

Jenis-jenis Logam yang terdapat dalam Minyak Lumas Bekas dan Sumber Asalnya

Oleh :
Subiyanto

S A R I

Bagaimanapun baiknya mutu minyak lumas yang digunakan untuk melumasi mesin, keausan komponen mesin selama operasi tetap berlangsung, meskipun keausan yang terjadi tidak terlalu besar. Komponen mesin yang mengalami keausan dapat ditelusuri dari hasil pengujian laboratorium terhadap logam-logam yang ada dalam minyak lumas bekasnya.

Dengan diketahuinya jenis logam di dalam minyak lumas bekas dan telah diketahui pula jenis logam yang dikandung komponen mesin, aditif, bahan bakar, zat pendingin, kotoran dari udara, air pendingin, maka dapat diperkirakan pula komponen mesin yang mengalami keausan, atau sampai berapa jauh dan benar mesin tersebut beroperasi.

Tulisan ini akan mengetengahkan jenis-jenis dan sumber asal logam-logam yang terdapat di dalam minyak lumas bekas dari mesin bensin dan mesin diesel.

ABSTRACT

No matter good the qualities of a lubricant for lubricating an engine is wearing always takes place during the operation of the engine. Which of the components are worn can always be determined by analysing the used oils.

By knowing the metals in used oil and the metals contained in the components of an engine, additive, fuel, coolant, dirt from the air and cooling water, the components of the engine which have worn and how well the engine operated could be predicted.

This paper will discuss the metals and their sources in the used oils of the spark ignition engine and diesel engine.

I. PENDAHULUAN

Dalam sejarah perkembangan, manusia selalu berusaha untuk menghilangkan atau mengurangi gesekan yang terjadi pada komponen mesin, sehingga mengurangi terjadi keausan komponen mesin tersebut. Pada akhirnya ditemukan minyak lumas untuk mengatasi atau memperkecil keausan yang terjadi akibat adanya gesekan dari komponen-komponen mesin tersebut.

Minyak lumas selain berfungsi sebagai pencegah terjadinya keausan, juga berfungsi sebagai pendingin, perapat, peredam suara dan juga mencegah terjadinya korosi. Minyak lumas yang digunakan untuk melumasi mesin bensin atau mesin diesel adalah minyak lumas dari berbagai kekentalan yang ditunjukkan dengan SAE minyak lumas tersebut, jenis dan merknya.

Bagian atau komponen mesin yang dilumasi antara lain adalah: bantalan utama, bantalan penghubung torak atau piston, silinder, torak atau piston, ring torak, bantalan poros cam "camshaft", dan rangkaian penggerak katup.

Apabila pemilihan minyak lumas yang digunakan tepat, maka fungsi minyak lumas seperti tersebut di atas akan terpenuhi atau setidaknya mesin dapat berjalan dengan baik dan mulus. Sedangkan apabila minyak lumas yang digunakan tidak sesuai atau tidak tepat, maka fungsi minyak lumas tidak terpenuhi dan mesin akan macet, rusak, bahkan dapat hancur. Bagaimanapun tepatnya pemilihan minyak lumas atau baiknya mutu minyak lumas yang digunakan, komponen mesin tersebut tetap akan mengalami keausan – meskipun kecil.

Sebelum memperkirakan jenis-jenis dan sumber logam dalam minyak lumas bekas, terlebih dahulu kita bicarakan perihal bahan komponen mesin, aditif, bahan bakar, debu dari udara, air pendingin, zat pendingin (*coolant*), dan keausan.

II. BAHAN KOMPONEN MESIN

Untuk dapat memenuhi tugasnya, komponen mesin dibuat dari beberapa jenis *alloy* yang mengandung beberapa jenis/unsur logam. Tetapi tidak semua komponen dibuat dari campuran atau *alloys* yang sama, melainkan dibuat dari bahan logam campuran yang berbeda-beda sesuai dengan sifat-sifat yang diinginkan dan beban yang diterima ataupun kecepatan gerakan serta suhu kerja komponen mesin tersebut. Contoh batasan suhu yang terjadi pada permukaan dalam mesin pembakaran dalam, yaitu mesin bensin dan mesin diesel, adalah sebagai berikut:

| Permukaan komponen mesin | Batasan suhu, °C |
|----------------------------|------------------|
| Piston bagian atas | 204 – 425 |
| Dinding silinder atas | 93 – 371 |
| Ring piston | 149 – 315 |
| Dinding silinder bawah | sampai 149 |
| Pin piston | 121 – 232 |
| Bantalan utama | sampai 177 |
| Bantalan penghubung piston | 93 – 204 |

Jadi, bantalan dan piston misalnya mungkin mempunyai unsur logam campuran yang sama meskipun jumlah unsur logam campurannya berbeda. Logam yang sering digunakan untuk komponen mesin tersebut umumnya adalah : Al, Sb, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mg, Mn, Mo, P, Ag, Sn, Ti, V, Zn.

A. Bantalan

Bantalan mesin-mesin modern dibuat dari beberapa *group alloy*, di antaranya adalah metal putih atau metal Babbit.

Metal putih ditemukan oleh Sir Isaac Babbit pada tahun 1839, sampai saat ini masih merupakan *alloy* metal yang paling bagus untuk bahan bantalan, baik untuk mesin diesel maupun bensin. Tetapi metal putih ini tidak cukup kuat untuk mesin dengan tenaga besar.

Komposisi metal putih adalah sebagai berikut :

| | | |
|------|----------------|-------------------|
| Sn : | 80 – 90% berat | typical 89% berat |
| Sb : | 7 – 10% berat | typical 9% berat |
| Cu : | 3 – 5% berat | typical 2% berat |
| Pb : | – 1% berat | – |

Metal putih dengan kadar Pb yang tinggi.

Alloy ini digunakan untuk bantalan mesin bensin, dan komposisinya adalah sebagai berikut :

| | |
|----------|----------------|
| Pb : | 75 – 85% berat |
| Sn : | 1 – 5% berat |
| Sb : | 9 – 15% berat |
| Cu, As : | 1 % berat |

Alloy – Cadmium

Alloy jenis ini sering digunakan karena tidak mudah korosi dan tidak tahan lama atau cepat leleh.

Komposisinya adalah sebagai berikut :

| | |
|------|------------------|
| Cd : | – 98% berat |
| Ni : | 1 – 1,5% berat |
| Ag : | 0,5 – 1,0% berat |

Copper – Lead

Metal *alloy* ini sering digunakan untuk bantalan mesin diesel dan bantalan mesin bensin dengan tenaga besar. Permukaannya dilapisi atau dilindungi dengan metal Sn setebal 10–40 micron.

Komposisinya adalah sebagai berikut :

- Pb : 25 – 30% berat
- Cu : 70 – 75% berat
- Sn : sedikit atau tidak ada

Alloy Aluminium

Alloy ini digunakan untuk bantalan baik mesin diesel maupun mesin bensin.

Salah satu komposisinya adalah sebagai berikut :

- Al : 95% berat
- Cd : 3% berat
- Cu : 1% berat
- Ni : 1% berat

Di sini bantalan tersebut dapat terdiri atas tiga lapisan, yaitu baja, aluminium alloy dan lapisan penutup yang dapat dibuat dari Pb, Sn, atau Cu dan setebal 10 – 20 micron.

B. Liner silinder

Liner silinder dibuat dari baja yang dilapisi dengan alloy yang terdiri atas unsur logam :

- C : 3,1 – 3,5% berat
- Si : 1,8 – 2,2% berat
- Mo : 0,6 – 0,9% berat

Untuk menambah kekerasan permukaannya, komposisinya dapat diubah menjadi :

- C : 3,6 % berat
- Si : 2,1 % berat
- Mn : 1,1 % berat
- S : 0,045% berat
- P : 0,6 % berat
- Ni : 0,1 % berat
- Va : 0,1 % berat
- Cr : 0,0 % berat
- Ti : 0,0 % berat

C. Piston atau torak

Cast-iron alloy dapat digunakan untuk bahan lapisan piston oleh karena tahan keausan dan tinggi kekuatannya. Tetapi karena untuk mobil sekarang dituntut bahan yang lebih ringan, maka digunakan alloy aluminium yang dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

- Al – Cu alloy
- Al – Cu – Ni alloy, atau Al – Cu – Fe yang di pasaran disebut Y-alloy atau SAE 39.
- Al – Si alloy, di mana salah satu dari kom-

posisinya adalah sebagai berikut :

- Si : 8,5 – 10,5% berat
- Fe : 1,0% berat
- Cu : 2,0 – 4,0% berat
- Mn : 0,5% berat
- Mg : 0,6 – 1,5% berat
- Ni : 0,5% berat
- Zn : 1,0% berat
- Ti : 0,25% berat
- dll. : 0,5% berat

Komposisi ini di pasaran disebut sebagai SAE 332.

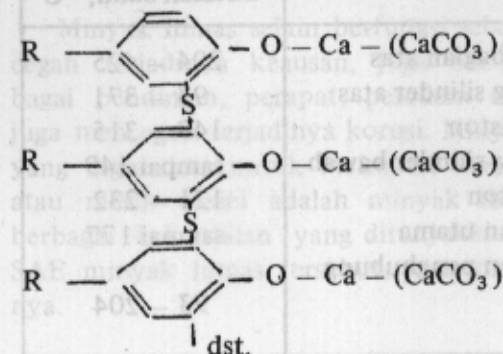
D. Ring piston

Kenaikan yang tetap dari tenaga, kecepatan, dan dikombinasikan dengan berat mesin, merupakan faktor yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dari ring piston. Salah satu contoh unsur yang digunakan dalam alloy ring piston sebagai contoh adalah cast-iron kelabu yang terdiri dari unsur logam sebagai berikut : Fe, C, Si, P, Mn, Cr, Mo, V, Cu.

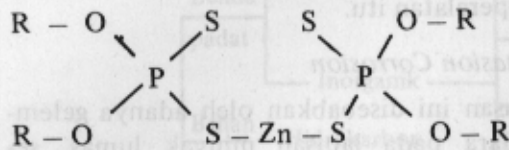
III. ADITIF

Agar minyak lumas dapat memberikan pelayanan yang memuaskan, maka kepadanya ditambahkan zat kimia yang disebut aditif. Senyawa kimia aditif itu ada beberapa macam sesuai dengan fungsi ataupun kegunaannya, misalnya : aditif detergent; aditif dispersant; aditif anti oksidant; aditif anti korosi; aditif anti foam dan aditif anti aus.

Aditif atau zat kimia yang ditambahkan itu dapat mengandung unsur logam. Sebagai contoh adalah aditif detergent dari kelas metal-organik (MO), aditif ini bersifat basa dan dapat menetralkan asam yang terjadi. *Overbased alkyl phenate* dengan rumus seperti di bawah ini adalah merupakan contoh dari aditif detergent, unsur logam yang dikandung adalah logam Ca.



Contoh lain adalah aditif anti aus yang mempunyai rumus :



dengan sebutan Zinkdithiophosphate (ZnDTP)

Selain logam Ca dan Zn tersebut di atas, aditif dapat pula mengandung logam Al, Ba, Mg, Mo, P, K atau Na.

IV. BAHAN BAKAR

Bahan bakar yang digunakan dapat mengandung logam Pb apabila ditambah dengan TEL untuk menaikkan angka oktannya. Hasil pembakarannya dapat masuk ke ruang karter dan bersatu dengan minyak lumas.

V. DEBU, KOTORAN DARI UDARA

Seperti diketahui bahwa bahan bakar dapat dibakar bila ada udara. Udara yang masuk ke dalam ruang bakar disaring oleh saringan udara. Bagaimanapun juga kemungkinan kotoran masih dapat masuk bersama udara ke dalam ruang bakar. Hasil pembakaran bahan bakar dapat masuk ke dalam karter, dan kotoran yang terdapat dalam udara terikut masuk. Udara sendiri mengandung debu atau kotoran yang di dalamnya terdapat unsur logam antara lain Al dan Si. Logam inilah yang masuk ke dalam minyak lumas.

VI. ZAT PENDINGIN "COOLANT"

Zat pendingin yang dicampurkan ke dalam air pendingin mengandung aditif anti korosi. Aditif anti korosi ini umumnya mengandung logam B, P, Na, K, Cr.

Apabila gasket mesin rusak maka air pendingin dan aditif dapat masuk ke dalam ruang bakar lalu ke karter bercampur dengan minyak lumas.

VII. AIR PENDINGIN

Air pendingin dipakai untuk mendinginkan mesin, dengan jalan dipompa untuk disirkulasikan ke dalam dinding silinder atau blok mesin. Dengan demikian suhu mesin dapat dijaga agar

sesuai dengan yang dikehendaki. Sementara air pendingin sendiri menyerap panas dari mesin dan membuangnya melalui radiator. Apabila gasket dari saluran air pendingin bocor maka air pendingin dapat masuk ke dalam ruang bakar dan dapat pula masuk ke karter bercampur dengan minyak lumas yang dapat berakibat minyak lumas terkontaminasi. Air mengandung unsur logam Ca, Ba, dan Fe.

VIII. KEAUSAN

Keausan adalah hilangnya zat padat dari induknya akibat adanya permukaan yang bergesekan. Keausan ini umumnya menyebabkan kerusakan, tetapi dapat menguntungkan juga selama *— running in*. Keausan permukaan yang bergesekan ini umumnya disebabkan oleh mekanisme masing-masing proses keausan atau mekanisme simultan dari beberapa proses keausan.

Jenis keausan tersebut adalah :

- keausan *adhesive*;
- keausan *abrasive*;
- keausan *corrosive*;
- keausan *fatigue*;
- keausan *fretting corrosion*;
- *cavitation corrosion*

Tipe keausan komponen mesin dapat dilihat pada Tabel 1.

a. Keausan *adhesive*

Keausan ini terjadi sehubungan dengan adanya transfer metal atau logam pada tempat yang saling bergesekan atau berhubungan. Apabila gesekannya berat maka partikel zat padat atau logam yang dihasilkan oleh peristiwa ini akan berukuran besar, dan bisa tetap melekat atau lepas dari tempatnya.

Sedangkan apabila tidak terlalu berat gesekan adhesinya maka partikel logam yang dihasilkan akan berbentuk partikel kecil dari oksida logam tersebut.

b. Keausan *abrasive*

Keausan jenis ini adalah keausan yang disebabkan oleh adanya permukaan metal peralatan yang lunak, dibajak oleh partikel keras, hasil bajakan ini juga berupa partikel kecil dari logam peralatan tersebut, selanjutnya men-

jadi kontaminan dan dapat membajak permukaan logam peralatan.

Tabel 1
Tipe keausan pada komponen mesin

| No. | Komponen mesin | Tipe keausan |
|-----|--------------------------------|--|
| 1. | Ring piston dan liner silinder | <i>Adhesive</i> <i>Abrasive</i> <i>Corrosive</i> <i>Fatigue</i> |
| 2. | Dudukan atau groove untuk ring | <i>Fatigue</i> <i>Adhesive</i> <i>Corrosive</i> <i>Fretting</i> |
| 3. | Bantalan | <i>Abrasive</i> <i>Adhesive</i> <i>Fatigue</i> <i>Erosive</i> |
| 4. | Rangkaian penggerak katup | <i>Fatigue</i> <i>Adhesive</i> <i>Abrasive</i> <i>Corrosive</i> |
| 5. | Pin piston | <i>Adhesive</i> |

c. Keausan *corrosive*

Keausan jenis ini disebabkan oleh adanya reaksi kimia, terjadi dari bahan bakar yang menghasilkan asam, permukaan komponen peralatan dan diikuti oleh adanya korosi sebagai hasil reaksi kimia tersebut karena adanya aksi mekanis dari peralatan itu sendiri. Partikel logam juga dihasilkan dari proses keausan ini. Keausan jenis ini juga dapat terjadi pada semua peralatan mesin, tetapi tidak menyebabkan kerusakan yang cepat, melainkan prosesnya berjalan tetap dan kontinyu.

d. Keausan *fatigue*

Keausan ini terjadi akibat hilangnya partikel-partikel kecil dari induknya yang disebabkan oleh kelelahan metal peralatan tersebut yang ditimbulkan oleh tekanan siklik yang tinggi dan bervariasi.

e. Keausan *fretting corrosion*

Keausan ini terjadi bila ada getaran, disebabkan oleh gesekan yang ringan antara permukaan

yang saling bersentuhan. Hal ini ditunjukkan oleh adanya lubang pada permukaan tersebut dan adanya akumulasi reruntuhan zat hasil oksidasi peralatan itu.

f. *Cavitation Corrosion*

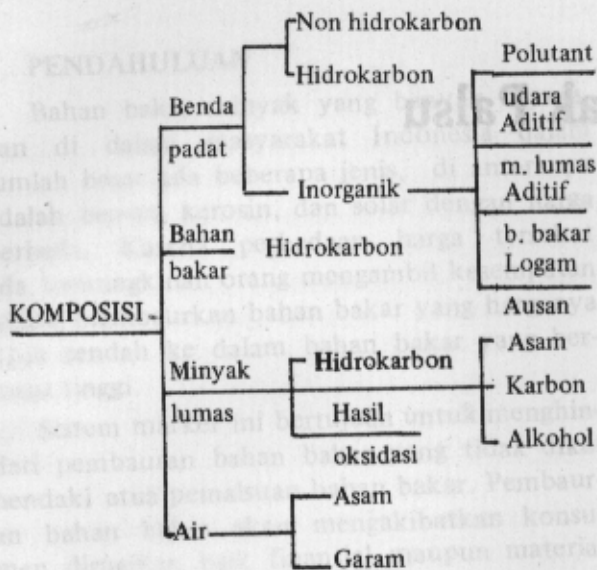
Keausan ini disebabkan oleh adanya gelembung udara pada lapisan minyak lumas, sehingga kedua permukaan (alat) saling bersentuhan langsung, karena tidak adanya lapisan tipis, minyak lumas. Karena tingginya gesekan yang terjadi suhu ditempat tersebut menjadi tinggi pula. Gelembung udara ini terjadi sebagai akibat teraduknya minyak lumas oleh gerakan putaran suatu alat yang lazim disebut foaming.

Jadi keausan komponen peralatan/mesin seperti yang tersebut di atas pada dasarnya disebabkan oleh keenam jenis keausan tersebut yang dapat berdiri sendiri atau berlangsung secara bersamaan.

IX. PEMBAHASAN

Apabila mesin bensin atau mesin diesel yang digunakan tidak berjalan lancar, tentunya ada sesuatu yang tidak beres. Ketidakteraturan ini menyangkut berbagai faktor, di antaranya bahan bakar, minyak lumas, sistem penyalan, pendinginan, dll. Faktor-faktor tersebut dapat saling berpengaruh sehingga minyak lumas yang digunakan akan terkena akibatnya dan dapat menjadi rusak. Komponen peralatan mesin pun akhirnya terkena pula akibatnya yaitu menjadi aus. Variabel yang menyebabkan keausan ini antara lain adalah beban, suhu operasi, bahan bakar, minyak lumas, kecepatan putar mesin, aditif, bahan atau alloy komponen peralatan mesin, tenaga mesin, pendingin, kotoran udara dan getaran. Komponen mesin terbuat dari bahan logam campuran atau alloy sesuai dengan sifat yang dikehendaki. Komponen yang aus akan menghasilkan partikel logam, kemudian terbawa oleh minyak lumas masuk ke dalam karter. Dengan diketahuinya jenis logam yang berada dalam minyak lumas bekas melalui analisis laboratorium, maka dapat pula diperkirakan komponen mana yang mengalami keausan atau kerusakan.

Diagram analisis deposit dalam minyak lumas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram analisis deposit

Dari uraian yang telah diutarakan, dapat ditarik kesimpulan bahwa logam yang ada di dalam minyak lumas bekas dapat ditelusuri arahnya yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2

Sumber asal unsur logam dalam minyak lumas bekas mesin diesel dan mesin menurut logamnya

| No. | Unsur logam | Simbol | Sumber asal |
|-----|-------------|--------|---|
| 1. | Aluminium | Al | Piston, bantalan, kotoran dari udara |
| 2. | Antimony | Sb | Bantalan |
| 3. | Barium | Ba | Aditif, air |
| 4. | Boron | Bo | Aditif, zat pendingin |
| 5. | Cadmium | Cd | Bantalan |
| 6. | Calcium | Ca | Aditif, air |
| 7. | Chromium | Cr | Liner silinder, ring piston poros engkol, zat pendingin |
| 8. | Cobalt | Co | Bantalan |
| 9. | Copper | Cu | Bantalan |
| 10. | Iron | Fe | Liner silinder, poros engkol air, karat |
| 11. | Lead | Pb | Bantalan bahan bakar |
| 12. | Magnesium | Mg | Aditif, bantalan |
| 13. | Molybdenum | Mo | Aditif, ring piston |
| 14. | Nickel | Ni | Poros, ring piston |
| 15. | Phosphorous | P | Aditif, zat pendingin |
| 16. | Potassium | k | Aditif, zat pendingin |
| 17. | Silicon | Si | Kotoran dari udara |
| 18. | Silver | Ag | Bantalan |
| 19. | Sodium | Na | Zat pendingin, aditif |
| 20. | Tin | Sn | Bantalan, alat pendingin |
| 21. | Zinc | Zn | Aditif, bantalan |

Tabel 3
Unsur logam dalam minyak lumas bekas mesin diesel dan mesin bensin menurut sumber asalnya

| No. | Sumber asal | Unsur logam | Simbol |
|-----|----------------|--|---|
| 1. | Piston | Aluminium, copper, Iron | Al, Cu, Fe |
| 2. | Ring piston | Chromitum, Nickel, Molybdenum | Cr, Ni |
| 3. | Bantalan | Aluminium, Antimon, Cadmium, Cobal, Copper, Lead, Magnesium, Silver, Tin, Zinc | Al, Sb, Cd, Co, Cu, Pb, Mg, Ag, Sn, Zn. |
| 4. | Liner silinder | Chormium, Iron | Cr, Fe |
| 5. | Aditif | Iron, Aluminium, Calsium, Sodium, Magnesium, Zinc, Potasium, Molybdenum, Phosphorous | Fe, Al, Ca, Na, Mg, Zn, K, Mo, -P |
| 6. | Poros engkol | Chromium, Iron | Cr, Fe |
| 7. | Kotoran udara | Aluminium, Silica | Al, Si |
| 8. | Air pendingin | Barium, Calsium, Iron | Ba, Ca, Fe |
| 9. | Zat pendingin | Boron, Chromium Sodium, Potasium, Phosphorous | Bo, Cr Na, K P |

X. KESIMPULAN

1. Apabila diketahui jenis logam di dalam minyak lumas bekas, maka dapat diketahui pula komponen peralatan mesin yang mengalami kerusakan atau keausan.
2. Jenis logam yang berada dalam minyak lumas bekas datangnya tidak hanya dari komponen peralatan mesin itu sendiri tetapi juga dari bahan bakar, aditif, air dan udara (lihat Tabel 2 & 3).

KEPUSTAKAAN

1. 1972, "Alphonse Schilling, Automobile Engine Lubrication", Scientific Publications (CB) Ltd., Broseley, Shropshire, England.
2. 1983, "Chevron Chemical Company, Oronite, Testing Used Engine Oils", Chevron Research Company, Richmond, California.
3. E. Richard Booser, 1983, "Handbook of Lubrication", Volume I, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
4. Steenbergen, JE, 1978, "Lubrication Engineering", 34 (11), 625.