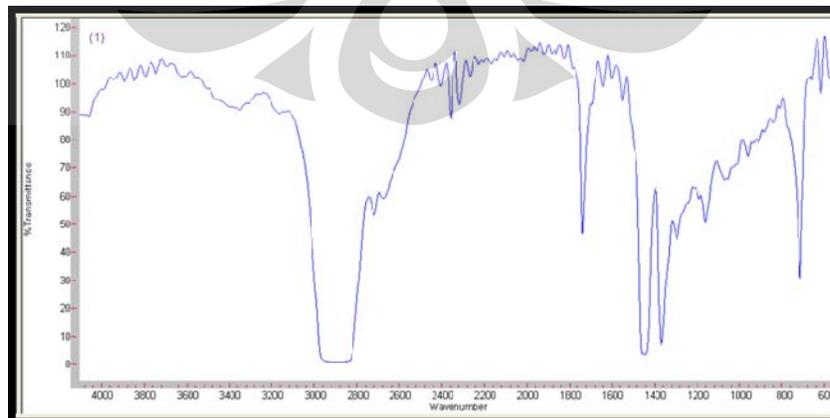
**Lampiran 8. Gambar spektrum IR OctMCO optimum**

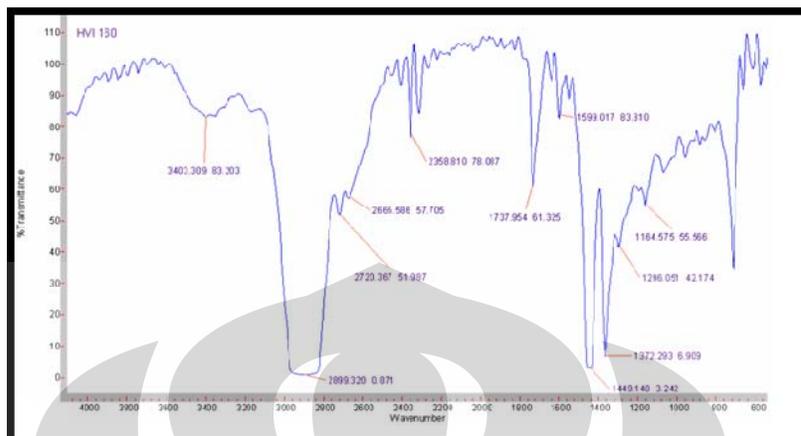


**Lampiran 9. Gambar spektrum IR Yubase**



**Lampiran 10. Gambar spektrum IR OctMCO + Yubase**



**Lampiran 11. Gambar spektrum IR HVI 160****Lampiran 8. Gambar spektrum IR OctMCO + HVI 160**