

# Periode Penggantian Minyak Lumas Mesin Diesel Kendaraan Tingkat Mutu API CH-4

Oleh:  
Subiyanto

## I. PENDAHULUAN

Sampai saat ini minyak lumas mesin diesel yang diproduksi oleh berbagai produsen telah mencapai tingkat mutu unjuk kerja API CH-4. Tentu saja perkembangan mutu minyak lumas tersebut dapat terjadi oleh karena keperluan atau kebutuhan yang dituntut oleh mesin diesel sesuai dengan perkembangan teknologi.

Perkembangan teknologi mesin diesel menuntut pula kebutuhan untuk mengembangkan kualitas aditif atau kuantitas aditif yang ditambahkan ke dalam minyak lumas dasar. Sementara itu minyak lumas dasar juga dituntut untuk menjadi lebih baik sehingga menuntut perkembangan teknologi pengolahan minyak bumi menjadi minyak lumas dasar dan juga kemungkinan mengembangkan minyak lumas dasar jenis sintetik. Dengan demikian akan memudahkan formulator untuk membuat minyak lumas mesin diesel sesuai dengan permintaan baik pabrikan, pemakai, atau penyesuaian dengan kondisi lingkungan

Perkembangan kualitas tentu diikuti dengan perkembangan periode atau lamanya waktu atau jumlah kilometer penggantian minyak lumas mesin tersebut. Berbagai informasi yang didapat dari bengkel tidak resmi menunjukkan bahwa mereka menganjurkan untuk mengganti minyak lumasnya setiap 2.000 km sampai dengan 3.000 km untuk minyak lumas dengan tingkat mutu API apa saja. Hal tersebut tentu tidak lepas dari kepentingan bisnis atau usaha. Sementara itu bengkel resmi menganjurkan penggantian minyak lumas mesin kendaraan setiap 5.000 km.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dalam rangka untuk mendapatkan data sejauh berapa km minyak lumas mesin diesel tingkat mutu API CH-4 harus diganti.

Menurut berbagai literatur, makin tinggi level mutu unjuk kerja minyak lumas mesin diesel, tentu makin besar jumlah kilometer atau makin lama waktu penggantian minyak lumasnya. Dalam penelitian ini hal yang harus dibuktikan atau diketahui adalah bahwa periode penggantian minyak lumas mesin diesel kendaraan dengan tingkat mutu API CH-4 dapat mencapai 15.000 km.

Kandidat minyak lumas mesin diesel kendaraan agar dapat disahkan sebagai minyak lumas mesin diesel dengan tingkat mutu API CH-4 harus lulus berbagai uji, baik uji karakteristik fisika kimia, uji semi unjuk kerja yang dilakukan di laboratorium, serta uji unjuk kerja dengan berbagai mesin uji bahkan bila perlu uji lapangan atau uji jalan yang dikenal dengan nama *road test*. Berbagai uji tersebut antara lain uji viskositas, pada suhu rendah, suhu 40 dan 100°C, suhu tinggi 150°C, titik nyala, angka basa total (TBN), pembusaan, penguapan, uji *Sequence III*E, Mack T-8E, Mack T-9, Cummins M11 dan Caterpillar 1P serta Caterpillar 1K. Biaya uji tersebut dapat mencapai milyaran rupiah.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan studi literatur, menyiapkan minyak lumas mesin diesel API CH-4, menguji minyak lumas baru, menyiapkan kendaraan uji jenis PANTHER tahun 2000 sebanyak 6 buah, melakukan *run-in* sampai 1.000 km untuk mengetahui kondisi standar kendaraan uji, melaksanakan uji jalan sampai dengan jarak tempuh 20.000 km melalui rute jalan di dalam kota dan luar kota.

Rute uji jalan yang dilalui setiap hari adalah berangkat dari PPPTMGB "LEMIGAS" Cipulir menuju pintu gerbang tol Pejompongan masuk jalan tol kota dua kali putaran, kemudian keluar ke pintu tol

Cawang untuk selanjutnya menuju tol Jagorawi – Ciawi – Puncak – Cipanas – Cianjur berputar kembali ke Cipanas – Puncak – Ciawi – masuk tol Jagorawi keluar Cawang – jalan Mampang – jalan Veteran – Blok M – Kebayoran Lama – PPPTMGB “LEMIGAS”. Rata-rata setiap hari menempuh 300 km. Kemudian setelah mencapai jarak 7500 km, pelaksanaan uji jalan dilakukan ke Surabaya dengan rute Jakarta (LEMIGAS) – Semarang – Surabaya – Yogyakarta – Bandung – Jakarta (LEMIGAS). Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar solar dari tempat yang sama, kecuali saat di luar kota membeli di salah satu SPBU yang dilewati.

Minyak lumas mesin diesel SAE 15W40, API CH-4 yang diuji ada 4 (empat) jenis yang masing-masing diberi kode, P-10, P-20, P-30, P-40. Untuk P-10 diuji dengan 2 (dua) kendaraan yaitu kendaraan B dan F, P-20 dengan 2 (dua) kendaraan D dan E, sedang minyak lumas P-30 dan P-40 diuji dengan satu kendaraan masing Masing Kendaraan A dan C.

Pengambilan contoh minyak lumas bekas dilakukan pada jarak 7.500 km, 12.500 km, 15.000 km, 17.500 km dan 20.000 km untuk dilakukan pengujian karakteristik fisika kimia minyak lumas bekas tersebut, dan dilakukan evaluasi terhadap hasil uji laboratorium dari minyak lumas bekas tersebut dengan membandingkannya dengan batasan nilai karakteristik untuk minyak lumas mesin diesel bekas, menghitung konsumsi bahan bakar, dan pelaporan.

### III. SPESIFIKASI KENDARAAN UJI

Kendaraan uji yang digunakan adalah kendaraan bermesin diesel tahun 2000 merek PANTHER dengan spesifikasi seperti yang disajikan pada Tabel 1. Sistem pelumasan dari mesin ini adalah sistem sirkulasi bertekanan dan sistem percik, dengan menggunakan pendingin pelumas atau *oil cooler*. Tekanan minyak lumas 5,8 – 6,2 kg/cm<sup>2</sup>.

### IV. KARAKTERISTIK FISIKA KIMIA MINYAK LUMAS SAE 15W40, API CH-4

Sebagaimana benda atau zat yang lain, minyak lumas mesin diesel mempunyai sifat atau karakteristik juga. Karakteristik tersebut dinyatakan dalam karakteristik fisika dan kimia atau semi unjuk kerja. Karakteristik fisika kimia meliputi titik nyala, titik tuang, viskositas kinematik pada 40° dan 100°C, indeks viskositas, kecenderungan pembentukan dan stabilitas pembusaan. Karakteristik kimia meliputi Angka Basa

Total (TBN). Kandungan abu sulfat, kandungan logam Ca, Mg, Zn dan karakteristik semi unjuk kerja yaitu uji viskositas absolut pada suhu rendah dan pada suhu tinggi. Adapun hasil uji karakteristik fisika kimia dan semi unjuk kerjanya minyak lumas mesin diesel SAE 15W40, API CH-4 yang baru (belum digunakan) disajikan pada Tabel 2.

Minyak lumas bekas mesin diesel kendaraan SAE 15W40, API CH-4 sudah tidak layak digunakan apabila karakteristiknya sudah melebihi batasan nilai maksimum atau minimumnya seperti yang disajikan pada Tabel 3.

### V. EVALUASI HASIL UJI PELAKSANAAN PENGUJIAN

Evaluasi hasil uji karakteristik fisika kimia dilakukan dengan membandingkan hasil uji setiap jenis minyak lumas baru dan minyak lumas bekas untuk masing-masing jarak tempuh yaitu 7.500 km, 12.500 km, 15.000 km, 17.500 km dan 20.000 km.

Dalam penelitian ini juga dicatat selain jarak tempuh juga total waktu perjalanan, kebutuhan bahan bakar minyak (BBM), kecepatan rata-rata, konsumsi bahan bakar (BBM). Data tersebut disajikan pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa pelaksanaan atau kondisi operasi kendaraan uji A, B, C, D, E dan F tidak banyak berbeda, sehingga untuk kondisi minyak lumas bekasnya dapat diperbandingan satu dengan yang lainnya.

Sedangkan hasil uji, satuan, dan metode uji percontoh minyak lumas bekas mesin diesel tingkat mutu unjuk kerja API CH-4 untuk masing-masing jarak tempuh disajikan pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 9.

Untuk jarak tempuh 7.500 km, 12.500 km, 15.000 km, 17.500 km, pengujian karakteristik fisika kimianya dilakukan hanya untuk viskositas pada 40°C dan 100°C, kandungan logam aditif dan angka asam total (TAN) dan angka basa total (TBN), sedangkan untuk jarak tempuh 20.000 km ditambah pengujian indeks viskositas, titik nyala, titik tuang, kandungan zat tak terlarut, kandungan bahan bakar, kandungan air, kandungan logam ausan.

#### A. Evaluasi hasil uji minyak lumas bekas P-10, sampai jarak tempuh 20.000 km

Pelaksanaan pengujian minyak lumas mesin diesel P-10 ini dilakukan dengan menggunakan 2 (dua)

Tabel 1  
Spesifikasi mesin diesel kendaraan uji

No	Item	Spesifikasi
1	2	3
1	Tipe mesin	4 langkah, katup atas, pendingin air
2	Tipe ruang bakar	Pengabutan langsung
3	Tipe silinder liner	Tipe kering dilapisi khrom, <i>stainless steel</i>
4	Sistim gigi timing	Penggerak gigi
5	Jumlah silinder-garis tengahxlangkah, mm (in)	4-93x92(3,66x3,62)
6	Jumlah ring piston	Ring kompresi 2, ring pelumas 1
7	Isi silinder, cm <sup>3</sup> (in <sup>3</sup> )	2,499 (152,4)
8	Perbandingan kompresi (terhadap 1)	17,9
9	Tekanan kompresi, kPa (kg/cm <sup>2</sup> /psi)	2942(30/427) - rpm
10	Berat mesin, kg (lb)	± 226 (498)
11	Urutan pengabutan bahan bakar	1 – 3 – 4 – 2
12	Timing pengabutan bahan bakar (sebelum TMA)	10
13	Jenis bahan bakar yang digunakan	SAE No. diesel fuel
14	Putaran silinder, rpm	750 (MT)
15	Celah katup (dingin) isap, mm (in)	0,4(0,016)
	buang, mm (in)	0,4(0,016)
16	Katup isap terbuka pada (sebelum TMA), derajat	24,5
	tertutup pada (setelah TMA), derajat	55,5
17	Katup buang terbuka pada (sebelum TMA), derajat	54,0
	tertutup pada (setelah TMA), derajat	26,0
18	Sistim bahan bakar :	
	tipe pompa injeksi	BOSCH distributor VE type
	tipe governor	Mekanik (seluruh kecepatan)
	tipe nozzle pengabut, kPa (kg/cm <sup>2</sup> /psi)	Lubang dengan 5 <i>orifice</i>
19	Sistim pelumasan :	
	metode pelumasan	Sirkulasi bertekanan
	tipe pompa pelumas	Gigi
	tipe saringan pelumas	Elemen kertas <i>cartridge</i>
	kapasitas pelumas, liter (IS/UK gal)	6,5(1,7/1,4)
	tipe cooler pelumas	Pendingin air
20	Tipe saringan udara	Elemen kertas saring
21	Tipe baterai/tegangan x jumlah	95D31R – 12x1

buah kendaraan bermesin diesel yaitu kendaraan PANTHER B dan F dan hasil uji minyak lumas bekasnya disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

### 1. Minyak lumas bekas P-10 dari kendaraan PANTHER B

Karakteristik minyak lumas bekas P-10 dari kendaraan Panther B dapat dievaluasi sebagai berikut:

#### - Viskositas

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa untuk minyak lumas mesin diesel SAE 15W40, API CH-4 dengan

kode P-10 kelihatan viskositasnya pada suhu 40°C dan 100°C sama-sama menunjukkan bahwa secara nyata terjadi penurunan artinya bertambah encer. Hal ini disebabkan pada waktu mesin beroperasi minyak lumas terkena panas dan gaya *shear* yang menyebabkan terjadinya pemotongan senyawa hidrokarbon dari pelumas. Meskipun demikian untuk viskositas pada 100°C ada sedikit perubahan yaitu naik pada jarak tempuh 17.500 km ke jarak tempuh 20.000 km. Hal ini terjadi karena adanya penambahan minyak lumas baru pada jarak tempuh 17.500 km. Penurunan viskositas kinematik pada 100°C sebesar

**Tabel 2**  
**Hasil uji percontoh minyak lumas mesin diesel baru**  
**tingkat mutu unjuk kerja API CH-4**

No	Karakteristik	Unit	Hasil uji				Metode
			P-10	P-20	P-30	P-40	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Viskositas Kinematik, pd. 40°C	cSt	114,45	105,56	117,90	142,74	ASTM D 445
2	Viskositas Kinematik, pd. 100°C	cSt	14,75	14,01	14,92	15,89	ASTM D 445
3	Indeks Viskositas	-	133	134	131	116	ASTM D 2270
4	Viskositas pd. suhu rendah, CCS	cP	4190	3670	3030	10910*)	ASTM D 5293
5	Titik Tuang	°C	-24	-26	-20	-16	ASTM D 92
6	Viskositas pd. suhu tinggi, HTHS	cP	5,19	4,72	4,77	5,32	ASTM D 4683
7	Titik Nyala COC	°C	216	226	222	220	ASTM D 92
8	Angka asam Total (TAN)	mgKOH/g	4,38	3,01	4,86	4,47	ASTM D 664
9	Angka Basa Total (TBN)	mgKOH/g	11,55	10,03	11,68	10,29	ASTM D 2896
10	Kandungan Abu Sulfat	% wt.	1,448	1,190	1,455	1,122	ASTM D 874
11	Kandungan metal :	% wt.					AAS / ASTM D 811
	Ca		3720	2500	3610	3100	
	Mg		40	511	28	24	
	Zn		1210	1000	1260	1220	
	P		1210	988	1260	1240	
12	Tendensi/Stabilitas Pembusaan, ml						ASTM D 892
	Seq. I		Nil/Nil	Nil/Nil	5/Nil	Nil/Nil	
	Seq. II		10/Nil	5/Nil	40/Nil	5/Nil	
	Seq. III		Nil/Nil	Nil/Nil	Nil/Nil	Nil/Nil	
13	Sifat penguapan Noack	ml	10,80	10,44	12,46	4,89	ASTM D 5800

Catatan : \*) nilai viskositas suhu dingin yang diuji dengan alat CCS ini melebihi batasan maksimum, namun tetap digunakan karena pemakaiannya di Indonesia, bukan di daerah musim dingin dan percontoh ini hanya digunakan sebagai pembandingan.

**Tabel 3**  
**Batasan nilai karakteristik minyak lumas bekas mesin diesel**

No	Karakteristik	Unit	Batasan	Metode
1	2	3	4	5
1	Kenaikan Viskositas Kinematik, pd. 100°C	%	Maks. 25	ASTM D 445
2	Kenaikan Viskositas Kinematik, pd. 40°C	%	Maks. 35	ASTM D 445
3	Penurunan Viskositas Kinematik, pd. 40°C	%	Maks. 25	ASTM D 445
4	Kandungan bahan bakar,	%	Maks. 5	ASTM D 2270
5	Titik Nyala COC	°C	10	ASTM D 92
6	Kandungan air	%	Maks. 0,2	ASTM D 95
7	Angka Basa Total	mgKOH/g	2	ASTM D 2896
8	Kandungan metal,:	ppm	Maks.	AAS / ASTM D 811
	Al		40	
	B		20	
	Cr		40	
	Cu		40	
	Fe		100	
	Pb		100	
	Si		20	
	Na		50	
	Tin		40	

11,50 % masih dibawah 25 %. Jadi masih dalam ambang batas yang diperbolehkan demikian juga kenaikan viskositas kinematik pada 40°C sebesar 14,21 % masih dibawah nilai maksimumnya 25 %, jadi masih baik, lihat Tabel 7.

**- Angka asam total (TAN)**

TAN nilainya menunjukkan adanya kenaikan. Hal ini disebabkan adanya asam lemah yang terbentuk karena terjadi oksidasi terhadap minyak lumas tersebut sehingga membentuk asam lemah

**Tabel 4**  
Hasil pengukuran variabel operasi kendaraan uji A,B,C,D,E dan F sampai 20.000 km

Kode Kendaraan	Total Jarak Tempuh, km	Total Waktu, jam	Kebutuhan BBM, lt	Kecepatan Rata- <sup>2</sup> , km/j	Konsumsi BBM, km/j
1	2	3	4	5	6
A	20.003,00	436,77	1.451,50	45,80	13,78
B	20.008,98	435,36	1.425,00	45,96	14,04
C	20.009,25	445,32	1.421,76	44,93	14,07
D	20.002,00	439,20	1.449,50	45,54	13,80
E	20.005,00	440,83	1.428,30	45,38	14,01
F	20.001,19	445,98	1.429,50	44,85	13,99

**Tabel 5**  
Perbandingan hasil uji minyak lumas baru dan bekas P-10 dari mobil B

NO	Karakteristik	Hasil uji minyak lumas P-10, Panther B						Metode
		Baru	Bekas – Jarak tempuh, Km					
			0	7.500	12.500	15.000	17.500	
1	Viskositas Kinematik, pd. 40°C, cSt.	114,45	100,91	98,89	98,71	98,28	98,18	ASTM D 445
2	Viskositas Kinematik, pd. 100°C, cSt.	14,75	13,49	13,48	13,09	12,92	13,12	ASTM D 445
3	Angka asam Total (TAN), mgKOH/g	4,38	5,52	6,08	6,45	6,77	6,70	ASTM D 664
4	Angka Basa Total (TBN), mgKOH/g	11,55	10,17	9,61	9,30	9,24	9,07	ASTM D 2896
5	Kandungan metal :							AAS / ASTM D 811
	Ca	3720	3680	3470	3396	3299	3390	
	Mg	40	33	31	29	21	21	
	Zn	1210	1200	1120	1030	1005	1140	
	P	1210	1160	1050	935	921	993	
	Al	-	8	9	10	10	14	
	Ag	-	1	4	14	14	14	
	Cr	-	5	5	5	6	7	
	Cu	-	3	3	3	5	5	
	Fe	-	23	34	38	51	57	
	Si	-	12	20	13	17	17	
	Sn	-	12	16	14	14	14	

**Tabel 6**  
Perbandingan hasil uji minyak lumas baru dan bekas P-10 dari mobil F

NO	Karakteristik	Hasil uji minyak lumas P-10, Panther F						Metode
		Baru	Bekas – Jarak tempuh , Km					
			0	7.500	12.500	15.000	17.500	
1	Viskositas Kinematik, pd. 40°C, cSt.	114,45	104,75	102,30	102,57	102,33	102,74	ASTM D 445
2	Viskositas Kinematik, pd. 100°C, cSt	14,75	13,76	13,55	13,20	13,06	13,41	ASTM D 445
3	Angka asam Total (TAN), mgKOH/g	4,38	4,90	6,35	6,61	6,87	6,70	ASTM D 664
4	Angka Basa Total (TBN), mgKOH/g	11,55	11,09	9,44	9,18	8,79	8,88	ASTM D 2896
5	Kandungan metal :							AAS / ASTM D 811
	Ca	3720	3700	3480	3410	3380	3416	
	Mg	40	20	19	18	15	18	
	Zn	1210	1200	1140	1050	1031	1151	
	P	1210	1200	1060	961	940	995	
	Al	-	10	11	11	11	15	
	Ag	-	0	11	10	10	10	
	Cr	-	6	7	7	8	8	
	Cu	-	3	3	3	6	6	
	Fe	-	23	33	37	51	56	
	Si	-	12	20	20	22	25	
	Sn	-	12	16	16	16	16	

**Tabel 7**  
Perbedaan nilai hasil uji karakteristik minyak lumas bekas mesin diesel sampai jarak tempuh 20.000 km untuk P-10 dari Mobil B dan F dengan batasan yang diperbolehkan

No	Karakteristik	Unit	P-10		Batasan	Metode
			B	F		
1	2	3	4	5	6	7
1	Kenaikan Visk. Kin., pd. 100°C	%	-	-	Maks. 25	ASTM D 445
2	Penurunan Visk. Kin., pd. 100°C	%	11,05	9,08	Maks. 25	ASTM D 445
3	Kenaikan Visk. Kin., pd. 40°C	%	14,21	-	Maks. 35	ASTM D 445
4	Penurunan Visk. Kin., pd. 40°C	%	-	10,23	Maks. 25	ASTM D 445
5	Kandungan bahan bakar,	%	Nil	Nil	Maks. 5	ASTM D 2270
6	Titik Nyala COC	°C	2	2	10	ASTM D 92
7	Kandungan air	%	Trace	Trace	Maks. 0,2	ASTM D 95
8	Angka Basa Total	mgKOH/g	9,07	8,88	2,00	ASTM D 2896
9	Kandungan metal,:	ppm			Maks.	AAS / ASTM D 811
	Al		14	15	40	
	Cr		7	8	40	
	Cu		5	6	40	
	Fe		57	56	100	
	Si		17	25	20	
	Ag		14	10	-	
	Tin / Sn		14	16	40	

yaitu asam organik yang berada di dalam minyak lumas tersebut, di sini tidak dipersyaratkan batasan perubahan atau kenaikannya.

**- Angka basa total (TBN)**

Karakteristik TBN menunjukkan bahwa di dalam minyak lumas tersebut ada aditif deterjen dan atau dispersan yang berfungsi sebagai pembersih dan penetral asam kuat atau asam mineral, yang terjadi oleh terbakarnya bahan bakar yang mengandung sulfur. Sebagai dispersan, aditif ini akan mendispersikan kotoran yang terjadi dan masuk ke dalam minyak lumas, sehingga tidak menggumpal. Apabila menggumpal akan menyumbat pompa pelumas dan pada akhirnya minyak lumas yang dipompa hanya sedikit jumlahnya sehingga pelumas yang sampai di bagian komponen yang harus dilumasi berkurang dan pelumasan gagal. Nilai TBN menunjukkan penurunan, berarti aditif tersebut berfungsi. Sedangkan sampai dengan jarak tempuh 20.000 km nilai TBN masih cukup besar dan berarti, yaitu dari 11,55 turun menjadi 9,07 mgKOH/g. Nilai ini masih jauh dari nilai TBN

yang dipersyaratkan yaitu 2 mgKOH/g. Dengan kata lain, tidak banyak kotoran yang terbentuk dan yang masuk ke dalam minyak lumas selama mesin beroperasi.

**- Kandungan metal aditif dan metal ausan**

Logam kalsium (Ca), magnesium (Mg), merupakan logam yang berasal dari aditif deterjen dan dispersan, sedangkan Zinc (Zn) dan fosfor (P) merupakan logam amfoter yang berasal dari aditif anti oksidan dan anti aus. Hasil uji menunjukkan bahwa kandungan logam Ca dan Mg nilainya turun masing-masing dari 3720 ppm pada 0 km menjadi 3390 ppm dan dari 40 ppm pada 0 km menjadi 21 ppm pada 20.000 km. Meskipun demikian, pada jarak tempuh 17.500 km konsentrasi logam Ca adalah 3299 ppm lebih besar dari konsentrasi logam tersebut pada jarak tempuh 20.000 km . Hal ini disebabkan adanya penambahan minyak lumas mesin diesel baru. Konsentrasi ini masih memadai karena terkait dengan nilai TBN nya yang masih baik. (lihat Tabel 7).

**Tabel 8**  
**Perbandingan hasil uji minyak lumas baru dan bekas P-20 dari mobil D**

NO	Karakteristik	Hasil uji minyak lumas P-10, Panther D						Metode
		Baru 0	Bekas – Jarak tempuh , Km					
			7.500	12.500	15.000	17.500	20.000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Viskositas Kinematik, pd. 40°C, cSt.	105,56	91,10	88,83	88,31	87,27	86,97	ASTM D 445
2	Viskositas Kinematik, pd. 100°C, cSt	14,01	12,50	12,25	12,04	12,01	11,98	ASTM D 445
3	Angka asam Total (TAN), mgKOH/g	3,01	3,95	5,07	5,23	5,62	6,82	ASTM D 664
4	Angka Basa Total (TBN), mgKOH/g	10,03	9,92	8,87	8,77	8,16	7,99	ASTM D 2896
5	Kandungan metal :							AAS / ASTM D 811
	Ca	2500	2420	2310	2140	1950	1902	
	Mg	511	462	456	437	412	399	
	Zn	1000	991	981	959	799	745	
	P	988	998	883	821	731	700	
	Al	-	7	7	7	7	10	
	Ag	-	0	1	4	4	4	
	Cr	-	4	5	5	5	7	
	Cu	-	4	4	4	4	5	
	Fe	-	22	31	33	49	55	
	Si	-	12	13	13	13	17	
	Sn	-	8	10	10	10	12	

**Tabel 9**  
Perbandingan hasil uji minyak lumas baru dan bekas P-20 dari mobil E

NO	Karakteristik	Hasil uji minyak lumas P-20, Panther E						Metode
		Baru 0	Bekas – Jarak tempuh , Km					
			7.500	12.500	15.000	17.500	#####	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Viskositas Kinematik, pd. 40°C, cSt.	105,56	90,45	87,90	87,50	88,30	88,11	ASTM D 445
2	Viskositas Kinematik, pd. 100°C, cSt	14,01	12,36	12,15	12,12	11,98	11,89	ASTM D 445
3	Angka asam Total (TAN), mgKOH/g	3,01	4,32	5,49	5,80	6,04	6,55	ASTM D 664
4	Angka Basa Total (TBN), mgKOH/g	10,03	9,86	8,77	8,64	8,32	8,01	ASTM D 2896
5	Kandungan metal :							AAS / ASTM D 811
	Ca	2500	2482	2270	2200	2160	2098	
	Mg	511	466	454	415	401	371	
	Zn	1000	985	972	942	812	785	
	P	988	990	868	801	744	713	
	Al	-	8	10	11	11	16	
	Ag	-	0	1	3	3	3	
	Cr	-	6	7	7	7	10	
	Cu	-	3	3	4	7	7	
	Fe	-	34	53	56	73	96	
	Si	-	15	17	17	19	24	
	Sn	-	13	13	13	13	13	

**Tabel 10**  
Perbedaan nilai hasil uji karakteristik minyak lumas bekas mesin diesel sampai jarak tempuh 20.000 km untuk P-20 dari Mobil D dan E dengan batasan yang diperbolehkan

No	Karakteristik	Unit	P-20		Batasan	Metode
			D	E		
1	2	3	4	5	6	7
1	Kenaikan Visk. Kin., pd. 100°C	%			Maks. 25	ASTM D 445
2	Penurunan Visk. Kin., pd. 100°C	%	14,49	15,13	Maks. 25	ASTM D 445
3	Kenaikan Visk. Kin., pd. 40°C	%	-	-	Maks. 35	ASTM D 445
4	Penurunan Visk. Kin., pd. 40°C	%	17,61	16,53	Maks. 25	ASTM D 445
5	Kandungan bahan bakar,	%	Nil	Nil	Maks. 5	ASTM D 2270
6	Titik Nyala COC	°C	2	2	10	ASTM D 92
7	Kandungan air	%	Trace	Trace	Maks. 0,2	ASTM D 95
8	Angka Basa Total	mgKOH/g	7,99	8,01	2	ASTM D 2896
9	Kandungan metal,:	ppm			Maks.	AAS / ASTM D 811
	Al		10	16	40	
	Cr		7	10	40	
	Cu		5	7	40	
	Fe		55	96	100	
	Si		17	24	20	
	Ag		4	3	-	
	Tin		12	13	40	



Kandungan logam-logam yang berasal dari ausan dan kotoran debu seperti Al, Cr, Cu, Fe, Si, Ag, Tin (Sn) dan Zn, masih dibawah batas ambangnya (lihat Tabel 3 dan Tabel 7), artinya pelumasan berjalan dengan baik dan minyak lumas mesin diesel P-10 dapat melumasi dengan baik, sehingga keausan komponen mesin kecil.

**- Kandungan bahan bakar**

Bahan bakar yang masuk ke dalam minyak lumas mesin yang berada di karter tidak ada, jadi minyak lumas bekas masih baik belum terkontaminasi oleh bahan bakar solar.

**- Titik Nyala**

Titik nyala tidak banyak berubah. Perubahan yang terpantau masih dalam batas yang dapat diterima. Hal ini juga membuktikan tidak ada bahan bakar yang masuk ke dalam pelumas di dalam karter.

**- Kandungan air**

Kandungan air didalam minyak lumas yang diuji adalah *trace*, artinya tidak ada hasil pembakaran yang

berupa uap air, yang masuk ke dalam minyak lumas dalam karter sehingga, tidak menyebabkan karat pada komponen mesin.

**2. Minyak lumas bekas P-10 dari kendaraan PANTHER F**

Dengan pola pikir yang sama dalam mengevaluasi karakteristik fisika kimia seperti viskositas, TAN, TBN dan kandungan logam yang terdapat dalam minyak lumas bekas dari kendaraan PANTHER F ternyata secara umum semua nilainya masih dibawah masing-masing batas ambang batasnya. Dengan kata lain minyak lumas bekasnya masih dalam keadaan baik, (lihat Tabel 7).

Dengan demikian dapat diartikan bahwa karakteristik fisika kimia minyak lumas mesin diesel bekas P-10, baik dari kendaraan B maupun F keduanya masih baik.

**B. Evaluasi hasil uji minyak lumas bekas P-20, sampai jarak tempuh 20.000 km**

Pelaksanaan pengujian minyak lumas mesin diesel P-20 ini dilakukan dengan menggunakan 2 buah

**Tabel 11**  
**Perbandingan hasil uji minyak lumas baru dan bekas P-30 dari mobil A**

NO	Karakteristik	Hasil uji minyak lumas P-30 , Panther A						Metode
		BARU	Bekas – jarak tempuh, Km					
			0	7.500	12.500	15.000	17.500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Viskositas Kinematik, pd. 40°C, cSt.	117,90	98,57	96,47	95,06	94,37	94,04	ASTM D 445
2	Viskositas Kinematik, pd. 100°C, cSt	14,92	12,91	12,66	12,38	12,40	12,22	ASTM D 445
3	Angka asam Total (TAN), mgKOH/g	4,86	5,40	6,55	6,95	7,21	7,52	ASTM D 664
4	Angka Basa Total (TBN), mgKOH/g	11,68	11,30	10,32	9,85	9,51	9,30	ASTM D 2896
5	Kandungan metal :							AAS / ASTM D 811
	Ca	3610	3480	3350	3300	3284	3204	
	Mg	28	21	28	24	20	18	
	Zn	1260	1190	1130	955	906	906	
	P	1260	1190	1010	897	771	759	
	Al	-	8	9	9	9	12	
	Ag	-	0	1	5	5	5	
	Cr	-	4	4	4	4	6	
	Cu	-	3	3	3	6	6	
	Fe	-	20	30	31	42	54	
	Si	-	10	11	11	12	16	
	Sn	-	12	13	13	13	13	

**Tabel 12**  
Perbandingan hasil uji minyak lumas baru dan bekas P-40 dari mobil C

NO	Karakteristik	Hasil uji minyak lumas P- 40, Panther C						Metode
		Baru 0	Bekas – jarak tempuh, Km					
			7.500	12.500	15.000	17.500	20.000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Viskositas Kinematik, pd. 40°C, cSt.	142,74	131,61	126,93	122,55	123,74	122,99	ASTM D 445
2	Viskositas Kinematik, pd. 100°C, cSt	15,89	15,12	14,94	14,47	14,44	144,54	ASTM D 445
3	Angka asam Total (TAN), mgKOH/g	4,47	5,21	7,16	7,71	7,93	8,11	ASTM D 664
4	Angka Basa Total (TBN), mgKOH/g	10,29	9,55	7,49	7,26	6,99	6,70	ASTM D 2896
5	Kandungan metal :							AAS / ASTM D 811
	Ca	3100	2930	2600	2590	2511	2500	
	Mg	24	24	21	19	11	10	
	Zn	1220	1200	1050	896	833	812	
	P	1240	1140	934	812	788	774	
	Al	-	16	17	17	20	22	
	Ag	-	0	2	3	3	3	
	Cr	-	21	21	21	21	21	
	Cu	-	5	5	6	9	9	
	Fe	-	41	45	45	59	65	
	Si	-	23	23	23	27	29	
	Sn	-	12	12	12	12	13	

**Tabel 13**  
Perbedaan nilai hasil uji karakteristik minyak lumas bekas mesin diesel sampai jarak tempuh 20.000 km untuk P-30 dan P-40 dari Mobil A dan C dengan batasan yang diperbolehkan

No	Karakteristik	Unit	p-30	p-40	Batasan	Metode
			A	C		
1	2	3	4	5	6	7
1	Kenaikan Visk. Kin., pd. 100°C	%	-	-	Maks. 25	ASTM D 445
2	Penurunan Visk. Kin., pd. 100°C	%	18,10	8,50	Maks. 25	ASTM D 445
3	Kenaikan Visk. Kin., pd. 40°C	%	-	-	Maks. 35	ASTM D 445
4	Penurunan Visk. Kin., pd. 40°C	%	23,86	13,84	Maks. 25	ASTM D 445
5	Kandungan bahan bakar,	%	Nil	Nil	Maks. 5	ASTM D 2270
6	Titik Nyala COC	°C	6	4	10	ASTM D 92
7	Kandungan air	%	Trace	Trace	Maks. 0,2	ASTM D 95
8	Angka Basa Total	mgKOH/g	9,30	6,70	2	ASTM D 2896
9	Kandungan metal,:	Ppm			Maks.	AAS / ASTM D 811
	Al		16	22	40	
	Cr		6	21	40	
	Cu		6	9	40	
	Fe		54	65	100	
	Si		16	29	20	
	Ag		5	3	-	
	Tin / Sn		16	13	40	

kendaraan yaitu kendaraan PANTHER D dan E dan hasil uji minyak lumas bekasnya disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Dengan pola pikir dan pembahasan yang sama seperti pada pembahasan sebelumnya (terhadap minyak lumas P-10), hasil uji minyak lumas bekas P-20 menunjukkan bahwa beberapa karakteristik fisika kimia yaitu viskositas kinematik, angka asam total (TAN), angka basa total (TBN), dan kandungan logam aditif dan ausan nilainya masih belum melampaui batas seperti yang ditetapkan pada Tabel 3, baik minyak lumas bekas yang berasal dari mobil PANTHER D maupun E, (lihat Tabel 10).

**C. Evaluasi hasil uji minyak lumas bekas P-30, sampai jarak tempuh 20.000 km**

Berbeda dengan minyak lumas mesin diesel P-10 dan P-20, pelaksanaan pengujian minyak lumas mesin diesel P-30 ini dilakukan dengan menggunakan satu kendaraan, yaitu kendaraan PANTHER A, yang hasil uji minyak lumas bekasnya disajikan pada Tabel 11.

Evaluasi terhadap karakteristik viskositas kinematik, angka asam total, angka basa total (TBN) dan kandungan logam aditif serta logam ausan juga dilakukandan dengan cara yang sama seperti pembahasan sebelumnya. Hasilnya menunjukkan

**Tabel 14**  
**Perbandingan hasil uji minyak lumas bekas dari kendaraan A, B, C, D, E, dan F untuk jarak tempuh 20.000 km**

NO	Karakteristik	Hasil uji minyak lumas bekas masing-masing Panther untuk jarak tempuh 20.000 Km						Metode
		B	F	D	E	A	C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Viskositas Kinematik, pd. 40°C, cSt.	98,18	102,74	86,97	88,11	94,04	122,99	ASTM D 445
2	Viskositas Kinematik, pd. 100°C, cSt	13,12	13,41	11,98	11,89	12,22	14,54	ASTM D 445
3	Indeks viskositas	132	129	131	128	124	120	ASTM D 2270
4	Titik Nyala COC, °C	218	218	228	228	228	224	ASTM D 92
5	Titik Tuang, °C	-22	-18	-18	-14	-18	-12	ASTM D 97
6	Kandungan zat tak terlarut, % brt	0,106	0,110	0,103	0,101	0,113	0,115	ASTM D 893
7	Kandungan bahan bakar, % vol.	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	ASTM D 332
8	Kandungan air, % vol	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	ASTM D 95
9	Kandungan metal : ,ppm							AAS / ASTM D 811
	Ca	3390	3416	1902	2098	3204	2500	
	Mg	21	18	399	371	18	10	
	Zn	1140	1151	745	785	906	812	
	P	993	995	700	713	759	774	
	Al	14	15	10	16	12	22	
	Ag	14	10	4	3	5	3	
	Cd	1	1	1	1	2	1	
	Cr	7	8	7	10	6	21	
	Cu	5	6	5	7	6	9	
	Fe	57	56	55	96	54	65	
	Si	17	25	17	24	16	29	
	Sn	14	16	12	13	13	13	
10	Angka asam Total (TAN), mgKOH/g	6,70	6,94	6,82	6,55	7,52	8,11	ASTM D 664
11	Angka Basa Total (TBN), mgKOH/g	9,07	8,88	7,99	8,01	9,30	6,70	ASTM D 2896

bahwa nilai hasil uji karakteristiknya masih belum melampaui batasan maksimum yang ditentukan seperti pada Tabel 3 dan Tabel 13.

#### **E. Evaluasi hasil uji minyak lumas bekas P-40, sampai jarak tempuh 20.000 km**

Berbeda dengan minyak lumas mesin diesel P-30 pelaksanaan pengujian minyak lumas mesin diesel P-40 ini dilakukan dengan menggunakan satu kendaraan, yaitu kendaraan PANTHER C, dan hasil uji minyak lumas bekasnya disajikan pada Tabel 12.

Evaluasi terhadap karakteristik viskositas kinematik, angka asam total, angka basa total (TBN) dan kandungan logam aditif serta logam ausan dilakukan dengan cara yang sama seperti pada pembahasan sebelumnya. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai hasil uji karakteristiknya masih belum melampaui batasan maksimum yang ditentukan seperti disebutkan pada Tabel 3 dan Tabel 13.

#### **E. Evaluasi perbandingan hasil uji minyak lumas bekas sampai jarak tempuh 20.000 km.**

Dengan melihat satu persatu karakteristik dari masing-masing minyak lumas bekas P-10, P-20, P-30 dan P-40 dan membandingkannya dengan batasan karakteristik fisika kimia minyak lumas bekas seperti yang disajikan pada Tabel 3, tampaknya minyak-minyak lumas bekas dari mobil A, B, C, D, E, dan F tersebut masih cukup baik untuk jarak tempuh sampai 20.000 km, (Tabel 14) artinya masih belum melampaui batasan yang dipersyaratkan. Dalam Tabel 14 tersebut dapat dilihat bahwa viskositas ada yang naik dan yang turun, titik nyalanya naik, tidak ada air atau bahan bakar yang masuk ke dalam karter atau pelumas, Sedangkan logam aditif yaitu Ca, Mg, Zn, dan P cenderung menurun karena aditif tersebut terpakai selama operasi, demikian juga nilai TBN nya yang tampaknya menurun.

### **VI. KESIMPULAN**

Dari pembahasan dan evaluasi karakteristik fisika kimia minyak lumas mesin diesel bekas dengan SAE 15W40, API CH-4, jumlah penambahan minyak lumas baru, seperti diuraikan diatas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- Minyak lumas bekas P-10, P-20, P-30 dan P-40 dengan level viskositas *multigrade* SAE 15W40

dan tingkat mutu unjuk kerja API CH-4 masih dapat digunakan sampai dengan 20.000 km

- Sampai dengan jarak tempuh 18.000 km, penambahan minyak lumas baru sebanyak kurang lebih 300 ml.

### **VII. SARAN**

Dengan memperhitungkan berbagai faktor seperti karakter pengemudi dalam mengemudikan kendaraan PANTHER nya, bahan bakar solar yang digunakan, rute perjalanan yang dilalui oleh setiap pemilik atau pengemudi, pengontrolan level minyak lumasnya dalam karter dan dengan pengertian bahwa setiap jenis minyak lumas mesin diesel dengan klasifikasi viskositas SAE 15W40 dan API CH-4 yang dijual dipasaran sudah lulus uji unjuk kerja yang dipersyaratkan maka kepada pemilik atau pengemudi disarankan untuk:

- menggunakan minyak lumas mesin diesel tersebut sampai jarak 15.000 km atau dengan kata lain mengganti minyak lumas tersebut apabila pemakaiannya sudah mencapai 15.000 km.
- tidak mengganti minyak lumas tersebut untuk jarak tempuh 3.000 – 7.500 km karena sangat boros, sehingga rugi.

### **KEPUSTAKAAN**

1. Alphone Schilling, 1972, "Automobile Engine Lubrication", *Scientific Publication* (GB) Ltd., Broseley, Shropshire, England.
2. Booser E.R. 1996, "Handbook of Lubrication Theory and Practice of Tribology", Vol. 1, Application and Maintenance, CRC Press Inc. Boca Raton, Florida USA.
3. Ethyl Petroleum Additives International, "Lubricant Specification Handbook" 1996, Euro-tech Centre, London, Brecknell, Berkshire, RG12 2UW, United Kingdom.
4. Single Cylinder Engine Test for Evaluating The Performance of Crankcase Lubricants, 1972, ASTM Special Technical Publication 509, ASTM 1916 Race Street, Philadelphia, Pa. 19103.
5. Testing Use Engine Oils, 1993, Oronite, Chevron Chemical Company. •