

# Pentingnya Kebersihan Pelumas Mesin

Oleh :

Ratu Ulfiati

## S A R I

Aspek yang paling penting untuk menjamin kondisi mesin dan umur pakai pelumas secara maksimal adalah dengan memilih pelumas yang benar. Selanjutnya, menjaga agar pelumas tetap bersih dan kering. Kontaminasi partikulat dan air dapat memberikan efek-efek yang merusak mesin dan memperpendek umur pakai pelumas. Pemilihan pelumas yang tepat dan menjaganya agar tetap pada kondisi yang baik adalah sangat kritis untuk mempertahankan kondisi operasi yang efisien, memperpanjang umur peralatan, dan meningkatkan keandalan peralatan. Selain itu, desain tempat penyimpanan pelumas dan tatacara penanganannya yang baik, memungkinkan penghematan biaya pemeliharaan peralatan yang signifikan.

Kata kunci: kebersihan pelumas, kontaminasi, partikulat, air.

## ABSTRACT

*The most important aspect for insuring maximum machine reliability and lubricant life is the selection of the correct oil. The second precaution should be considered is keeping the oil clean and dry. Particulate and water contamination can have devastating effects on machine and lubricant life. Selecting the proper lubricants and maintaining their health is critical to sustaining an efficient operation, extending equipment life, and enhancing equipment reliability. Furthermore, well-designed lubricants storage and handling practices enable significant savings in maintenance-related expenditures.*

*Key words: lubricants cleanliness, contamination, particulate, water.*

## I. PENDAHULUAN

Setelah memilih pelumas yang sesuai dengan mesin yang akan digunakan, faktor yang harus diperhatikan untuk memperpanjang umur mesin dan waktu pakai pelumas, adalah menjaga agar pelumas tetap bersih dan kering. Kondisi mesin, lingkungan operasi mesin, dan celah komponen mesin, sama pentingnya dengan jenis pelumas, viskositas pelumas, dan laju alir yang harus diperhatikan secara detail untuk mengontrol kontaminasi pelumas secara optimum. Hal-hal yang dapat memberikan informasi penting sebaiknya dipertimbangkan ketika merancang sistem pengontrolan kontaminasi, untuk mendapatkan hasil yang baik. Spesifikasi pelumas pada setiap aplikasi selalu berbeda dan harus dievaluasi secara individual.

Pada mesin yang sedang berjalan, jika ada partikel kontaminan yang lebih besar dari celah antara dua permukaan mesin, maka partikel akan melukai celah tersebut, menimbulkan serpihan logam dari permukaan mesin yang menyebabkan keausan abrasif. Jumlah partikel-partikel ausan dapat menyebabkan reaksi berantai yang menaikkan jumlah total partikulat di dalam pelumas. Sebagai tambahan, material ausan abrasif yang terbentuk dapat menjadi partikel yang lebih kecil dan menjadi lebih keras karena suatu proses. Hal ini akan menambah jumlah partikel yang lebih keras, digabungkan dengan kontaminan padat yang sudah ada, sehingga meningkatkan jumlah material abrasif di dalam pelumas.

## II. SUMBER DAN JENIS KONTAMINAN<sup>(1,6)</sup>

Pada umumnya kontaminan yang ada di dalam pelumas adalah partikulat padat dan air. Kontaminasi pada pelumas dapat terjadi saat pembuatan (pabrikasi), terbentuk dengan sendirinya di dalam pelumas, masuk melalui *seal* atau *breather*, dan yang secara tidak sengaja masuk selama pemeliharaan. Seluruh sumber-sumber kontaminan tersebut harus diperhatikan, untuk membatasi pengaruh dari kontaminan terhadap komponen mesin.

Kontaminan partikel padat mempunyai kekerasan, dan kelenturan yang bervariasi tergantung pada komposisi partikel padat tersebut. Sumber utama penyebab kontaminasi partikulat pada pelumas adalah debu dari udara sekitar dan kotoran. Walaupun komposisinya dapat bervariasi, debu dan kotoran pada umumnya mengandung material seperti SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Indikator elemental dari kotoran yang masuk adalah silikon dan aluminium, dalam beberapa kasus ada kalsium dan magnesium. Partikel-partikel kontaminan khusus, mempunyai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan material komponen mesin pada umumnya.

Kontaminan partikel padat yang umum, mempunyai nilai kekerasan pada skala 1 sampai 10 seperti disajikan pada Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa intan adalah material yang mempunyai kekerasan tertinggi yaitu 10. Ukuran kekerasan dan kelenturan dari partikel mempengaruhi jumlah kerusakan atau kerugian yang disebabkan oleh partikel padat.

Ketika terdapat air di dalam pelumas, sebagian dari air tersebut akan terdekomposisi menjadi hydrogen dan oksigen. Hidrogen akan berinteraksi dengan permukaan logam sehingga menyebabkan *hydrogen embrittlement*. Proses ini menyebabkan logam menjadi lebih rapuh atau kehilangan kelenturannya, dan mengubah logam menjadi lebih mudah mengalami keausan *fatigue*.

## III. EFEK KONTAMINASI PADA PELUMAS<sup>(2)</sup>

Kontaminasi partikel padat, apakah itu debu atau partikel ausan yang terbentuk, akan menaikkan laju oksidasi pada pelumas, karena material-material itu mengandung logam yang akan menjadi katalis pada proses oksidasi.

Kontaminasi partikulat padat mempunyai pengaruh langsung pada kondisi mesin, sedangkan

kontaminasi air mempunyai pengaruh langsung pada kondisi pelumas. Secara independen, setiap tipe kontaminan dapat mendegradasi kondisi mesin dan pelumas. Secara bersama-sama, keduanya dapat saling memberikan kenaikan laju degradasi terhadap mesin dan pelumas.

Keberadaan logam-logam itu sendiri dapat menyebabkan laju oksidasi naik 5 kali dari laju normal, selain itu keberadaan air dapat menaikkan laju oksidasi 10 kali. Gabungan antara air dan katalis logam dapat menaikkan laju oksidasi 50 kali atau lebih. Meskipun keberadaan panas dan air bukan kontaminan yang dipertimbangkan secara khusus, kelebihan panas dapat juga menaikkan laju oksidasi.

Kontaminasi embun dapat memberikan sejumlah efek secara langsung pada kondisi mesin. Efek yang paling nyata dari air adalah menyebabkan *rust* dan korosi pada besi dan permukaan baja dalam suatu proses yang disebut keausan korosif. Sebagian besar pelumas agak sedikit mengandung asam secara natural, dan dengan penambahan aditif tertentu dapat meningkatkan keasamannya. Proses degradasi yang normal juga cenderung meningkatkan keasaman pelumas. Penggabungan air dengan asam di dalam pelumas meningkatkan potensi korosif dan meningkatkan serangan pada besi sulfida dan logam lain yang bukan besi sulfida. Hasil ausan korosif pada logam yang terlepas dari permukaan komponen, berbentuk besi oksida. Besi oksida atau partikel *rust* adalah abrasif; dan bila bersenyawa dengan partikel abrasif dan partikel ausan lainnya, dapat membentuk logam basa yang baru untuk proses korosi selanjutnya.

Tabel 1  
Nilai kekerasan partikel padat<sup>(6)</sup>

Jenis Partikel Padat	Nilai Kekerasan
<i>Rust</i> atau besi oksida hitam	5 - 6
Debu silika	2 - 8
Debu pertambangan	5 - 9
Debu peralatan dari baja	6 - 7
Silikon karbida	9
Aluminium oksida	9
Intan	10

#### IV. PENGUKURAN KEBERSIHAN PELUMAS <sup>(4,5)</sup>

Kebersihan pelumas sangat penting dalam meningkatkan ketahanan peralatan terhadap kerusakan, karena adanya korelasi langsung antara kebersihan pelumas dengan umur pakai komponen mesin.

Bilamana kondisi keausan pada mesin telah kritis, maka ukuran partikel ausan dan konsentrasinya di dalam minyak lumas akan naik. Metode terbaik untuk mengetahui ukuran dan konsentrasi partikel ausan tersebut adalah dengan pengukuran jumlah partikel. Hasilnya dilaporkan dalam jumlah partikel per mililiter atau jumlah partikel per 100 mililiter (tergantung pada Lab.) pada ukuran partikel yang diberikan dan kode kebersihan ISO.

Kode kebersihan ISO dikembangkan untuk mengukur kebersihan fluida, dan secara luas digunakan untuk menentukan jumlah partikel di dalam minyak lumas. Cara ini digunakan untuk menentukan ukuran partikel yang ada di dalam minyak lumas, dan suatu metode untuk menentukan kode dari level kontaminasi.

Standar ISO 4406:1999 menggunakan sistim nilai tiga angka untuk mengklasifikasikan kebersihan minyak lumas, sebagai contoh 19/17/14. Angka pertama (19) menunjukkan kode ISO dari jumlah partikel dengan ukuran  $>4\mu\text{m}$ . Angka kedua (17)

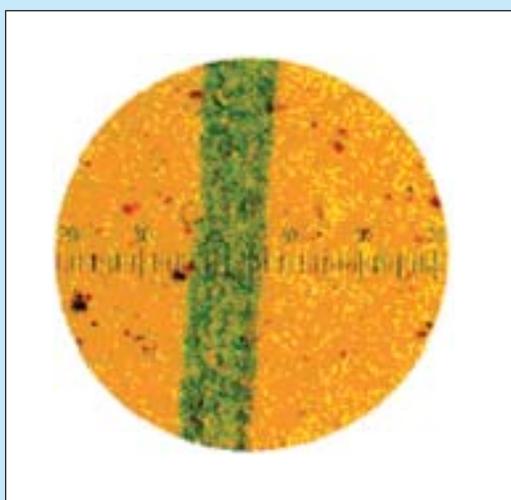
menunjukkan kode ISO dari jumlah partikel dengan ukuran  $>6\mu\text{m}$ . Angka ketiga (14) menunjukkan kode ISO dari jumlah partikel dengan ukuran  $>14\mu\text{m}$ .

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 diperlihatkan kebersihan minyak lumas pada level kode ISO yang berbeda. Makin besar angka kode ISO, maka makin banyak jumlah partikel kontaminan dengan ukuran tertentu di dalam pelumas (lihat Gb.1). Sebaliknya apabila kode ISO makin kecil, maka jumlah kontaminan di dalam pelumas makin sedikit, artinya pelumas tersebut makin bersih (lihat Gb.2). Sistim penentuan kode kebersihan menurut ISO 4406:1999 dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan target kebersihan minyak lumas untuk penggunaan pada masing-masing komponen mesin dapat dilihat pada Tabel 3.

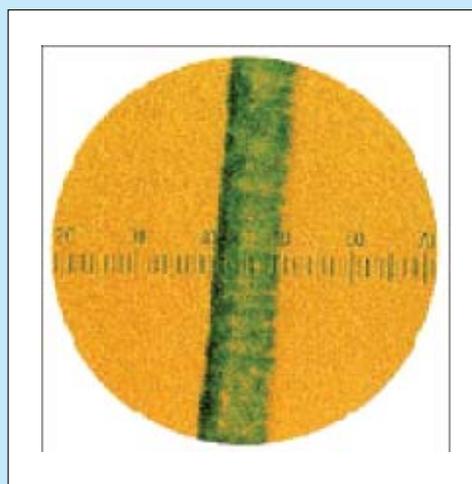
#### V. CARA MENCEGAH TERJADI KONTAMINASI DAN MENGHILANGKAN KONTAMINAN <sup>(2,5)</sup>

Pencegahan terjadinya kontaminasi pada pelumas yaitu dengan meminimalisasi kemungkinan masuknya kontaminan dari seluruh sumber eksternal yang potensial, sebelum pelumas digunakan pada mesin, maupun pada saat pemakaian pelumas. Sumber-sumber kontaminan tersebut seperti :

- Pabrik pembuat pelumas, proses *blending*, cara penyimpanan, pengiriman dan penanganannya;



**Gambar 1**  
Kebersihan Minyak pada 19/17/14  
(ISO 4406:ACFTD)



**Gambar 2**  
Kebersihan Minyak pada 12/10/7  
(ISO 4406:ACFTD)

- Fasilitas tempat penyimpanan produk pelumas dan cara penanganannya;
- Pabrik pembuat mesin dan cara perbaikan mesin bila terjadi kerusakan;
- Desain sistem pelumasan, cara pemakaian dan pemeliharaan;
- Desain mesin untuk mengurangi pemasukan kotoran.

**Tabel 2**  
Kode kebersihan ISO <sup>(2)</sup>

ISO/Range Code	Min partikel /ml	Max partikel /ml
1	0	0.02
2	0.02	0.04
3	0.04	0.08
4	0.08	0.15
5	0.15	0.3
6	0.3	0.6
7	0.6	1.3
8	1.3	2.5
9	2.5	5
10	5	10
11	10	20
12	20	40
13	40	80
14	80	160
15	160	320
16	320	640
17	640	1,3
18	1,3	2,5
19	2,5	5
20	5	10
21	10	20
22	20	40
23	40	80
24	80	160
25	160	320
26	320	640
27	640	1,300,000
28	1,300,000	2,500,000
29	2,500,000	5,000,000
30	5,000,000	10,000,000

Sekalipun pelumas yang diterima menunjukkan kualitas yang baik untuk seluruh produk, akan tetapi apabila tidak disimpan dengan cara penanganan yang benar, maka tidak dapat dipastikan kualitas pelumas tetap baik selama penyimpanan. Secara ideal, pelumas sebaiknya disimpan di dalam ruangan tertutup, dengan kondisi ruangan terkontrol, serta konsentrasi debu minimal. Akan tetapi tingkat proteksi seperti ini sering kali tidak tercapai atau tidak praktis.

Pencegahan masuknya kontaminan dapat mereduksi jumlah kontaminan di dalam pelumas, tetapi tidak menguranginya secara total. Beberapa kontaminan dihasilkan secara internal, seperti dalam proses pembakaran, dimana produk sampingnya (jelaga, air, asam, dll) akan muncul tanpa upaya-upaya pencegahan. Sebagai tambahan, kondisi operasi peralatan itu sendiri dapat menghasilkan logam ausan yang tidak berhubungan dengan masalah pelumas. Meskipun demikian, material berbahaya yang dihasilkan harus dibuang dari sistem pelumasan untuk memastikan umur pakai mesin maupun pelumas dapat secara maksimal.

Peralatan dan metode yang tersedia cukup bervariasi untuk menghilangkan kontaminan dari pelumas, di antaranya :

**Table 3**  
Target kode kebersihan ISO pada komponen mesin <sup>(2)</sup>

Machine/Component	Typical Target ISO Cleanliness Code (ISO 4406:1999)
Servo valve	13/12/2010
Proportional valve	14/13/11
Variable volume pump	15/14/12
Fixed piston pump	16/15/12
Vane pump	16/15/12
Gear pump	16/15/12
Ball bearing	14/13/11
Roller bearing	15/14/12
Journal bearing	16/15/12
Industrial gearbox	16/15/12
Turbine	17/15/12
Diesel engine	17/16/14
Paper machine	18/16/13

- a. **Reservoir pengendapan** adalah peralatan sederhana dengan penyediaan wadah untuk pelumas yang cukup, dan juga waktu penyimpanan produk. Untuk partikel padat dan air yang mempunyai SG lebih tinggi dari pelumas, akan memisahkan diri ke bawah. Kontaminan-kontaminan dapat tersisa di bagian bawah *reservoir* di mana mereka tidak akan mengakibatkan kerusakan atau dapat dibuang dengan membuka saluran pengurasan di bagian bawah. Secara periodik, reservoir perlu dikeringkan dan dibersihkan untuk membuang partikel, air dan endapan. Metode ini relatif tidak mahal dan sederhana untuk menghilangkan kontaminan, dan menghindari agitasi di dalam reservoir. Ukuran atau desain reservoir yang tidak tepat dapat secara aktual menaikkan agitasi pelumas, sehingga kontaminan pelumas agak sulit dipisahkan.
- b. **Reservoir pemisahan** adalah metode pembuangan kontaminan yang kurang efektif karena hanya partikel-partikel yang besar dan air bebas saja yang akan terpisahkan.
- c. **Pemusingan** adalah proses pemisahan kontaminan padat pada pelumas dengan kecepatan tinggi. Hal ini pada dasarnya mempertinggi efek grafitasi pada proses pemisahan, oleh karena itu secara signifikan mengurangi waktu penyimpanan produk yang diperlukan untuk mencapai efisiensi pembuangan yang sama atau lebih baik. Sebagian besar kontaminan padat dan air bebas dapat dihilangkan, tetapi cara ini tidak efektif untuk gas atau udara yang masuk, dan air terlarut. Jumlah emulsi minyak-air mungkin atau tidak mungkin naik dan aditif tertentu (seperti yang berada dalam bentuk suspensi) dapat dihilangkan. Sedangkan aditif yang larut sempurna di dalam pelumas tidak akan terpisah.
- d. **Vakum dehidrasi**, memanfaatkan prinsip bahwa air mendidih dengan temperatur lebih rendah pada kondisi vakum. Dehidrator tersebut menggunakan pompa vakum, area transfer masa yang besar, dan waktu pendek untuk menaikkan temperatur secara bertahap. Ini memungkinkan seluruh kandungan air, termasuk air terlarut, dibuang secara efektif. Untuk meningkatkan keefektifan teknik ini, pertama-tama membuang sebagian besar air bebas dengan pengendapan atau penggabungan. Vakum dehidrator dapat juga membuang beberapa cairan yang mudah menguap. Ini salah satu metode

yang lebih efektif untuk memperoleh kadar air yang sangat rendah.

- e. **Mengosongkan Udara/Gas** adalah metode yang relatif sama dengan vakum dehidrasi, dalam prinsip operasi dan kinerjanya. Perbedaan utama adalah bahwa meskipun menggunakan pompa vakum untuk titik didih air yang lebih rendah, metode ini menggunakan mulut pipa pencampur untuk menghasilkan kontak yang baik antara gas dengan minyak. Air yang terkontaminasi minyak ditunjukkan dengan menaikkan temperatur dalam waktu pendek dan kemudian bercampur dengan gas yang sesuai. Gas ini relatif kering untuk air yang terkontaminasi minyak dan uap air akan pindah dari minyak ke gas. Proses pemisahan terjadi dimana uap air dilepaskan ke atmosfer atau ke menara, dan minyak kering yang bersih dikembalikan ke reservoir. Peralatan ini khusus memakai saringan partikulat dengan baik. Keuntungannya adalah bahwa pompa vakum tidak diperlukan, jadi upaya pemeliharaan dikurangi dengan merubah saringan.
- f. **Penyaringan** merupakan metode yang paling luas dipakai, dan hampir semua industri menggunakan aplikasi kerangka saringan dan satu atau lebih elemen tipe *cartridge*. Beberapa saringan menggunakan media yang dapat dilalui pelumas. Ukuran pori-pori saringan berkisar dari ayakan yang hanya membuang partikel yang relatif besar sampai dengan yang dapat membuang partikel ukuran micron dan sub-mikron. Jenis saringan lainnya, yang mampu membuang asam organik yang dihasilkan dari oksidasi, dengan menggunakan media campuran bahan alam, alumina yang diaktifkan, dan bahan sejenisnya. Saringan-saringan itu juga didesain untuk menyerap air bebas. Secara umum, saringan tidak akan menghilangkan aditif pelumas. Sistem saringan dengan spesifikasi dan desain yang tepat dapat menjadi alat yang sangat efektif untuk membuang kontaminan apabila karakteristik dari setiap pemakaian pelumas diketahui.

## VI. KEUNTUNGAN DARI PELUMAS YANG BERSIH DAN KERI <sup>(5)</sup>

Jika pelumas tidak ditangani secara benar, maka akan terkontaminasi dengan kotoran, air, dan fluida lainnya, sehingga bisa mengurangi umur pelumasan peralatan, dan secara potensial menyebabkan kinerja

mesin menjadi rendah, kerusakan menjadi besar, dan mengeluarkan biaya pemeliharaan yang lebih besar. Lebih dari 50% kerusakan komponen secara langsung dihasilkan oleh kontaminasi fluida dengan kotoran dan partikel-partikel asing. Oleh karena itu, hal yang penting untuk pengelolaan pembiayaan yang efektif, adalah menghilangkan partikel-partikel kontaminan, karena peralatan sekarang ini, dibuat dengan toleransi celah yang sangat sempit, sehingga sejumlah kecil debu saja bisa memberhentikan mesin diesel yang besar.

Kontaminasi pada operasi mesin sangat mudah terjadi secara alami, dengan adanya partikel yang sangat kecil dalam jumlah berlebihan, serta adanya debu dan pasir. Penyaringan dengan saringan berkualitas tinggi dapat membantu mengurangi kontaminasi untuk mencapai kode kebersihan ISO.

Pemasok pelumas dan pabrik pelumas sering memberikan pelayanan sejenis ini. Sebagai contoh, suatu pabrik pelumas melayani untuk membantu mengontrol kontaminasi pelumas di tempat, untuk menghilangkan partikulat perusak dari sistem fluida dan menjaga kebersihan fluida.

Konsekuensinya, ketika pelumas mengandung sedikit kontaminan, laju oksidasi menjadi agak lambat, dan pelumas mempunyai stabilitas hidrolitik yang lebih baik dan menunjukkan sifat pemisahan air yang lebih baik. Semuanya ini membantu mengurangi keausan, menurunkan *downtime* mesin, dan memperpanjang umur peralatan.

## VII. KESIMPULAN

Memilih pelumas yang tepat dan menjaga kebersihannya adalah sangat penting agar mesin dapat bekerja secara efisien, memperpanjang umur peralatan, dan meningkatkan reliabilitas peralatan.

Selanjutnya merencanakan penyimpanan pelumas yang baik dan cara penanganannya akan menghemat biaya pemeliharaan dalam jumlah yang signifikan.

## KEPUSTAKAAN

- 1 AGMA/AWEA 6006-AXX, 2006, **Standard for Design and Specification of Gearboxes for Wind Turbine Generator Systems**. USA.
- 2 Anonymous, 2006, **Application Note - Lubricant Cleanliness**, National Tribology Services, htm.
- 3 John Shephard and John Sutherland, 2005, **Best Practices for Lubricants Handling**, Chevron Texaco Products Company, USA.
- 4 Leonard Badal, Chevron Global Lubricants; John Whigham, Petrolink USA Inc.; Trigg Minnick, Des-Case Corporation, 2005, **The Importance of ISO Cleanliness Codes**, Machinery Lubrication Magazine, USA.
- 5 POLARIS Laboratories, LLC, 2004 – 2008, **Decoding The ISO Cleanliness Code**, Technical Bulletins.
- 6 Robert Errichello and Jane Muller, 2007, **Oil Cleanliness in Wind Turbine Gearboxes**, Geartech, London.