

# Analisa Kerusakan Komponen Mesin Diesel Melalui Uji Fisika Kimia Minyak Lumas API CF-4

M. Hanifuddin<sup>1)</sup> dan Shinta Sari Hastuningtyas<sup>2)</sup>

Peneliti Pertama<sup>1)</sup>, Calon Peneliti<sup>2)</sup> 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 10 Oktober 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal 23 Desember 2011

Disetujui terbit tanggal: 30 Desember 2011

## S A R I

Dalam penggunaan mesin diesel banyak hal yang mempengaruhi kehandalan mesin tersebut, terutama terkait dengan kinerja mesin diesel. Salah satunya kondisi komponen-komponen yang ada diruang bakar seperti piston dan *cylinder liner*. Salah satu bentuk pemeliharaan pada mesin diesel yang cukup efektif adalah melalui pemantauan analisa fisika kimia minyak lumasnya. Penurunan nilai Angka Basa Total (TBN) berbanding lurus dengan meningkatnya jarak tempuh kendaraan. Pengujian beberapa unsur kimia memperlihatkan adanya peningkatan nilai terutama unsur Fe, Al, Cu, Cr, Si.

**Kata kunci:** mesin diesel, angka basa total, kandungan logam

## ABSTRACT

*The usage of diesel engines in many things can affect the reliability of these machines, especially related to the performance of diesel engines. One was the condition of existing components in the room like a piston and cylinder combustion liner. One of maintenance on diesel engines are quite effective is through the monitoring of chemical physics lubricant analysis. Decreasing total base number (TBN) is proportional to the increasing number of vehicle mileage. The results of testing several chemical elements visible increase in the value of the elements, especially Fe, Al, Cu, Cr.*

**Keywords:** diesel engines, total base number, metal content

## I. PENDAHULUAN

Fungsi utama minyak lumas adalah untuk mencegah terjadinya gesekan, keausan dan kerusakan permukaan dalam suatu sistem yang terdiri atas berbagai elemen mesin, seperti gigi dan bantalan<sup>[9]</sup>. Fungsi lainnya adalah 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 yang dikenal dan digunakan masyarakat merupakan hasil pencampuran *base oil* dan aditif dengan komposisi tertentu<sup>[8]</sup>. Bahan dasar minyak lumas adalah fraksi minyak bumi dengan,

atau tanpa aditif yang mempunyai kisaran titik didih antara 380°C – 550°C dan digunakan untuk maksud pelumasan<sup>[8]</sup>. Fungsi dasar *base oil* dalam suatu formula minyak lumas adalah untuk melumasi komponen-komponen bergerak pada mesin kendaraan dan melindunginya dari keausan akibat gesekan. Komponen aditif berfungsi untuk membuat minyak lumas mampu bekerja pada temperatur ekstrim yang akan memberikan aspek perlindungan tambahan pada mesin kendaraan.

Mesin diesel merupakan mesin penggerak yang cukup banyak digunakan untuk transportasi disamping mesin bensin. Walaupun getarannya lebih besar tetapi oleh karena rasio kompresi yang tinggi membuat mesin diesel lebih efisien dari mesin bensin<sup>[1]</sup>

Dalam penggunaan mesin diesel banyak hal yang mempengaruhi kehandalan mesin tersebut, terutama terkait dengan kinerja mesin diesel. Salah satunya adalah kondisi komponen-komponen yang ada diruang bakar seperti piston dan *cylinder liner*.

Komponen-komponen mesin pada mesin diesel dikenai beban kerja berupa tekanan tinggi hasil penyalaan sendiri (auto ignition) bahan bakar pada ruang bakar setelah dikompresi sampai tekanan antara 23-30 bar. Apabila keausan komponen-komponen dalam ruang bakar melewati batas toleransinya akan dapat menurunkan kinerjanya. Dalam hal ini peranan pelumas sangat menentukan. Faktor eksternal juga dapat mempengaruhi, seperti adanya partikel asing yang masuk kedalam ruang bakar misalnya debu. Untuk itu kondisi komponen-komponen tersebut perlu dipelihara dengan metode perawatan yang tepat, sehingga kinerjanya tetap optimal.

Pelaksanaan uji jalan (*road test*) dilakukan pada rute jalan yang bervariasi dan mewakili operasi normal kendaraan, yaitu rute luar kota dan dalam kota sampai dengan jarak tempuh 15.000 km. Pengambilan percontohan dan analisis terhadap karakteristik fisika-kimia minyak lumus pada setiap 2.500 km jarak tempuh, yaitu pada 0 km, 2.500 km, 5.000 km, 7.500 km, 10.000 km, dan 15.000 km.

Penelitian ini menggunakan sebuah kendaraan mesin kendaraan diesel Isuzu Phanter tahun 2004 yang menggunakan mesin teknologi tahun 1990. Adapun spesifikasi mesin kendaraan tersebut adalah sebagai berikut (Tabel 2).

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis karakteristik fisika kimia dilakukan terhadap parameter seperti viskositas kinematik, indeks viskositas, bilangan basa, bilangan asam, pH, flash point, kandungan logam, analisis konsumsi minyak lumus, serta kandungan sulfur.

Makalah ini merupakan hasil penelitian berupa analisis ketahanan minyak lumus dalam aplikasinya pada kendaraan bermotor melalui uji jalan. Analisa pelumas yang dilakukan secara umum meliputi analisa sifat fisika kimia, analisa keausan logam dan analisa kondisi mesin. Pemantauan dan analisa pelumas digunakan untuk mendapatkan sinyal atau deteksi dini bila terjadi kerusakan pada mesin dan untuk menemukan periode penggantian pelumas.

**Tabel 1**  
**Karakteristik minyak lumus formula**  
**SAE 15W40/API CF-4**

Karakteristik	SNI-06-7069.5-2005 <sup>[2]</sup>	Formula A
Vis.kin. 100C (cSt)	12,5 – 16,3	14.82
Visk. Indeks, min	125	139
CCS @ -20°C (cP), maks	7000	6521
TBN (mg-KOH/g), min	9.0	11.535
PP (°C), min	-23	-34
FP-COC (°C), min	200	230
Foaming T&S Sq.1 (mL), max	20/0	nil/nil
Sq.2 (mL)	50/0	nil/nil
Sq.3 (mL)	20/0	nil/nil
Sq.4 (mL)	100/0	nil/nil
Sulfated ash, %-wt, min	0,95	1.33
TBS, cP, min	3,7	4,36
Sifat Penguapan Noack, %-wt	20	10,06
Korosi bilah tembaga	Maks 1b	1a

**Tabel 2**  
**Data spesifik kendaraan uji<sup>[4]</sup>**

Jenis Mesin	4JA1
Tipe mesin	4 Langkah, 16 katup, <i>In-Line Overhead Valve, Water Cooled</i>
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**  
**Parameter analisis minyak lumus<sup>[3]</sup>**

Komponen	Indikasi	Ambang Batas
Besi (Fe)	Wear	100 ppm
Aluminium (Al)	Wear	25 ppm
Tembaga (Cu)	Wear	50 ppm/spesifikasi
Timbal (Pb)	Wear	50 ppm
Chrom (Cr)	Wear	Perubahan 100%
Silicon (Si)	Debu	25 ppm
Boron (Br)	Pendingin	25 ppm
Vanadium (V)	Wear	Perubahan 100%
Nikel (Ni)	Wear	Perubahan 100%
Air	Kontaminasi	500 ppm
TBN	Oksidasi	Min. 7 mgKOH/g[2]
Viskositas	Oksidasi	Perubahan 20%
Fuel dilution	Ring aus	5-10% volume

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan. Dimulai dari merancang formula minyak lumas sesuai SAE 15W40 dan standar API CF-4 (Tabel 1), melakukan blending minyak lumas dasar dan aditif, kemudian diuji karakteristik minyak lumas. Dari hasil uji fisika kimia dipilih formula terbaik dan minyak lumas harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan pada SNI-06-7069.5-2005<sup>[5]</sup>. Minyak lumas lalu diuji melalui uji jalan untuk menentukan drain intervalnya.

Sebelum dilaksanakan uji jalan, kendaraan di rekondisikan terlebih dahulu dengan mengganti beberapa komponen utama mesin dan mengembalikan spesifikasi standar yang direkomendasikan pabrik pembuatnya. Untuk mengembalikan spesifikasi awal mesin kendaraan dilakukan penyetelan ulang waktu penyalan, penyetelan klep, dan rasio kompresi, kemudian kendaraan mulai di *running-in*.

Dari hasil pengujian awal karakteristik minyak lumas hasil *blending*, maka dipilih satu formula yang memiliki karakteristik fisika kimia sesuai SNI-06-7069.5-2005<sup>[2]</sup> yaitu formula A.

#### A. Analisa Viskositas

Viskositas (kekentalan/tahanan alir) adalah sifat paling penting dari minyak lumas. Minyak lumas termasuk *fluida incompressible* dan pada kondisi ideal memiliki lapisan pelindung dengan ketebalan konstan yang sering disebut sebagai kekuatan lapisan pelindung, untuk memisahkan komponen yang saling bergerak. Tanpa bersentuhan atau bergesekan langsung, keausan bisa dianggap tidak terjadi. Tetapi pada saat beban berat yang melebihi kemampuan minyak lumas untuk memisahkan antar komponen, lapisan minyak lumas sobek sehingga terjadi gesekan (kontak langsung) antar logam. Semakin tinggi viskositas, semakin berat beban mesin. Menggunakan minyak lumas yang terlalu kental memiliki banyak kerugian. Semakin kental, semakin susah disirkulasikan, terutama pada suhu rendah dan fungsi perlindungan aus dari minyak lumas bisa berkurang. Semakin kental minyak lumas akan memerlukan energi lebih untuk mensirkulasikan, akibatnya akan menurunkan keekonomisan bahan bakar. Semakin kental minyak lumas maka akan memiliki tahanan internal antar molekul (*intra-fluid friction*) yang tinggi. Hal ini akan menyebabkan minyak lumas lebih mudah panas. Kesimpulannya adalah minyak lumas

dengan viskositas lebih tinggi dari yang dibutuhkan peralatan tidak menguntungkan, dan sebaliknya jika viskositasnya terlalu rendah, minyak lumas akan tidak mampu mencukupi kemampuan menahan beban yang disyaratkan peralatan.

Hasil pengujian minyak lumas baru hasil formulasi, SAE 15W40 API CF-4 memiliki tingkat viskositas 14,82 cSt, sesuai batasan spesifikasinya yaitu 12,5 – 16,3 cSt pada temperatur uji 100 °C. Indeks viskositas merupakan suatu indikator perubahan viskositas minyak lumas terhadap perubahan temperatur. Hasil pengujian (Gambar 1) menunjukkan bahwa nilai indeks viskositas sudah memenuhi batasan minimal yang dipersyaratkan, yaitu minimal 125.

Minyak lumas sampai dengan jarak tempuh 12.500 km mengalami penurunan nilai viskositas, namun masih dalam batas ambang yang ditentukan yaitu kurang dari 20% . Penurunan viskositas sudah melebihi ambang batas yang diijinkan yaitu 11.86 cSt pada jarak tempuh pemakaian 15.000 km. Dua faktor utama yang menjadi penyebab penurunan nilai viskositas adalah terjadinya *fuel dilluent* dan degradasi aditif polimer karena adanya *shear*. Gaya *shear* dari pompa oli, jarak renggang bantalan mesin yang kecil serta posisi letak *crankshaft* yang tercelup dalam karter minyak lumas. Analisis laboratorium terhadap karakteristik *flash point* (Tabel 4) menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan yang besar, yang mengindikasikan minyak lumas terkontaminasi bahan bakar, sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan viskositas lebih disebabkan oleh degradasi aditif polimer. Beberapa jenis aditif yang mengandung polimer antara lain aditif *viscosity index improver*, *anti foam*, *dispersant* dan *pour point depressant*.

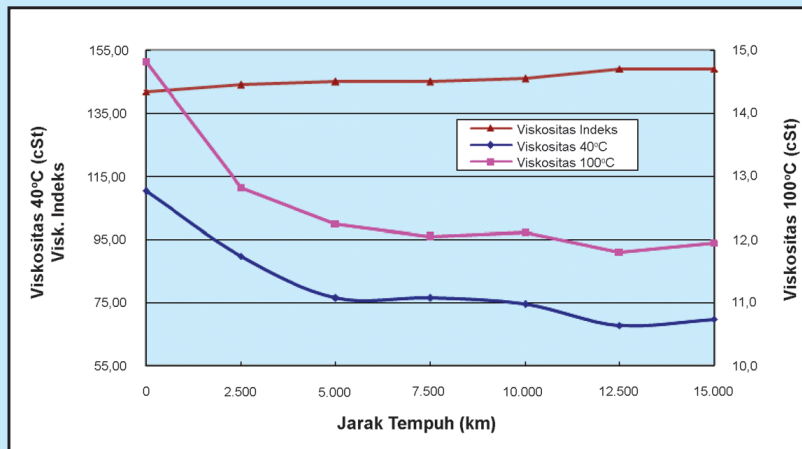
Tabel 4  
Perubahan viskositas dan flashpoint

No.	Jarak Tempuh (km)	Visk. Kin. 40°C	Visk. Kin. 100°C	VI	Flash Point
1	0	110,20	14,82	142,00	230,0
2	2.500	89,73	12,82	144,00	229,0
3	5.000	76,47	12,25	145,00	228,0
4	7.500	76,45	12,04	145,00	228,0
5	10.000	74,46	12,12	146,00	227,0
6	12.500	67,85	11,8	149,00	226,0
7	15.000	69,65	11,95	149,00	226,0

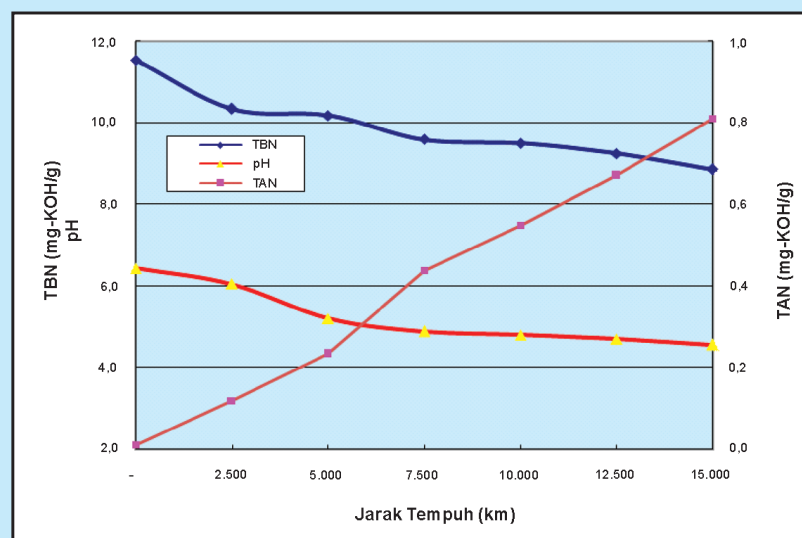
**B. Analisa Angka Basa Total dan Angka Asam Total**

Bilangan Basa Total merupakan karakteristik yang menunjukkan kemampuan deterjensi, dispersansi dan netralisasi terhadap asam hasil oksidasi minyak lumas. Kandungan sulfur pada bahan bakar solar yang digunakan cukup tinggi yaitu 1100 ppm, sehingga akan terbentuk gas  $SO_3$ ,  $SO_2$  pada saat reaksi pembakaran. Gas-gas ini bereaksi dengan  $H_2O$  yang terdapat pada ruang pembakaran sehingga menghasilkan  $H_2SO_4$  yang bersifat korosif. Deterjen yang terkandung dalam minyak lumas berfungsi menetralkan asam mineral yang terbentuk akibat reaksi pembakaran. Saat ini mulai digunakan bahan bakar dengan kandungan sulfur rendah, tetapi TBN masih merupakan karakteristik yang penting karena kandungan dispersan yang biasanya terdapat dalam aditif deterjen, berfungsi untuk mencegah dan membersihkan kotoran yang menempel pada komponen mesin seperti piston, ring, dan lain-lain.

Hasil pengujian (Gambar 2) menunjukkan bahwa nilai Angka Basa Total (TBN) terus mengalami penurunan selama masa uji jalan. Mulai dari 11,54 mgKOH/g menurun menjadi 10,34 mgKOH/g dan mengalami penurunan seterusnya hingga pada kondisi jarak tempuh akhir 15.000 km menjadi 8,86 mgKOH/g. Hal ini masih diatas batas ambang minimal 7 mgKOH/g<sup>[2]</sup> sehingga minyak lumas masih dapat digunakan. Sebaliknya tingkat keasaman mengalami kenaikan terlihat dari Angka Asam Total (TAN) selama uji jalan. Angka asam total tidak termasuk dalam spesifikasi yang dipersyaratkan dalam SNI, namun merupakan salah satu indikator kualitas pelumas selama pemakaian sehingga diamati dalam analisis minyak lumas bekas.



**Gambar 1**  
**Grafik perubahan viskositas**



**Gambar 2**  
**Grafik kecenderungan angka basa total dan angka asam total**

Penurunan nilai angka basa total pada minyak lumas menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan kemampuan minyak lumas untuk menetralkan asam hasil oksidasi, kemampuan deterjensi dan mendispersi guna membersihkan mesin dari kotoran atau deposit hasil pembakaran bahan bakar maupun hasil oksidasi minyak lumas itu sendiri. Hal ini dapat memperbesar kemungkinan terjadinya korosi pada komponen mesin.



### C. Analisa Kandungan Logam

Logam keausan merupakan logam-logam yang berasal dari komponen mesin. Logam keausan yang diamati dalam studi ini antara lain, Fe, Al, Cu, Cr, Si. Pengujian dilakukan terhadap minyak lumas selama masa uji jalan.

Hasil uji laboratorium terhadap minyak lumas baru dan minyak lumas bekas menunjukkan adanya peningkatan nilai kandungan logam (Gambar 3). Hal ini merupakan indikasi telah terjadinya keausan pada komponen mesin kendaraan.

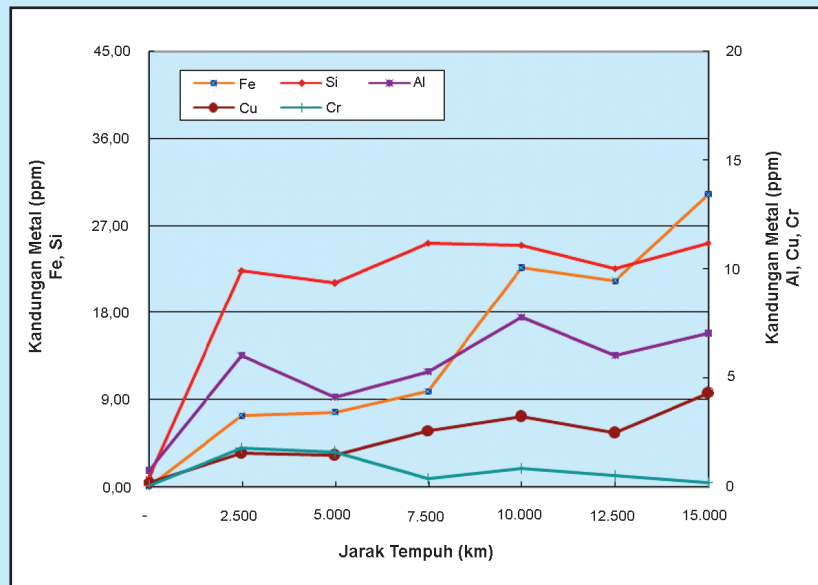
Kandungan Fe pada minyak lumas terlihat cukup tinggi, terutama pada kondisi mesin pada jarak tempuh akhir 15.000 km yaitu sebesar 30,29 ppm. Walaupun kondisi ini masih dibawah ambang batas sebesar 100 ppm, namun hal ini menunjukkan adanya keausan pada komponen di ruang bakar terutama ring piston dan liner.

Unsur Cr dalam minyak lumas juga terjadi peningkatan seiring semakin bertambahnya jarak tempuh kendaraan. Pada kondisi awal 0,03 ppm meningkat menjadi 1,79 ppm pada jarak tempuh akhir 15.000 km. Walaupun masih dibawah nilai batas hal ini menunjukkan adanya keausan pada komponen ruang bakar seperti pada ring piston.

Sementara untuk kandungan unsur Al dan Cu masih dibawah batas ambang. Namun unsur Si didapat kandungan yang cukup tinggi dan melebihi batas ambang. Unsur Si tersebut kemungkinan berasal dari partikel debu yang masuk kedalam ruang bakar mesin melalui saringan udara. Akibat masuknya partikel ini bisa menyebabkan keausan terutama *abrasive wear* yang sangat berbahaya jika masuk ke *bearing* dan celah antara *piston* dan *silinder liner*.

### IV. KESIMPULAN

Minyak lumas yang digunakan sampai jarak tempuh 15.000 km masih menunjukkan unjuk kerja yang baik terutama terlihat dari nilai TBN yang masih tinggi, namun pada karakteristik viskositas kinematik



Gambar 3  
Grafik kandungan logam-logam keausan dalam minyak lumas

mengindikasikan telah terjadi degradasi mutu minyak lumas. Penurunan nilai TBN berbanding lurus dengan meningkatnya jarak tempuh kendaraan. Hasil pengujian beberapa unsur kimia yang terkandung pada minyak lumas, terlihat adanya peningkatan nilai terutama unsur Fe, Al, Cu, Cr dan Si. Hal ini menunjukkan terjadi keausan pada komponen mesin seperti bearing, ring piston, liner dan piston. Keausan yang terjadi sampai jarak tempuh 15.000 km masih dalam taraf normal.

### KEPUSTAKAAN

1. [http://id.wikipedia.org/wiki/mesin\\_diesel](http://id.wikipedia.org/wiki/mesin_diesel), diakses September 2011
2. BSN, 2005, Klasifikasi dan Spesifikasi –Pelumas-SNI 06-7069-2005, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
3. **Pelatihan Predictive Maintenance** (Tribologi), 2001, PT. Biuteknika Bina Prima, Jakarta.
4. **Toyota Astra Motor PT**, 2003, Pedoman Pemilik Isuzu Phanter.
5. **Mitchell, John.S.**, 1993, Introduction to Machinery Analysis and Monitoring, 2<sup>nd</sup> Edition, Pennwell Books, Oklahoma.
6. **Ccitonline**, 2008, Artikel Mekanikal, <http://www.ccitonline.com/> diakses September 2011.

7. **Rulianto, D., Setyo Widodo, Albert Mantong,** 2005, *Penyiapan Rancangan Formula Minyak Lumas*, PPPTMBG “Lemigas”, Jakarta.
8. **Hepple, P.,** 1967, *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.
9. **Fein, Richard S.,** 1992, *Liquid Lubricants*, ASM Handbook vol.18 Friction, Lube and Wear Test, ASM International, USA.