

ANALISIS OIL MONITORING SEBAGAI BAGIAN PREDICTIVE MAINTENANCE UNTUK UJI KESIAPAN OPERASIONAL *BIG DIGGER* KOMATSU

Ahmad Taufiq¹, Nurida Finahari², Naif Fuhaid²

¹ Alumni Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

Jl. Taman Borobudur Indah 3 Malang 65153

Email: nfinahari@widyagama.ac.id

ABSTRACT

The performances of the equipments are measured by overall equipment effectiveness (OEE). This parameter consists of availability, operation reliability and product quality. Predictive maintenance system focus on measuring the effectiveness and availability of the vehicles used in the production process. The maintenance system usually done its work by analysis the lubrication oil used in parts of the vehicles. The parameters that will be analyzed are commonly consist of two testing procedures. The first is identify the state of lubrication performance, and the second is measuring the viscosity values of oil samples. This study try to develop the further test for the oil samples in the form of analyze the metal concentration consisted in. This procedure is meant to show the rate of part wearing as the basic of concluding the PM process. The alternative method offer maintenance cost optimization by avoiding the sudden breakdown and prolong the part lifetime. The study is taking two type Big Digger Machine as comparator. The results show that the common PM has conclusion to let the PC 2000 stay in the process meanwhile the PC 4000 facing the overhaul and replacing the spareparts. The metal inclusion testing procedure show that the PC 2000 oil samples have higher metal concentration. It means that the PC 2000 parts need replacement more than PC 4000. The PC 4000 just need the overhaul process. This finding approve that alternative PM give more accurate results than the common.

Keywords: oil monitoring, predictive maintenance, metal inclusion testing, big digger engine

PENDAHULUAN

Pada perusahaan tambang, penggunaan alat-alat berat dalam bentuk kendaraan berukuran besar, merupakan satu keniscayaan. Untuk menunjang kelancaran proses produksi, kesiapan alat-alat berat tersebut untuk selalu bisa beroperasi, menjadi permasalahan besar terkait dengan kondisi lapangan kerja dan upaya perawatannya. Kemampuan perusahaan untuk menyediakan alat-alat berat yang selalu siap beroperasi akan berpengaruh pada efektifitas kerja dan biaya operasional. Efektifitas kerja yang tinggi dan didukung biaya operasional yang minim, pada akhirnya akan menghasilkan biaya produksi per unit yang rendah. Hal ini dapat meningkatkan daya saing perusahaan dalam target pasarnya.

Kinerja peralatan dicerminkan oleh *overall equipment effectiveness/OEE* [1]. Sebagai tolok ukur efektifitas peralatan, OEE dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kesiapan untuk beroperasi (*availability*), unjuk kerja (*performance/reliability*), dan kualitas hasil kerja (*quality*). Dalam hal ini, OEE berfokus pada hubungan antara kesiapan dan unjuk kerja. Kesiapan kerja diukur dari waktu yang dibutuhkan untuk proses perawatan/perbaikan (*downtime*). Unjuk kerja diukur dari banyaknya sesi perawatan/perbaikan yang dilakukan terhadap satu peralatan. Semakin kecil nilai kedua parameter tersebut dikatakan bahwa OEE bernilai tinggi [2]. Pencapaian OEE dilakukan melalui sistem perawatan peralatan yang terprediksi (*predictive maintenance / PM*).

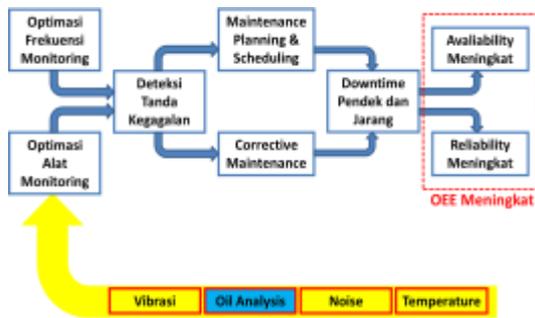
Sejauh ini, sistem perawatan alat-alat berat belum mencakup analisis elemen-elemen kecil penyusun alat-alat berat tersebut. Elemen-elemen mesin yang terendam pelumas biasanya diasumsikan bekerja dengan baik hingga masa pakai pelumas berakhir. Artikel ini mengusung tema pengembangan metode PM yang bisa dijadikan dasar analisis kerusakan elemen-elemen yang terendam oli. Analisis tersebut didasarkan pada taksiran tingkat keausan yang dibaca dari komposisi kandungan pelumas. Dalam penelitian ini juga dilakukan perbandingan hasil analisis dari jenis mesin yang sama tetapi berbeda kapasitas, untuk membuktikan bahwa jenis pelumas yang dipilih harus mempertimbangkan kapasitas kerja.

Manfaat jangka panjang dari metode alternatif ini akan muncul dari kenaikan optimasi pelaksanaan PM. Hasil analisis bisa dijadikan dasar penjadwalan perawatan total dan penggantian komponen sebelum terjadi kerusakan. Hal ini diharapkan mengarah pada penghematan waktu dan biaya perawatan, juga memperpanjang masa pemakaian komponen.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini didasarkan pada kerangka berpikir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pada gambar tersebut tampak bahwa teknik monitoring pada model PM meliputi pemantauan getaran, kebisingan, temperatur dan analisis

pelumas. Fokus penelitian diarahkan pada pengembangan metode analisis pelumas yang melibatkan pengukuran kandungan logam pada pelumas yang sedang digunakan pada peralatan. Sampel pelumas diambil di setiap tahapan PM yang terjadwal.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

Obyek Penelitian

Obyek penelitian adalah pelumas mesin penggerak dan sistem hidrolis lengan pengangkat Big Digger Komatsu tipe PC 2000-6D dan PC 4000-6D (Gambar 2), yang masuk penjadwalan PM pada rentang Juni – Desember 2013.

Parameter uji kualitas pelumas meliputi viskositas pelumas dan kandungan metal. Viskositas pelumas diambil pada suhu 40°C (sistem hidrolis) dan 100°C (mesin). Kandungan metal yang diteliti meliputi : Fe (besi), Cu (tembaga), Al (aluminium), Cr (krom), Ni (nikel) dan Pb (timah).

Analisis data dilakukan untuk melihat pola perubahan kualitas pelumas pada kedua jenis komponen tersebut. Juga dilakukan perbandingan kinerja antara kedua jenis mesin dengan cara menganalisis beda data menggunakan Program SPSS versi 17.0



Gambar 2. Big Digger Komatsu PC 4000-6D [3]

Langkah Pengambilan Sampel Pelumas

- a. Menyiapkan peralatan penyedot pelumas berupa pompa vakum dan tabung sampling (Gambar 3), sekaligus merakitnya.



Gambar 3. Pompa vakum dan botol sampel [3]

- b. Pastikan mesin dalam kondisi berjalan.
- c. Bersihkan lubang pelumas hingga bebas kotoran yang dapat mempengaruhi kualitas sampel.
- d. Masukkan selang pompa hingga kedalaman 50 mm di bawah permukaan pelumas.
- e. Tarik tuas pompa untuk mengisi botol hingga 80% volume (Gambar 4).
- f. Labeli botol sampling dengan nama peralatan dan waktu pengambilan.
- g. Ulangi prosedur hingga diperoleh jumlah sampel yang cukup untuk analisis.



Gambar 4. Cara pengambilan sampel [3]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian

Data-data hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1, 2 dan 3. Hasil analisis statistik untuk menguji perbandingan kinerja ditampilkan pada Tabel 4. Pola perubahan kualitas pelumas dan kandungan logam ditampilkan dalam bentuk grafik, sebagaimana tampak pada Gambar 5 – 12.

Hasil Analisis Statistik

Analisis statistik menggunakan asumsi tingkat signifikansi 5% satu sisi. Dengan demikian dua buah obyek yang dibandingkan tersebut akan dinyatakan memiliki kesamaan perilaku jika signifikansi yang dihitung dari data bernilai > 0.05 , dan berbeda perilaku jika signifikansi hitungannya bernilai < 0.05 .

Dari ringkasan hasil analisis statistik tampak bahwa kinerja pelumas mesin menunjukkan perbedaan yang signifikan antara tipe PC 2000 dan PC 4000, meskipun kinerja pelumas pada sistem hidrolisnya sama. Dengan mengingat bahwa hasil analisis viskositas baik pada pelumas mesin maupun pelumas sistem hidrolis menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa perubahan kinerja pelumas memang dipengaruhi kapasitas kerja komponen yang dilumasinya.

Tabel 1. Data hasil pengukuran kualitas dan viskositas pelumas

Tanggal	HM	Skor Kinerja Pelumas				Viskositas Pelumas			
		PC 2000		PC 4000		PC 2000		PC 4000	
		Mesin	Hidrolis	Mesin	Hidrolis	Mesin	Hidrolis	Mesin	Hidrolis
04/06/2013	17750	1	3	1	2	14,3	47,1	14,4	96,4
15/06/2013	18000	1	3	1	3	14,4	46,7	14,1	95,7
02/07/2013	18250	1	1	1	-	14,3	47,83	14,1	94,8
14/07/2013	18500	1	1	1	1	14,7	46,3	13,9	94,7
31/07/2013	18750	1	1	1	3	14,7	46,3	14	98,4
18/08/2013	19000	1	1	2	1	14,2	47,7	13,9	95
02/09/2013	19250	1	1	1	-	13,9	46,9	14,1	0
15/09/2013	19500	1	1	1	3	14,2	46,7	14	95
01/10/2013	19750	1	1	1	1	14,2	46,4	14,1	96,2
18/10/2013	20000	1	-	-	-	14,1	46,4	-	-
30/10/2013	20250	1	1	-	2	14,1	46,8	14,1	96,4
17/11/2013	20500	2	3	2	-	13,9	215,3	13,4	96,9
26/11/2013	20750	1	1	2	3	13,8	46,6	13,5	92,8
15/12/2013	21000	1	1	2	1	14,2	47	14,4	95,8

HM : Hour maintenance (jadwal jam perawatan); Kriteria skor kinerja mengikuti kaidah berikut :

1 normal 2 caution 3 urgent 4 severe - No sample No schedule

Tabel 2. Data hasil pengukuran kandungan logam pada unit PC 2000

Tanggal	HM	Mesin						Hidrolis					
		Fe	Cu	Al	Cr	Ni	Pb	Fe	Cu	Al	Cr	Ni	Pb
04/06/2013	17750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/06/2013	18000	8	0	0	1	0	1	5	5	1	0	0	2
02/07/2013	18250	31	1	6	0	3	0	12	5	2	1	2	2
14/07/2013	18500	1	4	0	2	0	0	7	7	0	1	0	2
31/07/2013	18750	14	6	2	0	1	2	10	7	1	0	0	2
18/08/2013	19000	17	2	3	0	1	3	15	5	2	0	0	2
02/09/2013	19250	14	1	1	0	0	0	10	6	1	0	0	2
15/09/2013	19500	18	3	3	0	0	3	11	9	2	0	0	2
01/10/2013	19750	11	2	1	0	0	1	4	5	0	0	0	1
18/10/2013	20000	18	3	0	0	0	0	4	5	0	0	0	1
30/10/2013	20250	13	0	0	0	0	1	5	4	0	0	0	0
17/11/2013	20500	175	0	1	0	2	2	225	15	2	3	2	2
26/11/2013	20750	4	3	1	0	1	0	16	10	1	0	0	2
15/12/2013	21000	21	0	3	0	1	4	18	5	2	1	1	3

Tabel 3. Data hasil pengukuran kandungan logam pada unit PC 4000

Tanggal	HM	Mesin						Hidrolis					
		Fe	Cu	Al	Cr	Ni	Pb	Fe	Cu	Al	Cr	Ni	Pb
04/06/2013	17750	4	1	1	2	0	1	1	2	2	1	0	0
15/06/2013	18000	20	0	1	4	0	2	2	1	0	1	0	0
02/07/2013	18250	15	1	4	2	2	1	0	5	0	1	0	0
14/07/2013	18500	3	2	1	1	0	3	16	4	1	0	0	1
31/07/2013	18750	17	3	2	0	0	1	3	3	1	0	0	0
18/08/2013	19000	3	4	10	0	0	2	3	3	1	0	0	1
02/09/2013	19250	52	1	3	0	0	2	2	11	1	0	0	0
15/09/2013	19500	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	1
01/10/2013	19750	4	3	0	0	0	0	3	6	0	1	0	1
18/10/2013	20000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/10/2013	20250	8	9	0	0	1	3	4	12	1	0	0	0
17/11/2013	20500	9	11	0	0	0	2	-	-	-	-	-	-
26/11/2013	20750	9	11	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0
15/12/2013	21000	7	5	1	0	0	2	1	4	0	0	0	0

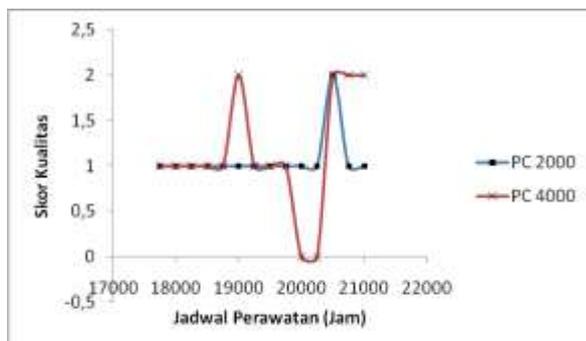
Tabel 4. Ringkasan hasil analisis statistik

	t-test	Sig	Ket
Analisis kinerja pelumas			
- mesin	-1,78	0,05	Beda
- hidrolis	-1,44	0,09	Sama
Analisis viskositas			
- Mesin	-2,10	0,03	Beda
- Hidrolis	-2,15	0,03	Beda
Kandungan Logam Mesin			
- Fe	-1,16	0,13	Sama
- Cu	-1,70	0,06	Sama
- Al	-0,17	0,43	Sama
- Cr	-1,23	0,12	Sama
- Ni	-1,53	0,08	Sama
- Pb	-0,87	0,20	Sama
Kandungan Logam Hidrolis			
- Fe	-1,34	0,10	Sama
- Cu	-1,89	0,04	Beda
- Al	-1,64	0,06	Sama
- Cr	-0,45	0,33	Sama
- Ni	-1,79	0,05	Beda
- Pb	-7,14	0,00	Beda

Hasil uji perbandingan kandungan logam pada pelumas mesin tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada kedua tipe mesin tersebut. Hal ini berarti bahwa tingkat keausan komponen pada mesin kedua jenis tipe alat berat tersebut tidak berbeda. Hasil uji pada pelumas sistem hidrolis menunjukkan nilai yang berbeda. Kadar tembaga, nikel dan timah pada sistem hidrolis kedua jenis alat berat tersebut menunjukkan nilai yang berbeda. Hal ini menunjukkan perbedaan laju keausan komponen-komponen sistem yang berbeda.

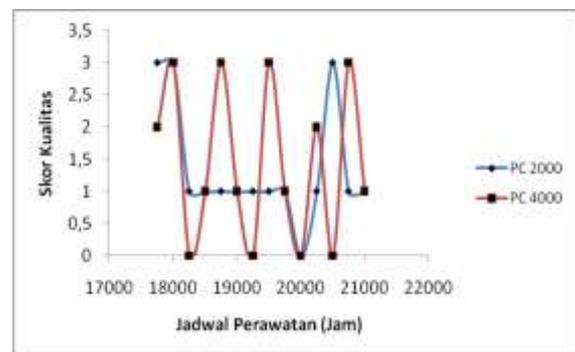
Analisis Grafik Sistem PM Umum

Berbeda dengan metode penelitian akademis, sistem pelaporan perawatan mesin model PM selalu menampilkan data dalam bentuk grafik, bahkan sebelum dilakukan analisis statistik. Model tampilan data dalam bentuk grafik ini dimaksudkan untuk mempermudah proses penganalisisan dan pengambilan keputusan secara cepat. Analisis statistik hanya dilakukan jika dibutuhkan untuk menyusun profil kinerja khusus sesuai permintaan perusahaan.



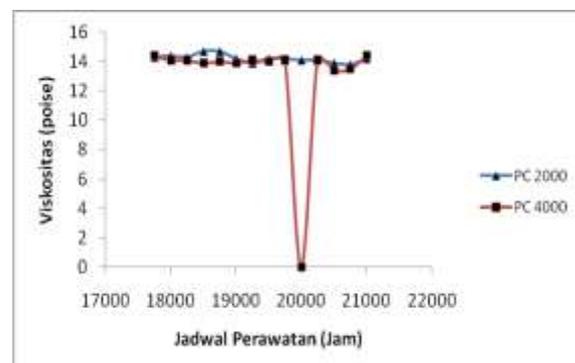
Gambar 5. Uji kinerja pelumas mesin

Perbedaan kinerja pelumas mesin sebagaimana ditunjukkan oleh hasil statistik, tampak jelas pada tampilan grafik pada Gambar 5. Pelumas yang digunakan pada *Big Digger* tipe PC 4000 tampak lebih cepat mengalami penurunan kualitas. Selama masa monitoring, tipe PC 4000 mengalami level *caution* empat kali, dimana di tiga tahap pemeriksaan terakhir level tersebut tidak berubah meskipun telah dilakukan tindakan perbaikan. Perbedaan tersebut makin tampak jelas jika melihat grafik kinerja sistem hidrolis pada Gambar 6. Kondisi ini bisa menjadi indikasi terjadinya penurunan kinerja sistem yang dimonitoring. Keputusan akhirnya mengarah pada tindakan turun mesin dan/atau penggantian komponen.

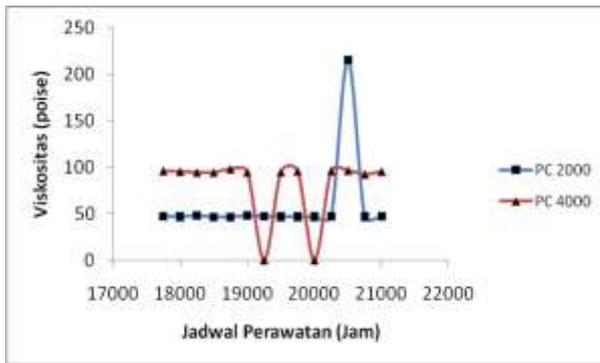


Gambar 6. Uji kinerja pelumas sistem hidrolis

Indikasi perubahan kinerja pelumas tersebut dibuktikan oleh data viskositas pelumas (Gambar 7 dan 8). Tampak bahwa pelumas mesin untuk tipe PC 2000 tidak mengalami perubahan di sepanjang masa monitoring, sementara jatuhnya kualitas viskositas baru terjadi di akhir masa monitoring untuk sistem hidrolis. Kondisi pelumas pada tipe PC 4000 tampak memang lebih parah. Penurunan kualitas sudah terjadi sejak pertengahan masa monitoring. Kondisi ini menunjukkan bahwa kondisi kerja sistem hidrolis mendorong terjadinya penurunan kualitas pelumas tersebut. Hal ini tampaknya disebabkan oleh kapasitas alat berat.



Gambar 7. Profil viskositas pelumas mesin



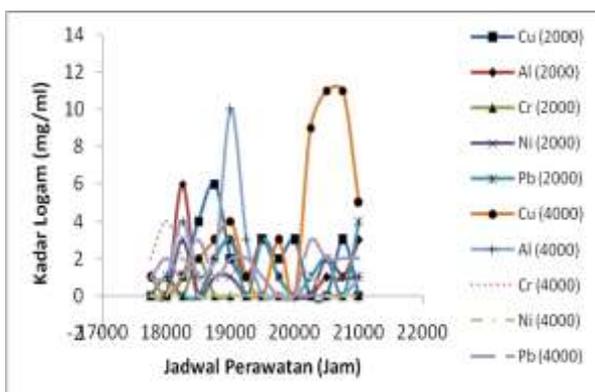
Gambar 8. Profil viskositas pelumas sistem hidrolis

Analisis Grafik Sistem PM Alternatif

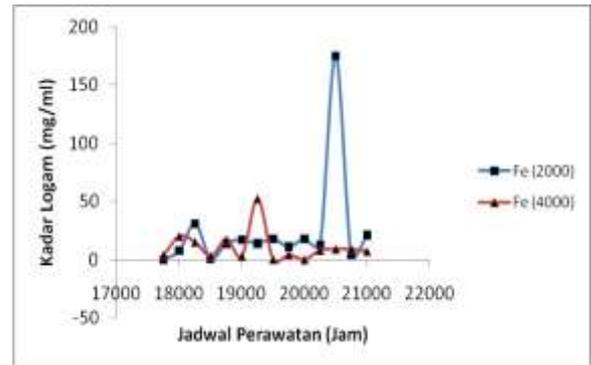
Hasil monitoring PM umum terhadap kondisi dan kinerja pelumas menunjukkan bahwa tipe PC 4000 memerlukan sistem perawatan yang lebih intensif. Tindakan yang disarankan untuk dilakukan adalah penjadwalan turun mesin dan/atau penggantian komponen. Dalam hal ini, tipe PC 2000 dinilai tidak bermasalah dan bisa terus dioperasikan.

Sistem monitoring baru yang melibatkan pengujian kadar logam dalam cairan pelumas mesin menunjukkan hasil yang berbeda (Gambar 9 dan 10). Tampak bahwa pada *Big Digger* tipe PC 4000, kadar tembaga dan aluminiumnya dominan jika dibandingkan dengan jenis logam lainnya, kecuali besi. Hal yang sama terjadi pada tipe PC 2000, meskipun kadarnya lebih rendah dari tipe PC 4000. Tembaga dan aluminium biasanya digunakan sebagai bahan pelapis atau materi campuran penyusun komponen-komponen mesin. Tingginya kadar kedua jenis logam ini bisa dipahami mengingat tingkat kekerasannya memang rendah sehingga mudah aus jika bergesekan pada suhu tinggi. Artinya, keberadaan kedua jenis logam ini dalam cairan pelumas masih bisa ditoleransi.

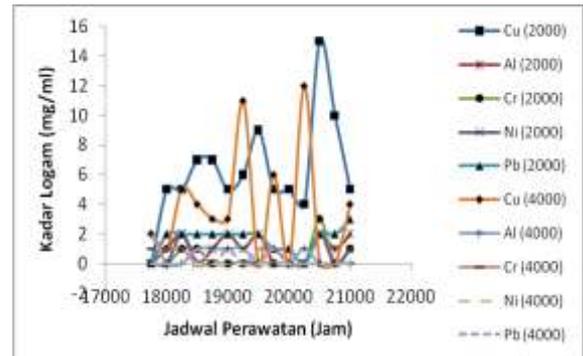
Jika mengacu pada kadar besi dalam cairan pelumas, akan tampak bahwa justru *Big Digger* tipe PC 2000 yang mengalami proses keausan lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa komponen-komponen penyusun mesin berada pada kondisi buruk. Maka, jika keputusan hasil monitoring PM umum digunakan, dimana tipe PC 2000 terus dioperasikan, maka kerusakan mendadak bisa terjadi pada mesinnya, dengan akibat yang bisa fatal. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa komponen yang telah terkikis akan lebih mudah mengalami patah tiba-tiba.



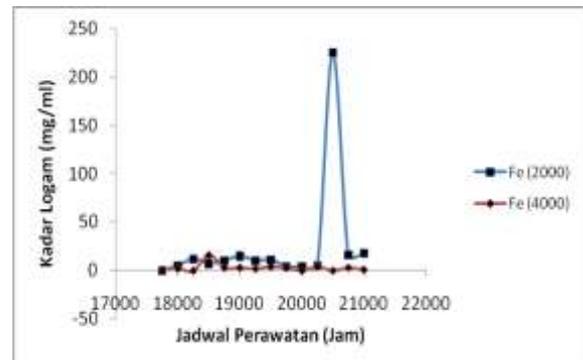
Gambar 9. Kadar logam non besi pada pelumas mesin



Gambar 10. Kadar besi pada pelumas mesin



Gambar 11. Kadar logam non besi pada pelumas sistem hidrolis



Gambar 12. Kadar besi pada pelumas sistem hidrolis

Hasil analisis pengukuran kadar logam pada mesin didukung oleh hasil pengukuran pada sistem hidrolis. Dalam hal ini logam non besi yang dominan adalah tembaga dan banyak ditemukan pada *Big Digger* tipe PC 2000. Kadar besi tertinggi juga ditemukan pada tipe 2000 menjelang akhir masa monitoring. Kadar besi pada pelumas sistem hidrolis tipe PC 4000 justru stabil.

Pembahasan Umum

Pelumas adalah zat kimia yang merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi pada suhu 105-135 derajat celsius. Pelumasan merupakan salah satu sistem pelengkap pada kendaraan dengan tujuan mengatur dan menyalurkan minyak pelumas kebagian bagian mesin yang bergerak [4]. Selain fungsi umum sebagai agen pencegah atau sarana untuk mengurangi keausan dan gesekan, pelumas memiliki fungsi lain yaitu sebagai pendingin,

peredam getaran dan mengangkut kotoran pada motor bakar. Pelumas juga berfungsi sebagai perapat (seal) pada sistem kompresi [5, 6].

Terkait dengan fungsi pelumas, sistem perawatan mesin-mesin produksi mendasarkan keputusan-keputusan analisis kinerjanya pada analisis pelumas yang digunakan pada mesin tersebut. Gambaran yang jelas dari keadaan suatu komponen dan kemampuan ketahanan pelumas dapat dicapai melalui kombinasi antara analisa spectrometrik dan analisa fisik pelumas, Evaluasi secara professional atas hasil hasil uji tersebut dapat membantu menentukan kapan bagian-bagian dalam yang dibasahi pelumas mengalami keausan berlebihan, dan juga menunjukkan kerusakan-kerusakan pada sistem perlengkapannya [7].

Sistem perawatan yang terprediksi (PM) bertujuan menentukan lebih dini kondisi komponen yang berfungsi kurang baik. Hal itu memungkinkan pembuatan rencana pemeliharaan korektif yang dapat mengurangi biaya pemeliharaan akibat terjadinya kerusakan tiba-tiba pada saat mesin sedang dibutuhkan/beroperasi. Manfaat utama dari analisa pelumas dan keausan diantaranya [8-9] adalah (1) mengurangi kerusakan peralatan mesin saat beroperasi, (2) merencanakan waktu perbaikan yang efisien, (3) mengidentifikasi pemeliharaan yang tidak/kurang lengkap dan kemungkinan adanya kesalahan operator, (4) mempermudah kebijaksanaan untuk membeli atau memperbaiki peralatan, dan (5) menghindari terjadinya kerusakan tak terprediksi (*breakdown unscheduled*).

Pada permasalahan sistem perawatan *Big Digger* Komatsu, dengan menambahkan sistem pengujian kadar logam pada sampel pelumas di setiap jadwal perawatan dan monitoring PM umum, pelaporan dan saran untuk pengambilan tindakan perawatan terkoreksi menjadi (1) penggantian komponen-komponen mesin dan sistem hidrolis untuk *Big Digger* tipe PC 2000, dan (2) Tindakan turun mesin dan pembersihan sistem hidrolis dilakukan hanya untuk tipe PC 4000 tanpa perlu penggantian komponen.

KESIMPULAN

Sistem perawatan *Big Digger* Komatsu yang menganut konsep *predictive maintenance*, awalnya hanya meliputi analisis kinerja dan kualitas pelumas saja dari segi nilai viskositasnya. Penambahan uji kadar logam hasil keausan terhadap sampel pelumas memberikan tambahan informasi yang mengoreksi dan melengkapi saran tindak lanjut terhadap hasil monitoring. Informasi tersebut menghindarkan

terjadinya pemborosan biaya perawatan yang salah sasaran. Tujuan utama sistem PM juga tercapai dengan terhindarkannya kerusakan mendadak pada mesin yang sedang beroperasi.

SARAN

Sistem perawatan PM yang menjadi studi kasus ini hanya mengambil obyek besar berupa mesin dan sistem hidrolis. Peningkatan efektifitas dan kesiapan mesin untuk beroperasi akan semakin tampak bila sistem PM juga dilakukan terhadap sub-sub sistem pada mesin produksi, misal pada rangkaian sistem penggerak. Sistem penggerak banyak memiliki komponen yang saling bersinggungan dan hampir semuanya terendam atau memerlukan sistem pelumas. Penerapan sistem pengujian kadar logam secara menyeluruh akan bisa menunjukkan perubahan yang lebih signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. T. Yuswidjajanto. 2012. *Improving Overall Equipment Effectiveness trough oil monitoring Program*. Institute Teknologi Bandung.
- [2]. Sermin, E and Birol, E. 2010. *Performance Measurement of Mining Equipment by Utilizing OEE*. International Scientific Journal.
- [3]. Cummins®. 2007. *Engine Oil and Oil Analysis Recommendations*, Edition No. 6, pp. 16-19.
- [4]. Oil Analyzer. 2009. *Fluid Analisis Program*, Edition No.4, pp 1-9
- [5]. Giancoli, D. 1998. *Fisika Jilid 1*. Erlangga. Jakarta
- [6]. G. Niemann. 1994. *Elemen Mesin Jilid 1*. Erlangga. Jakarta
- [7]. Petrolab. 2012. *Program Analisa Pelumas*. Jakarta
- [8]. Maggard, B. and Rhyne, D.M. 1992. *Total productive maintenance: a timely integration of production and maintenance*. Production and Inventory Management Journal. Quarter 4. pp. 6-10.
- [9]. Nakajima, S. 1986. *TPM ± a challenge to the improvement of productivity by small group activities*. Maintenance Management International. Edition No. 6. pp. 73-83.