

**PENELITIAN DURABILITAS MINYAK LUMAS
MESIN SEPEDA MOTOR SAE 10W-40, API SL/JASO MB
MELALUI UJI JALAN**

*(Research in Lubricant Durability Motorcycle Engine
SAE 10W-40, API SL/JASO MB Through Road Test)*

Rona Malam K, M. Hanifuddin, dan Setyo Widodo.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

email: ronamalamk@lemigas.esdm.go.id
mhanif@lemigas.esdm.go.id - tpurnami@lemigas.esdm.go.id;

Teregistrasi I tanggal 23 April 2015; Diterima setelah perbaikan tanggal 3 Februari 2016;
Disetujui terbit tanggal: 29 April 2016.

ABSTRAK

Penggunaan minyak lumas yang tepat akan berpengaruh pada kinerja mesin yang baik, sehingga masa pakai mesin kendaraan lebih lama dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat minyak lumas untuk kendaraan sepeda motor SAE 10W 40, API SL/JASO MB yang memerlukan spesifikasi khusus dengan kinerja yang optimum, kemudian melakukan uji jalan sampai mencapai jarak tempuh 5000 km. Analisis minyak lumas bekas (used oil) dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja minyak lumas dan pengaruh pemakaiannya terhadap komponen mesin. Hasil analisis menunjukkan bahwa minyak lumas bekas mesin sepeda motor hasil formulasi, hasilnya masih di bawah nilai batas toleransinya, sehingga dapat disimpulkan bahwa durabilitas minyak lumas hasil formulasi **ML-F** mampu digunakan sampai jarak tempuh 5000 km.

Kata Kunci: formulasi, durabilitas, minyak lumas sepeda motor, uji jalan.

ABSTRACT

*The using of the right lubricant will affect the good performance of engine, therefore the duration the engine using for long time and improve the efficiency. This research was conducted in a way to make lubricants for vehicles motorcycles SAE 10W/40 API SL, JASO MB, which require special specifications with optimum performance, through the road test to the distance of 5000 km mileage. The used oil analysis was conducted to determine the performance of lubricants and influence its use against the machine components. The results of the analysis showed that the formulation used oil motorcycle engines shows the result was still below the value of the limit of toleration, so it can be the conclusion that durability the results of oil formulation **ML-F** is able to use up to 5000 km mileage.*

Keywords: formulation, durability, motorcycle lubricant, road test.

I. PENDAHULUAN

Minyak lumas secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu minyak lumas otomotif dan minyak lumas industri. Minyak lumas otomotif terbagi menjadi minyak lumas mesin (*engine lubricant*) dan minyak lumas bukan mesin (*non-engine lubricant*). Minyak lumas mesin diperuntukkan melumasi *silinder liner, cam lobe, crankshaft, valve*, dan bagian mesin lainnya.

Fungsi utama minyak lumas adalah untuk mencegah terjadinya gesekan, keausan dan kerusakan permukaan suatu sistem yang terdiri atas berbagai elemen mesin, seperti gigi dan bantalan (Fein, 1992). Fungsi lainnya untuk mencegah terjadinya korosi, serta untuk mengumpulkan panas, kotoran dan partikel yang aus. minyak lumas juga berfungsi untuk menghantarkan gaya ataupun energi seperti pada sistem hidrolis. Minyak lumas merupakan campuran *base oil* dan aditif dengan komposisi tertentu. Menurut Paul, 2006, bahan dasar minyak lumas adalah fraksi minyak bumi dengan dan atau tanpa aditif yang mempunyai kisaran titik didih antara 380°C - 550°C dan digunakan untuk maksud pelumasan.

Masyarakat dapat mengetahui kualitas minyak lumas dari karakteristik fisika kimia dan karakteristik unjuk kerjanya. Serta dari beberapa klasifikasi minyak lumas yaitu penggolongan tingkat kekentalan yang ditetapkan oleh lembaga berwenang seperti *Society of Automotive Engineers* (SAE) atau *International Organization of Standardization* (API). Produk minyak lumas harus memenuhi spesifikasi viskositas dan juga unjuk kerjanya yaitu minyak lumas *monograde* atau *multigrade*.

Saat ini Jepang sebagai salah satu negara yang mendominasi sektor otomotif telah menetapkan standar spesifikasi untuk sepeda motor *Japan Automotive Standards Organization* (JASO T 903:2011). Ofunne, 1989 mengatakan pemenuhan kualitas pelumas sesuai standar tersebut erat kaitannya dengan peningkatan efisiensi energi yang dikonsumsi, serta berubah menuju ke arah teknologi ramah lingkungan (Ueda, 1996) yang disebabkan konsumsi bahan bakar lebih hemat serta waktu penggantian minyak lumas yang lebih lama (Malam, 2002).

Menurut Mohamed, 2014, Mesin sepeda motor transmisi otomatis berteknologi modern terangkai dalam satu kompartemen sehingga pelumas akan melumasi berbagai komponen sekaligus yang

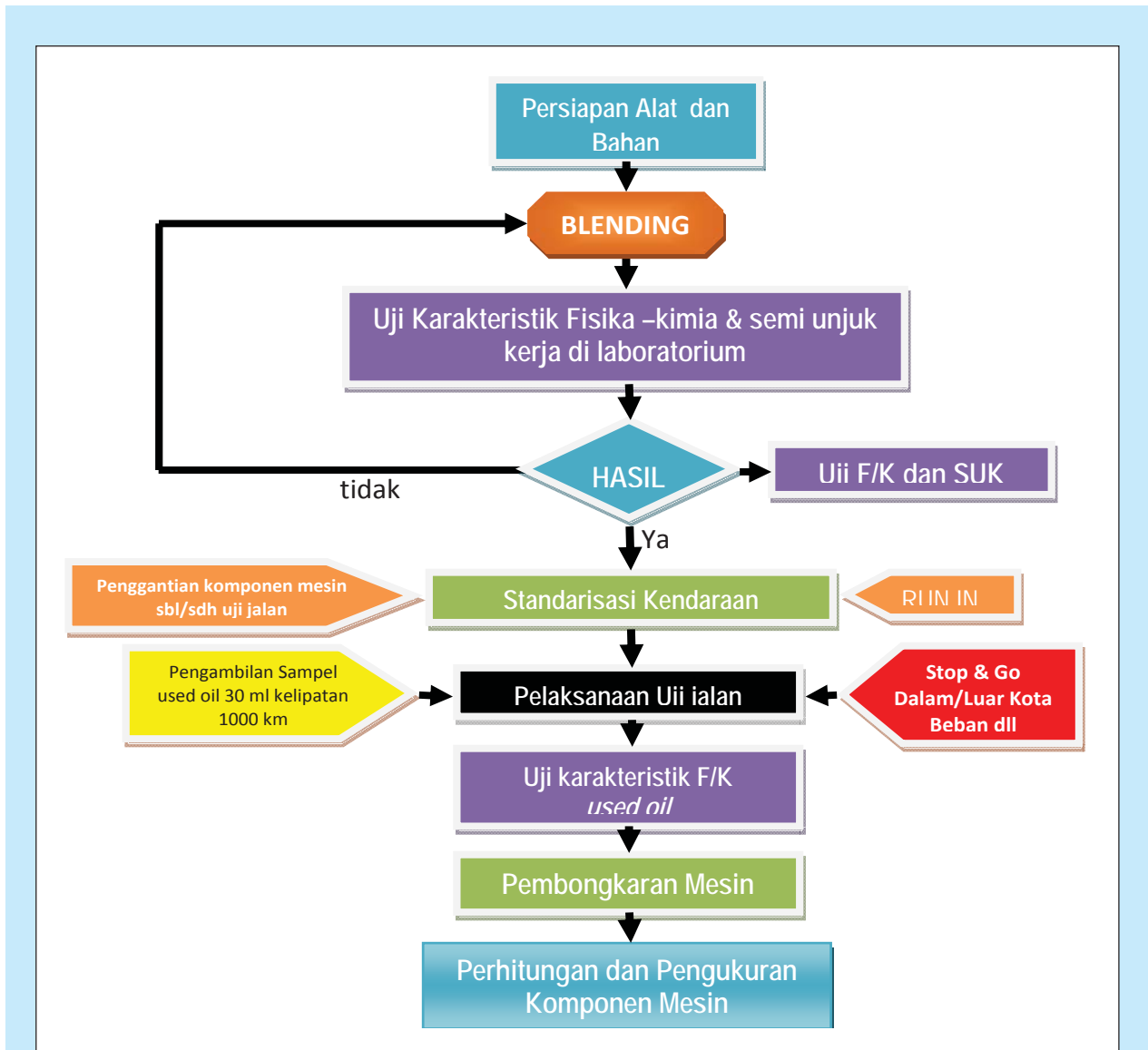
menyebabkan terbebani *thermal stress* yang tinggi. Dibandingkan mesin mobil, mesin sepeda motor transmisi otomatis memiliki perbandingan antara kapasitas mesin dengan berat kendaraan dan keluaran tenaga yang jauh lebih besar. Dalam Skjoedt, et.al. 2008, teknologi pendingin mesin pada mesin sepeda motor umumnya memakai sistem pendinginan udara sehingga mesin sepeda motor mengalami *thermal stress* yang lebih besar dibanding yang berpendingin air. Berdasarkan kondisi di atas, maka mesin sepeda motor membutuhkan minyak lumas yang lebih berkualitas dibanding dengan mesin mobil.

Penggunaan minyak lumas yang tepat adalah mengacu pada rekomendasi pabrikan mesin kendaraan karena minyak lumas yang digunakan mengikuti desain dari mesin kendaraan. Desain kendaraan antara lain perbandingan kompresi, daya maksimum, putaran maksimum, kepresisian komponen, material yang digunakan, bahan bakar, sistem pendinginan mesin, dan lain sebagainya. Karakteristik fisika-kimia merupakan parameter yang digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas unjuk kerja minyak lumas (Skjoedt, et.al, 2008), sedangkan kualitas sebenarnya baru dapat diketahui melalui uji unjuk kerjanya pada mesin yang digunakan (Paul, F., 2006). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja minyak lumas yang diformulasikan dan dibandingkan dengan minyak lumas referensi pada sepeda motor transmisi otomatis melalui uji jalan sampai dengan jarak tempuh 5000 kilometer.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua jenis minyak lumas SAE 10W-40, API SL/JASO MB hasil formula sendiri, yaitu minyak lumas dengan kode ML-F dan minyak lumas referensi dengan kode ML-R. Kendaraan uji yang dipakai adalah dua unit sepeda motor transmisi otomatis dengan spesifikasi sama.

Pengujian dilakukan di jalan raya yang mewakili kondisi lancar dan macet, yang dilakukan sampai jarak tempuh 5000 km. Minyak lumas yang dimasukkan ke sepeda motor sebanyak 1 L dan indikator tongkat ukur pada posisi *full* (F). Pengambilan minyak lumas dilakukan pada saat mesin dalam kondisi panas atau mesin baru dimatikan untuk menjaga homogenitas sampel uji, dengan jumlah pengambilan 30 ml dan pengisian ulang (*topping up*) dilakukan, apabila level minyak lumas sudah mencapai 1/2 – 3/4 bagian tongkat ukur (*dip stick*).



Gambar 1
Mekanisme penyumbatan rongga pori akibat partikel padatan yang masuk ke dalam pori batuan.

Tabel 1
Parameter analisis minyak lumas

Parameter Analisa	Metode Analisa	Nilai Batas (Warning Level)
Viskositas, cSt	ASTM D 445	Perubahan > 25%
Viskositas Indeks	ASTM D 2270	>95
TBN, mgKOH/g	ASTM D 2896	< 2
TAN, mgKOH/g	ASTM D 664	> 5
Kandungan air, % berat	Hot plate	> 0.3
Oksidasi, A/0.1 mm	FTIR	> 1
Nitrasi, A/0.1 mm	FTIR	> 1
Fuel diluen, %	FTIR	> 6

Sumber : Petro-Canada Lubricants, Jan 2013

Tabel 2
Parameter analisis logam keausan

Jenis Uji	Set	Nomor Sampel						Total Sampel
		Res. A		Res. B		Res. C		
		H	L	H	L	H	L	
Tekanan Kapiler Injeksi Merkuri	1	23B	25B	33B	43B	91A	84B	6
Kompatibilitas Air Terfilter	3	19A	30A	48C	43C	75C	85C	6
Kompatibilitas Air yang tidak Terfilter	4	19E	31A	48E	43F	78A	85E	6
Sensitivitas Air Formasi, efek air sungai terhadap air formasi	5	19I	31F	48I	43I	79C	85I	6
Jumlah Sampel		4	4	4		4	4	24

Sumber : Petro-Canada Lubricants, Jan 2013

Analisis fisika kimia terhadap minyak lumas baru (*fresh oil*) dan minyak lumas bekas (*used oil*) dilakukan untuk parameter karakteristik viskositas pada suhu 40°C dan 100°C, *Total Acid Number (TAN)*, *Total Base Number (TBN)* dan kandungan logam yang berasal dari keausan komponen mesin dan aditif. Hasil uji karakteristik fisika-kimia dan kandungan logam kemudian dibandingkan dengan acuan nilai batas (*warning level*) yang tersaji pada Tabel 1 dan Tabel 2.

III. HASIL DAN DISKUSI

Minyak lumas sebagai lapisan pelindung berfungsi untuk memisahkan komponen yang saling bergerak. Dalam Rahimi, et.all, 2012, tanpa adanya sentuhan atau gesekan langsung, keausan bisa dianggap tidak terjadi. Tetapi pada saat beban berat yang melebihi kemampuan minyak lumas untuk memisahkan antar komponen, lapisan tersebut akan sobek sehingga menyebabkan terjadinya gesekan (kontak langsung) antar logam.

Pemantauan kondisi minyak lumas pada selang berurutan, pada jangka waktu atau jarak tertentu dapat digunakan untuk menentukan saat yang tepat mengganti minyak lumasnya [Mohamed, 2014]. Kehadiran metal keausan dan kontaminan berlebih yang tidak diinginkan seperti *fuel dillution*, kotoran, pasir dan debu juga dapat mengindikasikan perlunya penggantian minyak lumas.

Hasil uji karakteristik fisika kimia minyak lumas mesin transmisi otomatis SAE 10W-40, API SL/JASO MB, yaitu minyak lumas hasil formulasi ML-F dan minyak lumas pembanding dari pasaran ML-R yang digunakan untuk uji jalan ditunjukkan pada Tabel 3.

Hasil karakteristik minyak lumas ML-F dan ML-R, seperti terlihat pada tabel di atas digunakan untuk mengevaluasi hasil akhir dari minyak lumas ML-F dan ML-R sebelum dan setelah digunakan uji jalan. Pada Tabel 3. terlihat perbedaan nilai karakteristik minyak lumas yang signifikan terutama pada nilai indeks viskositas, viskositas suhu rendah dan *total base number*, hal ini dapat dikarena jumlah komposisi dan jenis *base oil* maupun aditif berbeda, namun minyak lumas ML-F hasil fomulasi sebanding dengan minyak lumas ML-R yang ada dipasaran, nilai karakteristiknya sesuai dengan SAE 10W40, API SL dan masih dalam batas toleransinya, jika dilihat dari peraturan yang ada di Indonesia Kepmen ESDM No. 2808 K/20/MEM/2006.

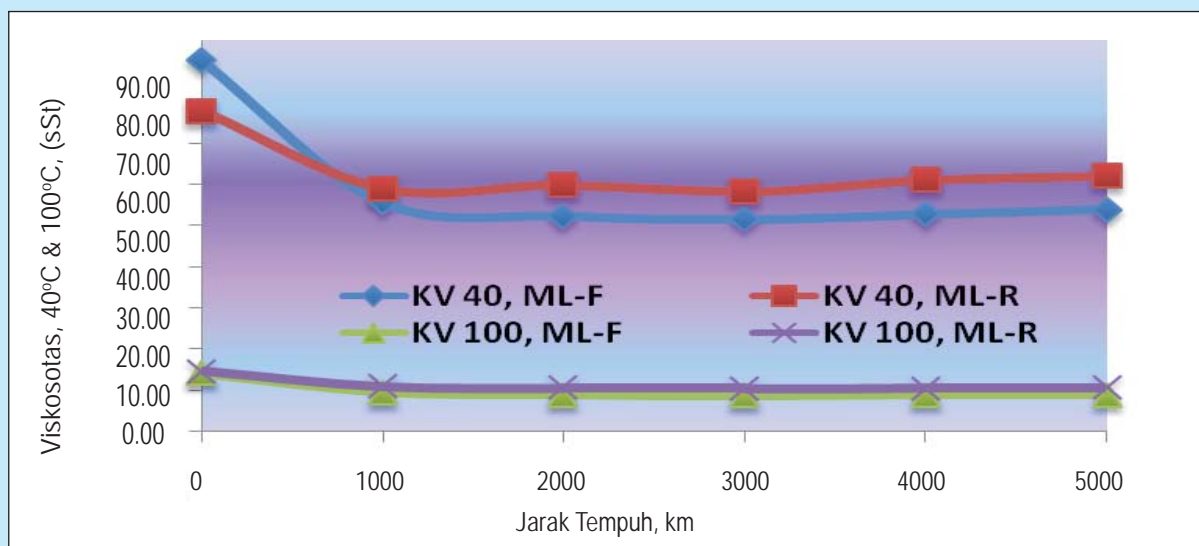
Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik merupakan salah satu parameter kunci untuk mengetahui kualitas minyak lumas. Dalam aplikasinya menurut Carden, et all, 2013 pada kendaraan bermotor, viskositas bisa berubah menjadi lebih kental atau encer yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti temperatur, degradasi pelumas karena gaya geser, rembesan bahan bakar (*fuel diluent*), terbentuknya *sludge*, terjadinya penguapan, dan masuknya kontaminan. Perubahan viskositas diamati selama uji jalan untuk mengetahui kondisinya, apakah masih dalam rentang nilai viskositas sesuai spesifikasinya, "*stay in grade*" atau sudah menyimpang, "*off-spec*". Perubahan nilai viskositas kinematik minyak lumas ML-F dan ML-R disajikan pada Gambar 2.

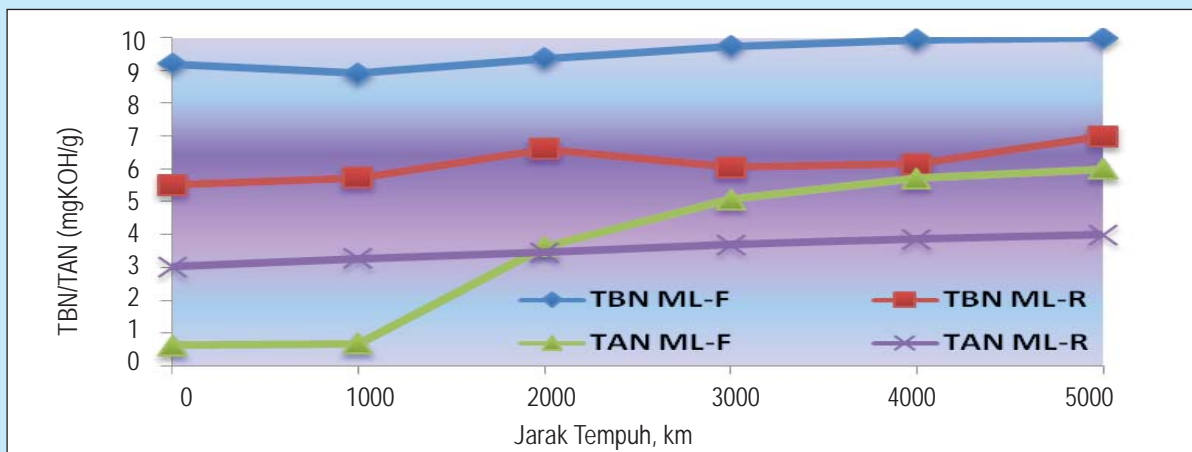
Pada Gambar 2 di atas, menunjukkan bahwa terjadi penurunan viskositas pada suhu 40°C untuk minyak lumas ML-F dan ML-R yang cukup besar pada jarak tempuh 1000 km, dan kelipatan 1000

Tabel 3
Hasil uji minyak lumas ML-F dan ML-R.

No.	Karakteristik	Metode Uji	Satuan	ML-F	ML-R	Kepmen ESDM
						No. 2808 K/20/ MEM/2006
1.	Viskositas 40°C		cSt	90,22	77,85	
2.	Viskositas 100°C	ASTM D 445	cSt	14,18	14,74	12.5-16.3
3.	Indeks Viskositas	ASTM D 2270	-	162	200	Min 125
4.	Viskositas suhu rendah	ASTM D 5293	cP	6670	5403	Maks 7000
5.	Total Base Number	ASTM D 4683	cP	9,21	5,5173	Min 5
6.	Pour Point	ASTM D 92	°C	-33	- 45	Min -23
7.	Flash Point	ASTM D 97	°C	243	245	Min 200
8.	Sulfated Ash	ASTM D 2896	% massa	1,098	0,741	Min 0,6
9.	Evaporation loss	ASTM D 5800	% massa	10,51	7,66	Maks 15
10.	Metal Content					
	Ca	ASTM D 4628/		0,2065	0,1011	spek produsen
	Mg		% massa	0,00205	0,00066	spek produsen
	Zn	ASTM D 5185		0,12114	0,10411	Min 0,08
	P			0,0897	0,0896	Max 0,1
	Mo			0,0312	0,0634	spek produsen
11.	Foaming Tendency					
	sq 1	ASTM D 892	ml	nil/nil	5/nil	10/nil
	sq 2		ml	10/nil	10/nil	50/nil
	sq 3		ml	nil/nil	5/nil	10/nil
12.	Copper Strip Corrosion	ASTM D 130		1a	1a	Maks. 1b



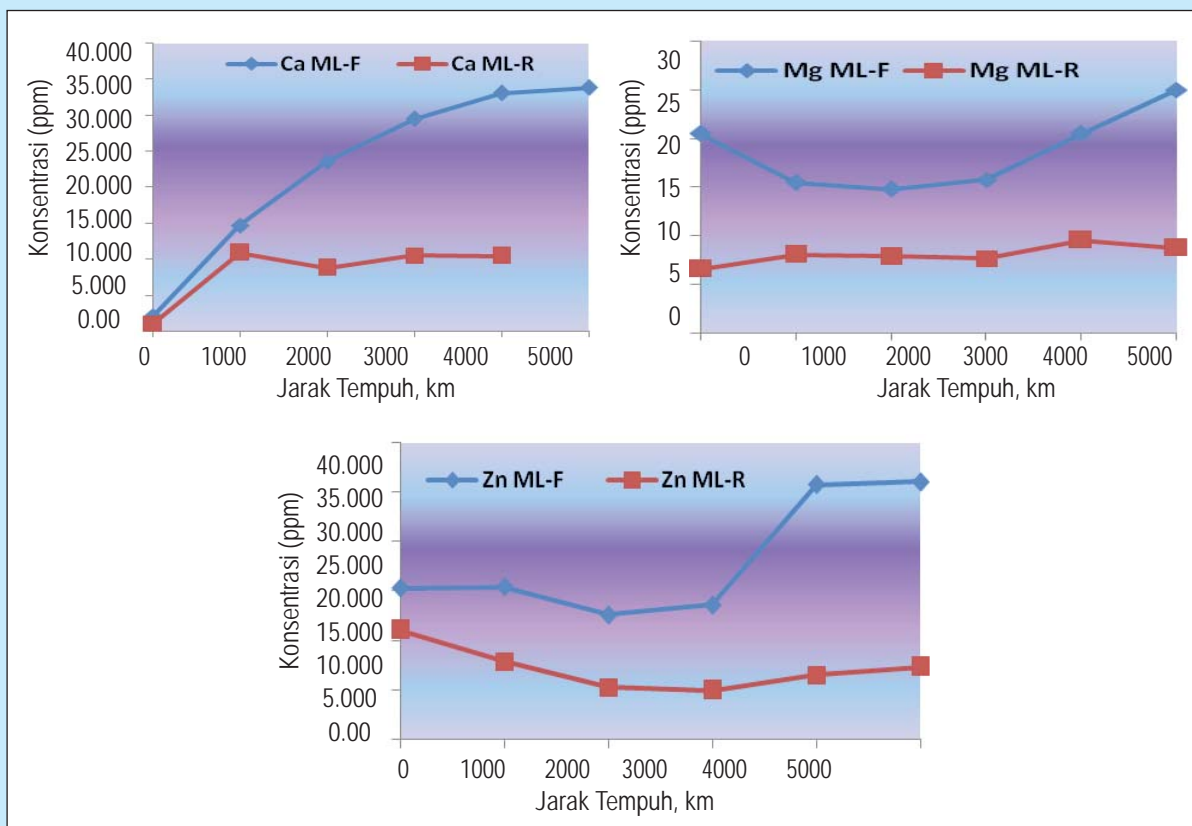
Gambar 2
Grafik kecenderungan perubahan viskositas.



Gambar 3 Grafik kecenderungan perubahan TBN dan TAN.

km selanjutnya tetap menunjukkan penurunan viskositas yang tidak signifikan sampai jarak tempuh 4000 km, namun saat akhir uji jalan yaitu 5000 km, nilai viskositas mengalami sedikit peningkatan. Sedangkan penurunan viskositas pada suhu 100°C untuk minyak lumas ML-F dan ML-R, masih dalam rentang nilai viskositas sesuai spesifikasinya, “*stay in grade*”. Menurut Sylvain, 2008, fenomena terjadinya

perubahan penurunan/kenaikan nilai viskositas selama pemakaian merupakan sesuatu yang umum terjadi, hal ini disebabkan oleh degradasi aditif yang terbuat dari polimer, yaitu karena adanya gaya *shear* dari pompa oli dan posisi letak *crankshaft* yang tercelup dalam karter minyak lumas, sehingga memotong rantai polimer menjadi rantai dengan jumlah molekul yang lebih sedikit (pengenceran).



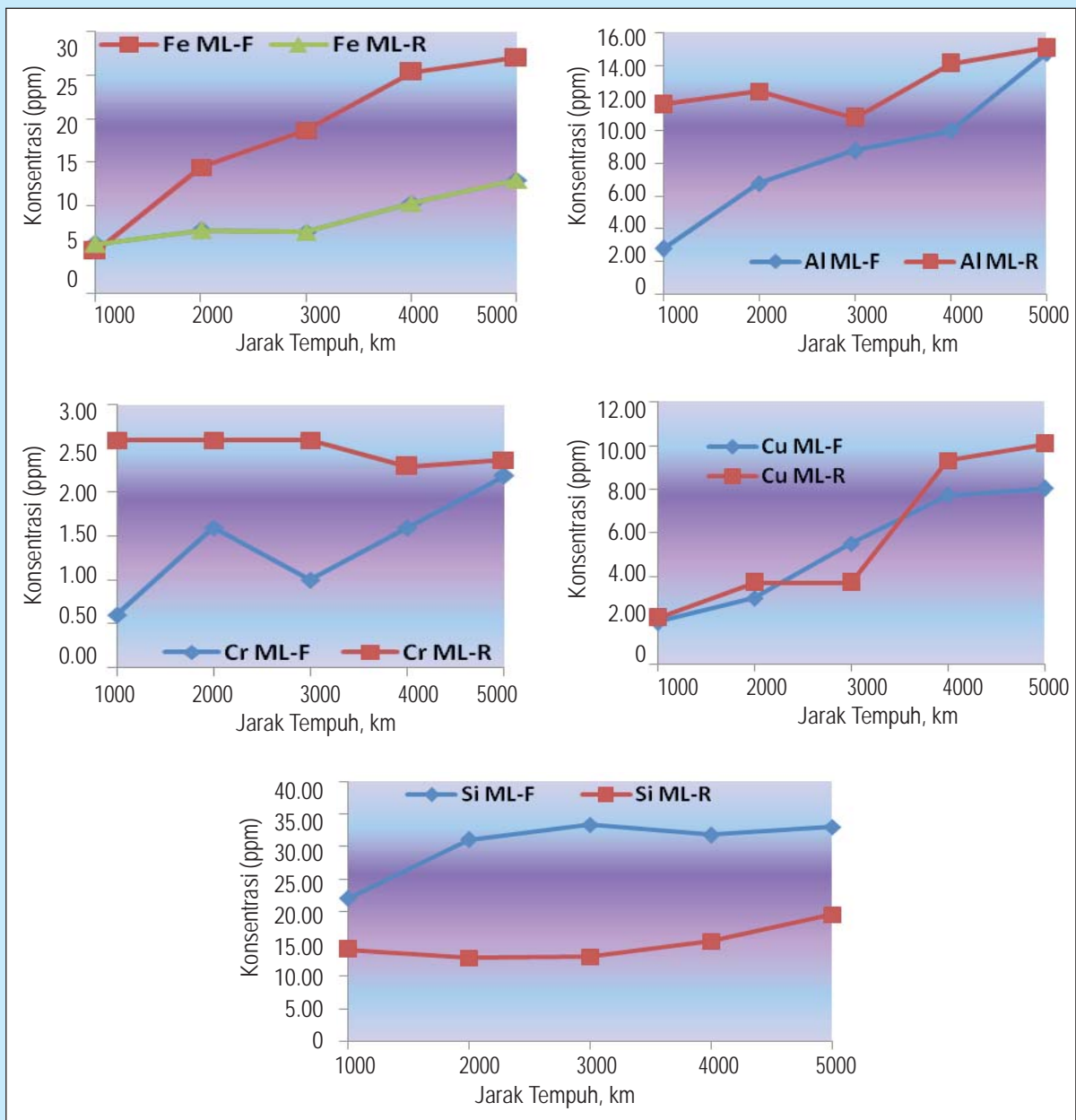
Gambar 4 Grafik Kecenderungan Perubahan Kandungan Metal Aditif.

Bilangan Basa Total (TBN) dan Bilangan Asam Total (TAN)

Bilangan basa total merupakan karakteristik yang menunjukkan kemampuan deterjensi, dispersansi, dan netralisasi terhadap asam hasil oksidasi pada minyak lumas. Kandungan sulfur pada bahan bakar yang digunakan sudah cukup rendah yaitu < 500 ppm, tetapi TBN masih merupakan karakteristik yang penting untuk melindungi komponen mesin dari senyawa-senyawa asam yang korosif. Selain itu dengan adanya aditif deterjen dan dispersan,

minyak lumas mampu membersihkan dan mencegah kotoran menempel pada komponen mesin seperti piston, ring, dan lain-lain yang dapat menyebabkan terbentuknya gumpalan-gumpalan, sehingga menyebabkan keausan terhadap komponen mesin.

Pada Gambar 3, memperlihatkan nilai bilangan basa total (TBN) dan nilai bilangan asam total (TAN) minyak lumas ML-F dan ML-R cenderung mengalami kenaikan selama masa uji jalan sampai jarak tempuh 5000 km. Secara teoretis, nilai TBN akan mengalami penurunan dan akan berpotongan



Gambar 5
Grafik kecenderungan keausan logam pada komponen mesin.

dengan nilai TAN yang mengalami kenaikan selama masa uji jalan karena bereaksi dengan senyawa asam yang terbentuk. Bilangan asam total (TAN) minyak lumas ML-F naik sampai ± 5 mgKOH/g. Hal ini disebabkan terjadinya penguapan minyak lumas yang menyebabkan volume minyak lumas berkurang dan minyak lumas menjadi lebih pekat, sedangkan nilai TBN minyak lumas naik selama pemakaian yang disebabkan oleh adanya penambahan kembali (*top up*) minyak lumas baru atau *TBN booster*.

Penurunan nilai TBN merupakan indikator telah terbentuknya senyawa asam dalam minyak lumas dan bekerjanya aditif TBN dalam menetralkan asam-asam yang terbentuk. Skjoedt, et.all, 2008 menggunakan nilai TBN sebagai salah satu acuan dalam penggantian minyak lumas, yaitu jika nilainya turun lebih dari 50 % dari nilai awal, dianggap sudah saatnya dilakukan penggantian minyak lumas. Shayler, et.all, 2007, menggunakan perbandingan nilai TBN dan TAN, apabila grafik TBN dan TAN sudah berpotongan, artinya waktu pergantian minyak lumas diperlukan. Sander, et.all, 2015, juga dengan membatasi nilai minimal TBN sebesar 2 mgKOH/gr. Sesuai persyaratan yang mengacu pada Petro Canada, minyak lumas masih dapat digunakan selama masih memenuhi batas minimal, yaitu 3.0 – 4.0 mg KOH/gr.

Kandungan Logam Aditif

Kandungan logam merupakan salah satu indikator terjadinya keausan dalam komponen mesin kendaraan bermotor. Secara umum, kandungan logam dapat digolongkan menjadi 2 kategori, yaitu kandungan logam aditif dan kandungan logam keausan. Logam keausan pada umumnya berasal bantalan (*bearing*), ring piston, silinder piston, bagian-bagian mesin yang bergerak lainnya yang terbuat dari besi tuang [Kral jr 2014].

Gambar 4. menunjukkan kecenderungan kenaikan kandungan logam yang berasal dari aditif antara lain logam kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan zinc (Zn). pada minyak lumas formula ML-F dan ML-R dengan SAE 15W40, API SL, secara umum menunjukkan nilai karakteristik relatif naik. Hal ini dikarenakan logam tersebut, hanya berubah menjadi senyawa kimia yang berbeda sesuai fungsi dari aditif dalam minyak lumas. Logam Ca pada ML-F mengalami kenaikan yang sangat signifikan setelah pemakaian, hal ini disebabkan adanya kontaminasi debu yang mengandung kalsium pada daerah yang banyak batu kapurnya, dan fungsi dari logam Ca adalah menetralkan asam yang terjadi dari hasil pembakaran yang dapat dilihat juga dari nilai TAN

yang sangat tinggi. Sedangkan logam Ca pada ML-R kenaikannya konstan setelah mencapai jarak tempuh 1000 km yang berarti aditif deterjen pada ML-R bekerja dengan baik atau tahan terhadap asam.

Keausan Logam Pada Komponen Mesin Sepeda Motor

Kandungan logam keausan yang mulai terdeteksi setelah mesin dioperasikan diantaranya logam tembaga (Cu), besi (Fe), kromium (Cr), aluminium (Al), dan silikon (Si), molibdenum (Mo), timbal (Pb), dan lain-lain. Logam silikon (Si) dan kalsium (Ca) merupakan hasil kontaminasi bahan bakar oleh udara atau debu [Mohamed, et.all, 2014]. Analisis terhadap kandungan logam dapat digunakan sebagai panduan dalam menentukan titik keausan yang terjadi. Pada Gambar 5. menunjukkan bahwa minyak lumas ML-F dan minyak lumas ML-R pada setiap hasil uji logam keausan menunjukkan kenaikan yang sangat signifikan, kecuali minyak lumas ML-R untuk kandungan logam Cr nilainya sedikit menurun. Namun kenaikan maupun penurunan nilai logam keausan masih dibawah batas ambang yang ditentukan untuk masing-masing logam, (lihat Tabel 1 dan 2).

Dalam Petro-Canada, 2013, keausan logam-logam pada setiap kendaraan uji memperlihatkan konsentrasi yang berbeda-beda, hal ini membuktikan bahwa banyak faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan komponen mesin kendaraan. Kerusakan mesin tidak hanya diakibatkan oleh penggunaan minyak lumas yang tidak tepat spesifikasinya, tetapi juga dipengaruhi oleh komposisi logam dan *hardness* dari komponen-komponen mesin, serta faktor-faktor lainnya. Menurut Stark, et.all 2005, logam Fe (besi) hampir terdapat pada semua komponen mesin, antara lain silinder liner, ring piston, *cam lobe*, roda gigi, rocker arm, *roller bearing*, dan lain-lain. Aluminium berasal terutama dari logam paduan piston, bantalan. Kromium (Cr) berasal dari ring piston dan semua jenis komponen logam yang diperkeras permukaannya, bantalan, dan poros. Tembaga (Cu) berasal bantalan, journal dan trust bearing, cam, rocker arm, valve, dan bushing. Silikon (Si) berasal dari piston ataupun kontaminasi debu.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap minyak lumas selama proses formulasi sampai uji jalan dapat disimpulkan bahwa durabilitas minyak lumas hasil formulasi ML-F mampu digunakan sampai jarak tempuh 5000 km, dengan kondisi akhir minyak lumas masih dalam batas wajar pemakaian.

KEPUSATAKAAN

- B. Rahimi, A. Semnani, A. Nezamzadeh-Ejhih, H.S. Langeroodi, M.H. Davood, 2012**, “Monitoring of the Physical and Chemical Properties of a Gasoline Engine Oil during Its Usage”, *Journal of Analytical Methods in Chemistry* 1-8.
- Carden, P.; Pisani, C.; Andersson, J.; Field, I.; Lainé, E.; Bansal, J.; Devine, M., 2013**, “The Effect of Low Viscosity Oil on the Wear”, *Friction and Fuel Consumption of a Heavy Duty Truck Engine*. *SAE Int. J. Fuels Lubr.*, 6, 311–319.
- Fein, Richard S., 1992**, *Liquid Lubricants*, ASTM Handbook vol.18 Friction, Lube and Wear Test, ASM International, USA, p:82-87.
- Fitch, E. C., 1992**, “Proactive Maintenance for Mechanical Systems”, Elsevier Science Publishers.
- G. C. Ofunne, A. U. Maduako, C. M. Ojinnaka, 1989**, “Studies on the Ageing Characteristics of Automotive Crankcase Oils”, *Tribology International*, VOL. 22 No. 6, pg. 401-404.
- J. Kral jr, B. Konecny, J. Kral, K. Madac, G. Fedorko, V. Molnar, 2014**, “Degradation and chemical change of longlife oils following intensive use in automobile engines”, *Measurement*, IJETAE 50 (2014) 34-42. ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 4, Issue 12, December.
- JASO Engine Oils Standard, Implementation Panel, 2011**, “Motorcycles – Four-Stroke Cycle Gasoline Engine Oils (JASO T 903:2011)”, April, 1999 (Revised May, 2011).
- John, E., 2008**, “Effects of Temperature on Engine Lubricating Oil”, *Wearcheck Technical Bulletin*, 43: 2-5.
- K. Holmberg, P. Andersson and A. Erdemir, 2012**, “Global Energy Consumption Due to Friction in Passenger Cars,” *Tribology International*, vol. 47, pp. 221234,
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 2808 K/20/MEM/2006, tanggal 6 Nopember 2006**, tentang Standar dan Mutu (spesifikasi) pelumas yang Dipasarkan di dalam Negeri. M.H. Jayed *, H.H. Masjuki, R. Saidur, M.A. Kalam, M.I. Jahirul, “Environmental aspects and challenges of oilseed produced biodiesel in Southeast Asia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 2452–2462.
- Malam Karina, R, 2002**, “*Penelitian Drain Interval Minyak Lumas Monograde melalui Uji Jalan*”, *Majalah Lembaran Publikasi LEMIGAS*, Vol. 36. No. 3/2002.
- Mohamed S. Al-Nozili, Fathy A. Abeed, Majed. M. Ahmed, 2014**, “Evaluation of the Lubricating Oil’s Optimal Drain Interval for Petrol Public Transport Means at the Local Operating Conditions” *IJETAE*, Volume 4, Issue 12, December 2014, ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal.
- M.S. Stark, J.J. Wilkinson, P.M. Lee, J.R. Lindsay Smith, M. Priest, R.I. Taylor, S. Chung, 2005**, “The degradation of lubricants in gasoline engines: Lubricant flow and degradation in the piston assembly”, in: M.P. D. Dowson (Ed.) *Tribology and Interface Engineering Series*, Elsevier, pp. 779-786.
- N. Tippayawong, P. Sooksarn, 2010**, “Assessment of lubricating oil degradation in small motorcycle engine fueled with gasohol”, *Maejo Int. J. Sci. Technol*, 4 (2010) 201-209.
- P. Shayler, A. Allen, D. Leong, I. Pegg, A. Brown and J. Dumenil, 2007**, “Characterizing Lubricating Oil Viscosity to Describe Effects on Engine Friction,” *SAE Technical Paper*, no. 2007-01-1984, 2007.
- Paul, F., 2006**, “Better Onsite Maintenance Through Fuel and Lubricating Oil Viscosity Management”, *Kittiwake Developments Ltd. P. Jost*, “Tribology: How a Word was Coined 40 Years Ago,” *Tribology and Lubrication Technology*, pp. 24-28, March 2006.
- Skjoedt, M.; Butts, R.; Assanis, D.; Bohac, S., 2008**, “Effects of oil properties on spark-ignition gasoline engine friction”. *Tribol. Int.* 2008, 41, 556–563.
- Sylvain, V., 2008**, “A Critical Approach To Viscosity Index”, *Science And Technology Technology Of Fuel And Energy Journal*, 11: 2199-2200.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 053 tahun 2006, tanggal 6 Nopember 2006**, tentang Wajib Daftar Pelumas yang Dipasarkan di dalam Negeri
- Petro-Canada Lubricants, 2013**, “Lubricants Handbook, Beyond today’s Standard”, Published Date, January 2013.
- Sander, D.; Allmaier, H.; Priebisch, H.; Reich, F.; Witt, M.; Füllenbach, T.; Skiadas, A.; Brouwer, L.; Schwarze, H., 2015**, “Impact of high pressure and shear thinning on journal bearing friction”, *Tribol. Int.*, 81, 29–37.
- Stephen M. Hsu, 2004**, “Molecular basis of lubrication”, *Tribology International* 37, p. 553–559, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, USA
- T. Miller, 2010** “The Road to Improved Heavy Duty Fuel Economy,” *Directions in Engine-Efficiency and Emissions Research*.