

Pengaruh Pemakaian Minyak Lumas pada Komponen Mesin Diesel Melalui Uji Jalan

Oleh:

Rona Malam Karina dan Dimitri Rulianto

S A R I

Untuk mengetahui penetapan waktu penggantian (*drain interval*) yang paling efektif dan ekonomis, serta untuk menganalisis problem gangguan serius dan kerusakan pada mesin kendaraan perlu dilakukan uji jalan dengan cara menganalisis karakteristik fisika-kimia minyak lumas baru dan minyak lumas bekas serta *rating* terhadap komponen mesin. Pada makalah ini disajikan hasil analisis *rating* terhadap komponen kendaraan mesin diesel yang dipakai pada uji jalan setelah menempuh jarak 20.000 kilometer.

Penelitian ini dilakukan dengan cara: merekondisikan mesin dengan mengganti beberapa komponen utama mesin dan melakukan penyetelan sesuai spesifikasi yang direkomendasikan pabrik pembuatnya; melakukan *running-in* sejauh ± 1000 km; dan melakukan uji jalan dengan target pelaksanaan mencapai jarak tempuh 20.000 km, yang dilakukan terhadap 4 percontohan minyak lumas mesin diesel dengan 6 kendaraan uji dan kondisi operasi normal ± 300 km per hari meliputi *route* dalam dan luar kota.

Berdasarkan hasil evaluasi *rating* beberapa komponen mesin yang terdapat pada 6 (enam) kendaraan uji, bahwa 4 (empat) jenis minyak lumas mesin diesel SAE 15W40, API CH-4 yang digunakan dapat digunakan sampai jarak 20.000 km.

Kata kunci: merit/demerit rating

ABSTRACT

In order to determine the most effective and economic drain interval and to analyse problem of serious disturbance and damage on the engine, it is required to conduct road test and analysing the physical-chemical characteristic of the new and used lubricants and the rating of the diesel engine component. This paper provides the result of the rating analysis of the diesel engine component after completing road test with 20.000 kilometer distance.

This research employs the following steps: engine recondition by substituting several main components and setting off the engine according to its specification as recommended by the producer, running-in as far as 1000 kilometers and road test reaching up the target of 20.000 kilometers distance. These steps are applied to four samples of lubricants for diesel engine using six testing vehicles with the route distance of approximately 300 kilometer per day (normal operation) covering in and out side the city.

Based on the rating evaluation on several engine components, it is inferred that the lubricant of diesel engine SAE 15W40, API CH-4 can be used up to 20.000 kilometer distance.

Keyword: merit/demerit rating

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemahaman mendasar tentang sistem lubrikasi mesin tidak hanya membantu untuk memahami bagaimana kontaminasi/degradasi pelumas dapat menyebabkan rusaknya komponen mesin tetapi juga membantu dalam memahami bagaimana kurangnya pelumas dapat menyebabkan dampak kurangnya tenaga.

Kegagalan minyak pelumas dapat disebabkan oleh pelumas yang terkontaminasi atau terdegradasi yang mengalir melalui mesin atau oleh pelumas yang gagal mengalir ke dalam komponen yang ada. Mengetahui bagaimana sistem lubrikasi “memberi makan” kepada mesin dapat menyederhanakan analisis kegagalan. Suatu contoh dari kasus ini adalah gagalnya *bearing* karena kurangnya lubrikasi. Seandainya kegagalan ini tidak dapat ditemukan terlebih dahulu, maka *bearing* yang tidak tersentuh oleh suplai pelumas mungkin mengalami kegagalan yang paling besar.

B. Metal Jalan (Bearing)

Gagalnya metal jalan (*bearing*) yang dikaitkan dengan pelumas biasanya diatribusikan satu dari dua sumber yakni kurangnya lubrikasi atau kotoran (*dirt*) dalam pelumas.

Kurangnya lubrikasi mengarah kepada *oil film* yang tidak cukup antara *crankshaft journal* dan *bearing*. Mesin yang beroperasi lama dengan kurangnya oil film akan menyebabkan kerusakan terhadap tergoresnya *bearing* (*smear bearing*), kemudian terhadap metal jalan yang lecet (*scuffed bearing*) dan akhirnya kepada *seized bearing*. Tahap pertama jenis kerusakan ini adalah tergores (*smearing*). Tahap ini akan memperlihatkan penggantian lembaran penutup timah hitam (*lead-tin*), yang biasanya di pusat metal jalan.

Dalam tahap kedua kerusakan yakni *scuffing*, maka aluminium di pusat metal jalan digantikan. Tahap akhir kegagalan ini menghasilkan perangkap total (kerusakan).

Kontaminasi dalam pelumas menyebabkan abrasi dan menyebabkan tergoresnya permukaan metal jalan dengan menghapus oil film. Partikel seperti besi, baja, aluminium, plastik, kayu dan paku dan lain-lain juga dapat menyerang permukaan *journal* (*journal surface*). Sumber yang dimuati kotoran adalah *filter*

yang tersumbat dan melepas pelumas yang tidak tersaring yang mengandung partikel yang menyebabkan keausan seperti kotoran ke dalam *bearing*, yang membuat permukaan terkelupas dan rusak.

Pelumas yang sangat kotor dapat menyebabkan kerusakan bahkan sesudah pelumasnya diganti. Sejumlah partikel yang *abrasive* ada kemungkinan masih tertinggal dalam *bearing* dan menyebabkan *bearing* itu bekerja seperti gerinda (*grinder*) di dalam *crankshaft*.

C. Torak dan Cincin Torak (Piston dan Ring Piston)

Kerusakan torak (*piston*) akibat pemakaian minyak lumas, pada umumnya disebabkan oleh aksi korosif atau bahan asam yang terdapat dalam minyak lumas yang tercemari, yang dapat mengakibatkan keausan pada *piston skirt*. Tanda-tandanya meliputi *piston skirt* yang sangat pudar berwarna abu-abu, keausan lapisan *chrome* pada permukaan semua ring, keausan rel ring minyak lumas, keausan luar biasa pada alur dan keausan sebagian *liner*.

Torak lecet, yang terjadi karena gesekan pada *skirt*, terutama di daerah lubang *pin*, dan ada atau tidaknya kelecetan kecil pada sisi atas *piston*, boleh jadi akibat dari kekurangan pelumasan *liner*. Kerusakan lapisan tipis pada minyak lumas juga bisa mengakibatkan bekas-bekas kelecetan.

Cincin torak (*ring piston*) dapat menunjukkan adanya keausan dalam alur *ring*. Umumnya keausan alur *ring* adalah normal, tetapi jika penggantian minyak lumas terlambat akan mengakibatkan *ring* “terkunci” yang terjadi ketika *ring* terperangkap dalam alur yang telah aus dan terhalang pengembangannya secara penuh.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemakaian minyak lumas pada komponen mesin diesel setelah mencapai jarak tempuh 20.000 km dengan cara melakukan *rating* atau penilaian terhadap komponen mesin.

II. METODOLOGI

Tahapan yang dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh pemakaian minyak lumas pada komponen utama mesin diesel melalui uji jalan (*road test*), adalah dengan metode *rating*. Tahapannya sebagai berikut:

A. Rekondisi Mesin

Sebelum dilaksanakan uji jalan, kendaraan direkondisikan terlebih dahulu dengan mengganti beberapa komponen utama mesin dan mengembalikan spesifikasi kendaraan seperti spesifikasi standart yang direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya. Adapun komponen mesin yang diganti adalah: *piston*, *ring piston* dan *pin*, (*bearing*), *fuel injector*, tali kipas, dan saringan: minyak lumas, bahan bakar dan udara.

Untuk mengembalikan spesifikasi awal mesin kendaraan, dilakukan penyetelan kembali waktu penyalaan, penyetelan klep dan ratio kompresi, setelah itu kendaraan mulai di *running-in* sejauh ± 1000 km. Hasil rekondisi mesin dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan Tabel 3.

Jenis kendaraan yang digunakan dalam pengujian adalah 6 kendaraan mesin diesel dengan tahun pabrikan 2000 dan jumlah gigi kecepatan yaitu 5 speed. Dari enam kendaraan tersebut, 4 kendaraan dioperasikan dengan menggunakan 2 jenis minyak lumas mesin diesel dari produsen yang sama sedang 2 kendaraan yang lain menggunakan 2 minyak lumas mesin diesel yang berbeda yang terdapat dipasaran (produsen berbeda, SAE dan API Service minyak lumas sama) dan semua kendaraan menggunakan bahan bakar solar dari tempat yang sama. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 4.

B. Evaluasi Rating terhadap Komponen Mesin

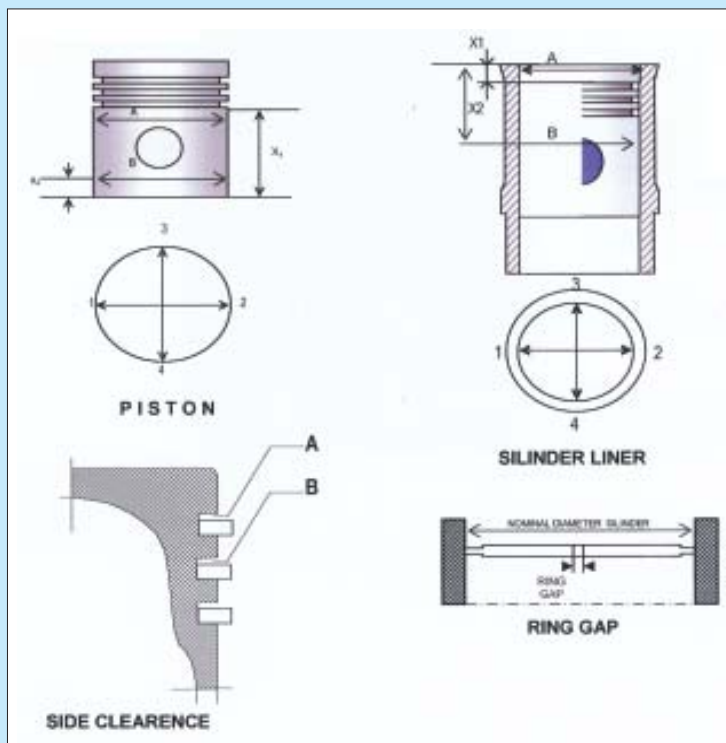
Evaluasi *Rating* terhadap masing-masing komponen mesin seperti: *piston*, *ring piston* dan *bearing* (metal jalan) sebelum dipasang pada mesin dilakukan penilaian dimensi dan pengukuran berat, begitu pula setelah dilakukan uji jalan sampai mencapai jarak tempuh 20.000 km, mesin kendaraan dibongkar (*overhaul*) bagian atas (*top overhaul*). Kemudian dilakukan penilaian dan pengukuran ulang terhadap *piston*, *ring piston* dan *bearing* yang tujuannya untuk mengetahui secara numerik dari kondisi mesin ditinjau

dari penampilannya oleh dampak fisika dan kimia pada permukaan komponen dan kehadiran aneka ragam deposit, serta kinerja minyak lumas yang dipakai pada masing-masing kendaraan. Lihat Gambar 1.

Metode penilaian (*rating*) yang lazim digunakan CEC-M-02-T-70^(6,7) adalah *Merit Rating* dengan nilai secara numerik antara angka 0 sampai 10, sedang kebalikannya adalah *Demerit*, di mana angka 0 menunjukkan kondisi yang paling bersih dari pengaruh

Tabel 1
Matriks penggunaan minyak lumas pada kendaraan uji

| Jenis minyak lumas | Jenis kendaraan uji | | | | | |
|--------------------|---------------------|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F |
| PA | | | | | | |
| PB | | | | | | |
| PC | | | | | | |
| PD | | | | | | |



Gambar 1
Bagian komponen mesin yang di rating

Tabel 2
Hasil pemeriksaan rekondisi kendaraan uji awal

| No | Uraian | Jenis kendaraan mesin diesel tahun 2000/2001 | | | | | |
|-----|--------------------------------------|--|------|------|------|------|------|
| | | A | B | C | D | E | F |
| 1. | Tekanan kompresi kg/cm ² | | | | | | |
| | I | 26 | 27 | 29 | 28 | 27 | 28 |
| | II | 28 | 28 | 28 | 27 | 28 | 28 |
| | III | 28 | 28 | 29 | 27 | 28 | 28 |
| 2. | Tekanan injector, kg/cm ² | | | | | | |
| | I | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 |
| | II | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 |
| | III | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 |
| 3. | Valve clearance, mm | | | | | | |
| | Intake | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | Exhaust | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| 4. | Fuel Nozzle | Baru | Baru | Baru | Baru | Baru | Baru |
| 5. | Tali Kipas | Baru | Baru | Baru | Baru | Baru | Baru |
| 6. | Kopling, rem | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 7. | Filter: bahan bakar, oil, udara | Baru | Baru | Baru | Baru | Baru | Baru |
| 8. | Tune – up | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 9. | Flushing oil | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 10. | Pengisian m.l mesin awal (ml) | 5500 | 5500 | 5500 | 5500 | 5500 | 5500 |

Keterangan: tanda “√” adalah telah dilakukan pekerjaan pengecekan

~ Standar tekanan kompresi : 21 – 30 kg/cm²

~ Standar tekanan Injector : 185 kg/cm²

dampak fisika dan kimia, sedangkan angka 10 menunjukkan kondisi yang paling jelek. Pada penilaian komponen digunakan sistem *demerit*, kemudian hasil *demerit* keseluruhan dievaluasi dan dikonversi dalam bentuk *merit rating* yang akan menggambarkan prestasi dari mesin setelah pengujian.

Rumus perhitungan dasar *Demerit* adalah:

$$DB = \frac{\sum (NIR)_k \cdot X_k}{2T}$$

Keterangan:

T = jumlah zona yang diamati

X_k = jumlah zona yang ditandai dengan klas intensitas k (NIR 0, 1, 5, 10, 15, 20).

Rumus konversi *Demerit* ke perhitungan Merit sebagai berikut:

$$DN = \sqrt[3]{10(DB)^2}$$

III. LINGKUP KEGIATAN

A. Merekondisikan mesin terlebih dahulu dengan mengganti beberapa komponen utama mesin dan mengembalikan spesifikasi kendaraan seperti spesifikasi yang direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya.

B. Melakukan uji jalan dengan target pelaksanaan setelah mencapai jarak tempuh 20.000 km

Tabel 3
Hasil pemeriksaan kendaraan uji setelah akhir uji jalan (20.000 km)

| No | Uraian | Jenis kendaraan mesin diesel tahun 2000/2001 | | | | | |
|----|--------------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | A | B | C | D | E | F |
| 1. | Tekanan kompresi kg/cm ² | | | | | | |
| | I | 26 | 27 | 29 | 28 | 27 | 28 |
| | II | 28 | 28 | 28 | 27 | 28 | 28 |
| | III | 28 | 28 | 29 | 27 | 28 | 28 |
| 2. | Tekanan injector, kg/cm ² | | | | | | |
| | I | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 |
| | II | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 |
| | III | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 |
| 3. | Valve clearance, mm | | | | | | |
| | Intake | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | Exhaust | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

Keterangan: pada akhir uji jalan kondisi kendaraan masih baik sesuai dengan

- ~ Standar tekanan kompresi : 21 – 30 kg/cm²
- ~ Standar tekanan Injector : 185 kg/cm²

terhadap 4 percontoh minyak lumas mesin diesel dengan 6 kendaraan uji dan kondisi operasi normal \pm 300 km perhari meliputi route dalam dan luar kota.

- C. Melakukan bongkar mesin, dan meneliti bagian komponen yang akan dinilai.
- D. Sistim berdasarkan sistim *demerit* (D) : angka 0 menunjukkan permukaan yang tidak terpengaruh oleh dampak atau deposit, angka 10 adalah maksimum dampak yang diizinkan, kemudian menerjemahkan semua intensitas dari dampak dengan tahapan 0-I-II-III-IV.
- E. Kemudian untuk setiap klas intensitas (i) diberi atribut dengan angka intensitas relatif (NIR).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi terhadap komponen mesin seperti *piston*, *ring piston*, dan *bearing* (metal jalan) dilakukan untuk melihat atau menilai kinerja 4 jenis minyak lumas mesin diesel SAE 15W40, API CH-4 setelah

digunakan sampai dengan 20.000 kilometer pada kendaraan uji A, B, C, D, E, dan F terhadap intensitas dampak atau deposit yang berpengaruh pada permukaan komponen mesin. Metode yang dipakai untuk pengukuran atau penilaian (*rating*) adalah CEC-M-02-T-70⁽⁷⁾ yang juga berkaitan dengan karakteristik seperti korosivitas, pembentukan *sludge* dan *varnish*. Hasil-hasil pengukuran secara terinci dapat dilihat pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 10.

Kerusakan komponen mesin yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh adanya deposit yang berasal dari bahan bakar maupun minyak lumas yang bersifat korosif dan kontaminan lain yang terdapat pada minyak lumas yang dapat mengakibatkan keausan pada komponen mesin misalnya: *piston skirt*, *ring piston* dan dinding silinder. Keausan pada komponen-komponen mesin, kendaraan A, B, C, D, E dan F dapat dilihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 4.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa hasil pengukuran *varnish* pada *piston skirt* untuk kendaraan uji E

dan D pembentukan varnisnya lebih banyak dibanding dengan 4 kendaraan uji lainnya, tetapi nilainya masih diatas batas minimum pengukuran merit yaitu 9⁽⁷⁾. Untuk kendaraan uji B dan F yang menggunakan minyak lumas sama (produsen sama), nilai *piston skirt varnish*-nya sama, sedangkan pada kendaraan uji A dan C yang menggunakan minyak lumas berbeda yang ada dipasaran (produsen berbeda, SAE dan API Service minyak lumas sama), nilai *piston skirt varnish*-nya juga sama.

Pada Gambar 2 dan 3, memperlihatkan keausan yang terjadi pada *ring piston* dan dinding silinder akibat adanya gesekan partikel logam (*engine wear*

metal) dengan komponen tersebut. Dari Gambar 2, dapat dilihat kendaraan uji C keausan logamnya sangat tinggi, sedangkan yang terendah terdapat pada kendaraan uji B. Dari Gambar 3 dapat juga dilihat bahwa pada kendaraan uji E *liner diameter wear*nya rendah, yang berarti fungsi pelumasan pada kendaraan tersebut masih baik.

Pada Gambar 4, terlihat bahwa *bearing weight loss* pada kendaraan uji A sangat rendah dibanding dengan 5 kendaraan uji lainnya, tetapi nilainya masih jauh dibawah ambang batas maksimum yaitu 40 mg⁽⁷⁾. Untuk kendaraan dengan pemakaian minyak lumas yang jenisnya sama yaitu kendaraan B dan F

Tabel 4
Karakteristik kimia fisika minyak lumas mesin diesel SAE 15W-40, API CH-4

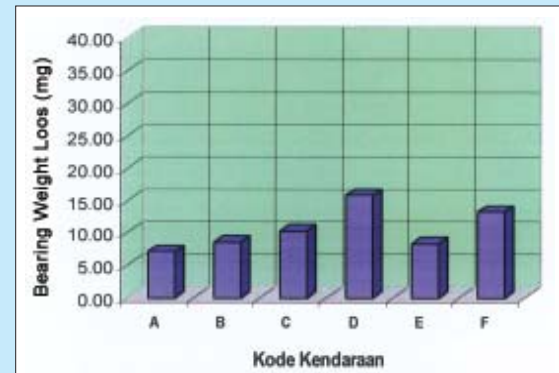
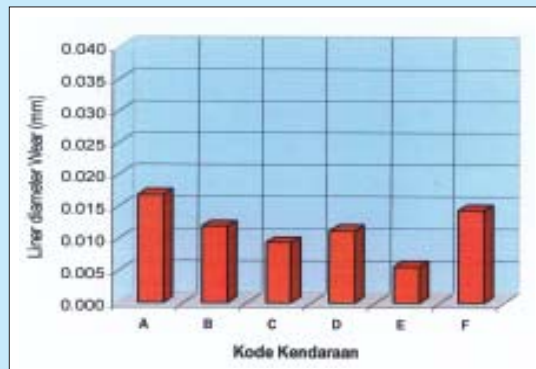
| No. | Uraian | Metoda | Jenis Minyak Lumas, SAE 15W-40, API CH-4 | | | |
|-----|----------------------------|-------------|--|---------|---------|---------|
| | | | PA | PB | PC | PD |
| 1. | Specific Grav, 60/60 | ASTM D 1296 | 0.8893 | 0.8787 | 0.8872 | 0.8832 |
| 2. | Kin. Viscosity, 40°C, cSt | ASTM D 445 | 114.45 | 105.56 | 117.90 | 142.74 |
| 3. | Kin. Viscosity, 100°C, cSt | ASTM D 445 | 14.75 | 14.01 | 14.92 | 15.89 |
| 4. | Viscosity Index | ASTM D 2270 | 133 | 134 | 131 | 116 |
| 5. | Flash Point, °C | ASTM D 92 | 216 | 226 | 222 | 220 |
| 6. | Pour Point, °C | ASTM D 97 | -24 | -26 | -20 | -16 |
| 7. | Metal content, %wt | AAS | | | | |
| | Ca | | 0.3720 | 0.2500 | 0.3610 | 0.3100 |
| | Mg | | 0.0040 | 0.0511 | 0.0028 | 0.0024 |
| | Zn | | 0.1210 | 0.1000 | 0.1260 | 0.1220 |
| | P | | 0.1210 | 0.0988 | 0.1200 | 0.1240 |
| 8. | TAN, mgKOH/gr | ASTM D 664 | 4.38 | 3.01 | 4.86 | 4.47 |
| 9. | SAN, mgKOH/gr | ASTM D 664 | NIL | NIL | NIL | NIL |
| 10. | TBN, mgKOH/gr | ASTM D 2896 | 11.55 | 10.03 | 11.68 | 10.29 |
| 11. | Foaming Tend. & Stab, ml | ASTM D 892 | | | | |
| | Sequence I | | nil/nil | nil/nil | 5/nil | nil/nil |
| | Sequence II | | 10/nil | 5/nil | 40/nil | 5/nil |
| | Sequence III | | nil/nil | nil/nil | nil/nil | nil/nil |
| 12. | HTHS, Cp | ASTM D 4683 | 5.19 | 4.72 | 4.77 | 5.32 |
| 13. | CCS, Cp | ASTM D 5293 | 4190 | 3670 | 3030 | 10910 |
| 14. | Evaporation Loss, % wt | ASTM D 5800 | 10.80 | 10.44 | 12.46 | 4.89 |
| 15. | Kandungan sulphur, %wt | ASTM D 1266 | 0.737 | 0.850 | 1.501 | 0.721 |
| 16. | Copper strip corrosion | ASTM D 189 | 1a | 1b | 1a | 1a |
| 17. | Sulfated Ash, %wt | ASTM D 874 | 1.448 | 1.190 | 1.455 | 1.122 |



Gambar 2
Rating piston



Gambar 3
Ring weight loss



Gambar 5
Bearing weight loss

serta D dan E, masing-masing mempunyai perbedaan *bearing weight loss*-nya yang tinggi. Hal ini membuktikan bahwa banyak faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan komponen mesin kendaraan, antara lain komposisi logam (*alloy*) dan *hardness* dari komponen-komponen mesin

V. KESIMPULAN

Beberapa hal pokok yang dapat dikemukakan sebagai kesimpulan akhir dari tulisan ini adalah sebagai berikut:

a. Dari pengujian *rating* atau pengukuran komponen diketahui bahwa pelumas dengan merk yang sama menunjukkan kinerja yang berbeda pada tiap kendaraan. Hal ini disebabkan banyak faktor yang

dapat mempengaruhi kerusakan komponen mesin kendaraan, antara lain sistem pendinginan mesin, beban kerja mesin, kondisi jalan yang dilalui, cara pengoperasian kendaraan, komposisi logam (*alloy*) dan *hardness* dari komponen-komponen mesin

- b. Dengan melakukan uji *rating* atau pengukuran komponen dapat diketahui kualitas minyak lumas, kinerja sistem pelumasan dan waktu penggantian minyak lumas mesin pada kendaraan.
- c. Berdasarkan Gambar/Tabel hasil uji *rating* atau penilaian komponen dan tabel hasil pemeriksaan kendaraan uji pada akhir uji jalan, maka 4 jenis minyak lumas mesin diesel yang diuji dapat digunakan sampai dengan 20.000 km.

Tabel 5
Rating komponen mesin kendaraan A

| NO | Bagian mesin | | No. Silinder | | | | AVG | |
|----|----------------------------------|---------------|------------------|------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 1 | Piston | | | | | | | |
| | Ring Sticking | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Crown Cutting | | 9.86 | 9.96 | 10 | 10 | 9.955 | |
| | Land Deposit | 1st | 9.53 | 9.54 | 9.74 | 9.3 | 9.53 | |
| | | 2nd | 10 | 10 | 9.9 | 9.94 | 9.96 | |
| | Groove Filling | 1st | 9.29 | 9.12 | 9.56 | 9.32 | 9.32 | |
| | | 2nd | 9.88 | 9.57 | 10 | 9.83 | 9.82 | |
| | Skirt Condition | | 10 | 10 | 10 | 9.9 | 9.98 | |
| | Piston Underside | | 10 | 9.96 | 10 | 10 | 9.99 | |
| | Rata-rata | | | | | | 9.82 | |
| 2 | Bearing Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | Top | Before Test | 225.687 | 225.694 | 226.225 | 225.727 | | |
| | | After Test | 225.668 | 225.685 | 226.216 | 225.719 | | |
| | | Weight Loss | 0.0019 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0008 | 0.0045 | |
| | Bottom | Before Test | 226.266 | 226.546 | 225.942 | 225.853 | | |
| | | After Test | 226.263 | 22.654 | 225.938 | 22.584 | | |
| | | Weight Loss | 0.0003 | 0.0006 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0026 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.0071 | |
| 3 | Piston Ring Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | 1 | Before Test | 155.932 | 15.682 | 15.64 | 157.024 | | |
| | | After Test | 155.874 | 156.752 | 156.276 | 157.001 | | |
| | | Weight Loss | 0.0058 | 0.0068 | 0.0124 | 0.0023 | 0.0273 | |
| | 2 | Before Test | 146.374 | 145.755 | 146.054 | 145.776 | | |
| | | After Test | 146.368 | 145.734 | 146.022 | 145.706 | | |
| | | Weight Loss | 0.0006 | 0.0021 | 0.0032 | 0.007 | 0.0129 | |
| | 3 | Before Test | 157.931 | 157.881 | 160.384 | 159.997 | | |
| | | After Test | 160.311 | 157.823 | 157.791 | 159.894 | | |
| | | Weight Loss | -0.238 | 0.0058 | 0.2593 | 0.0103 | 0.0374 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.0776 | |
| | | | Top (X-1) | | | Bottom (X-2) | | |
| 4 | Cylinder Diameter (mm) | | a-b | c-d | Rata2 | a-b | c-d | Rata2 |
| | 1 | Before Test | 93.07 | 93.05 | 93.06 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | | After Test | 93.08 | 93.06 | 93.07 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0100 | | | 0.0150 |
| | 2 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.05 | 93.03 | 93.04 |
| | | After Test | 93.07 | 93.06 | 93.065 | 93.07 | 93.05 | 93.06 |
| | | Diameter Loss | | | 0.0150 | | | 0.0200 |
| | 3 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.06 | 93.04 | 93.05 |
| | | After Test | 93.08 | 93.06 | 93.07 | 93.07 | 93.06 | 93.065 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0200 | | | 0.0150 |
| | 4 | Before Test | 93.05 | 93.04 | 93.045 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | | After Test | 93.07 | 93.06 | 93.065 | 93.06 | 93.06 | 93.06 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0200 | | | 0.0200 |
| | AVG diameter wear (mm) | | | | 0.0162 | | | 0.0175 |

Tabel 6
Rating komponen mesin kendaraan B

| NO | Bagian mesin | No. Silinder | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------|------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | AVG | |
| 1 | Piston | | | | | | |
| | Ring Sticking | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Crown Cutting | 9.6 | 9.9 | 10 | 9.95 | 98.625 | |
| | Land Deposit | 1st | 9.46 | 9.68 | 9.61 | 8.97 | 9.43 |
| | | 2nd | 10 | 10 | 10 | 10 | 10.00 |
| | Groove Filling | 1st | 9.82 | 9.21 | 9.25 | 9.03 | 9.33 |
| | | 2nd | 10 | 10 | 10 | 9.98 | 10.00 |
| | Skirt Condition | 9.9 | 10 | 9.45 | 10 | 9.84 | |
| Piston Underside | 10 | 10 | 9.45 | 10 | 9.86 | | |
| Rata-rata | | | | | | 9.79 | |
| 2 | Bearing Weight (gram) | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | Top | Before Test | 227.246 | 227.018 | 227.521 | 228.187 | |
| After Test | | 22.723 | 227.008 | 227.511 | 228.173 | | |
| Weight Loss | | 0.0016 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0014 | 0.005 | |
| Bottom | Before Test | 227.201 | 22.585 | 226.862 | 226.051 | | |
| | After Test | 227.191 | 225.842 | 226.855 | 226.041 | | |
| | Weight Loss | 0.0010 | 0.0008 | 0.0007 | 0.0010 | 0.0035 | |
| Total Weight Loss | | | | | | 0.0085 | |
| 3 | Piston Ring Weight (gram) | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | 1 | Before Test | 156.375 | 156.265 | 15.63 | 156.906 | |
| After Test | | 156.332 | 156.165 | 15.616 | 156.959 | | |
| Weight Loss | | 0.0043 | 0.0100 | 0.0140 | -0.0053 | 0.023 | |
| 2 | Before Test | 146.582 | 146.194 | 146.573 | 146.536 | | |
| | After Test | 146.569 | 146.155 | 146.502 | 146.498 | | |
| | Weight Loss | | | | | | |
| 3 | Before Test | 15.705 | 15.714 | 154.515 | 156.968 | | |
| | After Test | 157.008 | 157.035 | 154.415 | 156.877 | | |
| | Weight Loss | 0.0042 | 0.0105 | 0.0100 | 0.0091 | 0.0338 | |
| Total Weight Loss | | | | | | 0.0568 | |
| 4 | Cylinder Diameter (mm) | Top (X-1) | | | Bottom (X-2) | | |
| | | a-b | c-d | Rata2 | a-b | c-d | Rata2 |
| 1 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | After Test | 93.07 | 93.04 | 93.055 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | Diameter Wear | | | 0.0050 | | | 0.0150 |
| 2 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.04 | 93.03 | 93.035 |
| | After Test | 93.07 | 93.04 | 93.055 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | Diameter Loss | | | 0.0050 | | | 0.0200 |
| 3 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.05 | 93.03 | 93.04 |
| | After Test | 93.07 | 93.05 | 93.06 | 93.07 | 93.04 | 93.055 |
| | Diameter Wear | | | 0.0100 | | | 0.0150 |
| 4 | Before Test | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | After Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | Diameter Wear | | | 0.0100 | | | 0.0150 |
| AVG diameter wear (mm) | | | | 0.0075 | | | 0.0163 |

Tabel 7
Rating komponen mesin kendaraan C

| NO | Bagian mesim | | No. Silinder | | | | AVG | |
|----|----------------------------------|-----------------|------------------|------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| 1 | Piston | | 1 | 2 | 3 | 4 | AVG | |
| | Ring Sticking | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Crown Cutting | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Land Deposit | 1 st | 9.16 | 9.4 | 9.45 | 9.27 | 9.32 | |
| | | 2 nd | 9.9 | 9.9 | 10 | 10 | 9.95 | |
| | Groove Filling | 1 st | 9.38 | 9.71 | 9.72 | 9.55 | 9.59 | |
| | | 2 nd | 9.84 | 9.74 | 9.9 | 9.73 | 9.80 | |
| | Skirt Condition | | 9.94 | 10 | 9.9 | 10 | 9.96 | |
| | Piston Underside | | 9.95 | 10 | 10 | 9.94 | 9.97 | |
| | Rata-rata | | | | | | 9.82 | |
| 2 | Bearing Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | Top | Before Test | 223.892 | 226.098 | 225.503 | 226.098 | | |
| | | After Test | 223.882 | 226.086 | 225.489 | 226.084 | | |
| | | Weight Loss | 0.001 | 0.0012 | 0.0014 | 0.0014 | 0.005 | |
| | Bottom | Before Test | 224.149 | 225.419 | 224.865 | 224.992 | | |
| | | After Test | 224.137 | 22.54 | 224.854 | 224.981 | | |
| | | Weight Loss | 0.0012 | 0.0019 | 0.0011 | 0.0011 | 0.0053 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.0103 | |
| 3 | Piston Ring Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | 1 | Before Test | 156.035 | 156.034 | 156.942 | 156.914 | | |
| | | After Test | 155.885 | 155.905 | 15.677 | 156.796 | | |
| | | Weight Loss | 0.0150 | 0.0129 | 0.0172 | 0.0118 | 0.0569 | |
| | 2 | Before Test | 148.036 | 14.673 | 148.063 | 147.692 | | |
| | | After Test | 147.903 | 146.585 | 147.945 | 147.566 | | |
| | | Weight Loss | 0.0133 | 0.0145 | 0.0118 | 0.0126 | 0.0522 | |
| | 3 | Before Test | 156.037 | 154.983 | 157.578 | 157.063 | | |
| | | After Test | 155.824 | 154.722 | 157.355 | 15.682 | | |
| | | Weight Loss | 0.0213 | 0.0261 | 0.0223 | 0.0243 | 0.094 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.2031 | |
| 4 | Cylinder Diameter (mm) | | Top (X-1) | | | Bottom (X-2) | | |
| | | | a-b | c-d | Rata2 | a-b | c-d | Rata2 |
| | 1 | Before Test | 93.06 | 93.06 | 93.06 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | | After Test | 93.07 | 93.04 | 93.055 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | | Diameter Wear | | | -0.0050 | | | 0.0000 |
| | 2 | Before Test | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | | After Test | 93.07 | 93.04 | 93.055 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | | Diameter Loss | | | 0.0150 | | | 0.0150 |
| | 3 | Before Test | 93.04 | 93.05 | 93.045 | 93.05 | 93.04 | 93.045 |
| | | After Test | 93.07 | 93.05 | 93.06 | 93.07 | 93.04 | 93.055 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0150 | | | 0.0100 |
| | 4 | Before Test | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | | After Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0100 | | | 0.0150 |
| | AVG diameter wear (mm) | | | | 0.0088 | | | 0.0100 |

Tabel 8
Rating komponen mesin kendaraan D

| NO | Bagian mesin | | No. Silinder | | | | AVG | |
|----|----------------------------------|-----------------|------------------|---------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 1 | Piston | | 1 | 2 | 3 | 4 | AVG | |
| | Ring Sticking | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Crown Cutting | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Land Deposit | 1 st | 9.35 | 8.84 | 9.04 | 9.36 | 9.15 | |
| | | 2 nd | 9.98 | 9.98 | 10 | 10 | 9.99 | |
| | Groove Filling | 1 st | 9.22 | 9.14 | 9.07 | 9.06 | 9.12 | |
| | | 2 nd | 9.8 | 9.49 | 9.65 | 9.08 | 9.51 | |
| | Skirt Condition | | 9.9 | 9.9 | 10 | 9.9 | 9.93 | |
| | Piston Underside | | 10 | 9.98 | 10 | 10 | 10.00 | |
| | Rata-rata | | | | | | 9.71 | |
| 2 | Bearing Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | Top | Before Test | 224.992 | 226.704 | 225.405 | 225.051 | | |
| | | After Test | 224.928 | 226.694 | 225.396 | 225.044 | | |
| | | Weight Loss | 0.0064 | 0.0010 | 0.0009 | 0.0007 | 0.009 | |
| | Bottom | Before Test | 224.945 | 225.454 | 225.282 | 226.029 | | |
| | | After Test | 224.896 | 225.445 | 225.279 | 226.022 | | |
| | | Weight Loss | 0.0049 | 0.0009 | 0.0003 | 0.0007 | 0.0068 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.0158 | |
| 3 | Piston Ring Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | 1 | Before Test | 155.708 | 155.462 | 156.272 | 157.438 | | |
| | | After Test | 155.624 | 155.805 | 154.679 | 157.651 | | |
| | | Weight Loss | 0.0084 | -0.0343 | 0.1593 | -0.0213 | 0.1121 | |
| | 2 | Before Test | 146.223 | 146.612 | 146.216 | 146.757 | | |
| | | After Test | 146.206 | 146.591 | 146.164 | 146.682 | | |
| | | Weight Loss | 0.0017 | 0.0021 | 0.0052 | 0.0075 | 0.0165 | |
| | 3 | Before Test | 157.954 | 157.253 | 160.823 | 156.141 | | |
| | | After Test | 157.887 | 157.155 | 16.073 | 156.024 | | |
| | | Weight Loss | 0.0067 | 0.0098 | 0.0093 | 0.0117 | 0.0375 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.1661 | |
| | | | Top (X-1) | | | Bottom (X-2) | | |
| 4 | Cylinder Diameter (mm) | | a-b | c-d | Rata2 | a-b | c-d | Rata2 |
| | 1 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | | After Test | 93.07 | 93.05 | 93.06 | 93.05 | 93.05 | 93.05 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0100 | | | 0.0100 |
| | 2 | Before Test | 93.04 | 93.05 | 93.045 | 93.05 | 93.04 | 93.045 |
| | | After Test | 93.06 | 93.05 | 93.055 | 93.05 | 93.05 | 93.05 |
| | | Diameter Loss | | | 0.0100 | | | 0.0050 |
| | 3 | Before Test | 93.04 | 93.05 | 93.045 | 93.05 | 93.03 | 93.04 |
| | | After Test | 93.06 | 93.06 | 93.06 | 93.06 | 93.05 | 93.055 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0150 | | | 0.0150 |
| | 4 | Before Test | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.03 | 93.035 |
| | | After Test | 93.06 | 93.05 | 93.055 | 93.05 | 93.04 | 93.045 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0150 | | | 0.0100 |
| | AVG diameter wear (mm) | | | | 0.0125 | | | 0.0100 |

Tabel 9
Rating komponen mesin kendaraan E

| NO | Bagian mesin | | No. Silinder | | | | | |
|----|----------------------------------|-----------------|------------------|------------|--------------|---------------------|---------------|---------------|
| 1 | Piston | | 1 | 2 | 3 | 4 | AVG | |
| | Ring Sticking | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Crown Cutting | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Land Deposit | 1 st | 9.13 | 9.34 | 9.41 | 8.85 | 9.18 | |
| | | 2 nd | 9.95 | 10 | 10 | 10 | 9.99 | |
| | Groove Filling | 1 st | 9.16 | 9.43 | 9.02 | 8.97 | 9.15 | |
| | | 2 nd | 9.64 | 9.67 | 9.38 | 9.47 | 9.54 | |
| | Skirt Condition | | 9.96 | 9.85 | 10 | 10 | 9.95 | |
| | Piston Underside | | 9.35 | 10 | 10 | 9.85 | 9.80 | |
| | Rata-rata | | | | | | 9.70 | |
| 2 | Bearing Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | Top | Before Test | 224.716 | 225.141 | 225.911 | 226.043 | | |
| | | After Test | 224.71 | 225.132 | 225.883 | 226.037 | | |
| | | Weight Loss | 0.0006 | 0.0009 | 0.0028 | 0.0006 | 0.0049 | |
| | Bottom | Before Test | 224.663 | 225.138 | 226.042 | 225.739 | | |
| | | After Test | 224.658 | 225.133 | 226.023 | 225.734 | | |
| | | Weight Loss | 0.0005 | 0.0005 | 0.0019 | 0.0005 | 0.0034 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.0083 | |
| 3 | Piston Ring Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | 1 | Before Test | 157.529 | 156.712 | 155.882 | 156.454 | | |
| | | After Test | 157.678 | 156.433 | 155.709 | 156.335 | | |
| | | Weight Loss | -0.0149 | 0.0279 | 0.0173 | 0.0119 | 0.0422 | |
| | 2 | Before Test | 146.199 | 146.155 | 146.492 | 14.607 | | |
| | | After Test | 146.162 | 146.089 | 14.643 | 145.978 | | |
| | | Weight Loss | 0.0037 | 0.0066 | 0.0062 | 0.0092 | 0.0257 | |
| | 3 | Before Test | 156.256 | 158.056 | 158.859 | 157.653 | | |
| | | After Test | 156.227 | 157.944 | 158.743 | 157.513 | | |
| | | Weight Loss | 0.0029 | 0.0112 | 0.0116 | 0.014 | 0.0397 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.1076 | |
| | | | Top (X-1) | | | Bottom (X-2) | | |
| 4 | Cylinder Diameter (mm) | | a-b | c-d | Rata2 | a-b | c-d | Rata2 |
| | 1 | Before Test | 93.06 | 93.05 | 93.055 | 93.05 | 93.04 | 93.045 |
| | | After Test | 93.07 | 93.06 | 93.065 | 93.05 | 93.05 | 93.05 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0100 | | | 0.0050 |
| | 2 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.05 | 93.04 | 93.045 |
| | | After Test | 93.07 | 93.05 | 93.06 | 93.06 | 93.04 | 93.05 |
| | | Diameter Loss | | | 0.0100 | | | 0.0050 |
| | 3 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.06 | 93.04 | 93.05 |
| | | After Test | 93.06 | 93.05 | 93.055 | 93.06 | 93.04 | 93.05 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0050 | | | 0.0000 |
| | 4 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.06 | 93.04 | 93.05 |
| | | After Test | 93.06 | 93.06 | 93.06 | 93.06 | 93.04 | 93.05 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0100 | | | 0.0000 |
| | AVG diameter wear (mm) | | | | | 0.0087 | | 0.0025 |

Tabel 10
Rating komponen mesin kendaraan F

| NO | Bagian mesin | | No. Silinder | | | | AVG | |
|----|----------------------------------|---------------|------------------|------------|--------------|---------------------|---------------|---------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 1 | Piston | | 1 | 2 | 3 | 4 | AVG | |
| | Ring Sticking | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Crown Cutting | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | Land Deposit | 1st | 9.44 | 9.45 | 9.64 | 9.3 | 9.46 | |
| | | 2nd | 10 | 10 | 10 | 10 | 10.00 | |
| | Groove Filling | 1st | 9.25 | 9.15 | 8.98 | 9.25 | 9.16 | |
| | | 2nd | 9.92 | 9.93 | 9.82 | 9.92 | 9.90 | |
| | Skirt Condition | | 10 | 9.9 | 10 | 9.85 | 9.94 | |
| | Piston Underside | | 10 | 10 | 9.55 | 9.95 | 9.88 | |
| | Rata-rata | | | | | | 9.79 | |
| 2 | Bearing Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | Top | Before Test | 225.635 | 225.923 | 226.095 | 225.082 | | |
| | | After Test | 225.618 | 225.904 | 226.073 | 225.065 | | |
| | | Weight Loss | 0.0017 | 0.0019 | 0.0022 | 0.0017 | 0.0075 | |
| | Bottom | Before Test | 226.855 | 226.263 | 225.521 | 225.339 | | |
| | | After Test | 226.837 | 226.252 | 22.551 | 225.322 | | |
| | | Weight Loss | 0.0018 | 0.0011 | 0.0011 | 0.0017 | 0.0057 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.0132 | |
| 3 | Piston Ring Weight (gram) | | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| | 1 | Before Test | 15.691 | 155.762 | 156.539 | 156.887 | | |
| | | After Test | 156.852 | 155.787 | 156.654 | 156.852 | | |
| | | Weight Loss | 0.0058 | -0.0025 | -0.0115 | 0.0035 | -0.0047 | |
| | 2 | Before Test | 146.418 | 146.714 | 148.206 | 146.373 | | |
| | | After Test | 146.362 | 146.674 | 148.153 | 146.312 | | |
| | | Weight Loss | 0.0056 | 0.004 | 0.0053 | 0.0061 | 0.021 | |
| | 3 | Before Test | 155.907 | 158.164 | 157.466 | 156.413 | | |
| | | After Test | 155.793 | 158.069 | 157.362 | 156.278 | | |
| | | Weight Loss | 0.0114 | 0.0095 | 0.0104 | 0.0135 | 0.0448 | |
| | Total Weight Loss | | | | | | 0.0611 | |
| | | | Top (X-1) | | | Bottom (X-2) | | |
| 4 | Cylinder Diameter (mm) | | a-b | c-d | Rata2 | a-b | c-d | Rata2 |
| | 1 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | | After Test | 93.06 | 93.05 | 93.055 | 93.05 | 93.05 | 93.05 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0050 | | | 0.0100 |
| | 2 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.04 | 93.03 | 93.035 |
| | | After Test | 93.04 | 93.06 | 93.05 | 93.07 | 93.06 | 93.065 |
| | | Diameter Loss | | | 0.0000 | | | 0.0300 |
| | 3 | Before Test | 93.06 | 93.04 | 93.05 | 93.05 | 93.03 | 93.04 |
| | | After Test | 93.07 | 93.05 | 93.06 | 93.07 | 93.04 | 93.055 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0100 | | | 0.0150 |
| | 4 | Before Test | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 | 93.04 |
| | | After Test | 93.08 | 93.05 | 93.065 | 93.07 | 93.05 | 93.06 |
| | | Diameter Wear | | | 0.0250 | | | 0.0200 |
| | AVG diameter wear (mm) | | | | | 0.0100 | | 0.0188 |

VI. SARAN

- a. Dengan melakukan penggantian secara berkala minyak lumas, saringan system pelumasan dan *service* mesin pada kendaraan maka akan memperpanjang masa pakai komponen-komponen mesin dan menjaga kinerja mesin selalu optimum.
- b. Gunakan minyak lumas mesin sesuai dengan spesifikasi minyak lumas mesin yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat kendaraan yang tertera pada buku manual kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Beer, Ferdinand P and Johnston, E. Russell, 1987, "*Mechanics of Materials*", SI Metric Edition, Materisls Science Series.
2. Karina, R, 2002, "*Penelitian Drain Interval Minyak Lumas Monograde melalui Uji Jalan*",
Majalah Lembaran Publikasi LEMIGAS, Vol. 36. No. 3/2002.
5. Pirro, D.M dan Wessol, A.A, 2001,"*Lubrication Fundamentals*", Second Edition, Revised and Expanded, by Exxon Mobil Corporation, Marcel Dekker, Inc.
6. Schulz , Erich J and Evridge, Ben L, 1989, "*Die-sel Mechanics*", McGraw-Hill International Editions, Automotive Technology Series.
7. Schilling, A., 1972, "*Automobile Engine Lubri-cation*", Scientific Publication (G.B) Ltd., Broseley, Shropshire, England
8. V. L. Maleev, M.E., DR.A.M dan Ir Bambang Priambodo, 1995, "*Operasi dan Pemeliharaan Mesin*", Penerbit Erlangga. ✓