

# Stabilitas Oksidasi *Castor Oil* Sebagai Minyak Lumas Dasar

Oleh: **Rona Malam Karina**

Peneliti Muda pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Teregistrasi I Tanggal 18 Juli 2008; Diterima setelah perbaikan tanggal 25 Agustus 2008

Disetujui terbit tanggal: 12 Mei 2009

## S A R I

Minyak nabati mempunyai sifat pelumasan yang baik, tetapi stabilitas oksidasinya sangat buruk. Stabilitas oksidasi pada minyak lumas adalah salah satu faktor penting yang berpengaruh selama pemakaian. Oleh karena itu meningkatkan stabilitas oksidasi adalah teknologi kunci untuk keperluan ini. Dalam penelitian ini digunakan 2 macam cara yaitu pertama dengan penambahan 4 jenis aditif antioksidan yang berbeda yaitu *Octadecyl-3-(3,5-di-tert.butyl-4-hydroxyphenyl)-propionate* (P), *Pentaerythritol Tetrakis* (F), *Phenyl-alpha-naphthylamines* (A) dan *Zinc Dialkyl-dithiophosphate* (Zn). Kedua memodifikasi *castor oil* menjadi produk COME (*castor oil methyl ester*) dan ECOME (*epoxidized castor oil methyl ester*).

Evaluasi stabilitas oksidasi bahan dasar minyak lumas menggunakan metode microoxidation dengan pemanasan 200°C. Kemudian hasilnya dianalisis dengan penentuan bilangan asam, viskositas dan massa deposit, untuk melihat pengaruh penambahan aditif dan perbandingannya terhadap hasil modifikasi *castor oil*.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *aromatic amine* (A) adalah aditif paling baik di antara 4 jenis aditif anti oksidan lainnya. Penambahan sebesar 1%-berat aditif aromatik amine dapat menahan stabilitas oksidasi sampai 69% nilai kenaikan TAN nya, sedangkan untuk data viskositas dan massa deposit kenaikannya meningkat sampai 50%. Sehingga diperoleh data bahwa efektifitas penambahan 1 %-berat aditif antioksidan A (jenis *Aromatic Amine*) yang ditambahkan ke dalam **castor oil** dapat meningkatkan stabilitas oksidasi. *COME Gliserol* (*Castor Oil Methyl Ester Glycerol*) sebagai hasil modifikasi *castor oil* dapat menaikkan ketahanan oksidasi sampai + 50 %.

Kata kunci: Vegetable Oil, Oxidation Stability, antioxidant additive (belum di Indonesiakan)

## ABSTRACT

*Vegetable oils are known to provide good lubricity, but very poor oxidation stability. The oxidation stability of lube oil is one of the important factors which determine its performance. Therefore, increasing oxidation stability is the technological key to improve the performance of lube oil from vegetable. For this purpose, it was applied 2 methodologies; firstly, by adding 4 types of antioxidant additives such as Octadecyl-3-(3,5-di-tert.butyl-4-hydroxyphenyl)-propionate (P), Pentaerythritol Tetrakis (F), Phenyl-alpha-naphthylamines (A) and Zinc Dialkyl-dithiophosphate (Zn), and secondly, by modifying castor oils molecules to produce COME (castor oil methyl ester) and ECOME (epoxidized castor oil methyl ester).*

*Oxidation stability of lube base oil was evaluated using microoxidation method by heating this oil at 200°C. The results were analyzed for total acid number, viscosity and mass deposit to observe the effect of the addition of additives in comparison with the results of castor oil modification.*

*This research shows that the aromatic amine (A) is the best antioxidant additive among others. The addition of 1 % weight of aromatic amine (A) can inhibit oxidation stability up to 69 % from the increasing value of TAN, whereas viscosity and mass deposit increase significantly up to 50%. So it is inferred that the addition of 1% weight of antioxidant additive A (aromatic amine) into the castor oil can effectively improve an oxidation stability. In addition, COME Glycerol modified from the castor oil can increase the oxidation resistivity approximately up to 50%.*

*Keywords: vegetable oil, oxidation stability, antioxidant additive.*

## I. PENDAHULUAN

Pelumas yang dikenal masyarakat didefinisikan sebagai minyak lumas dan gemuk lumas. Bahan dasar pembuatannya berasal dari minyak bumi, bahan sintetik, pelumas bekas, dan bahan lainnya. Berdasarkan bahan bakunya, pelumas dikategorikan menjadi pelumas mineral dan pelumas sintetik. Pelumas mineral mengandung 70% atau lebih minyak bumi yang dihasilkan dari bitumen sedangkan pelumas sintetik mengandung kurang dari 70%. (Pertamina, 2005)

Saat ini pelumas di Indonesia dibuat dengan menggunakan bahan dasar minyak (*base oil*) yang berasal dari fraksi minyak bumi (mineral) dengan penambahan beberapa bahan aditif. Penambahan aditif dilakukan untuk memperbaiki karakteristik unjuk kerja pelumas, seperti indeks viskositas yang rendah, detergen, kestabilan oksidasi, mengurangi busa, menahan temperatur tinggi, dll. Untuk mesin otomotif yang bekerja dengan putaran dan temperatur tinggi diperlukan minyak pelumas khusus dengan kualitas tinggi. Untuk aplikasi tersebut, biasanya digunakan bahan dasar minyak dari senyawa sintetik (*polyolefin*) atau senyawa nabati.

Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan, terdapat sejumlah minyak nabati yang memiliki potensi untuk dijadikan sebagai minyak lumas dasar (*base oil*), diantaranya minyak jarak (*castor oil*), minyak bunga matahari (*sun flower oil*), minyak kacang kedelai (*soybean oil*), *rapeseed oil*, dan lain-lain<sup>(1)</sup>. Penggunaan minyak nabati dalam industri pelumas sudah sangat luas, akan tetapi kemudian tergeser oleh bahan dari minyak bumi. Pada perkembangan selanjutnya, minyak bumi menguasai industri minyak pelumas dunia karena harganya lebih murah dibandingkan dengan minyak pelumas dari bahan nabati. Menipisnya cadangan minyak bumi memaksa para pelaku industri pelumas untuk mencari bahan alternatif sebagai pengganti. Meningkatnya kesadaran terhadap lingkungan juga mendorong banyak kalangan

untuk mengarahkan pilihan pada bahan nabati khususnya minyak jarak<sup>(2)</sup>.

### A. Latar Belakang

Minyak nabati dan lemak hewan diketahui mempunyai tingkat degradasi secara biologi yang tinggi, namun minyak-minyak tersebut mempunyai stabilitas oksidasi yang sangat rendah. Dengan meningkatnya kesadaran akan lingkungan yang bersih, industri terdorong untuk memproduksi minyak lumas yang ramah lingkungan. Minyak pelumas ini mempunyai efek minimum terhadap lingkungan dan cocok untuk berbagai aplikasi. Meningkatkan stabilitas termal, stabilitas oksidasi dan stabilitas hidrolitik dari minyak nabati dapat dilakukan dengan memodifikasi secara kimia, seperti esterifikasi/transesterifikasi, hidrogenasi, dimerisasi/oligomerisasi, metatesis, dan formasi ikatan C-C dan C=O. <sup>(1,6)</sup>

Produk-produk oksidasi dari minyak dan lemak, diantaranya adalah asam organik dapat meningkatkan korosivitas, juga polimerisasi dari produk oksidasi dapat meningkatkan pembentukan deposit *varnish* dan *sludge*. Oksidasi pada minyak juga dapat mengakibatkan meningkatnya viskositas yang berhubungan dengan meningkatnya kadar asam, yang sering dianggap sebagai ukuran kerusakan dari minyak.

Namun demikian, minyak nabati memiliki sifat "*oilness*" yang baik, jika dibandingkan dengan minyak mineral. Arti sebenarnya adalah minyak nabati menempel pada permukaan logam yang lebih kuat dibandingkan dengan minyak mineral. Lapisan yang menempel tersebut dapat memberikan perlindungan efektif terhadap gesekan.<sup>(5)</sup>

Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan, terdapat sejumlah minyak nabati yang memiliki potensi untuk dijadikan sebagai minyak lumas dasar (*base oil*). *Castor Oil* yang diperoleh dari biji tanaman jarak (*Ricinus communis*) telah lama digunakan sebagai bahan industri, terutama sebagai minyak pelumas.

Dibanding dengan minyak lumas lain, minyak lumas dari minyak jarak memiliki keunggulan yaitu viskositasnya yang stabil pada suhu rendah dan suhu tinggi, sehingga *castor oil* ini dapat diandalkan sebagai minyak lumas mesin pesawat udara.<sup>(1)</sup>

Cara sederhana untuk menghilangkan ikatan rangkap adalah proses transesterifikasi yaitu trigliserida dari minyak jarak dipotong menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Proses epoksidasi yaitu memodifikasi ikatan rangkap karbon menjadi gugus oksirana dengan menggunakan hidrogen peroksida dan katalis asam formiat. Hasil dari epoksidasi ini disebut *Epoxidized Castor Oil Methyl Ester* (ECOME) yaitu hidrokarbon jenuh yang mengandung banyak gugus fungsi (ester, eter, dan hidroksida) yang dapat melindungi permukaan logam dengan ketahanan oksidasi yang lebih baik. Produk *Epoxidized Castor Oil Methyl Ester* (ECOME) yang mengandung gugus oksirana tersebut, dapat dimodifikasi dengan reaksi pembukaan cincin oksirana dengan etanol atau gliserol untuk menghasilkan produk akhir yang lebih baik.<sup>(3)</sup>

Pada penelitian ini dilakukan uji ketahanan oksidasi dari minyak jarak dan turunannya dengan metode uji mikrooksidasi dan uji oksidasi *bulk*. Pada uji mikrooksidasi ini diketahui jumlah deposit yang terjadi pada mangkuk logam, sedang pada uji oksidasi *bulk* diketahui adanya peningkatan viskositas dan kenaikan angka asam.

## B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan stabilitas oksidasi dari minyak nabati dengan cara modifikasi kimia dan penambahan aditif antioksidan.

## III. METODOLOGI

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah *castor oil*, hasil modifikasi *castor oil* yaitu *castor oil metil ester*, *Epoxidized Castor Oil Methyl Ester* dan *Castor Oil Methyl Ester Glycerol* serta 4 jenis aditif antioksidan yaitu *Octadecyl-3-(3,5-di-tert.butyl-4-hydroxyphenyl)-propionate* (P), *Pentaerythritol Tetrakis* (F), *Phenyl-alpha-naphthylamines* (A) dan *Zinc Dialkyldithiophosphate* (Zn).

### 1. Persiapan Percontoh dan Analisis Percontoh

Percontoh yang diuji ketahanan oksidasinya adalah *castor oil*, *castor oil* ditambah aditif, serta hasil modifikasi *castor oil* yaitu COME (*castor oil*

*metil ester*), ECOME (*Epoxidized Castor Oil Methyl Ester*) dan COME Gliserol (*Castor Oil Methyl Ester Glycerol*)

Sedang metode yang digunakan adalah *microoxidation tester* dan uji oksidasi *bulk*,<sup>(4)</sup> dengan kondisi pengujian pada suhu 200°C dengan aliran oksigen 30 ml/detik, dan variasi waktu uji 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Uji mikrooksidasi ini untuk mengetahui jumlah deposit yang terjadi pada mangkuk logam, sedang uji oksidasi *bulk* untuk mengetahui adanya peningkatan viskositas dan kenaikan angka asam.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perbandingan Castor Oil dan Castor Oil yang ditambahkan Aditif

Proses oksidasi yang berlangsung pada *castor oil* akan menghasilkan senyawa-senyawa asam organik, sehingga mengakibatkan TAN meningkat. Senyawa-senyawa asam organik yang terbentuk dari hasil oksidasi bisa berupa keton, aldehida atau asam-asam organik rantai pendek. Hasil analisis TAN dari *castor oil* dan *castor oil* yang ditambah antioksidan dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1. terlihat bahwa TAN pada *castor oil* murni menunjukkan kenaikan yang sangat cepat yaitu dari 1.22 mgKOH/g (sebelum teroksidasi) sampai pada waktu 150 menit menghasilkan nilai TAN 6.452 mgKOH/g. Dibandingkan dengan *castor oil* yang ditambahkan aditif kenaikan TAN sedikit meningkat.

Untuk jenis antioksidan yang sama yaitu jenis hindered fenol (kode F dan P) dengan penambahan jumlah yang sama yaitu 1%-berat, dapat menahan stabilitas oksidasi sampai 51%, dan untuk penambahan aditif 0,1 %-berat Zn dapat menahan stabilitas oksidasi *castor oil* sampai 60 %, sedang untuk antioksidan jenis aromatik amine dapat menahan stabilitas oksidasi *castor oil* sampai 69%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan aditif antioksidan jenis aromatik amine sebesar 1%-berat adalah yang paling baik untuk meningkatkan stabilitas oksidasi pada *castor oil*.

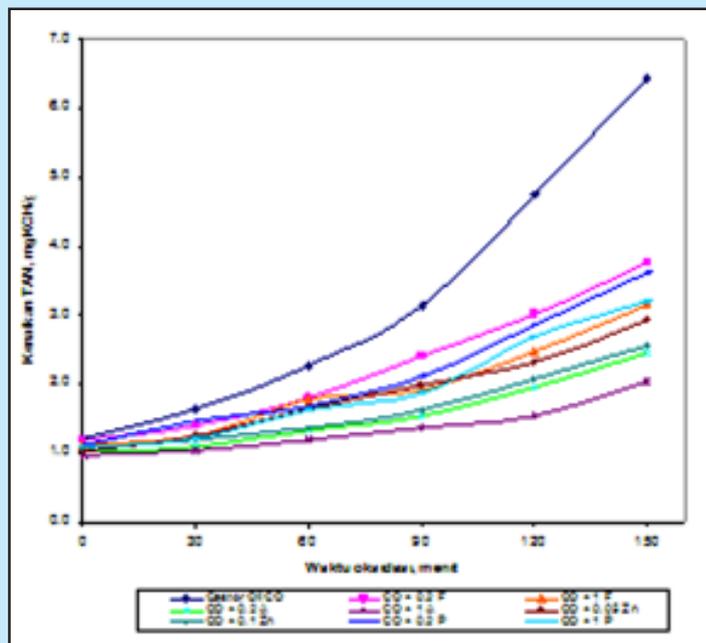
Viskositas adalah sifat atau karakteristik minyak lumas yang sangat penting, yang dapat mempengaruhi ketebalan film dan *wear rate* dari permukaan logam (*sliding surface*). Viskositas juga digunakan untuk mengidentifikasi golongan (*grade*) dari masing-masing minyak lumas, dan untuk monitoring perubahan

yang terjadi pada minyak lumas selama pemakaian. Peningkatan viskositas biasanya menunjukkan bahwa minyak tersebut telah rusak karena oksidasi atau kontaminasi.

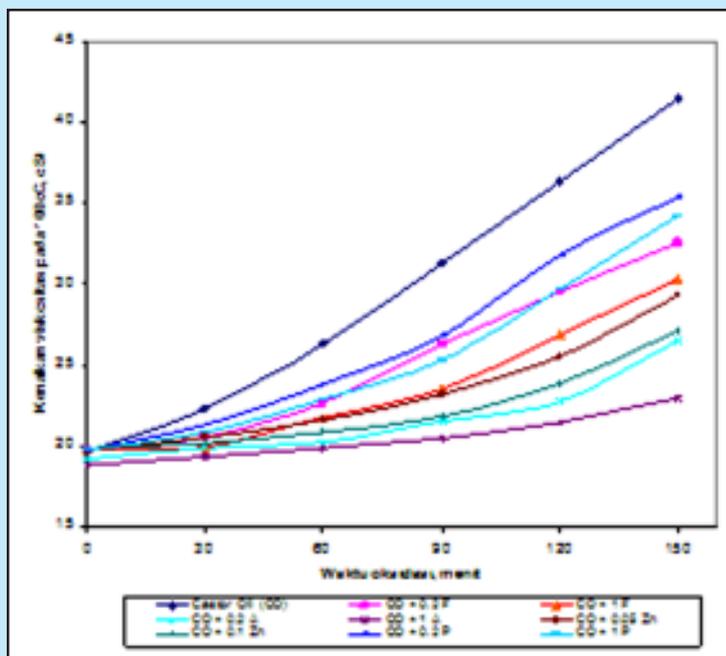
Gambar 2. Memperlihatkan bahwa viskositas *castor oil* murni naik sangat cepat mengikuti lamanya waktu oksidasi, sedangkan *castor oil* yang telah ditambah aditif anti-oksidan relatif stabil sampai 120 menit waktu oksidasi, kemudian naik perlahan-lahan dengan lamanya waktu oksidasi. Sedangkan sampel *castor oil* yang ditambahkan aditif anti oksidan jenis amina sebesar 1%-berat, jika dibandingkan dengan *castor oil* murni, hasilnya menunjukkan bahwa viskositas sampel tersebut mengalami perubahan  $\pm 45\%$  stabilitas oksidasinya meningkat dengan lamanya waktu oksidasi, dibandingkan dengan antioksidan Zn dan P/F yang stabilitas oksidasinya naik 35% dan 25%.

Gambar 3. Memperlihatkan bahwa massa deposit dari *castor oil* murni naik dengan pesat mengikuti lamanya waktu oksidasi, sedangkan *castor oil* yang ditambahkan aditif antioksidan kenaikan massa deposit yang terbentuk naik setelah waktu pemanasan mencapai 60 menit. Untuk dua jenis aditif yaitu aditif Zn dan antioksidan F/P dapat menahan pembentukan deposit sampai hanya samapai 72% dan 62%, jika dibandingkan dengan hasil dari oksidasi *castor oil* murni. Untuk *castor oil* yang ditambahkan aditif antioksidan amine (A) hasilnya lebih baik dibandingkan dengan 2 aditif lainnya yaitu kenaikannya secara perlahan-lahan mengikuti lamanya waktu oksidasi, dan dapat menahan kenaikan massa deposit sampai 91%.

Dari keseluruhan hasil diatas stabilisasi oksidasi *castor oil* dapat ditingkatkan dengan penambahan aditif antioksidan yang sesuai sebagai



Gambar 1  
Pengaruh penambahan aditif pada castor oil terhadap kenaikan TAN



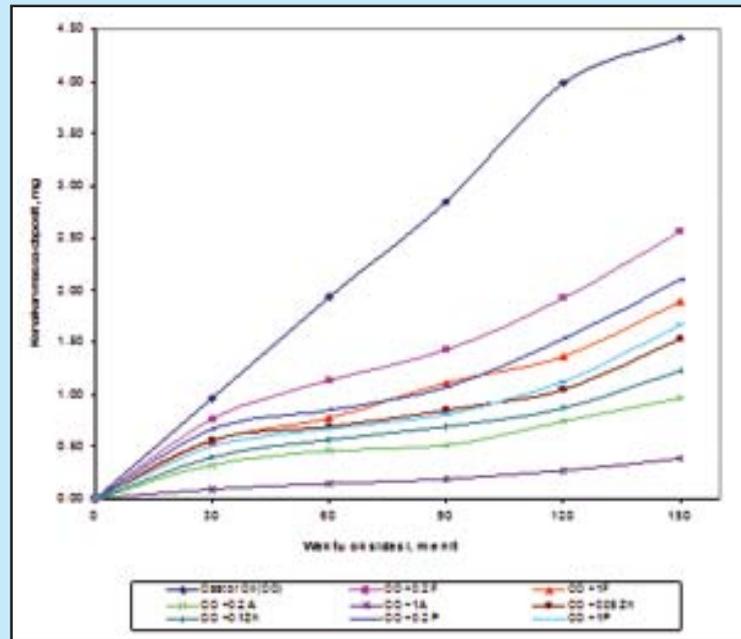
Gambar 2  
Pengaruh penambahan aditif pada castor oil terhadap kenaikan Viskositas

contoh jenis aditif antioksidan amine, untuk meningkatkan kinerja *castor oil* sebagai bahan minyak lumas dasar dimasa mendatang. Dengan ketahanan stabilitas yang baik, pembentukan produk-produk oksidasi dapat dicegah, sehingga viskositas dan TAN *castor oil* tidak mudah berubah dan minyak lumas yang menggunakan bahan dasar *castor oil* dapat digunakan lebih lama.

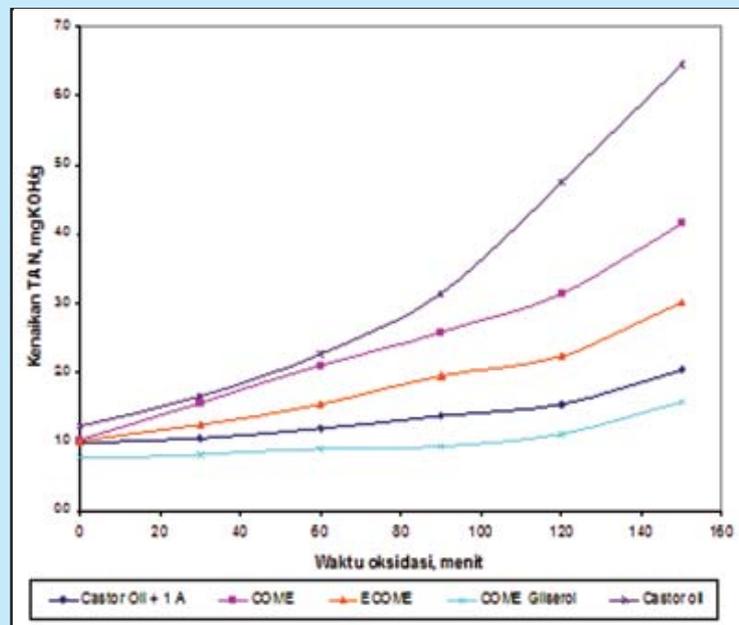
**B. Perbandingan castor oil yang ditambah 1 %-berat aditif A (Aromatic Amine) dengan COME, ECOME, dan COME Glycerol sebagai hasil modifikasi castor oil**

Dari hasil penelitian di atas *castor oil* yang ditambahkan aditif anti oksidan A sebesar 1 %-berat, memperlihatkan data yang paling baik dalam mempertahankan sifatnya sebagai pelumas akibat adanya pemanasan yang tinggi dibanding dengan aditif lain yang dipakai dalam penelitian ini.

Pada Gambar 4. Terlihat bahwa TAN dari *castor oil* yang ditambah 1 %-berat aditif A naik secara bertahap jika dibanding dengan COME kenaikan TAN naik secara cepat mengikuti lamanya waktu oksidasi, sedang pada ECOME memperlihatkan kenaikan TAN lebih kecil dari COME, hal ini dimungkinkan pada COME masih terdapat ikatan rangkap atau senyawa tak jenuh yang lebih mudah teroksidasi pada waktu tertentu, sehingga keasaman dapat meningkat, hal ini dapat menyebabkan karat dan keausan pada metal. Untuk COME Gliserol kenaikan TAN tampak setelah mencapai waktu 120 menit, namun jika dibandingkan dengan *castor oil* yang ditambahkan aditif perbedaan kenaikannya sangat signifikan. Secara keseluruhan hasil modifikasi *castor oil* kualitasnya hampir sama dengan *castor oil* yang ditambah 1%-berat aditif A.



**Gambar 3**  
Pengaruh penambahan aditif pada castor oil terhadap kenaikan Massa Deposit



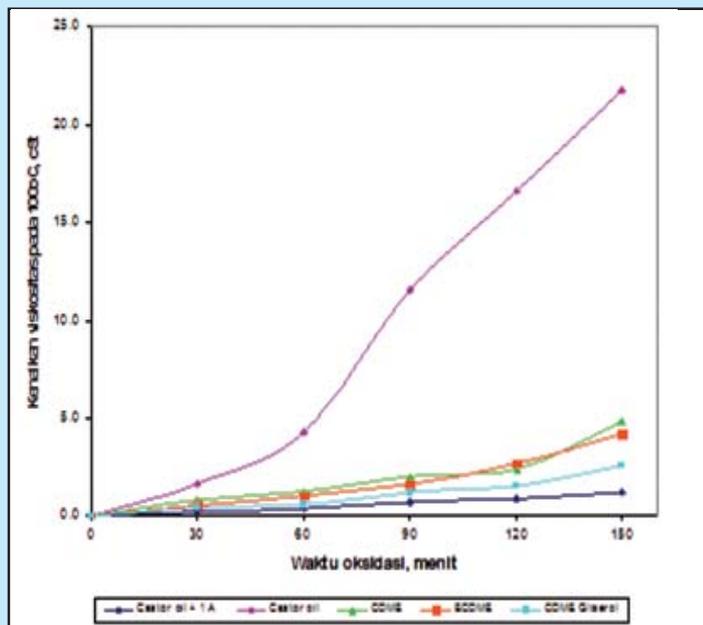
**Gambar 4**  
Pengaruh hasil modifikasi castor oil terhadap kenaikan TAN

Sedang pada Gambar 5. Di bawah terlihat bahwa untuk hasil modifikasi *castor oil* dan *castor oil* ditambah aditif 1%-berat Aromatic Amine sangat stabil dan memperlihatkan kenaikan secara perlahan-lahan mengikuti lamanya waktu oksidasi jika dibandingkan dengan *castor oil* yang kenaikan viskositasnya sampai 81%. Hal ini terbukti bahwa melalui modifikasi dan penambahan aditif, *castor oil* dapat ditingkatkan, sehingga dapat digunakan sebagai minyak lumas dasar.

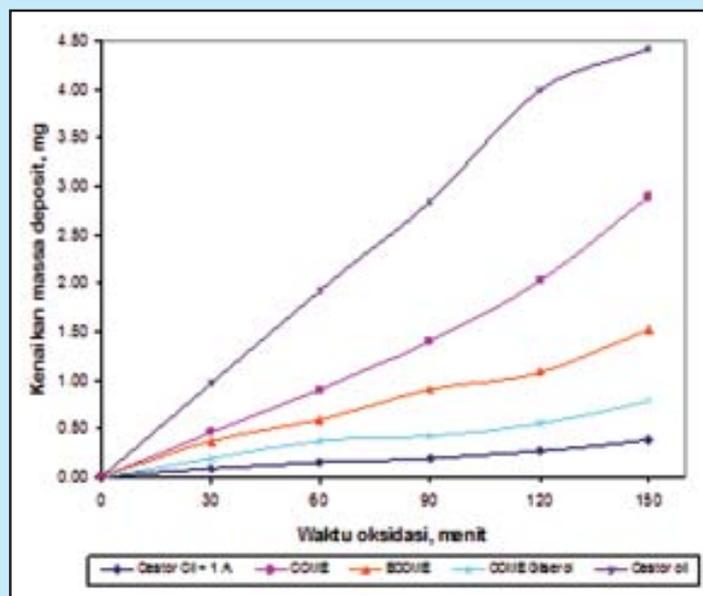
Sedang untuk hasil *castor oil* yang dimodifikasi ketahanan oksidasinya bertambah  $\pm 50\%$  dibanding dengan *castor oil* murni, sedang dengan *castor oil* yang ditambahkan aditif A COME Gliserol, ECOME dan COME ketahanan oksidasinya berturut-turut sedikit lebih kecil. (CO + 1 A > COME Gliserol > ECOME > COME > CO).

Tampak pada Gambar 6. di bawah ini bahwa kenaikan massa deposit *castor oil* yang ditambahkan aditif hampir sama dengan kenaikan viskositas, namun untuk COME Gliserol massa depositnya lebih tinggi dibandingkan dengan *castor oil* yang ditambahkan aditif, hal ini karena COME Gliserol mempunyai sifat asam yang tinggi sehingga mudah teroksidasi dan tidak adanya zat penghalang untuk memperlambat oksidasinya. Sedang untuk *castor oil* murni, kenaikan massa depositnya sangat cepat mengikuti lamanya waktu oksidasi.

Dari hasil perbandingan di atas dapat disimpulkan bahwa hasil modifikasi *castor oil* mempunyai kualitas yang sangat baik dibandingkan dengan *castor oil* yang ditambahkan aditif dan lebih efektif untuk dijadikan minyak lumas dasar karena dilihat dari hasil viskositas dan viskositas indeks yang tinggi yang memenuhi persyaratan spesifikasi *base oil*.



Gambar 5  
Pengaruh hasil modifikasi castor oil terhadap kenaikan viskositas



Gambar 6  
Pengaruh hasil modifikasi castor oil terhadap kenaikan massa Deposit

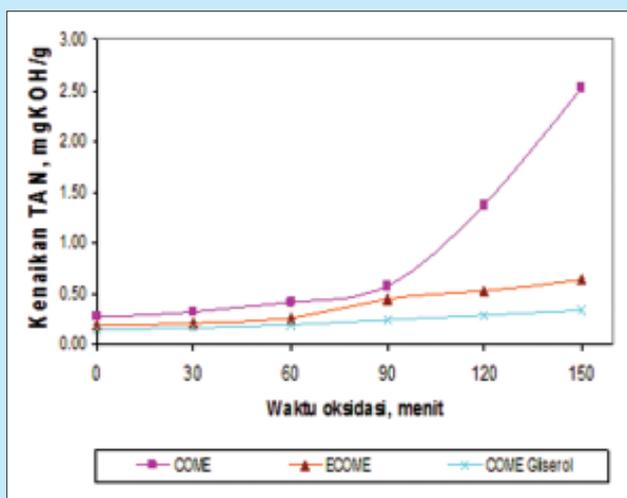
**A. Pengaruh penambahan 1 %-berat aditif A  
COME, ECOME dan COME  
Gliserol sebagai hasil modifikasi castor oil**

Pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9, memperlihatkan bahwa pengaruh penambahan aditif antioksidan pada ECOME dan COME Gliserol memperlambat kenaikan nilai TAN dan viskositas, serta kenaikan massa deposit. Hal ini disebabkan karena volatilitas antioksidan yang ditambahkan pada sampel tersebut di atas lebih rendah, dibandingkan dengan COME yang masih memiliki ikatan rangkap jenuh dan volatilitasnya sangat tinggi pada temperatur yang sangat tinggi. Dapat dikatakan stabilitas oksidasi COME tidak stabil dan mudah rusak, setelah mencapai waktu oksidasi 90 menit. Hal ini dikarenakan COME masih memiliki ikatan rangkap dan viskositasnya rendah. Sedang untuk ECOME dan COME Gliserol stabilitas oksidasinya stabil seiring dengan lamanya waktu oksidasi, ini dapat dilihat dari nilai kenaikan TAN, viskositas dan massa deposit.

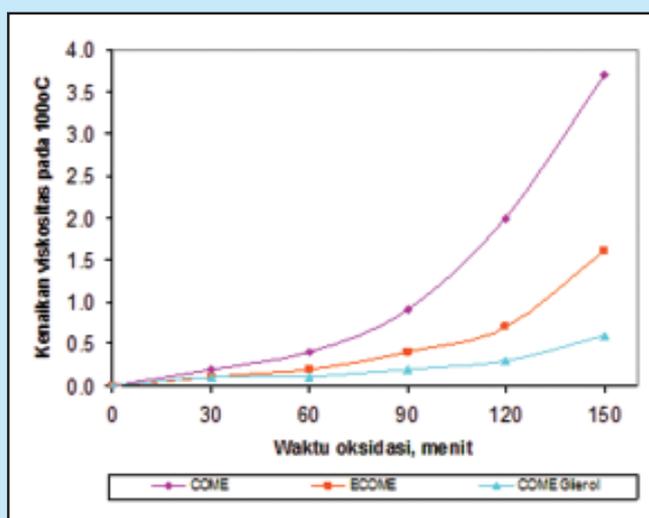
Hasil modifikasi dengan penambahan aditif jika dibandingkan dengan hasil modifikasi tanpa aditif, untuk COME penurunan nilai TAN, viskositas dan massa deposit dapat berkurang 50%, sedang untuk ECOME penurunan nilai TAN, viskositas dan massa deposit dapat berkurang 62%, dan untuk COME Gliserol penurunan nilai TAN, viskositas dan massa deposit dapat berkurang 75%.

Peningkatan nilai TAN, viskositas dan massa deposit merupakan indikasi timbulnya oksidasi, hal ini terjadi ketika molekul-molekul bereaksi secara kimiawi dengan oksigen, produk-produk oksidasi yang terbentuk akan mengentalkan minyak lumas, yang akhirnya akan merubah sifat minyak lumas dengan meningkatnya keasaman yang dapat menyebabkan korosi dan pengkaratan, pada saat keasaman naik merupakan saat dimulainya material menjadi deposit. Hal terjadi bila ketahanan aditif dalam pelumas sudah habis daya perlingkungannya.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa produk turunan castor oil memiliki ketahanan oksidasi lebih rendah dari mineral oil dengan lamanya waktu oksidasi, namun setelah waktu oksidasi mencapai 120 menit, massa deposit mineral oil sama dengan COME



**Gambar 7**  
Pengaruh penambahan 1 %-berat Aditif A pada hasil modifikasi terhadap kenaikan TAN



**Gambar 8**  
Pengaruh penambahan 1 %-berat Aditif A pada hasil modifikasi terhadap kenaikan viskositas

Gliserol, hal ini menunjukkan bahwa ketahanan oksidasi mineral oil akan rusak setelah pemakaian lebih lama, sedang COME Gliserol kenaikan oksidasinya lebih lambat. Dengan melihat hasil perbandingan di atas, maka ECOME dan COME Gliserol dapat dijadikan minyak lumas dasar mesin.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

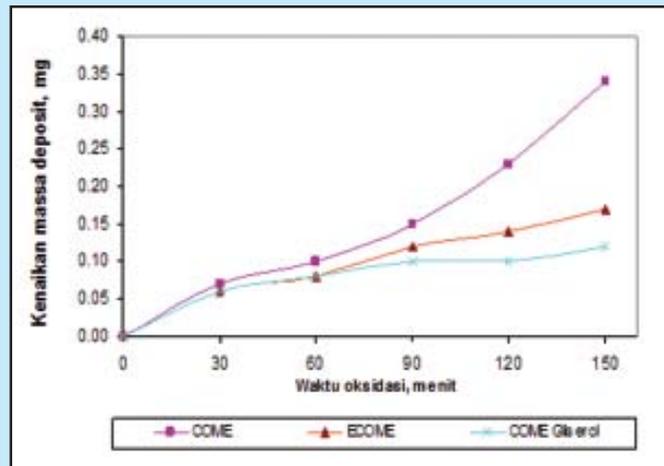
Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pada penelitian ini, ketahanan oksidasi *castor oil* dapat ditingkatkan dengan penambahan aditif A (*Phenyl-alpha-naphthylamines*) sebesar 1 %-berat, Ketahanan oksidasi *castor oil* lebih baik dibanding dengan 3 macam aditif yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Octadecyl-3-(3,5-di-tert.butyl-4-hydroxyphenyl)-propionate (P)*, *Pentaerythritol Tetrakis (F)*, dan *Zinc Dialkyldithiophosphate (Zn)*.
- Stabilitas oksidasi *castor oil* juga dapat ditingkatkan melalui modifikasi *castor oil* dan menghasilkan produk turunan *Epoxydized Castor Oil Metil Ester (ECOME)* dan *Castor Oil Metil Ester (COME) Gliserol* yang kualitas ketahanan oksidasinya sangat baik dan stabil dibanding dengan *castor oil* murni. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil TAN, viskositas dan massa deposit, yang hasil kenaikannya semakin berkurang sehingga ketahanan oksidasinya meningkat.
- Dengan melihat hasil ketahanan oksidasi, COME Gliserol dan ECOME dapat digunakan untuk minyak lumas dasar.
- Kestabilan oksidasi mineral oil lebih baik dari *castor oil*.

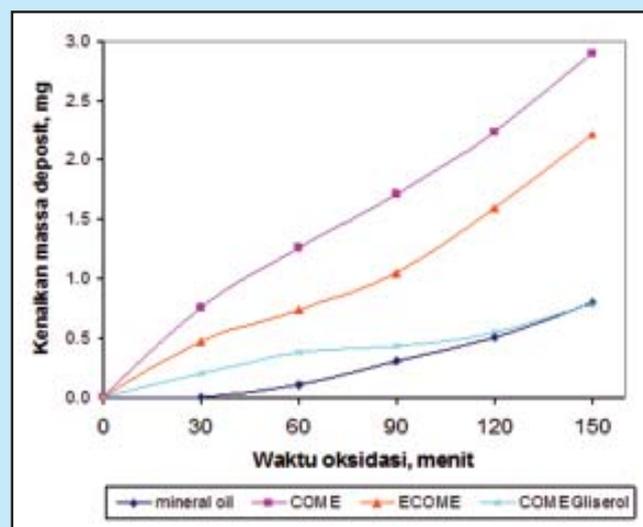
##### B. Saran

Minyak nabati, khususnya minyak jarak (*castor oil*), memiliki peluang yang sangat besar untuk dikembangkan di Indonesia. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan

untuk mendapatkan kajian lengkap mengenai aspek tekno-ekonomi dan pengembangannya. Serta berpeluang pengembangannya untuk dilakukan mulai dari tingkat hulu berupa industri pertanian tanaman jarak hingga tingkat hilir. Di tingkat hilir, selain dimanfaatkan untuk bahan dasar minyak lumas, minyak jarak juga dapat diarahkan untuk



Gambar 9  
Pengaruh penambahan 1 %-berat Aditif A pada hasil modifikasi terhadap kenaikan massa deposit



Gambar 10  
Perbandingan massa deposit produk turunan *castor oil* dengan mineral oil

menghasilkan aditif pelumas yang hingga saat ini masih dipenuhi melalui impor.

#### KEPUSTAKAAN

1. Ioan I. Stefanescu, Camelia Calomir, George Chirita. (2002) "*On The Future Of Biodegradable Vegetable Lubricants Used for Industrial Trybosystems*". University of Galati, Romania. Fascicle VIII, ISSN 1221 – 4590 TRYBOLOGY.
2. Wagner, H., Luther, R. and Mang T. (2001) "*Lubricant Base Fluids Based on Renewable Raw Material their Catalytic Manufacture and Modification*", Applied Catalysis A General Vol. 221: 429 – 442.
3. Feisal, John. (2003). "*Studi Awal Peningkatan Ketahanan Oksidasi Palm Oil Methyl Ester dengan Metode Epoksidasi*", Skripsi Jurusan TGP FTUI, Depok.
4. Ilham, M. (2001). "Uji Ketahanan Oksidasi Minyak Biji Kepoh dengan Menggunakan Microoxidation tester", Skripsi jurusan TGP FTUI, Depok.
5. Cameron, A. (1966). "*Principles of Lubrication*", Longmans Green and Co Ltd, USA.
6. Mortier RM. & Orszurik ST. (1997). "*Chemistry and technology of Lubricant*", Blackie Academic and Profesional an imprint of Chapman & Hall. Glasgow London.
7. Palekar V., J.L. Duda, and E.E. Klaus. (1996). "*Evaluation on High Temperature Liquid Lubricants Using The Penn State Microoxidation Tester*", Jurnal The Society of Tribologists and Lubricant Engineer.
8. Enciclopedia of Chemical Technology, "*Castor Oil*", 4<sup>th</sup> Edition, vol. 5, pp. 301 – 320. ✓