

Kompatibilitas Campuran Minyak Lumas Dasar Jenis Mineral dengan Minyak Nabati sebagai Minyak Lumas Dasar Pelumas Mesin Kendaraan Bermotor

Rona Malam Karina¹⁾, Catur Yuliani R.²⁾

Peneliti Muda¹⁾, Peneliti Pertama²⁾ pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230, Indonesia
Tromol Pos : 6022/KBYB-Jakarta 12120, Telepon : 62-21-7394422, Faksimile : 62-21-7246150
e-mail : ronamalamk@lemigas.esdm.go.id, cyuliani@lemigas.esdm.go.id
Teregistrasi I Tanggal 26 Maret 2010; Diterima setelah perbaikan tanggal 24 Agustus 2010
Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2010

S A R I

Minyak lumas sangat berperan dalam dunia industriomotif. 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. Minyak jarak yang diperoleh dari *Ricinus communis* telah lama digunakan sebagai bahan pengganti minyak lumas dasar mineral karena minyak jarak memiliki karakteristik (termasuk biodegradasi) sangat baik dibanding minyak lumas dasar lain. Pencampuran minyak jarak dengan minyak lumas sintetik dan minyak lumas dasar mineral diharapkan dapat meningkatkan kualitas minyak lumas dasar, di mana karakteristik minyak lumas dasar mineral telah diketahui. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan dengan cara mencampur minyak lumas dasar sintetik dan minyak lumas dasar mineral dengan minyak nabati agar kualitas minyak lumas dasar campuran dapat meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kompatibilitas melalui uji karakteristik fisika-kimia dan uji semi unjuk kerja dari campuran minyak nabati hasil sintesis dan minyak lumas dasar mineral.

Penelitian ini menggunakan tiga macam minyak lumas dasar, yaitu dua minyak lumas dasar mineral jenis *high viscosity index* dan satu minyak lumas dasar sintetik. Pecampuran dilakukan berdasarkan perbandingan % (w/w) minyak nabati hasil sintesis terhadap minyak mineral. Konsentrasi minyak nabati hasil sintesis yang dibuat pada percobaan ini, yaitu 0%, 4%, 8%, 12%, serta 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencampuran minyak nabati hasil sintesis ke dalam *base oil* jenis mineral dapat memperbaiki 3 karakteristik *base oil* mineral tersebut, yaitu *total acid number* (TAN), indeks viskositas, dan ketahanan terhadap keausan. Namun dilihat dari kelarutan, kedua campuran antara minyak nabati dan minyak mineral tidak dapat larut dengan baik karena perbedaan kepolarannya. Oleh karena itu, untuk menghasilkan kompatibilitas yang sempurna sehingga perlu ditambahkan aditif emusifier.

Kata kunci : kompatibilitas, minyak nabati, tersintesa, minyak lumas dasar, minyak lumas kendaraan

ABSTRACT

Lube oil plays a very important role in automotive industries. The demand of lube oil is increasing in consumption rate and technical specification along with the improvement number of lube oil user and engine requirement. Castor oil derived from Ricinus communis is an alternative to replace mineral base oil because of its lubricant characteristics and biodegradability. An improvement on quality of mineral base oils is expected if it is mixed

with synthesized castor oil, which has been recognized having better characteristics than mineral base oil. Hence, a research was conducted to mixed synthesized castor and mineral base oil at improving quality of lubricant base oil. This research was aimed at recognizing the compatibility by physicochemical characteristics, and semi-performance characteristics of synthesized castor and mineral base oil mixture.

Three kinds of mineral base oils used in this research, those were two types of High Viscosity Index mineral base oil and a type of synthetic mineral base oil. The mixture were in % (w/w) synthesized castor oil in mineral base. There were 5 combinations of percentage in this study i.e. 0%, 4%, 8%, 12% and 15%. The results showed that synthesized castor oil increment in mineral base oil improved 3 characteristics of mineral base oil i.e., total acid number(TAN), viscosity index and wear prevention characteristics, however mixing step showed that synthesized castor oil could not be completely mixed with mineral base oil because of their difference in polarity. Therefore, in order to get the perfect compatibility, emulsifier additive which can resist separation, need to be added to the mixture.

Keywords : *compatibility, synthesized castor oil, base oil, engine oil.*

I. 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 atas minyak pelumas dasar (minyak lumas dasar) dan aditif^[1]. Tingginya harga aditif menyebabkan penggunaannya dalam suatu formulasi menurunkan nilai keekonomisan suatu pelumas. Oleh karena itu, untuk mendapatkan pelumas yang lebih ekonomis dengan kualitas yang tinggi perlu pencampuran beberapa jenis minyak lumas dasar sebelum penambahan aditif.

Minyak lumas dasar merupakan komponen terbesar pelumas yang umumnya berasal dari minyak mineral dan sintetis sedangkan aditif minyak lumas merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam 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, menahan temperatur tinggi. Untuk mesin otomotif

yang bekerja dengan putaran dan temperatur tinggi diperlukan minyak lumas khusus dengan kualitas tinggi. Untuk aplikasi tersebut, biasanya digunakan bahan dasar minyak dari senyawa sintetis (*polyolefin*) atau senyawa nabati^[2].

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, terdapat sejumlah bahan nabati yang memiliki potensi untuk dijadikan sebagai minyak lumas dasar, di antaranya minyak jarak (*castor oil*), minyak bunga matahari (*sunflower oil*), minyak kacang kedelai (*soybean oil*), *rapeseed oil* dan lain-lain^[3]. Minyak jarak yang diperoleh dari biji tanaman jarak *Ricinus communis* telah lama digunakan sebagai bahan industri, terutama sebagai minyak lumas. Minyak lumas dari minyak jarak memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan minyak lumas lain, karena viskositas yang stabil pada suhu rendah dan tinggi^[3]. Modifikasi untuk mendapatkan minyak lumas dasar dengan kualitas baik dapat dilakukan terhadap minyak jarak dengan beberapa tahapan perlakuan kimiawi hingga menghasilkan minyak nabati hasil sintesis dengan struktur ditunjukkan dalam Gambar 1.

Hasil sintesis *castor oil* ini, apabila digunakan sebagai campuran minyak mineral sebagai minyak lumas dasar akan sangat menguntungkan ditinjau dari sisi pemanfaatan sumber daya terbarukan dan dari aspek lingkungan. Pencampuran hasil sintesis minyak nabati, yang telah diketahui memiliki kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak mineral, ke dalam minyak mineral diharapkan mampu meningkatkan kualitas minyak mineral sebagai minyak lumas dasar pada mesin kendaraan bermotor.

Makalah ini merupakan hasil penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kompatibilitas dan karakteristik fisika-kimia campuran minyak lumas dasar jenis mineral dengan minyak nabati, yang merupakan hasil sintesis minyak jarak, sebagai minyak lumas dasar untuk pelumas mesin, sehingga dapat dilihat kelayakan pemakaian minyak nabati hasil sintesis sebagai campuran *base oil* mineral dalam minyak lumas dasar kendaraan bermotor.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pencampuran antara minyak lumas dasar jenis mineral dan minyak nabati hasil sintesa *castor oil*. Minyak mineral yang digunakan terdiri atas 3 jenis, yaitu 2 jenis minyak mineral *High Viscosity Index* dan satu jenis minyak mineral sintetis.

Pencampuran dilakukan berdasarkan perbandingan % (w/w) minyak nabati hasil sintesis terhadap minyak mineral. Konsentrasi minyak nabati hasil sintesis yang dibuat pada percobaan ini, yaitu 0%, 4%, 8%, 12%, serta 15%.

Kompatibilitas campuran diuji dengan cara mencampur minyak nabati dan minyak mineral dengan perbandingan konsentrasi di atas, kemudian dilakukan *blending* selama 15 menit dengan suhu 60°C sampai 70°C dan didiamkan selama 30 hari.

Pengaruh pencampuran di uji dengan uji karakteristik fisika-kimia dan semi-unjuk kerja seperti: indeks viskositas, Angka asam total (TAN), titik nyala, titik tuang, uji *four-ball* (uji keausan) dan uji stabilitas

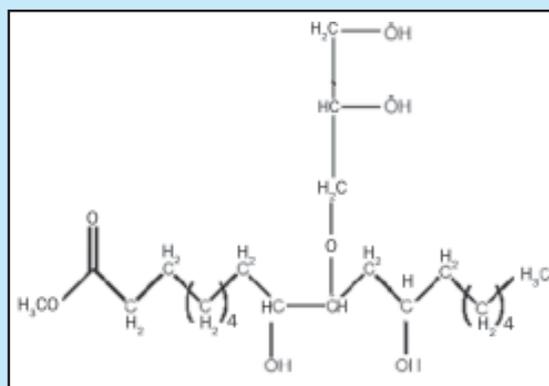
oksidasi dilakukan selama 6 jam pada suhu 165°C untuk melihat ketahanan oksidasinya dengan metode JIS 2514.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan pencampuran, dilakukan pengujian karakteristik fisika-kimia base oil (BO) minyak nabati dan minyak mineral (M1 dan M2) yang digunakan dalam penelitian ini. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian tersebut.

A. Pencampuran (Blending)

Tahap pencampuran menghasilkan campuran seperti terlihat dalam Gambar 2. Minyak nabati hasil sintesis yang dicampurkan ke dalam *base oil* jenis



Gambar 1
Struktur Minyak Nabati Hasil Sintesis

Tabel 1
Karakteristik minyak nabati dan *base oil* mineral

No	Parameter	Test Method	Unit	Minyak Nabati	BO Sintetik	BO M1	BO M2
1	Density	D 1298	gr/cm ³	0.9671	-	0.8775	0.8726
2	Pour Point	D 97	°C	-22	-15	-9	-18
3	Flash Point, COC	D 92	°C	216	260	238	240
4	Kinematic Visc	D 445	cSt				
	@ 100°C			110.2	7.607	7.502	10.60
	@ 40°C			14.1	46.93	53.68	91.42
5	Visc. Index	D 2270		129	128	101	98
6	Total Acid Number	D 664	mgKOH/g	0.2128	0.0516	0.4915	0.2087

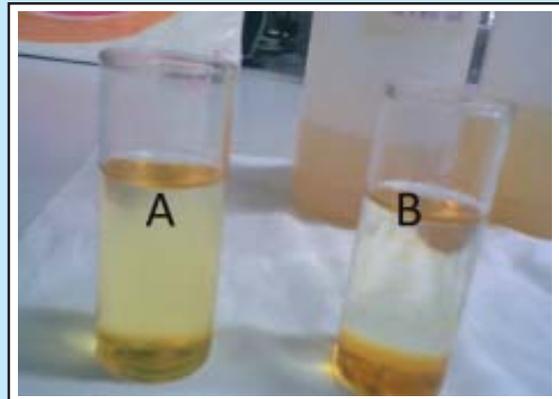
mineral tidak dapat larut dengan baik. Oleh karena itu, terdapat pemisahan yang sangat signifikan antara minyak nabati hasil sintesis dan *base oil* jenis mineral.

Pada Gambar 2(A), terlihat bahwa pencampuran minyak nabati terlihat bercampur dengan baik dalam minyak lumas dasar mineral. Namun setelah didiamkan selama 18 hari atau dipanaskan sampai dengan 65°C, minyak nabati akan semakin mudah terpisah dari minyak lumas dasar mineral (Gambar 2 B). Walaupun demikian, pemisahan yang terjadi bukanlah pemisahan sempurna. Hal ini karena terlihat dari beberapa hasil uji fisika/kimia yang diperoleh. Pada uji fisika kimia, terlihat adanya pengaruh dari minyak nabati terhadap sifat fisika/kimia dari minyak lumas dasar mineral (*mineral oil*). Hal ini menunjukkan bahwa pemisahan yang terjadi tidak bersifat sempurna, oleh karena itu terdapat bagian dari minyak nabati yang menolak *mineral oil* dan ada juga bagian yang berikatan atau berinteraksi dengan *mineral oil*.

Gambar 2. menunjukkan bahwa *castor oil* hasil modifikasi terpisah dan berada di lapisan bawah. Hal ini disebabkan karena massa jenis *castor oil* hasil modifikasi lebih besar dibandingkan ketiga jenis pelarutnya (Tabel 1). Pemisahan yang terjadi setelah dilakukan pencampuran dipengaruhi oleh sifat minyak nabati hasil sintesis serta sifat *base oil* mineral pelarutnya. Berdasarkan pembahasannya sebelumnya, telah kita ketahui bahwa minyak nabati hasil sintesis memiliki beberapa gugus fungsi yang bersifat polar (Gambar 1). Gugus fungsi tersebut, yaitu gugus karboksil (COO) dan juga hidroksil (OH). Adanya sifat polar dari gugus-gugus fungsi tersebut dapat mengakibatkan minyak nabati hasil sintesis memiliki sifat yang cenderung polar.

Base oil yang berasal dari hasil penyulingan minyak bumi terdiri atas rantai hidrokarbon, baik itu alifatik, aromatik, maupun naftenik. Rantai karbon yang tersusun atas karbon dan hidrogen memiliki sifat yang sangat non-polar. Sifat ini berlawanan dengan *castor oil* termodifikasi. Adanya perbedaan kepolaran ini akan membuat minyak nabati hasil sintesis sulit larut sempurna dengan *castor oil* termodifikasi.

Selain memiliki sifat polar, *castor oil* termodifikasi juga memiliki sifat non-polar yang dipengaruhi oleh struktur rantai karbonnya. Sifat non-polar dari rantai



Gambar 2
Campuran Minyak Nabati Hasil Sintesa
dan Base Oil Mineral

karbon inilah yang berpartisipasi pada interaksi yang terjadi saat *blending* antara *base oil* mineral dan minyak nabati hasil sintesis. Pencampuran menyebabkan molekul non-polar kedua jenis cairan ini berada dalam jarak yang cukup dekat. Adanya induksi momen *dipole* yang sangat lemah di antara kedua molekul non-polar tersebut menciptakan interaksi van der Waals sehingga mengakibatkan minyak nabati hasil sintesis dapat sedikit larut dalam *base oil* saat *blending*. Ikatan van der Waals ini merupakan interaksi yang lemah dan hanya dapat terjadi ketika molekul yang bereaksi berada dalam jarak yang cukup dekat^[4]. Interaksi yang terjadi antara *base oil* dan minyak nabati hasil sintesis diilustrasikan dalam Gambar 3.

Interaksi van der Waals semakin melemah ketika campuran didiamkan. Interaksi van der Waals yang lemah tersebut dan interaksi dalam molekul minyak nabati hasil sintesis sendiri menciptakan ketidakseimbangan gaya yang terjadi dalam campuran. Ketidakseimbangan ini menciptakan tegangan antarmuka kedua cairan ini menyebabkan terlihatnya pemisahan dalam campuran. Untuk menurunkan tegangan permukaan perlu adanya penambahan zat *surface active* ke dalam campuran^[5] yang biasa disebut surfaktan, ini sangat luas penggunaannya di dalam pelumas dalam proses pelarutan berbagai bahan polar maupun non-polar dan dalam pelumasan *boundary*^[6].

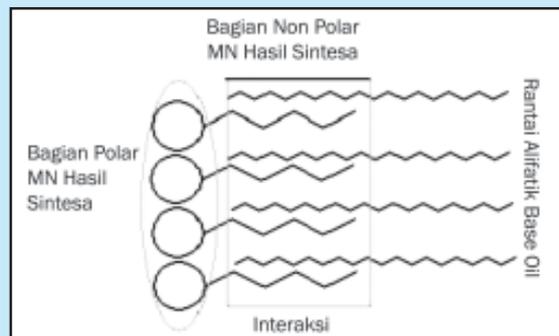
B. Analisis fisika/kimia kompatibilitas campuran minyak nabati dan mineral oil

Uji karakteristik fisika/kimia campuran minyak nabati hasil sintesis dan *base oil* mineral dilakukan terhadap empat karakteristik utama minyak lumas kendaraan bermotor yaitu indeks viskositas, angka asam total, titik tuang, dan titik nyala pada saat campuran belum memisah atau tepat setelah *blending* dilakukan. Keempat karakteristik ini dipilih karena penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kompatibilitas campuran yang akan digunakan sebagai minyak lumas dasar dalam minyak lumas kendaraan bermotor.

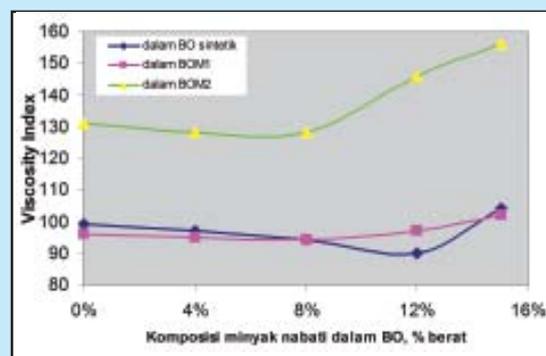
Hasil pengujian indeks viskositas (Gambar 4) menunjukkan bahwa *base oil* sintetik adalah jenis *base oil* yang paling terpengaruh oleh penambahan minyak nabati hasil sintesis. Peningkatan terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi minyak nabati. Pada konsentrasi minyak nabati sebesar 15% indeks viskositas bahkan mencapai 156 atau mengalami peningkatan sebesar 19% bila dibandingkan dengan indeks viskositas BO sintetik. Bila dibandingkan dengan indeks viskositas minyak nabati sebelum pencampuran sebesar 129 maka indeks viskositas minyak nabati juga mengalami peningkatan dengan pencampuran sebesar 21%. Peningkatan nilai indeks viskositas ini menunjukkan peningkatan kualitas *base oil* dalam mempertahankan viskositas pada temperatur tinggi.

Hasil pengujian angka asam total (Gambar 5) menunjukkan bahwa seluruh jenis *base oil* terpengaruh oleh penambahan minyak nabati hasil sintesa. Penurunan dengan tingkat yang beragam terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi minyak nabati. Pada konsentrasi minyak nabati sebesar 15% penurunan terjadi bahkan mencapai angka asam total sebesar 0,0229 pada campuran menggunakan *base oil* sintetik. Bila dibandingkan dengan angka asam total minyak nabati sebelum pencampuran sebesar 0,2129 maka angka asam total minyak nabati juga mengalami penurunan dengan pencampuran. Penurunan nilai angka asam total menunjukkan peningkatan kualitas *base oil* dalam stabilitas terhadap oksidasi.

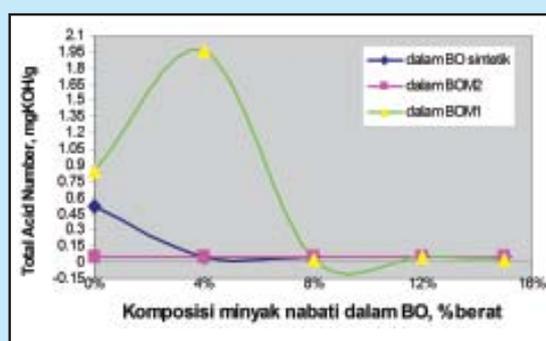
Hasil pengujian titik tuang (Gambar 6) menunjukkan bahwa *base oil* sintetik adalah jenis *base oil* yang paling terpengaruh oleh penambahan minyak nabati hasil sintesis. Penurunan terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi minyak nabati. Pada konsentrasi minyak nabati sebesar 15% titik tuang



Gambar 3
Interaksi Minyak Nabati dengan *Base Oil* Mineral



Gambar 4
Grafik hasil uji Indeks Viskositas, campuran minyak nabati dengan *Base Oil* Mineral



Gambar 5
Grafik hasil uji TAN, Campuran Minyak Nabati dan *Base Oil* Mineral

bahkan mencapai $-20,5^{\circ}\text{C}$ atau mengalami penurunan sebesar 7°C bila dibandingkan dengan titik tuang *base oil* sintetik. Penurunan nilai titik tuang ini menunjukkan peningkatan kualitas *base oil* mempertahankan keteraliran pada temperatur

rendah. Dengan demikian, maka batasan kompatibilitas ketiga, yaitu kedua komponen mampu saling memperbaiki sifat, dapat terpenuhi dalam penelitian ini apabila dilihat dari karakteristik titik tuangnya.

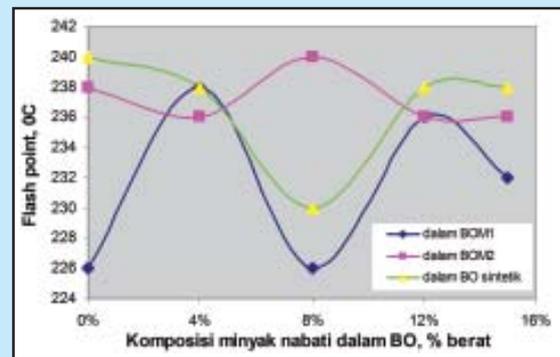
Hasil pengujian *flash point* (Gambar 7) menunjukkan bahwa ketiga *base oil* tidak menunjukkan penurunan nilai titik nyala yang drastis, sehingga campuran ketiganya masih memenuhi syarat bila digunakan sebagai minyak lumas kendaraan bermotor.

Secara keseluruhan, hasil uji karakteristik fisika/kimia menunjukkan adanya pengaruh dari minyak nabati hasil sintesis (minyak nabati hasil sintesis) terhadap sifat fisika kimia dari *base oil* meskipun secara visual terjadi pemisahan antara keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa pemisahan yang terjadi tidak bersifat sempurna, oleh karena itu terdapat bagian dari minyak nabati hasil sintesis yang menolak *base oil* dan ada juga bagian yang berikatan atau berinteraksi dengan *base oil*. Secara umum pencampuran minyak lumas nabati hasil sintesis dengan minyak mineral, bisa memperbaiki karakteristik fisika/kimia minyak mineral terutama dengan kenaikan nilai viskositas indeks serta penurunan nilai angka asam total dan nilai titik tuang minyak mineral.

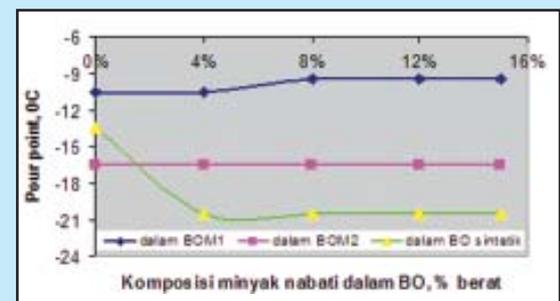
C. Analisis semi-unjuk kerja kompatibilitas campuran minyak nabati dan minyak mineral

Analisis semi-unjuk kerja ini dilakukan dengan uji stabilitas oksidasi dan uji *fourball*. Pengujian stabilitas oksidasi dilakukan dengan membandingkan karakteristik fisika/kimia campuran, yaitu viskositas pada suhu 40°C dan TAN, sebelum dan sesudah dilakukan uji stabilitas oksidasi. Sesuai dengan metode JIS 2514, hal ini dilakukan untuk mengetahui persen perubahan ketahanan oksidasi dari minyak nabati. Jika rasio viskositas kedua hasil tidak berbeda lebih 14% dari rata-rata, maka hasil tersebut dapat dikatakan tidak berbeda.

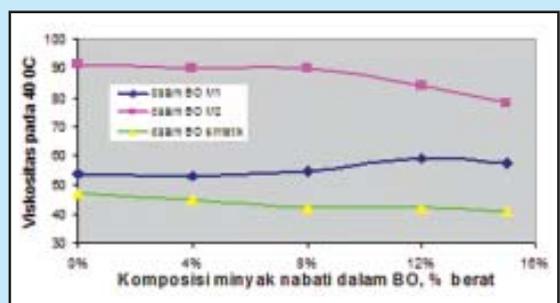
Pada pengujian kestabilan oksidasi didapatkan nilai viskositas minyak nabati tanpa penambahan minyak mineral pada suhu 40°C sebesar 63,01 cSt. Gambar 8 menunjukkan bahwa campuran minyak nabati dan mineral mengalami penurunan nilai viskositas setelah penambahan minyak nabati sebesar 8% yang mengakibatkan rasio viskositas menjadi lebih



Gambar 6
Grafik Hasil Uji Titik Nyala, Campuran Minyak Nabati dengan *Base Oil Mineral*



Gambar 7
Grafik Hasil Uji Titik Tuang, Campuran Minyak Nabati dengan *Base Oil Mineral*



Gambar 8
Grafik Viskositas pada 40°C Setelah Uji Stabilitas Oksidasi

dari 14%. Hal ini menunjukkan adanya perubahan sifat kestabilan terhadap oksidasi dari minyak mineral yang dipengaruhi oleh minyak nabati sehingga penambahan minyak nabati lebih dari 8% dapat

dikatakan dapat mempengaruhi kestabilan oksidasi yang dimiliki oleh ketiga jenis *base oil* mineral.

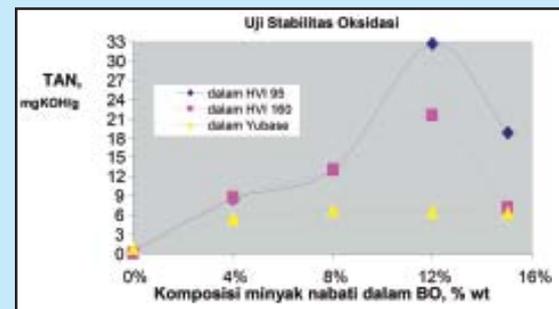
Nilai angka asam total minyak nabati tanpa penambahan minyak mineral adalah sebesar 1,1721 mg KOH/ g. Nilai ini kemudian mempengaruhi peningkatan nilai angka asam total dari ketiga jenis *base oil*, bahkan dengan penambahan terkecil sebesar 4%. Penambahan konsentrasi selanjutnya tidak banyak berpengaruh terhadap nilai TAN hasil uji oksidasi, terutama pada jenis *base oil* sintetik. Peningkatan nilai TAN hasil oksidasi ketiga jenis *base oil* masih dalam batasan normal hingga konsentrasi minyak nabati sebesar 8%. Hal ini berdasarkan pada Tabel 2. Dengan demikian penambahan minyak nabati kurang dari 8% dalam campuran tidak mengurangi kestabilan oksidasi yang dimiliki oleh *base oil* mineral. Bahkan pada *base oil* sintetik penambahan minyak nabati hingga 15% masih belum mempengaruhi tingkat kestabilan oksidasinya.

Pengujian *four-ball wear* dimaksudkan untuk melihat pengaruh minyak nabati dalam mencegah keausan. Kemampuan minyak nabati untuk mencegah keausan terutama dipengaruhi oleh banyaknya gugus polar di dalamnya yang mampu berikatan dengan logam untuk mencegah keausan. Pengaruh penambahan minyak nabati dalam mencegah keausan terlihat dari penurunan nilai *scar diameter* campuran dibandingkan dengan minyak mineral tanpa campuran minyak nabati. Hal ini dapat terlihat dengan penurunan *scar diameter* dalam uji *four-ball wear* seperti ditunjukkan dalam Gambar 10. Penurunan terbesar dialami campuran pada penambahan minyak nabati sebesar 4%.

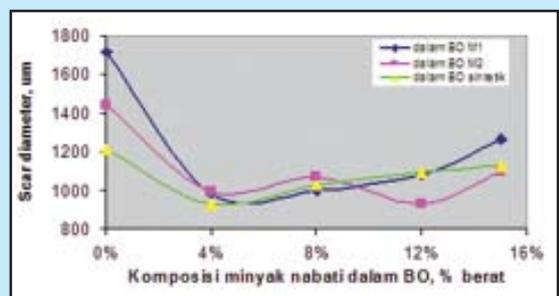
IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Percampuran minyak nabati dalam minyak mineral belum sempurna, karena adanya perbedaan sifat kepolaran.
2. Terjadi peningkatan nilai karakteristik fisika kimia yaitu *total acid number (TAN)* dan indeks viskositas sedangkan nilai *flash point* dan *pour point* hanya mengalami peningkatan yang sangat kecil.
3. Pada pengujian kestabilan oksidasi, nilai viskositas dan nilai TAN tidak banyak mengalami perubahan. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh minyak nabati dalam menghambat oksidasi. Minyak nabati juga mampu memperbaiki sifat ketahanan



Gambar 9
Grafik Angka Asam Total setelah uji stabilitas oksidasi



Gambar 10
Grafik minyak nabati dan minyak lumas dasar campuran pada uji *four ball*

Tabel 2
Batasan kenaikan Total Acid Number (TAN) dalam metode JIS 2514

Kenaikan TAN (mg KOH / g)	Batasan (mg KOH / g)
Lebih dari 0.05 - 1.0	0.3
Lebih dari 1.0 - 5.0	1
Lebih dari 5.0 - 20	4

terhadap keausan yang dimiliki oleh minyak mineral.

4. Minyak nabati hasil sintesis mempunyai potensi untuk digunakan dalam campuran dengan minyak mineral namun belum layak karena masih belum dapat tercampur dengan sempurna, untuk menghasilkan kompatibilitas yang sempurna perlu ditambahkan aditif emusifier sehingga layak digunakan sebagai minyak lumas kendaraan bermotor.

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.

KEPUSTAKAAN

1. Caines, A.J. Robert Haycock, 1996, *Automotive Lubricants Reference Book*, SAE Inc., USA, 1996, 706pp.
2. Wartawan, A.L., 1998, *Pelumas Otomotif dan Industri*, Balai Pustaka Jakarta.
3. Stefanescue, Ioan I., Camelia Calomir, George Chirita, *On The Future of Vegetable Lubricants Used for Industrial Trybosystem*, University of Galati, Romania, 2002.
4. US Departement of Energy. 1993. *Doe Fundamental Handbook of Chemistry*; Departement of Energy, USA.
5. Bird, Tony. 1993. *Kimi Fisik Untuk Universitas*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
6. Bireshaw, Girma. 2009. *Surfactants in Lubrication : Lubricant additives : chemistry and applications*, CRC Press. USA