

Penggunaan *Infra Red Oil Analyser* untuk Memantau Kondisi Minyak Lumas Mesin Diesel

Oleh: M. Hanifuddin¹, Milda Fibria¹ dan Shinta Sari Hastuningtyas²

Peneliti Pertama¹, Penganalisis Pelumas² 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

Teregistrasi I Tanggal 18 Januari 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal 21 Maret 2011

Disetujui terbit tanggal: 29 April 2011

S A R I

Pelaksanaan program analisis minyak lumas yang baik akan memberikan petunjuk kondisi minyak lumas selama pemakaian. Analisis ini meliputi karakteristik kandungan aditif, produk-produk oksidasi, dan adanya kontaminan yang terdapat pada minyak lumas. Sampel diperoleh dari minyak lumas hasil formulasi dan minyak lumas produksi Pertamina yang ada di pasaran yang diujicobakan pada kendaraan diesel penumpang. Sampling dilakukan pada jarak tempuh 0 km, 5000 km, 10000 km, dan 15000 km. Kemudian dilakukan analisis menggunakan FTIR *Oil Analyser*, yang menghasilkan sembilan utama jenis pengukuran inframerah. Berdasarkan hasil uji menggunakan FTIR *Oil Analyser*, minyak lumas secara garis besar menunjukkan karakteristik yang bagus sampai jarak tempuh 15.000 km.

Kata kunci : analisis minyak lumas, FTIR, *oil analyser*

ABSTRACT

Implementation of lubricating oil analysis program on will be able to indicate the condition of the oil in use. This analysis includes the characteristics of the content of additives, products of oxidation, and the existence of contaminants contained in the formulation of lubricating oil. Lubricating oil samples are obtained from the formulated oil and by Pertamina's lubricating oil that is tested on diesel passenger vehicles. Sampling are taken after the oil is used for a distance 0 km, 5000 km, 10000 km, and 15000 km. The analysis is performed using FTIR Oil Analyser, which resulted in nine kinds primer of measurements. Based on test results, both of the formulated lubricating oil and Pertamina's lubricating oil in general still shows good characteristics until the distance of 15000km.

Key words : lubricant analysis, FTIR, *oil analyser*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi menghasilkan mesin-mesin yang semakin lama semakin kompleks. Sehingga dituntut pula minyak lumas yang semakin beragam jenis dan sifatnya. Kemajuan di bidang pelumasan yang dicapai sampai sekarang tidak terlepas dari kemajuan tiga pihak yang saling terkait. Yaitu pihak pembuat mesin, pihak pembuat pelumas dan pihak pembuat aditif. Sekarang ini banyak dihasilkan minyak lumas yang berkualitas tinggi untuk mengikuti mesin-mesin yang berkekuatan dan beban tinggi, memiliki tekanan besar dan pemanasan tinggi.

Sangat alamiah jika selama pemakaian pelumas mengalami penurunan kualitas akibat fungsi dari minyak lumas itu sendiri³). Penurunan kualitas tersebut terjadi karena penguapan, oksidasi, dan material pengotor³). Penguapan terjadi akibat koraborasi antara gesekan, tekanan dan temperatur operasi peralatan yang tinggi. Material pengotor berupa pasir, air, bahan bakar, dan lain-lain. Penyebab paling dominan penurunan kualitas minyak lumas dari segi kimiawi adalah oksidasi¹). Oksidasi ini bisa disebabkan reaksi minyak lumas dengan gas hasil pembakaran pada temperatur yang cukup. Reaksi oksidasi ini akan menyebabkan terbentuk lumpur, *varnish*, dan

senyawa yang bersifat asam. Oleh karena itu kondisi minyak lumas harus dimonitor secara rutin.

Penggunaan kendaraan yang semakin pesat dengan kondisi mesin yang juga dipengaruhi minyak lumas yang dipakai sangat dipengaruhi oleh lama operasi, jarak tempuh, atau periode waktu tertentu. Sehingga monitoring melalui analisis minyak lumas yang baik akan memberikan petunjuk kondisi minyak lumas selama pemakaian. Karakteristik yang dimonitor berbeda-beda tergantung jenis dan aplikasi dari minyak lumasnya. Karakteristik fisika/kimia yang dipantau antara lain kekentalan, metal keausan, partikel pengotor, angka asam total, angka basa total, kelembapan, jelaga, *nitration*, *sulfation*, *glycol contamination*, oksidasi, penurunan aditif, *fuel dilution*, dan lain-lain⁴⁾.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode spektroskopi. Spektroskopi yang sangat populer digunakan adalah metode spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*), yaitu metode spektroskopi inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi Fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Ada tiga komponen dasar dalam spektrometer ini yaitu sumber radiasi, interferometer dan detektor.

Dalam hal ini metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah oleh molekul suatu materi. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yakni kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi²⁾. Spektroskopi FTIR merupakan salah satu teknik analitik yang baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Di antaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat

(memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain⁵⁾.

Dengan metode spektroskopi ini diharapkan dapat diketahui ketahanan minyak lumas pada saat pemakaian pada kendaraan sehingga dapat perkiraan drain intervalnya. Penetapan waktu penggantian minyak lumas secara cermat dengan didasarkan pada data teknis hasil analisis laboratorium, dapat memberikan manfaat antara lain mengurangi *downtime* tidak terjadwal, meningkatkan ketahanan peralatan, membantu mengorganisasikan jadwal perawatan yang efektif, memperpanjang usia pakai mesin, mengoptimalkan drain interval minyak lumas, menurunkan biaya perawatan peralatan dan pada akhirnya akan menguntungkan secara ekonomi.



Gambar 1
Grafik Total Penjualan Mobil, Ritel vs Wholesales dari Januari - Oktober 2010 di Indonesia
Sumber : <http://otomotif.kompas.com>

Tabel 1
Batas Peringatan Kontaminasi

Pengujian	Batas Peringatan
Coolant	Tidak boleh ada
Air	Lebih besar dari 0,1 %
Fuel Dilution	Lebih besar dari 5 %
Insoluble	0,5 % atau lebih
Total Acid Number, mgKOH/g	Lebih dari 5
TBN, mgKOH/g	Lebih rendah dari 3 sampai 4

Sumber : Petro Canada Handbook halaman : 45

II. METODOLOGI

Sampel dalam penelitian ini adalah minyak lumas yang diperoleh dari hasil formulasi dan minyak lumas Pertamina yang ada di pasaran, kemudian dilakukan uji jalan pada kendaraan diesel sampai 15000 km. Analisis pada minyak lumas bekasnya dilakukan pada setiap jarak tempuh 5000 km. Spesifikasi kendaraan uji yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menggunakan FTIR *Oil Analyser* menghasilkan sembilan utama jenis pengukuran inframerah yang mewakili masing-masing karakteristik minyak lumas berdasarkan panjang gelombangnya. Analisis ini bersifat umum dan tidak bisa digunakan dengan tepat untuk menganalisis semua jenis pelumas. Beberapa hasil analisis yang berhubungan dengan minyak lumas mesin diesel sebagai obyek penelitian, tersaji dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

A. Antioxidant reading

Dapat diaplikasikan untuk mengukur dan memantau senyawa antioksidan *hindered phenolic* pada minyak lumas *mineral-base* (kebanyakan *crankcase oil*). Batas normal dan abnormal untuk level antioksidan yang terpantau hanya pada *mineral-base crankcase oil* dan minyak lumas roda gigi. Batas alarm tidak ditentukan⁶.

Pengukuran ini jarang dilakukan secara rutin pada sampel *crankcase oil* karena produsen minyak lumas menggunakan senyawa antioksidan yang berbeda-beda berdasarkan *base oil* dan aditif yang dimiliki⁶. Dari hasil pengukuran sampel minyak lumas stabil menunjukkan nilai satu, Hal ini mengindikasikan terdapat antioksidan pada sampel minyak lumas. Nilai yang ditunjukkan pada hasil uji tidak mengindikasikan kualitas yang sebenarnya dari unjuk kerja senyawa antioksidan tersebut. Performa antioksidan tergantung dari jenis antioksidan dan jumlah *unsaturated base oil* yang digunakan⁹. Reaksi oksidasi terjadi pada saat minyak lumas mengalami pemanasan dan bereaksi dengan oksigen di atmosfer sehingga akan

menurunkan unjuk kerjanya, terutama berhubungan dengan peningkatan viskositasnya⁹.

B. Water Petroleum Lube

Dapat diaplikasikan untuk memantau degradasi *polyol ester* pada minyak lumas turbin sintetis. Pada minyak lumas *mineral-base (crankcase oil)* yang mengandung banyak deterjen dan dispersan digunakan untuk memonitor kontaminasi air⁶.

Batas normal dan abnormal untuk *crankcase oil* 50 unit ~ 1000 ppm air, tanda peringatan muncul pada 65 unit ~ 2000 ppm⁶.

Hasil pengukuran sampel antara 12 -16 unit, artinya nilainya normal dan stabil, sehingga disimpulkan tidak ada kontaminasi air. Air pada

Tabel 2
Spesifikasi Kendaraan Uji

Jenis Mesin	4JA1
Tipe mesin	4 Langkah, 16 katup, In-Line Overhead Valve, Water Cooled
Rasio Kompresi	18,4:1
Isi Silinder	2499 cc
Torsi maks	152 Nm / 2000 rpm
Daya maksimum	59,1 ps / 3000 rpm
Sistem bahan bakar	<i>Direct Injection</i>
Bahan bakar	Diesel fuel (ASTM D975 No.2-D)
Diameter X Langkah	93.0 mm X 92.0 mm

Tabel 3
Analisa Karakteristik Fisika/Kimia Menggunakan FTIR *Oil Analyser* (*New Oil*)

No.	Jenis Pengujian	ML-1	ML-2
1.	Antioxidant Reading	1	1
2.	Water Petroleum Lube	14	12
3.	Soot Value	0	0
4.	Oxidation By-Product	11	13
5.	Nitration By-Product	5	6
6.	Antiwear Reading	18	19
7.	Diesel/JP8 Dilution	224	224
8.	Sulfate By-Product	17	18
9.	Ethylene Glycol (Antifreeze)	0	0

Tabel 4
Analisis Karakteristik Fisika/Kimia Menggunakan FTIR Oil Analyser
(Used Oil)

No.	Jenis Pengujian	ML-1			ML-1		
		IP-1 (km)	IP-2 (km)	IP-3 (km)	IP-1 (km)	IP-2 (km)	IP-3 (km)
		5000	10000	15000	5000	10000	15000
1.	Antioxidant Reading	1	1	1	1	1	1
2.	Water Petroleum Lube	12	14	16	13	15	16
3.	Soot Value	10	34	70	12	30	68
4.	Oxidation By-Product	14	16	18	14	15	17
5.	Nitration By-Product	6	8	9	6	8	8
6.	Antiwear Reading	20	19	20	19	20	20
7.	Diesel/JP8 Dilution	231	219	226	219	224	220
8.	Sulfate By-Product	20	22	26	21	23	24
9.	Ethylene Glycol (Antifreeze)	0	0	0	0	0	0

minyak lumas antara lain berasal dari uap air yang terkondensasi atau hasil pembakaran¹⁾. Air dapat menyebabkan emulsi pada minyak lumas, mempercepat terjadinya senyawa asam, dan menurunkan fungsi pelumasan¹⁾. Air juga mempercepat proses oksidasi, menyebabkan pembentukan endapan lumpur, dapat memisahkan aditif dengan *base oil*-nya, menyebabkan karat dan korosi, sehingga harus dibatasi kandungannya¹⁰⁾.

C. Soot value

Karakteristik ini untuk memantau beban *soot* (jelaga) pada minyak lumas mesin diesel. Batasan nilainya adalah⁶⁾:

- Lebih kecil dari 20 untuk mesin diesel (tipikal). Nilai normal akan jauh lebih kecil untuk mesin bensin dan mesin berbahan bakar gas alam,
- 42 dipertimbangkan sebagai nilai batas.
- 50 dipertimbangkan sebagai berlebih.
- 72 dipertimbangkan sebagai berat.
- 153 dipertimbangkan sangat berat.

Soot value meningkat seiring dengan jarak tempuh. Jelaga yang ada berasal dari sisa bahan bakar yang tidak terbakar akibat adanya pembakaran tidak

sempurna. Pada jarak tempuh 15.000 km hasil pengujian menunjukkan nilai 68 dan 70 yang berarti mendekati kategori berat (nilai 72). Jelaga yang dihasilkan oleh proses pembakaran akan dibersihkan oleh aditif deterjen sehingga akan menjaga mesin selalu bersih dari kotoran. Kotoran ini kemudian didispersikan ke dalam minyak lumas oleh aditif dispersan. Konsentrasi jelaga yang tinggi bisa menyebabkan terbentuknya *sludge* yang tinggi yang dapat menyebabkan *abrasive wear*, filter pelumas tersumbat, dan viskositas akan semakin tinggi. Hal ini juga mengindikasikan level oksidasi yang tinggi dari minyak lumas.

D. Oxidation by-product

Karakteristik ini dapat diaplikasikan untuk memonitor terjadinya produk oksidasi pada minyak lumas berbasis mineral dan minyak lumas hidrolik. dalam semua sistem pelumas, senyawa organik terkena suhu tinggi dan tekanan tinggi dengan adanya oksigen sebagian akan teroksidasi (bereaksi secara kimia dengan oksigen). Selama proses pembakaran dihasilkan berbagai oleh produk seperti keton, ester, aldehida distribusi, karbonat dan asam karboksilat. Komposisi dan distribusi produk-produk ini sangat kompleks.

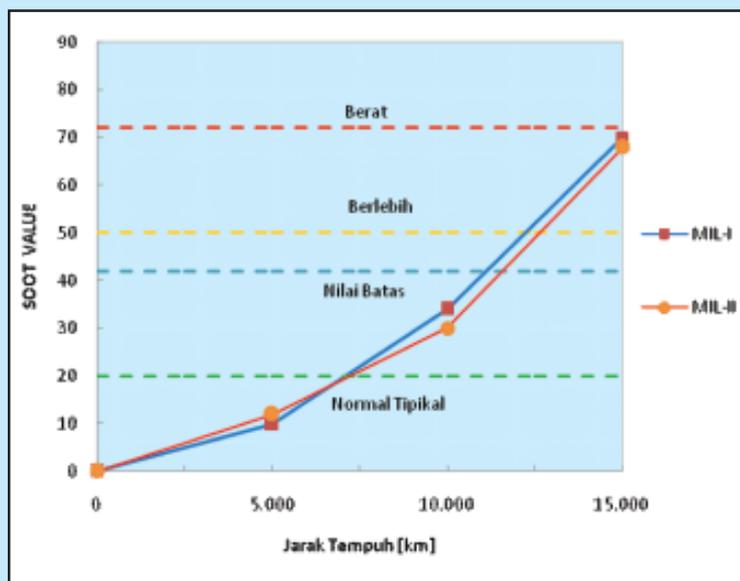
Batas normal dan abnormal adalah 6 s/d 12 unit untuk minyak lumas mesin diesel (tipikal) dengan peringatan kemungkinan timbulnya oksidasi berlebih pada nilai 18 dan lebih⁶⁾. Batasan ini dipakai berdasarkan sejumlah besar bermacam-macam jenis minyak lumas mesin diesel putaran tinggi. Jumlah produk oksidasi tergantung jumlah oksidasi tipikal pada sistem tersebut dan seberapa besar kemampuan minyak lumas menetralkan produk oksidasi tersebut, yang berhubungan dengan nilai *Total Base Number* (TBN) minyak lumas⁶⁾.

Produk oksidasi meningkat seiring dengan jarak tempuh (gambar 3). Pada titik 15.000 km hasil pengujian menunjukkan nilai mendekati kategori berlebih (nilai 18). Hal ini sebanding dengan hasil uji *soot value* yang mengindikasikan level oksidasi yang tinggi. Pada semua sistem pelumas, jika senyawa organik terkena suhu dan tekanan tinggi dan dengan adanya oksigen akan menyebabkan sebagian akan teroksidasi (bereaksi secara kimia dengan oksigen). Berbagai macam produk dihasilkan selama proses pembakaran seperti keton, ester, aldehida, karbonat dan asam karboksilat dengan komposisi yang kompleks. Beberapa dari senyawa ini dilarutkan oleh minyak lumas atau tetap sebagai suspensi, tergantung aditif dispersan dalam minyak lumas tersebut. Asamkarboksilat berkontribusi terhadap keasaman minyak lumas mesin dan menurunkan nilai TBN sebagai penetralnya. Efek jangka panjang dari terus meningkatnya produk oksidasi, akan menyebabkan minyak lumas bersifat korosif dan terjadi peningkatan viskositas yang signifikan.

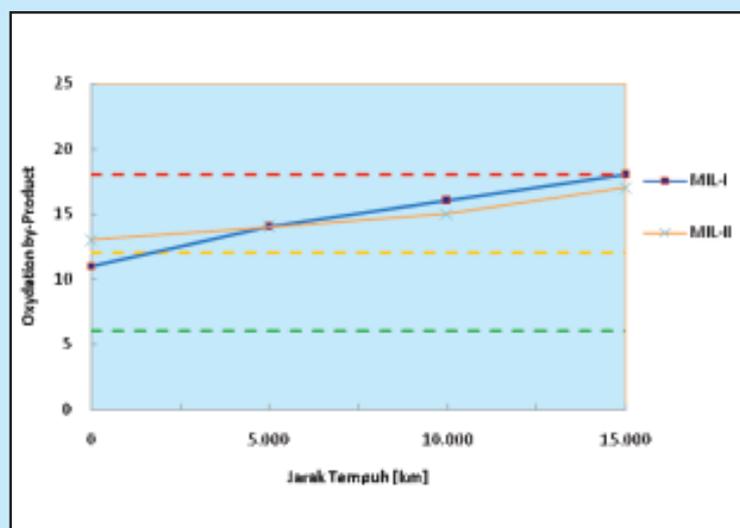
E. Nitration By-Product

Karakteristik ini dapat diaplikasikan untuk memonitor terjadinya produk nitrasi pada minyak lumas berbasis mineral dan minyak lumas hidrolik⁶⁾.

Batas normal dan abnormal adalah 3 s.d. 8 unit untuk minyak lumas mesin diesel (tipikal), dengan



Gambar 2
Karakteristik Soot Value



Gambar 3
Karakteristik Oxydation by-Product

peringatan kemungkinan timbulnya oksidasi berlebih pada nilai 14 dan lebih⁶⁾.

Nitrogen bereaksi dengan oksigen pada temperatur antara 2000-3000°C pada saat terjadi proses pembakaran membentuk senyawa NO dan NO₂ yang nantinya bisa terlarut ke dalam air

membentuk senyawa asam³. *Produk nitrasi* meningkat seiring dengan jarak tempuh. Pada 10.000 km nilainya pada ambang batas normal, pengujian dilanjutkan ke 15.000 km. Hasilnya tidak terlalu jauh dari nilai normal, apalagi dari kategori berlebih. Hal ini berarti oksidasi yang disebabkan senyawa nitrat dalam level aman dan menunjukkan minyak lumas masih dalam kondisi baik.

F. Antiwear Reading

Pembacaan karakteristik ini digunakan untuk memonitor tingkat senyawa anti aus *phosphate* pada minyak lumas berbasis mineral dan sintetis⁶.

Batas normal dan abnormal adalah 8 s.d. 12 satuan, untuk minyak lumas mesin diesel, dengan peringatan kemungkinan adanya kadar senyawa anti aus yang terlalu rendah pada nilai 5 satuan dan di bawahnya⁶.

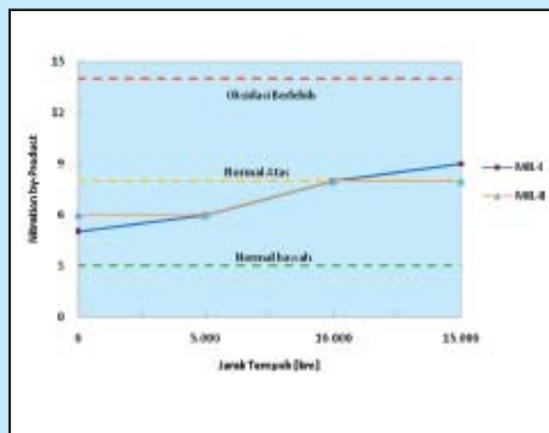
Pada minyak lumas terbaca aditif antiwear dengan kandungan yang lebih dari cukup (gambar 5). Berarti minyak lumas ini memiliki perlindungan keausan yang bagus. Aditif anti-aus yang paling populer digunakan adalah ZDDP (*Zinc dialkyldithiophosphates*) karena senyawa ini memberikan banyak fungsi sekaligus, yaitu sebagai agen antiaus, agen tekanan ekstrem menengah, efektif sebagai antioksidan pencegah karat yang baik, serta harganya yang murah dibanding aditif anti aus lainnya¹¹.

G. Diesel/JP8 Dilution

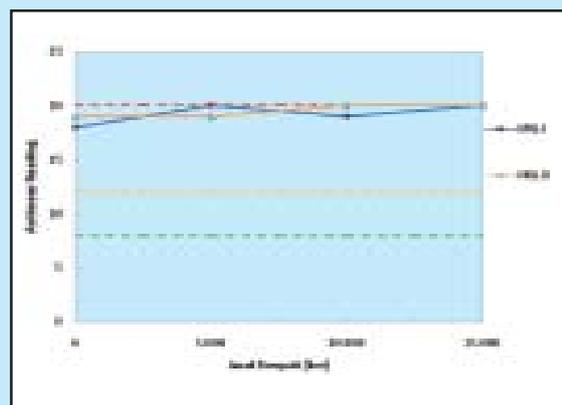
Pembacaan karakteristik ini digunakan untuk memonitor adanya *diesel fuel dilution* pada minyak lumas berbasis mineral dan sintetis⁶.

Batas normal dan abnormal, rentang nilai normal untuk mesin diesel adalah 220 s.d. 230, dengan peringatan kemungkinan adanya bahan bakar diesel pada 255⁶. Metode ini mendeteksi adanya senyawa aromatik pada bahan bakar, sementara saat ini dilaporkan ada beberapa bahan bakar yang mengandung sedikit bahkan tidak ada senyawa aromatik. Bahan bakar yang digunakan pada kendaraan uji adalah Solar 48 produk Pertamina yang mengandung senyawa aromatik.

Fuel dilution adalah terkontaminasinya minyak lumas dengan bahan bakar, yang terjadi karena turunnya bahan bakar ke penampungan minyak lumas melalui celah antara dinding liner dan piston. *Fuel dilution* akan menyebabkan menurunnya viskositas



Gambar 4
Karakteristik *Nitration by-Product*



Gambar 5
Karakteristik *Antiwear Reading*

minyak lumas. Pengaruh yang lebih berbahaya terjadi jika bahan bakar dan air terkondensasi bersama-sama pada minyak lumas. Pada saat mesin dijalankan maka bahan bakar dan air akan menguap karena pemanasan. Kedua kontaminan ini mengikat aditif yang terkandung pada minyak lumas ikut menguap, sehingga fungsi dari minyak lumas itu sendiri akan jauh berkurang³.

Pada minyak lumas tidak terjadi *diesel dilution* seperti tersaji di Gambar 6, sehingga sampai jarak tempuh 15.000 km dapat dipastikan tidak terjadi kontaminasi bahan bakar pada minyak lumas.

H. Sulfated By-Product

Pembacaan karakteristik ini digunakan untuk memonitor senyawa sulfur teroksidasi pada minyak lumas berbasis mineral pada *crankcase* dan *gear-box*. Senyawa ini secara tipikal berasal dari senyawa sulfur yang teroksidasi pada bahan bakar atau pada aditif paket minyak lumas⁶⁾.

Batas normal untuk minyak lumas mesin diesel secara kasar antara 10 s.d. 15 satuan. Peringatan secara tipikal dilaporkan pada 35 satuan. Metode ini tidak dapat diaplikasikan pada minyak lumas sintetik⁶⁾.

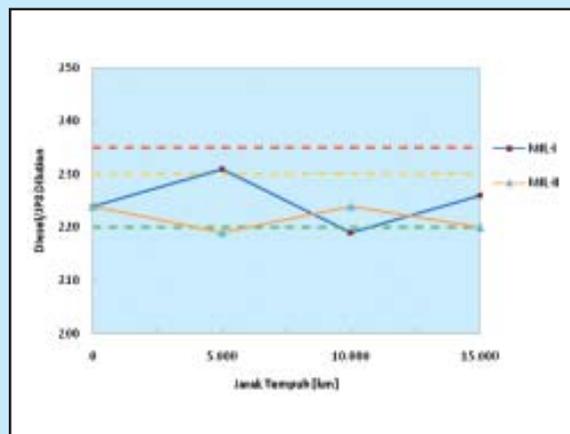
Senyawa sulfur secara tipikal terkandung di dalam *crude oil* atau dengan sengaja ditambahkan ke dalam minyak lumas untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan, seperti aditif anti-*aus*. *Sulfated by-product* mengukur SO_2 dan SO_3 yang terbentuk dari hasil oksidasi senyawa sulfur. Senyawa-senyawa ini kadang-kadang mengkontaminasi minyak lumas melalui celah ring piston dan liner, dan jumlahnya akan semakin banyak seiring lamanya pemakaian, sehingga akan meningkatkan terbentuknya lumpur dan *varnish*. Mereka juga bereaksi dengan air dari proses pembakaran membentuk asam kuat anorganik seperti H_2SO_4 yang berakibat menurunnya kadar aditif pada minyak lumas. Pengukuran senyawa ini memberikan informasi tambahan mengenai adanya salah penyetulan pada mesin dan kegagalan kerja ring piston⁷⁾.

Senyawa sulfur yang terbentuk akibat pembakaran bahan bakar, semakin lama semakin meningkat, tetapi masih jauh dari *warning level*, sehingga dapat disimpulkan minyak lumas masih sanggup menerima beban oksidasi sulfur pada jarak tempuh 15.000 km.

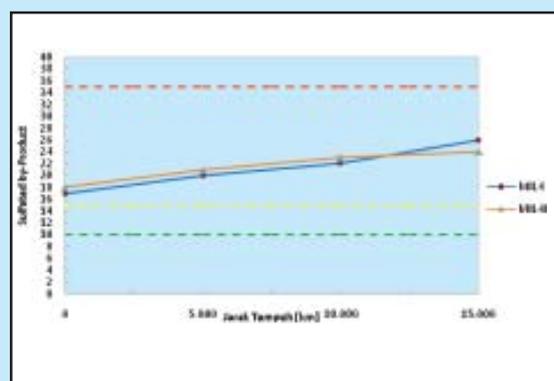
I. Ethylene Glycol (Antifreeze)

Pembacaan karakteristik ini digunakan untuk memonitor adanya cairan anti beku berbasis *ethylene glycol* pada minyak lumas mesin.

Batas normal untuk minyak lumas mesin diesel secara kasar antara 0 s.d. 1 satuan, peringatan dilaporkan pada nilai 3. Cairan *ethylene glycol* adalah komponen utama sistem pendingin mesin¹¹⁾. Dalam sistem ini biasanya mengandung *glycol* dan air dalam komposisi yang seimbang. Jika pada pengukuran ini menunjukkan hasil yang positif, maka peringatan juga muncul pada hasil uji *Water in Petroleum Product*. Hasil pengujian menunjukkan nilai 0 (Tabel 1), hal ini



Gambar 6
Karakteristik Diesel Dilution



Gambar 7
Karakteristik Sulfated by-Product

menunjukkan tidak terjadi kontaminasi/kebocoran *coolant* pada minyak lumas sehingga pembacaan karakteristik ini dapat juga digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada sistem pendingin mesin.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji menggunakan FTIR *Oil Analyser*, minyak lumas hasil formulasi dan minyak lumas Pertamina yang ada di pasaran secara garis besar menunjukkan karakteristik yang masih dalam level aman sampai jarak tempuh 15.000 km. Pada minyak lumas tidak terdapat kontaminasi air, bahan bakar, dan cairan anti beku yang menunjukkan bahwa kondisi kendaraan uji layak dan dalam kondisi baik.

Produk oksidasi yang diindikasikan dari pengukuran *oxidation by product*, *nitration by*

product, dan *soot value* nilainya cenderung tinggi pada jarak tempuh 15.000 km. Hal ini sesuai dengan teori bahwa produk oksidasi berbanding lurus dengan *soot value*.

Aditif pada minyak lumas yang terdeteksi dari penelitian ini adalah aditif anti oksidasi dan aditif anti aus. Beberapa jenis aditif seperti detergen dan dispersan tidak bisa diketahui keberadaannya.

FTIR *Oil Analyser* dapat memberikan informasi mengenai kondisi pelumas pada saat dipakai, namun demikian beberapa karakteristik yang sangat penting seperti viskositas, nilai TBN, nilai TAN, keasaman, dan kandungan keausan logam, perlu dilakukan juga analisisnya untuk memberikan informasi menyeluruh mengenai kondisi mesin dan pelumasnya.

Hasil analisis karakteristik fisika kimia minyak lumas merupakan indikator awal untuk mengetahui mutunya. Mutu unjuk kerja sebenarnya baru dapat diketahui melalui analisis terhadap komponen mesin kendaraannya. Analisis ini meliputi penilaian terhadap pembentukan deposit, keausan, dan korosi.

KEPUSTAKAAN

1. A R Lansdown, 2004, *Lubrication and Lubricant Selection*, Professional Engineering Publishing Limited London and Bury St Edmunds, UK
2. Chatwall, G, 1985, *Spectroscopy Atomic and Molecule*, Himalaya Publishing House, Bombay
3. Edited by Robert.M.Gresham and George E Totten, 2009, *Lubrication and Maintenance of In-*

dustrial Machinery, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742.

4. F.R. van de Voort, J. Sedman, R. A. Cocciardi dan D. Pinchuk, 2005, *FTIR Condition Monitoring of In-service lubricants: Ongoing Developments and Future Perspectives*
5. Harmita, 2006, *Analisis Fisika Kimia*, Departemen Farmasi FMIPA-UI, Jakarta
6. *Interpreting the standard Bio-Rad IR Oil Analyser Report*, The *BIO-RAD Oil Analyser Operator's Manual*.
7. <http://www.machinerylubrication.com>, *Monitoring Oil Degradation With Infrared Spectroscopy*, diakses tanggal 8 Desember 2010.
8. <http://www.newport.com>, *Introduction-to-FT-IR-Spectroscopy*, diakses tanggal 4 Maret 2011.
9. Ewa A. Bardasz and Gordon D. Lamb, 2003, *Additive for Crankcase Lubricant Applications*, Marcel Dekker Inc.
10. Abel Resina de Almeida, Galp Energia, *Gears and Transmissions Workshop, Lubricant Condition Monitoring*, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Portugal, 5 th June 2003.
11. Edited by Leslie R. Rudnick, Second Edition 2009, *"Lubricant Additives, Chemistry and Applications"*, CRC Press, Boca Raton London New York.