

**M8-008 MINYAK NABATI SEBAGAI BAHAN DASAR**

**MINYAK LUMAS KENDARAAN**

**Rona Malam Karina, Catur Yuliani Respatiningsih, Tri Purnami**

PPPTMGB "Lemigas"

Jl. Ciledug Raya Kav. 109A, Cipulir, Kebayoran Lama, Jak-sel

**ABSTRACT**

*Lube oil played a very important role in automotive industries. The demand of lube oil is increasing in consumption rate and technical specification along with the increasing number of lube oil user and engine requirement. Depletion of oil reserves and environmental awareness led lube oil industrial society to find lubricant base stock other than those derived from mineral base to meet the demand. Castor oil derived from *Ricinus communis* was an alternative to replace mineral base oil because of its lubricant characteristics and biodegradability. However, it has drawback to meet the technical requirement of engine oil due to its oxidation instability. Hence, a research was conducted to convert castor oil into its derivative that has better characteristics to meet the technical requirement of engine oil. The research was aimed at procuring pure plant base oil that has a good physical and chemical characteristics meet the engine requirement. The research was conducted by chemical modification of castor through trans-esterification, epoxidation, and ring opening processes, and characteristics analysis of modification products. The results showed that the final modification product (COME-Gliserol) has higher viscosity index than castor oil. It also has lower flash point, pour point and TAN value than those of castor oil. Thus, chemical modification has shown improvement in physical and chemical characteristics. The analysis also showed that COME-Gliserol has higher viscosity index, lower flash point, pour point and TAN value than those of mineral base oil A, a common base oil used by lube oil industries in Indonesia. In summary, it can be concluded that through chemical modifications, the characteristics of castor oil can be improved to meet the engine requirement.*

**Keywords:** *castor oil, lube oil, lube base oil, physical-chemical characteristics*

## 1. Pendahuluan

Minyak lumas sangat berperan dalam dunia transportasi. Saat ini kebutuhan akan minyak lumas meningkat dalam tingkat konsumsi maupun persyaratan teknis seiring dengan meningkatnya jumlah pemakai minyak lumas dan persyaratan yang dibutuhkan oleh mesin kendaraan bermotor. Peningkatan kebutuhan ini dijawab dengan peningkatan jumlah dan kualitas minyak lumas yang dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan sebagai komponen pelumas.

Bahan baku pelumas atau yang biasa disebut *base stock* merupakan komponen utama pelumas yang terdiri dari minyak pelumas dasar (minyak lumas dasar) dan aditif<sup>[1]</sup>. Minyak lumas dasar merupakan komponen terbesar pelumas yang umumnya berasal dari minyak mineral dan sintetik sedangkan aditif minyak lumas merupakan bahan yang ditambahkan kedalam pelumas dalam jumlah kecil untuk memperbaiki sifat-sifat pelumas tersebut. Penambahan aditif dilakukan untuk memperbaiki karakteristik unjuk kerja pelumas, seperti indeks viskositas yang rendah, detergen dan suspensi, kestabilan oksidasi, mengurangi busa, penahan temperatur tinggi. 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<sup>[2]</sup>.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, terdapat sejumlah bahan nabati yang memiliki potensi untuk dijadikan sebagai minyak lumas dasar, diantaranya minyak jarak (*castor oil*), minyak bunga matahari (*sunflower oil*), minyak kacang kedelai (*soybean oil*), *rapeseed oil* dan lain lain<sup>[3]</sup>. Potensi ini dipengaruhi oleh sifat “oilness” yang baik dari minyak nabati, yaitu sifat pembentukan lapisan pada permukaan logam yang menempel dengan kuat dan dapat memberikan perlindungan efektif terhadap gesekan<sup>[4]</sup>.

Minyak nabati telah digunakan secara luas, namun kemudian penggunaannya tergeser oleh bahan dari minyak bumi, karena harganya lebih murah dibandingkan dengan minyak nabati. Menipisnya cadangan minyak bumi memaksa para pelaku industri pelumas untuk mencari sumber bahan alternatif pengganti minyak mineral yang digunakan sebagai minyak lumas dasar. Di sisi lain, meningkatnya kesadaran terhadap kelestarian lingkungan mengarahkan pilihan pada bahan nabati khususnya minyak jarak<sup>[5]</sup>.

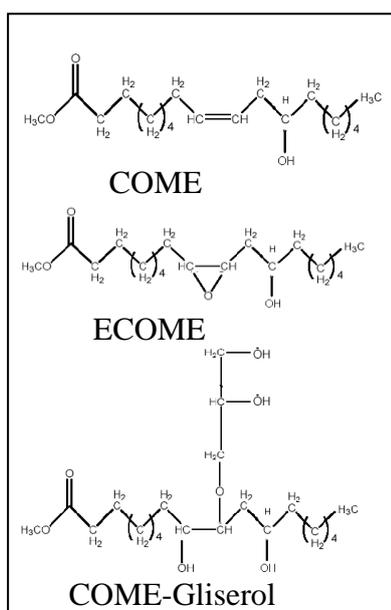
Minyak jarak yang diperoleh dari biji tanaman jarak *Ricinus communis* telah lama digunakan sebagai bahan industri, terutama sebagai minyak lumas. Hal ini disebabkan karena minyak jarak memiliki karakteristik pelumasan seperti densitas, viskositas, indeks viskositas, dan pour point, yang baik. Dari aspek lingkungan, minyak jarak memiliki banyak keunggulan, khususnya tingkat biodegradasi yang tinggi dan sumbernya terbarukan. Minyak lumas dari minyak jarak memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan minyak lumas lain, karena viskositas yang stabil pada suhu rendah dan tinggi<sup>[3]</sup>.

Penggunaan minyak jarak sebagai minyak lumas dasar dapat menjadi alternatif untuk memenuhi kebutuhan akan minyak lumas dasar kendaraan. Namun, minyak jarak memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan akan persyaratan teknis yang dibutuhkan oleh minyak lumas kendaraan bermotor. Keterbatasan ini meliputi karakteristik stabilitas oksidasi

yang rendah dan nilai karakteristik fisika-kimia yang belum sesuai dengan nilai yang dibutuhkan oleh minyak lumas kendaraan bermotor.

Dari beberapa parameter pengujian karakteristik minyak lumas yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2006<sup>[6]</sup>, karakteristik yang digunakan sebagai tolok ukur pemilihan minyak lumas dasar antara lain: densitas (s.g), viskositas kinematik pada 40 dan 100°C, indeks viskositas, titik tuang, titik nyala, dan angka asam total<sup>[7]</sup>. Peningkatan karakteristik minyak jarak sebagai minyak lumas dasar dapat terlihat dari peningkatan stabilitas oksidasi, peningkatan nilai indeks viskositas dan titik nyala (*flash point*), serta penurunan nilai titik tuang (*pour point*) dan bilangan asam total (*Total Acid Number-TAN*).

Peningkatan stabilitas termal, stabilitas oksidasi dan stabilitas hidrolitik dari minyak nabati dapat dilakukan dengan modifikasi secara kimia, seperti esterifikasi/transesterifikasi, hidrogenasi dimerisasi/oligomerasi, metatesis dan formasi ikatan C-C dan C=O<sup>[3,8]</sup>. Modifikasi untuk mendapatkan minyak lumas dasar dengan kualitas baik dapat dilakukan terhadap minyak jarak dengan beberapa tahapan perlakuan kimiawi, yaitu reaksi trans-esterifikasi, reaksi epoksidasi, dan reaksi pembukaan cincin. Reaksi trans-esterifikasi dilakukan untuk memutus ikatan trigliserida dalam minyak jarak menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Produk proses transesterifikasi adalah *Castor Oil Methyl Ester (COME)* atau metil risinoleat dengan rumus molekul asam cis-12-hidroksi-9-oktadekanoat metil ester<sup>[8]</sup> Pada reaksi epoksidasi, ikatan rangkap karbon dimodifikasi menjadi gugus oksirana dengan menggunakan hidrogen peroksida dan katalis asam formiat. Produk dari proses epoksidasi ini disebut *Epoxidized Castor Oil Methyl Ester (ECOME)*. Senyawa ini merupakan hidrokarbon jenuh dengan banyak gugus fungsi (ester, eter, dan hidroksida) yang dapat melindungi permukaan logam dengan ketahanan oksidasi yang lebih baik. Tahapan selanjutnya adalah reaksi pembukaan cincin pada produk ECOME yang mengandung gugus oksirana. Reaksi pembukaan cincin oksirana melibatkan senyawa alkohol (etanol/gliserol) dan menghasilkan produk akhir yang lebih baik dan dapat digunakan sebagai bahan dasar minyak lumas<sup>[9]</sup>. Struktur COME, ECOME, dan COME Gliserol ditunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1. Struktur Hasil Modifikasi Minyak Jarak

Makalah ini merupakan hasil penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan minyak lumas dasar nabati yang memiliki karakteristik pelumasan yang baik dan memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan sebagai minyak lumas dasar kendaraan bermotor.

## 2. Materi dan Metode

Penelitian dilaksanakan dengan modifikasi terhadap minyak jarak dengan tiga tahapan reaksi kimia secara berurutan dan pengujian karakteristik fisika kimia hasil modifikasi tersebut. Tahapan pertama dari modifikasi adalah reaksi transesterifikasi untuk mendapatkan COME dari minyak jarak yang direaksikan dengan metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dengan menggunakan katalis KOH. Pada tahapan kedua, COME hasil transesterifikasi diepoksidasi menggunakan hidrogen peroksida dengan bantuan katalis asam formiat untuk menghasilkan ECOME. Pada tahapan ketiga yaitu reaksi pembukaan cincin, ECOME direaksikan dengan gliserol dengan bantuan katalis PTSA sehingga didapat produk akhir hasil modifikasi (COME- Gliserol).

Pengujian karakteristik fisika dan kimia dilakukan terhadap minyak jarak dan produk dari setiap tahapan modifikasi minyak jarak, yaitu COME, ECOME dan COME-Gliserol. Pengujian ini mencakup tujuh karakteristik fisika dan kimia menggunakan metode uji standar. Pengujian karakteristik fisika meliputi viskositas kinematik pada suhu  $100^\circ\text{C}$  dan pada  $40^\circ\text{C}$  (ASTM D-445), indeks viskositas (ASTM D-2270), titik nyala (ASTM D-92), titik tuang (ASTM D-97), pengujian karakteristik kimia meliputi uji angka asam total (*Total Acid Number – TAN*) (ASTM D-664), dan bilangan iodine (*iodine value*) (Metode WIJS)<sup>[10]</sup>. Pengujian bilangan iodine dimaksudkan untuk mengetahui tingkat konversi dalam membuka ikatan rangkap pada proses modifikasi kimia.

Pengujian karakteristik fisika dan kimia juga dilakukan terhadap minyak mineral jenis A yang umum digunakan sebagai minyak lumas dasar kendaraan di Indonesia dan termasuk dalam minyak lumas dasar grup II berdasarkan penggolongan menurut API. Pengujian ini mencakup karakteristik fisika dan kimia yang sama dengan pengujian terhadap minyak jarak dan hasil modifikasinya, kecuali bilangan iodine. Nilai pengujian ini digunakan sebagai perbandingan dengan nilai yang di peroleh dari pengujian terhadap minyak jarak dan turunan.

3. Hasil dan Pembahasan

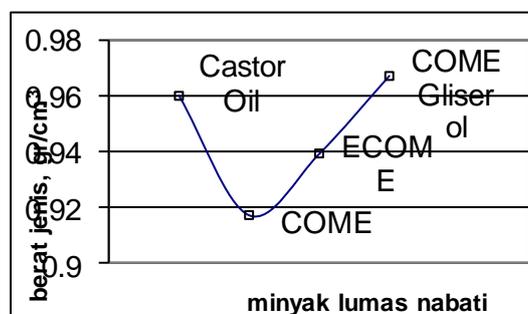
Kegiatan modifikasi menghasilkan COME, ECOME, dan COME-Gliserol dengan struktur ditunjukkan dalam Gambar 1.

| Nama               | Flash Point (°C) | Pour Point (°C) | Viskositas 40°C (cSt) | Viskositas 100°C (cSt) | Viskositas Indeks | TAN    | Angka lod |
|--------------------|------------------|-----------------|-----------------------|------------------------|-------------------|--------|-----------|
| Minyak Jarak       | 304              | -18             | 235.1                 | 19.71                  | 96                | 3      | 86        |
| COME               | 224              | -24             | 15.51                 | 3.22                   | 51                | 2.137  | 82        |
| ECOME              | 220              | -24             | 35.87                 | 5.53                   | 86                | 3.458  | 33        |
| COME-Gliserol      | 223              | -28             | 110.2                 | 14.1                   | 129               | 0.1377 | 35        |
| Base Oil Mineral A | 240              | -18             | 91.42                 | 10.6                   | 98                | 0,2087 | -         |

Tabel 1. Hasil Pengujian karakteristik fisika dan kimia

Perubahan struktur ini menyebabkan perubahan nilai berat jenis yang sangat dipengaruhi oleh berat molekul suatu senyawa organik. Perubahan berat jenis minyak jarak dan hasil modifikasinya ditunjukkan dalam Gambar 2.

Penurunan berat jenis secara drastis dari *Castor Oil* ke COME disebabkan oleh pemotongan struktur dari trigliserida ke metil ester. Pada tahapan modifikasi selanjutnya berat jenis produk meningkat kembali karena terjadi penambahan atom oksigen ke dalam ikatan rangkap COME membentuk gugus oksirana dan reaksi pembukaan cincin gugus oksirana oleh gliserol.



Gambar 2. Perubahan berat jenis produk modifikasi *Castor Oil*

Pengujian karakteristik fisika dan kimia terhadap minyak jarak dan hasil modifikasi menghasilkan data yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Pengujian terhadap nilai viskositas menghasilkan data yang menunjukkan peningkatan nilai indeks viskositas dari minyak jarak hingga produk akhirnya. Hasil uji viskositas (Tabel 1) menunjukkan adanya penurunan viskositas secara drastis pada tahap transesterifikasi Castor Oil menjadi COME, yang disebabkan oleh perubahan panjang rantai trigliserida menjadi molekul-molekul kecil berupa metil ester. Viskositas berbanding lurus dengan berat molekul, sehingga semakin besar berat molekul maka makin tinggi nilai viskositas tersebut. Viskositas yang rendah sangat dihindari untuk digunakan dalam pelumasan karena jika mesin beroperasi pada suhu tinggi maka COME akan sangat encer sehingga tidak

mampu memberikan perlindungan maksimum terhadap mesin dari terjadinya gesekan/friksi<sup>[2]</sup>.

Pada tahap reaksi epoksidasi terjadi kenaikan viskositas dari COME menjadi ECOME karena adanya penambahan oksigen pada struktur molekulnya. Hasil modifikasi tahap ketiga menunjukkan adanya peningkatan nilai viskositas yang disebabkan oleh penambahan molekul gliserol ke dalam struktur metil ester dan mengakibatkan gaya tarik-menarik antar molekul yang lebih kuat karena kekompleksan dan banyaknya gugus polar yang terbentuk<sup>[11]</sup>.

Pengujian terhadap nilai titik nyala menghasilkan data yang menunjukkan penurunan nilai titik nyala dan titik tuang dari minyak jarak hingga produk akhirnya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik minyak lumas pada temperatur ekstrem dan nilai kedua karakteristik tersebut untuk minyak lumas kendaraan telah ditetapkan dalam spesifikasi untuk minyak lumas kendaraan<sup>[12]</sup>. Nilai titik nyala COME-Gliserol, yaitu 223°C masih berada dalam spesifikasi sehingga COME-Gliserol masih dapat digunakan sebagai minyak lumas dasar kendaraan. Nilai titik tuang COME-Gliserol yaitu -28°C juga berada dalam spesifikasi tersebut.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai TAN pada castor oil semakin menurun setelah dilakukan reaksi transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis basa (KOH). Pada tahap epoksidasi, terjadi kenaikan TAN yang disebabkan oleh pemisahan asam formiat yang tidak sempurna dalam pencucian produk epoksidasi. COME-Gliserol memiliki nilai TAN yang cukup rendah (< 1 mg KOH/gr-sampel) sehingga dapat untuk digunakan lebih lanjut sebagai minyak lumas dasar. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal, yaitu jumlah ikatan rangkap dalam molekul castor oil yang sangat rentan terhadap oksidasi sudah berkurang, nilai keasaman rendah, serta karakteristik fisika lainnya yang baik. Penurunan nilai TAN ini menunjukkan peningkatan karakteristik minyak jarak sebagai minyak lumas dasar.

Perubahan bilangan iodine menunjukkan banyaknya ikatan rangkap yang diubah. Perubahan terbesar terjadi pada proses epoksidasi, yaitu sebesar 61,4%. Penurunan ini menunjukkan bahwa 61,4% ikatan rangkap yang terdapat dalam COME dapat diubah menjadi gugus epoksi. Pada proses selanjutnya terjadi kenaikan bilangan iodine yang disebabkan oleh adanya produk samping hasil reaksi pembukaan cincin berupa turunan lemak akibat dehidrasi yang diakibatkan adanya suasana asam katalis PTSA.

Pengujian dan perbandingan terhadap minyak lumas dasar A menunjukkan bahwa nilai indeks viskositas COME-Gliserol lebih tinggi jika dibandingkan dengan minyak lumas dasar mineral jenis A. Sedangkan nilai flash point, TAN dan pour point COME-Gliserol lebih rendah jika dibandingkan dengan minyak lumas dasar mineral jenis A. Dengan demikian, maka minyak jarak yang telah

dimodifikasi menjadi COME-Gliserol memiliki nilai karakteristik yang lebih baik untuk dijadikan sebagai minyak lumas dasar kendaraan bermotor.

#### **4. Kesimpulan**

Modifikasi kimia yang dilakukan terhadap minyak jarak menghasilkan produk akhir berupa COME-Gliserol yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan minyak jarak. Pengujian yang dilakukan terhadap hasil modifikasi minyak jarak mencakup karakteristik kunci yang dipakai untuk menentukan kualitas minyak lumas dasar, yaitu densitas (s.g), viskositas kinematik pada 40 dan 100°C, indeks viskositas, titik tuang, titik nyala, dan angka asam total, menghasilkan data yang menunjukkan terdapat peningkatan nilai indeks viskositas dan flash point serta penurunan nilai pour point dan TAN pada produk akhir hasil modifikasi (COME- Gliserol). Hal ini menunjukkan peningkatan karakteristik minyak jarak sebagai minyak lumas dasar.

Pengujian juga menunjukkan bahwa nilai indeks viskositas COME-Gliserol lebih tinggi jika dibandingkan dengan minyak lumas dasar mineral jenis A. Sedangkan nilai flash point, TAN dan pour point COME-Gliserol lebih rendah jika dibandingkan dengan minyak lumas dasar mineral jenis A.

Hal tersebut diatas menunjukkan bahwa minyak nabati dalam hal ini minyak jarak sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sumber bahan dasar minyak lumas. Melalui modifikasi kimia, karakteristik fisika dan kimia minyak jarak dapat ditingkatkan sehingga memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan untuk digunakan sebagai minyak lumas dasar mesin kendaraan.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Sejak penelusuran pustaka, pengumpulan data hingga penyusunan karya tulis ini, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat kami sebutkan satu-persatu.

#### **Daftar Pustaka**

- [1] Caines, A.J. Robert Haycock, *Automotive Lubricants Reference Book*, SAE Inc., USA, 1996, 706pp.
- [2] Wartawan, A.L., *Pelumas Otomotif dan Industri*, Balai Pustaka Jakarta, 1998.
- [3] Stefanescue, Ioan I., Camelia Calomir, George Chirita, *On The Future of Vegetable Lubricants Used for Industrial Trybosystem*, University of Galati, Romania, 2002.
- [4] Cameron, A., *Principles of Lubrication*, Longmans Green and Co. Ltd, USA, 1966.
- [5] Wagner, A., Luther R., Mang T., *Lubricant Base Fluids Based on Renewable Raw Material Their Catalytic Manufacture and Modification*, Applied Catalyst A General Vol. 1, 2001, 429-442.
- [6] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, *Peraturan Menteri ESDM no.053 tahun 2006 tentang Wajib Daftar Pelumas yang dipasarkan Dalam Negeri*, Departemen Energi dan Sumber

Daya Mineral, Jakarta, 2006.

- [7] Hepple, P., *The Joint Problems of The Oil and Water Industries*. Proceedings of a Symposium held in Brighton, January 18-20 1967. The Institute of Petroleum, London, 1967.
- [8] Achaya, K.T. *Chemical Derivatives of Castor Oil*, AOCS World Congress, Chicago, 1970.
- [9] Feisal, John, *Studi Awal Peningkatan Ketahanan Oksidasi Palm Oil Methyl Ester dengan Metode Epoksidasi*, Skripsi, Jurusan TGP FTUI, Depok, 2003.
- [10] Ketaren, S., *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI-Press, Jakarta, 1986.
- [11] Luis, Alberto, *Heterogeneously Catalyzed Reactions with Vegetable Oils: Epoxydation and Nucleophilic Epoxide Ring-Opening with Alcohols*, University of Technology Aachen, Jerman, 2003.
- [12] BSN, *SNI No. 06-7069.1-2005*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2005.