

P-4

ANALISA KERUSAKAN PISTON MESIN DIESEL POMPA BANJIR DAN OPTIMASI SISTEM MANAJEMEN PEMELIHARAAN

FAILURE ANALYSIS OF PISTON DIESEL ENGINE FLOOD PUMP AND OPTIMIZATION OF MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM

Mochamad Sugiri^{1*}, D. N. Adnyana²

¹Institut Teknologi Budi Utomo, Jakarta

²Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta

*E-mail: sugiri.moch@gmail.com

Diterima 07-07-2020	Diperbaiki 09-11-2020	Disetujui 7-12-2020
---------------------	-----------------------	---------------------

ABSTRAK

Untuk mengatasi banjir di Jakarta, Dinas Sumber Daya Air DKI Jakarta menyiagakan 144 (seratus empat puluh empat) rumah pompa yang melintasi kali Ciliwung. Selain menyiagakan rumah-rumah pompa, DKI Jakarta juga menyiapkan 133 (seratus tiga puluh tiga) pompa portable (mobile) yang tersebar di 5 (lima) wilayah kota administratif. Dari informasi yang diperoleh diketahui bahwa bulan Januari 2018 telah terjadi kerusakan pada piston mesin diesel 1103 Series, penggerak Generator 50 kVA, 36 kW yang beroperasi di pompa banjir wilayah Jakarta. Diidentifikasi faktor penyebab kerusakan adalah diawali adanya indikasi temperatur tinggi pada dinding silinder yang mengakibatkan piston tidak bergerak (stuck) akibat dari kurangnya pelumasan dalam cylinder block. Selanjutnya penelitian ini akan mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin diesel pompa banjir di Jakarta Barat. Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian yang memiliki proses tahapan pengujian, yaitu: pengujian makroskopik, pengujian metalografi, analisa komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian SEM (Scanning Electron Macroscopy) yang dilengkapi dengan analisa EDXS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), pengujian oli bekas (Schedule Oil Sampling). Dari hasil pembahasan, diperoleh akibat dari kerusakan piston mesin diesel pompa banjir yaitu dengan dilakukannya: pengujian metalografi dimana diperoleh struktur mikro piston berupa aluminium dendrite yang menandakan piston mengalami local melting yang mengakibatkan local overheating, pengujian viskositas (kekentalan) oli bekas didapat: TBN (Total Base Number) pada oli sedikit rendah, oksidasi sedikit di atas normal karena pembakaran yang kurang sempurna, adanya kenaikan (selisih) pada unsur Fe dan Cu pada oli bekas yaitu sebesar 9 ppm dan 3 ppm. Jika kandungan Fe lebih besar akan mengakibatkan kerusakan Liner Cylinder Block dan piston dan apabila Cu lebih besar maka akan mengakibatkan kerusakan pada bearing. Dari hasil penelitian ini perlu adanya optimasi sistem manajemen pemeliharaan yaitu: melaksanakan Standard Operation Procedure (SOP), melakukan pemeliharaan prediktif terhadap komponen mesin diesel, melakukan pemeliharaan preventif terhadap komponen mesin diesel.

Kata Kunci: kerusakan, pompa, piston, pelumasan, local melting, local overheating, manajemen pemeliharaan

ABSTRACT

To deal with floods in Jakarta, the DKI Jakarta Water Resources Office has alerted 144 (one hundred and forty four) pump houses across the Ciliwung River. In addition to alerting pump houses, DKI Jakarta is also preparing 133 (one hundred thirty-three) portable (mobile) pumps spread across 5 (five) administrative city areas. From the information obtained it is known that in January 2018 there has been damage to the 1103 Series diesel engine pistons, 50 kVA, 36 kW generator drivers operating in the Jakarta area flood pump. The cause of the damage was identified as a high temperature indication on the cylinder wall which caused the piston to be stuck (stuck) due to lack of lubrication in the cylinder block. Furthermore, this study will identify the causes of damage that occurs in flood pump diesel engines in West Jakarta. This study uses a research methodology that has a process of testing phases, namely: macroscopic testing, metallographic testing, chemical composition analysis, hardness testing, SEM (Scanning Electron Macroscopy) testing which is equipped with EDXS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) analysis, used oil testing (Schedule Oil Sampling). From the results of the discussion, it is obtained as a result of

damage to the diesel engine piston pump flooding, namely by doing: metallographic testing in which the micro piston structure is obtained in the form of aluminum dendrite which indicates the piston has local melting resulting in local overheating, viscosity testing (viscosity) of used oil obtained: TBN (Total Base Number) in oil is slightly low, oxidation is slightly above normal due to incomplete combustion, there is an increase (difference) in the elements of Fe and Cu in used oil that is equal to 9 ppm and 3 ppm. If the Fe content is greater it will cause damage to the Liner Cylinder Block and piston and if Cu is greater then it will cause damage to the bearing. From the results of this study there needs to be an optimization of the maintenance management system, namely: implementing Standard Operation Procedure (SOP), perform predictive maintenance of diesel engine components, preventive maintenance of diesel engine components.

Keywords: failure, pump, piston, lubrication, local melting, local overheating, maintenance management

PENDAHULUAN

Untuk mengatasi banjir di Jakarta, Dinas Sumber Daya Air DKI Jakarta menyiagakan 144 (seratus empat puluh empat) rumah pompa yang melintasi kali Ciliwung. Selain menyiagakan rumah-rumah pompa, DKI Jakarta juga menyiapkan 133 (seratus tiga puluh tiga) pompa portabel (*mobile*) yang tersebar di 5 (lima) wilayah kota administratif ([sumber: republika.co.id](http://sumber.republika.co.id)). Pompa portabel (*mobile*) dengan sumber listrik dari mesin diesel (*generator set*), berfungsi untuk memompa genangan air di saluran kota dan dibuang ke laut. Pompa portabel ini dilengkapi dengan mobil dan *generator set* yang dapat dibawa ke area banjir. Kapasitas pompa banjir portabel yaitu 200 liter per detik dengan tipe *submersible* (celup langsung ke air), membutuhkan daya sebesar 16 kW (20 Hp). Untuk menghidupkan satu unit pompa portabel ini dibutuhkan generator set sebesar 50 kVA (36 kW). Mengingat banyaknya jumlah pompa portabel di DKI Jakarta maka diperlukan satu tim khusus dari Sudin Tata Air untuk merawat (*manintenance*), menghidupkan pompa saat hujan tiba, dan melakukan perbaikan (*repair*) jika terjadi kerusakan agar pompa dapat selalu siap (*ready*).

Dari informasi yang diperoleh diketahui bahwa pada bulan Januari 2018 telah terjadi kerusakan pada piston pada mesin diesel 1103 Series, penggerak Generator 50 kVA, 36 kW yang beroperasi di pompa banjir wilayah Jakarta Barat. Diidentifikasi faktor penyebab kerusakan adalah diawali adanya indikasi temperatur tinggi pada dinding silinder yang mengakibatkan piston tidak bergerak (*stuck*). Sebelum kerusakan unit beroperasi dengan normal dari parameter *water temperatur, oil pressure, fuel pressure*. Mesin Diesel sejenis juga terdapat pada 4 (empat) lokasi lain di Jakarta dengan jumlah total di Jakarta 10 unit, sehingga kerusakan yang sama

perlu dihindari/dimitigasi karena itulah penelitian ini perlu dilakukan.

Untuk itu penulis perlu melakukan analisa kerusakan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan mesin diesel tersebut, serta evaluasi data pemeliharaan yang telah dilakukan selama ini, untuk dilakukan langkah-langkah pencegahan agar dikemudian hari tidak terjadi kerusakan yang sama.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Identifikasi penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin diesel pompa banjir di Jakarta Barat.
- Menganalisa kerusakan piston mesin diesel pompa banjir.
- Menentukan tindakan pencegahan dan menentukan teknik pemeliharaan untuk menghindari kerusakan yang sama pada piston mesin diesel pompa banjir tersebut.
- Mengoptimasi sistim manajemen pemeliharaan yang diterapkan pada mesin diesel tersebut.

METODOLOGI

Metodologi penelitian ini meliputi:

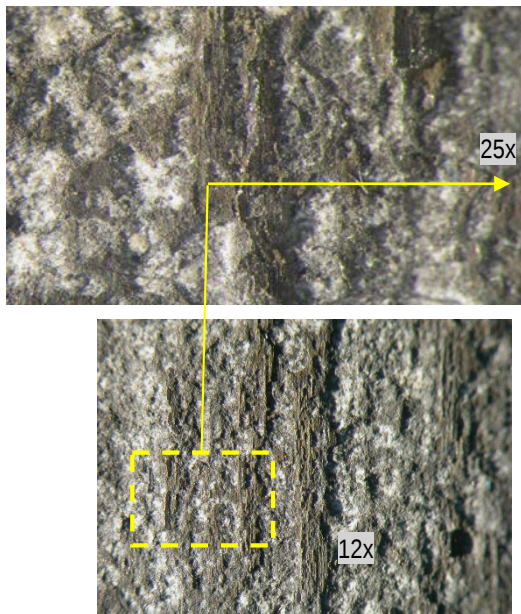
- Melakukan observasi untuk menentukan penyebab utama kerusakan.
- Pemeriksaan *visual* pada silinder blok dan piston mesin diesel yang rusak untuk pengambilan contoh uji/*sample*.
- Membuat contoh bahan uji/*sample uji* dari piston mesin diesel pompa banjir.
- Pemeriksaan *fractografi* pada bahan uji/*sample* untuk mengetahui kerusakan permukaan piston mesin diesel.
- Pemeriksaan *Metallografi* pada contoh uji/*sample* untuk mengetahui dan mengevaluasi mikrostruktur kondisi piston mesin diesel.
- Pemeriksaan kekerasan contoh uji piston mesin diesel.

- g. Pemeriksaan komposisi kimia material piston mesin diesel.
- h. Pemeriksaan komposisi kimia dengan SEM EDXS material ring piston.
- i. Pemeriksaan oli bekas mesin diesel dan membandingkan dengan oli.
- j. Membandingkan sistim manajemen pemeliharaan yang ada dengan standar pemeliharaan yang terdapat pada *manual book* mesin diesel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Makroskopik

Hasil pengujian makroskopik yang ditunjukkan pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa jenis dan penyebab serta mekanisme kerusakan yang terjadi pada piston tersebut diperkirakan *cylinder liner* mengalami pemanasan akibat proses pembakaran yang terjadi didalamnya yang mengakibatkan terjadinya mulur (*creep*). Piston mengalami *stuck* sehingga terjadinya gesekan yang mengakibatkan cacat/kerusakan pada permukaan luar piston.



Gambar 1. Foto makro cacat/kerusakan pada sisi A.1 dan A.2

Hasil Uji Komposisi Kimia Material Piston

Hasil analisa kimia terhadap material piston memperlihatkan bahwa piston tersebut terbuat dari aluminium dengan dengan diberi sejumlah unsur pepadu seperti Fe, Si, Mg, Mn dan lainnya (Tabel 1). Unsur-unsur pepadu tersebut digunakan untuk meningkatkan kekuatan, disamping untuk meningkatkan ketahanan panas dan ketahanan korosi/oksidasi.

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Kimia Material Piston, dibandingkan dengan Material Standard

Elemen/ Unsur	% Berat (Weight %)		Material Standard JIS-AC8A
	Lokasi Normal	Lokasi Cacat	
AL	83.2	83.2	Balance
Fe	0.382	0.382	<0.7
Si	13.0	12.9	11 – 13
Mg	0.966	0.919	0.8 – 1.3
Mn	0.192	0.828	< 0.15
Cr	0.0055	0.0067	< 0.10
Ni	0.892	0.887	0.8 – 1.5
Cu	1.16	1.16	0.8 – 1.3
V	0.0106	0.129	-
Ti	0.0557	0.0584	< 0.2
Pb	<0.0050	<0.0050	-
Zn	0.0785	0.0896	<0.15
Co	<0.0020	<0.0020	-

Hasil Uji Komposisi Kimia Material Ring Piston

Hasil analisa kimia terhadap material ring piston memperlihatkan bahwa ring piston tersebut terbuat dari besi tuang (*cast iron*) dengan dengan diberi sejumlah unsur pepadu seperti Si, Mn, Cr, Ni dan lainnya (lihat Tabel 2). Unsur-unsur pepadu tersebut digunakan untuk meningkatkan kekuatan, juga untuk meningkatkan ketahanan panas dan ketahanan korosi/oksidasi.

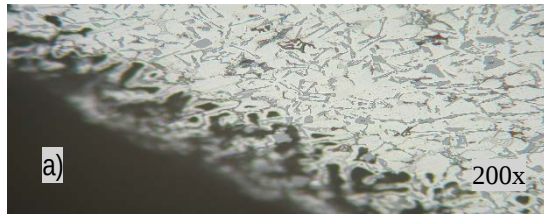
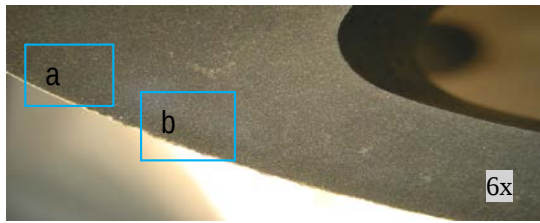
Tabel 2. Hasil Uji Komposisi Kimia Material Ring Piston, dibandingkan dengan Material Standard

Elemen/ Unsur	% Berat (Weight %)	Material Standard JIS – B 8032-6
Fe	84.4	Balance
C	> 4.50	4
Si	4.93	3
Mn	0.828	0.6
Cr	0.429	-
Ni	1.42	-
Mo	1.51	-
Cu	1.39	-
Al	0.0303	-
V	0.0078	-
Ti	0.0331	-
Pb	0.0260	-
S	0.0044	< 0.2
P	0.0258	< 0.2
Co	0.0154	-
Nb	0.0035	-
W	0.0418	-

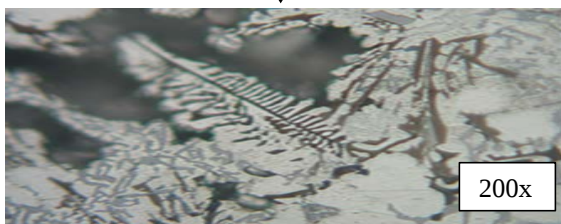
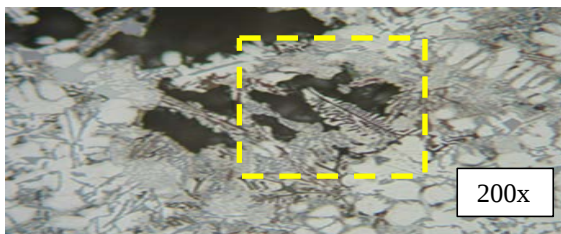
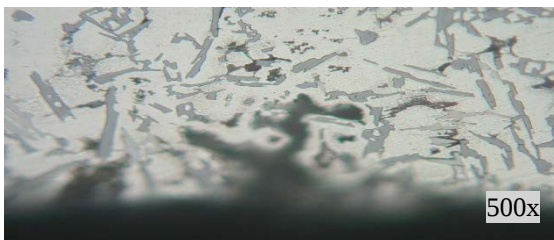
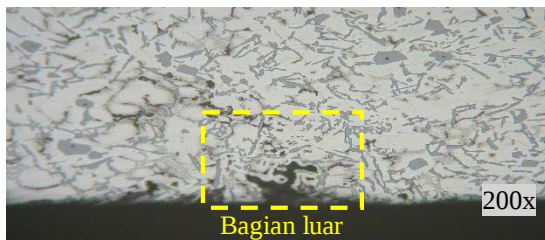
Hasil Uji Metalografi Material Piston

Pada Gambar 2 lokasi (a) struktur mikro material piston mengalami *Eutectic Al-Si* yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11,7% sampai 12,2%. Pada

komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari fasa cair ke padat).



Gambar 2. Struktur mikro material piston lokasi a

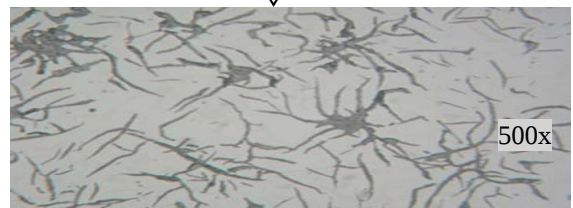
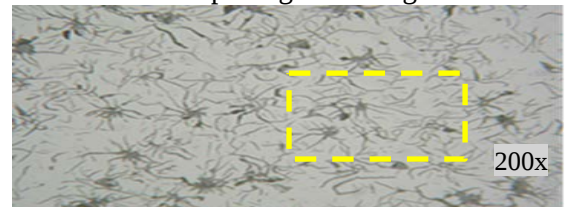


Gambar 3. Struktur mikro material piston pandangan B lokasi 2

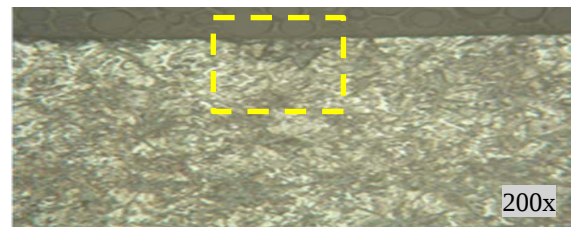
Pengambilan sampel material piston untuk analisa struktur mikro pada potongan/pandangan B bagian tengah (No. 2) dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut menunjukkan struktur mikro lokasi no. 2 bagian tepi/luar berupa Al-Mg-Si di daerah tengah terdapat aluminium *dendrite* menandakan piston mengalami *local melting* yang mengakibatkan terjadinya *local overheating*.

Hasil Uji Metalografi Ring Piston

Pada Gambar 4 struktur mikro ring piston tanpa etsa berupa material besi cor kelabu (*grey cast iron*). Struktur mikro berupa *pearlitic* halus dan adanya *steadite* (putih). Pada Gambar 5 struktur mikro ring piston telah diberi etsa terlihat besi tuang kelabu *pearlitic*, grafit serpih yang dikelilingi oleh matriks *pearlitic*, struktur lamellar *cementite* (Fe_3C) dan struktur gelap ferit, serta daerah tepi mengalami korosi temperatur tinggi. Pada Gambar 5 struktur mikro ring piston telah diberi etsa dan dipotong melintang.



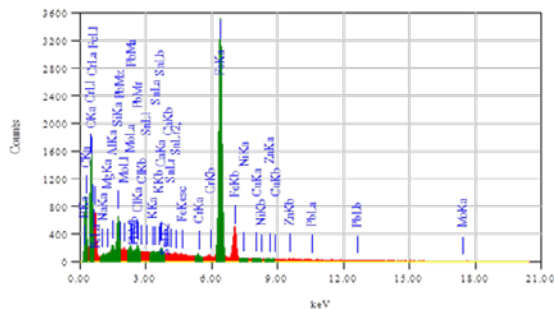
Gambar 4. Struktur mikro ring piston 1 tanpa etsa



Gambar 5. Struktur mikro ring piston 1 pakai etsa: nital 2%

Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscopy) yang dilengkapi dengan EDXS (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) pada Ring Piston.

Pada Gambar 6 terlihat hasil uji SEM EDXS pada material ring piston berupa struktur mikro yang memperlihatkan bahwa ring piston terbuat dari besi cor kelabu (grey cast iron) dan Struktur mikro berupa pearlitic halus dan adanya steadite (putih), ring piston tidak diberi etsa. Pengujian dilaksanakan 3 (tiga) kali pengujian disini diberikan gambaran salah satu dari masing- masing pengujian.



Gambar 6. Hasil uji SEM EDXS pada ring piston

Tabel 4. Hasil uji komposisi kimia Ring piston dengan SEM - EDXS

Elemen /Unsur	Berat (%)				Standard JIS B-8032-6
	Test 1	Test 2	Test 3	Rata-rata	
Fe	77,46	73,72	77,05	76,08	Balance
C	5,37	6,19	6,26	5,94	4,00
O	13,10	14,69	12,49	13,43	-
Na	0,08	0,03	0,07	0,06	-
Mg	0,08	0,01	0,07	0,05	-
Al	-	0,39	-	0,13	-
Si	1,57	1,73	1,71	1,67	3,00
Cl	-	0,51	-	0,17	-
S	-	-	0,34	0,11	< 0,20
K	0,17	0,29	0,04	0,17	-
Ca	0,55	0,63	0,61	0,60	-
Cr	0,27	0,23	0,21	0,24	-
Ni	-	0,13	0,01	0,05	-
Cu	0,44	0,41	0,65	0,50	-
Zn	0,16	0,07	0,10	0,11	-
Mo	0,54	0,70	0,27	0,50	-
Pb	0,26	-	0,08	0,11	-
Sn	-	0,18	-	0,06	-

(Laboratorium P2MM – LIPI Puspiptek, Serpong – Banten)

Dari Tabel 4 terlihat hasil uji komposisi kimia dengan menggunakan SEM yang dilengkapi dengan EDXS pada material ring piston adalah: Fe (besi) di tambah pepadu unsur lainnya seperti: C, Si, dan sebagainya.

Perbandingan elemen/unsur pada material ring piston (menurut standard JIS B 8032-6) bahwa pada material ring piston terdapat unsur O (Oksigen) sebesar 13,43%, sedangkan untuk unsur lainnya masih masuk

range standard JIS. Unsur O ini menandakan bahwa ring piston mengalami oksidasi yang menimbulkan korosi pada ring piston.

Hasil Uji Kekerasan (Hardness Test) Material Piston

Seperti terlihat pada Gambar 7 material piston yang telah dipotong dalam 3 (tiga) bagian yaitu potongan A, B dan C akan dilakukan uji kekerasan (*hardness test*). Hasil dari uji kekerasan material piston dapat dilihat pada tabel 5.



Potongan A



Potongan B



Potongan C

Gambar 7. Sampel/benda uji material piston

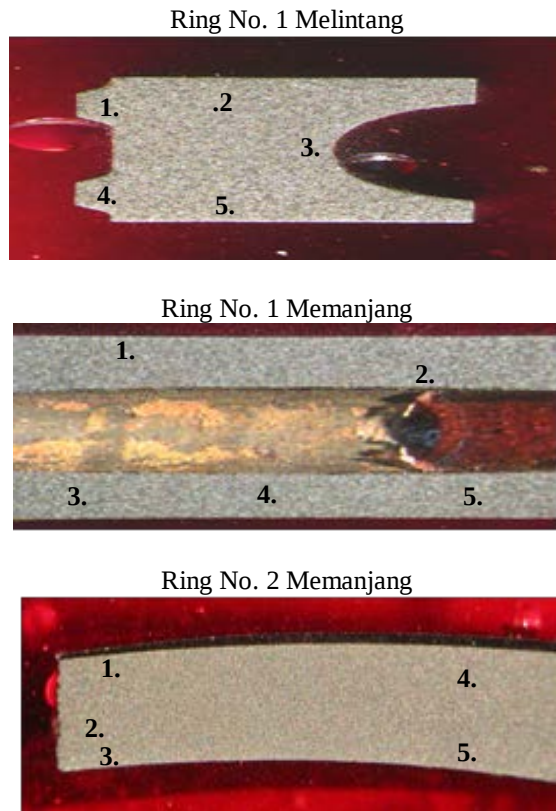
Tabel 5. Hasil Uji Kekerasan Piston
NILAI KEKERASAN (HV)

No.	Sampel A	Sampel B	Sampel C
1	74.9	71.9	86.2
2	73.2	71.9	214
3	75.7	75.3	227
4	121.0	75.7	79.7
5	79.7	77.0	79.3
6	82.1	76.1	75.7
7	313.0	79.7	78.8
8	515.0	81.2	80.2
9	157.0	81.2	76.6
10	108.8	-	77.5
11	-	-	67.0
12	-	-	71.9

Keterangan: Beban Uji (P) = 5 Kgf ; Sudut Identor: 136°

Hasil Uji Kekerasan (Hardness Test) Material Ring Piston

Seperti terlihat pada Gambar 8 material ring piston yang telah dipotong dalam 3 (tiga) bagian yaitu potongan A, B dan C akan dilakukan uji kekerasan (*hardness test*). Hasil dari uji kekerasan material piston dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 8. Sampel/benda uji material ring piston

Tabel 6. Hasil uji kekerasan ring piston

No.	NILAI KEKERASAN (HV)		
	Ring Piston No.1		Ring Piston No.2
	Melintang	Memanjang	Memanjang
1	232	243	232
2	232	249	234
3	230	243	232
4	235	244	234
5	231	245	232
Rata-rata	232	244.8	232.8

Keterangan: Beban Uji (P) = 5 Kg ; Sudut Indentor : 136°

Hasil Uji Oli Bekas dan Oli Baru Mesin Diesel

Untuk menunjang hasil penelitian analisa kerusakan piston pada mesin diesel selain pemeriksaan dan pengujian material piston dan ring piston, penelitian dilanjutkan dengan pengujian oli bekas dan oli baru pada mesin diesel. Sesuai informasi yang diterima dari bagian *maintenance* bahwa oli mesin

diesel yang dipergunakan adalah oli tipe Mesran dengan grade SAE 40. Seperti terlihat pada Tabel 7 hasil uji oli bekas, bahwa TBN (*Total Base Number*) pada oli sedikit rendah, oksidasi sedikit diatas normal, kemungkinan karena pembakaran yang kurang sempurna. Hasil dari nilai Zink terlalu rendah untuk oli mesin diesel, elemen lainnya normal.

Tabel 7. Hasil uji oli bekas mesin diesel

Elemen/ Unsur	Berat (Mg/Kg=ppm)			
	Wear Metal	Contaminant	Additives	Chemical Test
Pb	2	-	-	-
Fe	10	-	-	-
Cu	5	-	-	-
B	-	7	-	-
K	-	2	-	-
Na	-	3	-	-
Si	-	9	-	-
Ca	-	-	850	-
P	-	-	217	-
Zn	-	-	210	-
Mg	-	-	11	-
Mo	-	-	2	-
TBN	-	-	-	2,8

Catatan: Standard TBN sesuai spesifikasi oli : 5,20m KOH/g (ASTM D4739)

Seperti terlihat pada Tabel 8 hasil uji oli baru, bahwa TBN (*Total Base Number*) pada oli baru diatas standard dengan perbedaan sebesar 5 m KOH/g. Karena hasil TBN abnormal maka tidak direkomendasikan untuk menggunakan oli tipe ini.

Tabel 8. Hasil uji oli baru mesin diesel

Elemen/ Unsur	Berat (Mg/Kg=ppm)			
	Wear Metal	Contaminant	Additives	Chemical Test
Fe	1	-	-	-
Cu	2	-	-	-
Al	1	-	-	-
B	-	1	-	-
K	-	2	-	-
Na	-	5	-	-
Si	-	3	-	-
Ca	-	-	3759	-
P	-	-	688	-
Zn	-	-	842	-
Mg	-	-	13	-
Mo	-	-	52	-
TBN	-	-	-	10,2

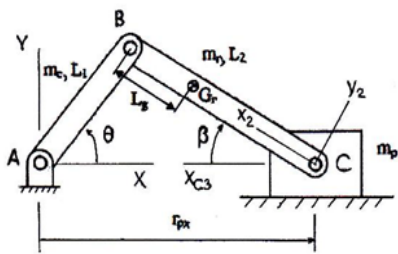
Catatan : Standard TBN sesuai spesifikasi oli : 5,20 m KOH/g (ASTM D4739)

Hasil pengujian oli bekas dan oli baru seperti yang disebutkan dalam Tabel 7 dan Tabel 8, ada kenaikan pada unsur Fe dan Cu pada oli bekas yaitu sebesar 9 ppm dan 3 ppm. Jika kandungan Fe lebih besar akan mengakibatkan kerusakan *liner cylinder block*

dan piston dan jika Cu lebih besar akan mengakibatkan kerusakan pada *bearing*.

Analisa Gaya yang bekerja pada Piston

Salah satu mekanisme yang paling umum digunakan adalah sistem rangkaian batang penghubung empat batang. Mekanisme engkol peluncur merupakan suatu sistem rangkaian batang penghubung empat batang yang sangat luas penggunaannya. Contoh yang umum dari penggunaannya ditemukan dalam mesin bensin dan mesin diesel, seperti terlihat dalam Gambar 9.



Gambar 9. Mekanisme Engkol Peluncur

Mekanisme engkol peluncur merupakan elemen pokok pada sistem kerja motor bahan bakar bensin atau solar. Mekanisme ini adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menghisap dan menekan bahan bakar ke dalam silinder guna mendapatkan temperatur tinggi pada gas bahan bakar kemudian meledak di atas permukaan piston (torak), dimana ledakan inilah yang mendorong piston (torak) sekaligus merubah gerak vertikal menjadi gerak berputar pada batang poros engkol menjadi tenaga pembangkit untuk memenuhi kebutuhan (Naharuddin, 2012). Dari hasil analisa gaya-gaya yang bekerja pada piston bahwa kerusakan/cacat pada piston bukan disebabkan karena gaya-gaya yang bekerja, karena saat terjadinya piston *stuck* tidak terjadi detonasi dan vibrasi pada mesin diesel.

Aspek Pemeliharaan

Hasil pengamatan dilapangan selama proses terjadinya kegagalan/kerusakan pada piston mesin diesel pompa banjir seperti terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kegiatan bagian pemeliharaan

No	Kegiatan	Keterangan
1	Laporan harian pengoperasian mesin diesel	Ada
2	Standard Operation Procedure (SOP)	Tidak ada
3	Jadwal Pemeliharaan Prediktif	Tidak ada
4	Jadwal Pemeliharaan Preventif	Ada, tapi belum maksimal

Untuk mengoptimasi pemeliharaan agar tidak terjadinya kegagalan/kerusakan piston perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:

Standard Operation Procedure (SOP)

Untuk dapat mengoperasikan sebuah alat pastinya harus dioperasikan sesuai dengan prosedur yang ada agar dapat berjalan dengan baik dan juga aman, sama hal nya dengan mengoperasikan mesin diesel. Menghidupkan atau mematikan mesin diesel harus sesuai prosedur yang ada agar mesin diesel dapat berjalan dengan baik dan membuat mesin diesel lebih tahan lama dibandingkan dengan pengoperasian yang tidak sesuai prosedur. Sebelum mengoperasikan genset sebaiknya memperhatikan *Standard Operation Procedure* (SOP) atau cara pengoperasian mesin diesel.

Berikut langkah-langkah yang harus dikerjakan:

- Sebelum Menyalakan mesin diesel:
 - Periksa bahan bakar.
 - Periksa air radiator, jika kurang segera tambahkan.
 - Periksa air ACCU, jika kurang segera tambahkan.
 - Periksa oli mesin, jika sudah tidak bagus segera diganti yang baru.
 - Periksa kabel R-S-T-N apakah sudah terpasang dengan benar.
 - Pasang kabel ACCU dengan benar dan kuat. Warna merah adalah positif (+), sedangkan warna hitam (-).
 - Buka box panel, kemudian naikan semua MCB.
- Saat Menyalakan mesin diesel:
 - Hidupkan mesin tanpa beban (*warming up*) kurang lebih selama 10 menit
 - Periksa *Oil Meter*, *Battery Charge*, *Water Temperature*, *Volt Meter AC*, *Frequency Meter* dan *Hour Counter Meter*, apakah sudah dalam keadaan baik ketika mesin dalam keadaan hidup.
- Cara Mematikan mesin diesel
 - Turunkan breaker atau matikan beban terlebih dahulu. Kemudian tunggu sekitar 5 menit untuk pendinginan mesin (*cooling down*), setelah itu baru matikan mesin.

Standard Operation Prosedur (SOP) dipasang di setiap mesin diesel, agar setiap operator yang akan mengoperasikan membaca SOP ini.

Pembahasan Pemeliharaan Preventif terhadap Komponen Mesin Diesel

Pemeliharaan preventif terhadap komponen mesin diesel diantaranya dapat dilihat pada Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Kegiatan Pemeliharaan Preventif

Maintenance Activities	Interval (hours)				
	Daily	250	500	1000	2000
Air Starting Motor					
Lubricator Oil Level - Check	✓				
Air Tank Moisture and Sediment - Drain	✓				
Cooling System Coolant Level - Check	✓				
Engine Air Cleaner Service Indicator - Inspect	✓				
Engine Air Precleaner - Clean	✓				
Engine Oil Filter Differential Pressure - Check	✓				
Engine Oil Level - Check	✓				
Fuel System Fuel Filter Differential Pressure - Check	✓				
Fuel Tank Water and Sediment - Drain	✓				
Instrument Panel - Inspect	✓				
Walk-Around Inspection	✓				
Engine Valve Lash - Inspect/Adjust		✓			
Fuel Injector - Inspect/Adjust		✓			
Battery Electrolyte Level - Check		✓			
Belts - Inspect/Adjust/Replace		✓			
Cooling System Coolant Sample (Level 1) - Obtain		✓			
Cooling System Supplemental Coolant Additive (SCA) - Test/Add		✓			
Engine Oil Sample - Obtain		✓			
Fan Drive Bearing - Lubricate		✓			
Radiator - Clean		✓			
Air Shutoff - Test			✓		
Engine Oil and Filter - Change			✓		
Cooling System Coolant Sample (Level 2) - Obtain				✓	
Engine - Clean				✓	
Engine Crankcase Breather - Clean				✓	
Engine Oil and Filter - Change				✓	
Engine Protective Devices - Check				✓	
Fuel System Primary Filter - Clean/Inspect/Replace				✓	
Fuel System Secondary Filter - Replace				✓	
Air Starting Motor					✓

Lubricator Bowl - Clean	
Crankshaft Vibration Damper - Inspect	✓
Engine Mounts - Check	✓
Turbocharger - Inspect	✓

Maintenance Activities	Interval (hours)				
	3000	4000	6000	8000	12000
Engine Valve Lash - Inspect/Adjust		✓			
Fuel Injector - Inspect/Adjust		✓			
Cooling System Coolant (DEAC) - Change	✓				
Cooling System Coolant Extender (ELC) - Add	✓				
Fuel Injector - Inspect/Adjust		✓			
Air Shutoff Damper - Remove/Check			✓		
Magnetic Pickups - Clean/Inspect			✓		
Alternator - Inspect			✓		
Cooling System Water Temperature Regulator - Replace			✓		
Fuel Injector - Inspect/Adjust			✓		
Prelube Pump - Inspect			✓		
Starting Motor - Inspect			✓		
Water Pump - Inspect			✓		
Camshaft Roller Followers - Inspect				✓	
Cooling System Coolant (ELC) - Change					✓

Sumber: Operation and Maintenance Manual.
Perkins, Januari 2015

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini, penyebab kerusakan adalah adanya kerusakan piston adalah adanya temperatur tinggi pada dinding silinder yang mengakibatkan piston tidak bergerak (*Stuck*).

Dari hasil analisis struktur mikro menunjukkan bahwa bagian tepi/luar piston berupa Al-Mg-Si. Bagian tengah piston terdapat cacat berupa aluminium dendrite yang menandakan piston mengalami *local melting* yang mengakibatkan *local overheating*.

Berdasarkan angka Viskositas (kekentalan) oli bekas didapatkan TBN (*Total Base Number*) pada oli sedikit rendah, oksidasi sedikit di atas normal karena pembakaran yang kurang sempurna, adanya kenaikan (selisih) pada unsur Fe dan Cu pada oli bekas yaitu sebesar 9 ppm dan 3 ppm. Jika kandungan Fe lebih besar akan mengakibatkan kerusakan Liner Cylinder Block dan piston dan apabila

Cu lebih besar maka akan mengakibatkan kerusakan pada *bearing*.

Cara menentukan pencegahan dan menentukan teknik pemeliharaan untuk menghindari kerusakan yang sama pada piston mesin diesel pompa banjir tersebut, perlu menggunakan oli sesuai dengan standar TBN dengan spesifikasi oli: 5,20 m KOH/g (ASTM D 4739). Melakukan kegiatan pemeliharaan, berupa: Laporan harian pengoperasian mesin diesel, *Standard Operation Procedure (SOP)*, Jadwal Pemeliharaan Prediktif, dan Jadwal Pemeliharaan Preventif.

Dari hasil penelitian perlu adanya optimasi sistem manajemen pemeliharaan, meliputi pelaksanaan *Standart Operation Procedure (SOP)* yaitu melakukan Pemeliharaan Prediktif terhadap Komponen Mesin Diesel dan melakukan Pemeliharaan Preventif terhadap Komponen Mesin Diesel.

SARAN

Disarankan agar melakukan penggantian oli tepat waktu agar viskositas (kekentalan) oli dapat dipertahankan dengan baik.

Untuk *Standart Operation Procedure (SOP)* sebaiknya dipasang disetiap mesin diesel, agar operator dapat dengan mudah melihat, membaca dan mengoperasikan mesin sesuai SOP yang telah dibuat.

Disarankan agar setiap operator terlebih dahulu *ditraining* dimana tujuan dari pada training tersebut adalah agar operator paham dan mengerti dalam mengoperasikan mesin diesel secara baik dan benar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Bapak Dr. Ir. Abdul Multi, MT, selaku Dekan Program Pascasarjana Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN), Jakarta; Bapak Dr. Kartiko Eko Putranto, DEA, Dipl.-Ing, PhD, selaku Dosen penguji sekaligus Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Institut Sains dan

Teknologi Nasional (ISTN) Jakarta; Bapak Prof. Dr. Ir. DN. Adnyana, APU, selaku Dosen pembimbing dan penguji; Bapak Prof. Dr. Ir. Dipl.-Ing. Bambang Teguh P, DEA, APU, sebagai Dosen penguji; Bapak Dr. Ir. Tri Wibowo, M.Sc., sebagai Dosen penguji; Seluruh Staf Pengajar Program Studi Magister Teknik Mesin Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN), Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM International Handbook Committee. "ASM Handbook: Failure Analysis and Prevention, Volume 11", *Copyright by ASM International*, Ohio (2002)
- [2] ASM International Handbook Committee. "ASM Handbook: Metallography and Microstructures, Volume 9", *Copyright by ASM International*, Ohio (2004)
- [3] Djoko Wiyono. "Panduan Pengujian Material", *Luk UPT-BPPT* Serpong.
- [4] DN. Adnyana. "Kegagalan dan Kerusakan pada Komponen dan Peralatan Industri", *Volume 1 Cetakan Pertama*, Penerbit Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN), Jakarta Selatan (Juli/Agustus 2016)
- [5] E. Karyanto. "Penuntun Praktikum Tekonologi Perlengkapan Mesin Diesel", *Penerbit Restu Agung*, Jakarta (2008)
- [6] L.L.J. Mahon. "Diesel Generator Handbook", *1st Edition*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington (2004).
- [7] Naharuddin. "Penentuan Kecepatan dan Percepatan Mekanisme Engkol Peluncur pada Komponen Mesin", *Jurnal Mekanikal*, Vol 3 No. 2, (2012)
- [8] Perkins. "Operation and Maintenance Manual", *Copyright Perkins Engines Company Limited*, U.K (Januari 2015)