

## Predictive – Proactive maintenance evaluation and oil Performance monitoring for Wartsila W18V50DF gas engine

Atsirur Romdhoni<sup>a,1</sup>, Yusuf Maulana Sait<sup>a,1</sup>, Bhima Ananta Ragil<sup>b,1</sup>, Muhammad Nurul Ahbab<sup>b,1</sup>

<sup>a</sup>Condition Based Maintenance, PT. PLN Indonesia Power Bali PGU, Bali

<sup>b</sup>Technical Specialist Department, PT. Pertamina Lubricants, Jakarta

Email : [atsirur.romdhoni@plnindonesiapower.co.id](mailto:atsirur.romdhoni@plnindonesiapower.co.id), [yusuf.maulana@plnindonesiapower.co.id](mailto:yusuf.maulana@plnindonesiapower.co.id),  
[bhima.ragil@pertamina.com](mailto:bhima.ragil@pertamina.com), [muhhammad.ahbab@pertamina.com](mailto:muhhammad.ahbab@pertamina.com)

### ABSTRACT

The Bali Power Generation Unit operates 12 Diesel and Gas Power Plants (PLTDG) located in Pangsangan, Denpasar, Bali. The PLTDG uses the Wartsila W18V50DF with natural gas as the main fuel. The power plant demands the reliability of the equipment to ensure that the electricity supply is not constrained. Maintaining the synergy of operational conditions between the Gas Engine and Lubricants is one of the parameters that determines the operational reliability of generator engines. Evaluation is carried out starting from the first filling of lubricant (0 hours) up to 12,750 hours of operation using multi-technology oil analysis and borescope inspection. As blood functions in the human body, the parameters evaluated are those that can describe the health conditions of the machine including lubricating properties of new oil and used oil with parameters: kinematic viscosity (ASTM D 7279-16), foam characteristic (ASTM D892-13), total acid number (ASTM D664-11a), total base number (ASTM D2896-15), contaminant (ASTM D5185-13), wear metal (ASTM D5185-13), sulphated ash content (ASTM D874-13a), pentane insoluble, toluene insoluble, water content by Karl Fischer, flash point (ASTM D 92-16b), and FTIR (ASTM E2412). While the operational parameters evaluated include cooler temperature, gas methane number, percentage of dual fuel mode, oil temperature, oil pressure, lubricant topping-up data, and visual condition of the combustion chamber. Evaluation for 12,750 hours shows that the lubricant is still in usable condition, and there are no significant operational problems.

**Keywords:** Multi-technology, reliability, borescope inspection, gas engine, wartsila, lubricants, oil monitoring, proactive maintenance, predictive maintenance

**Received** 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

### PENDAHULUAN

Keandalan mesin menjadi faktor kunci untuk menunjang kelancaran produksi listrik bagi sebuah pembangkit listrik. Strategi pemeliharaan yang tepat dapat menjadi kunci bagi terwujudnya hal tersebut. Dalam kasus pemeliharaan Gas Engine di power plant, secara umum *predictive – Proactive maintenance* menjadi pola yang paling sesuai.

Dalam *predictive – proactive maintenance*, pelumas menjadi salah satu faktor yang penting untuk diperhatikan dan dikaji. Pengujian pelumas *in service (used oil)* yang rutin dapat memberikan gambaran tentang kondisi kesehatan engine sebelum terjadinya gangguan sehingga dapat menghindari peralatan dalam *breakdown* yang tidak terencana.

Pada prakteknya, kombinasi antara pengujian *used oil monitoring borescope visual inspection* dan faktor operasi dapat memberikan prediksi action perbaikan yang tepat sehingga

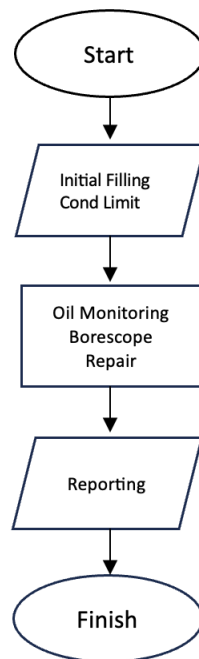
menghindarkan *breakdown* tidak terencana bagi engine

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada unit Gas Engine Wartsila W18V50DF dengan spesifikasi sebagai berikut :

Engine	: Wartsila W18V50DF
Power	: 17 MW
RPM	: 500 rpm
Pelumas	: Pertamina NG Lube 40
Fuel	: Natural Gas

Evaluasi dilakukan di sejak jam operasi penggantian pelumas 0 jam hingga 12750 jam. Faktor yang dikaji dalam pelumas yang di monitor meliputi : *Trend* viskositas, *total acid number* (TAN), *total base number* (TBN), FTIR, *contaminant*, *wear metal*, *sulphated ash*, *pentane insolubles*, *toluene insolubles*, *water content*, dan *foam characteristic*. Sedangkan inspeksi *borescope* dilakukan setiap 3000 jam.

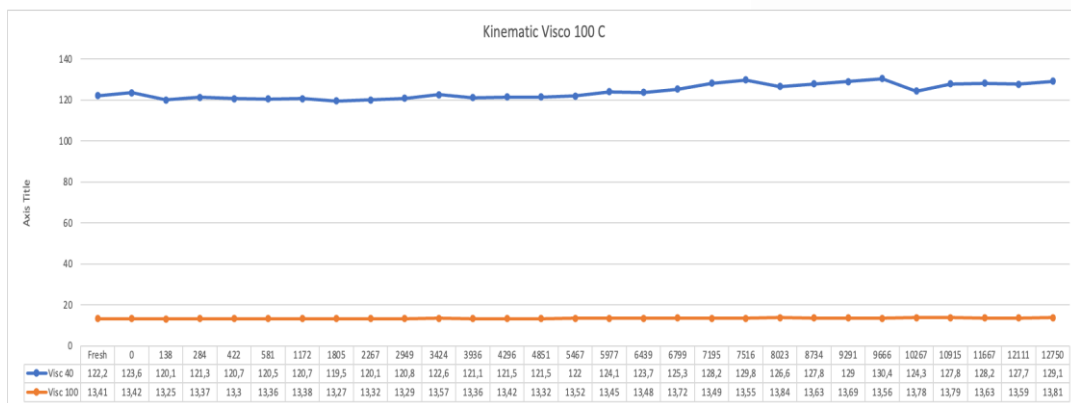


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### USED OIL MONITORING

#### Viskositas 100 °C

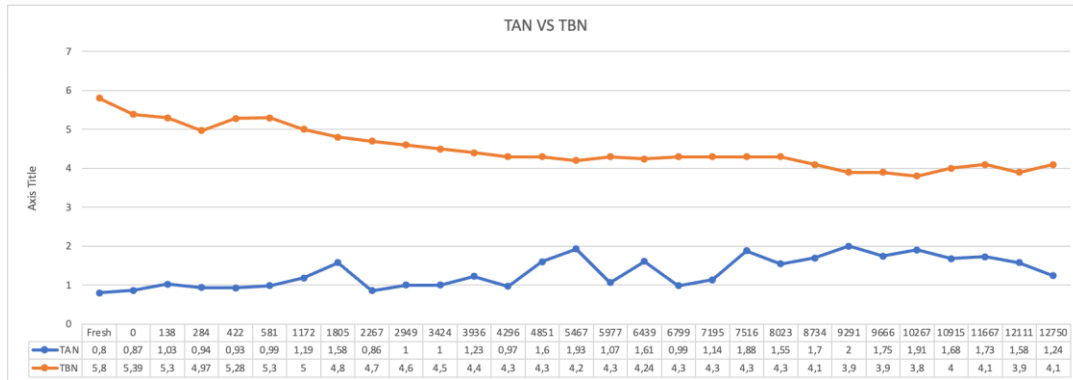


Grafik 1 Monitoring Viskositas 100 C

Berdasarkan monitoring selama kurang lebih 12750 jam menunjukkan bahwa *trend* kondisi viskositas 100° C dalam batas normal yang diizinkan. Berbanding lurus dengan tidak ditemukannya kondisi lain yang dapat mempengaruhi perubahan pelumas seperti kontaminasi air, bahan

bakar, maupun kondisi ekstrim yang menyebabkan *thermal cracking*. Viskositas ini menjadi parameter paling penting dalam pelumasan. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan lapisan film yang tipis, sedangkan sebaliknya viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan hambatan gesek yang besar

## TBN & TAN

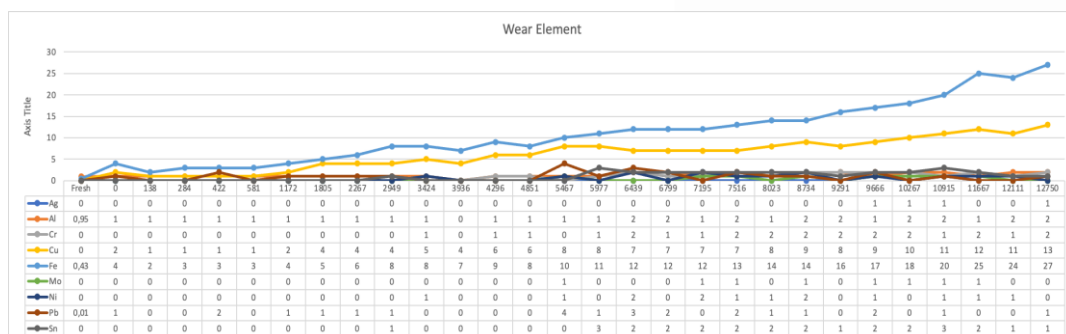


Grafik 2 Monitoring TAN vs TBN

Monitoring TBN menunjukkan penurunan normal yang merupakan kondisi degradasi yang wajar. Penurunan yang terjadi masih dalam batas *condemining limit*. Limit TBN yang diizinkan adalah minimal 50 % dari fresh oil. Kondisi tersebut selaras dengan tidak ditemukannya kondisi yang dapat menurunkan TBN secara ekstrim seperti peningkatan frekuensi penggunaan *liquid fuel* dengan sulfur yang lebih tinggi yang dapat mempercepat penurunan TBN. Selama proses monitoring, dikarenakan TBN relatif stabil, *topping up* pelumas yang dilakukan hanya bertujuan menjaga level pelumas dan bukan untuk *sweetening*

Sedangkan monitoring kondisi TAN menunjukkan *trend* kenaikan yang wajar dan masih dalam batas *condemning limit*. Limit TAN yang diizinkan adalah maksimal meningkat 2.5 dari *fresh oil*. Kondisi tersebut selaras dengan tidak ditemukannya kondisi yang dapat meningkatkan TAN secara ekstrim seperti penurunan kualitas gas, dimana kualitas gas untuk operasional engine ini relatif stabil. TAN yang tinggi menyebabkan sifat pelumas menjadi lebih korosif terhadap permukaan logam

## Wear Metal

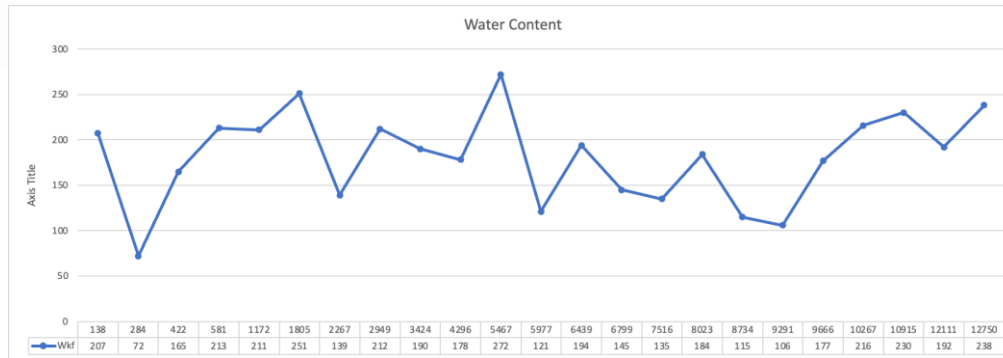


Grafik 3 Monitoring Wear Metal

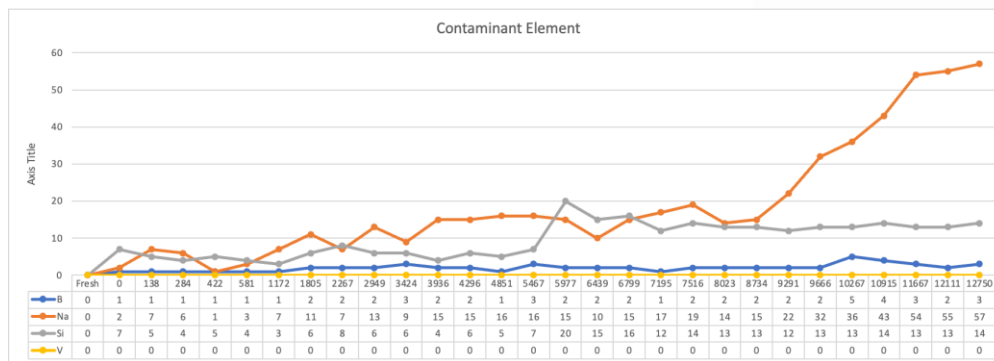
Monitoring kondisi *wear metal* menunjukkan *trend* yang masih dalam batas *condemning limit*. Kondisi tersebut selaras dengan tidak ada temuan kenaikan vibrasi maupun gangguan *oil pressure* pada engine. *wear metal* berlebihan juga

dapat menjadi katalis yang mempercepat oksidasi pelumas. Limit yang digunakan adalah 40 ppm untuk Al, 40 ppm untuk Cu, 40 ppm untuk Cr, 100 ppm untuk Fe, dan 100 ppm untuk Pb

## Water Content & Contaminant



Grafik 4 Monitoring Water Content



Grafik 5 Monitoring Contaminant

Monitoring *trend water content* menunjukkan kenaikan diikuti dengan kenaikan Na (sodium) yang dalam kasus ini kemungkinan berasal dari komponen air pendingin. Sodium meningkat dari 0 hingga 57 ppm pada sample terakhir.

Bahaya yang akan ditimbulkan dari pelumas yang terkontaminasi Sodium (Na) :

- *Hydraulic lock*
- Pembentukan asam dan kerusakan pada bearing.
- *Oil balls* dan pengendapan aditif
- Hilangnya dispersansi dan penyumbatan filter

Selama monitoring tribology analysis dan *Visual Inspection* keempat point tersebut belum terjadi di PLTDG Pesanggaran.

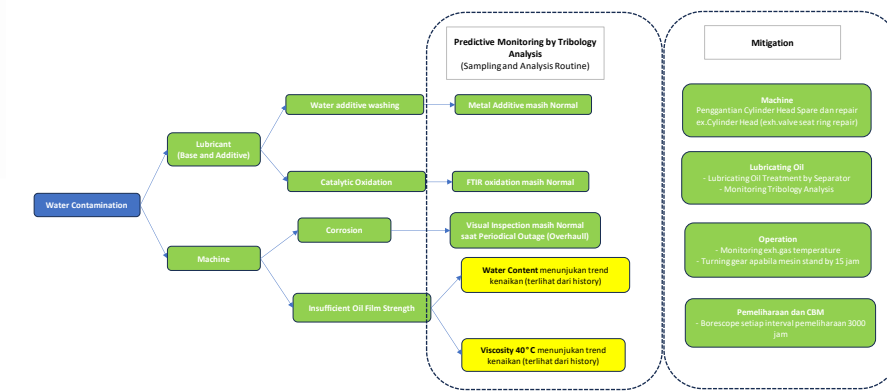
### Oil Degradation

Parameter *oil degradation* yang diuji meliputi FTIR *oxidation, nitration, dan sulfation* menunjukkan *trend* kenaikan yang

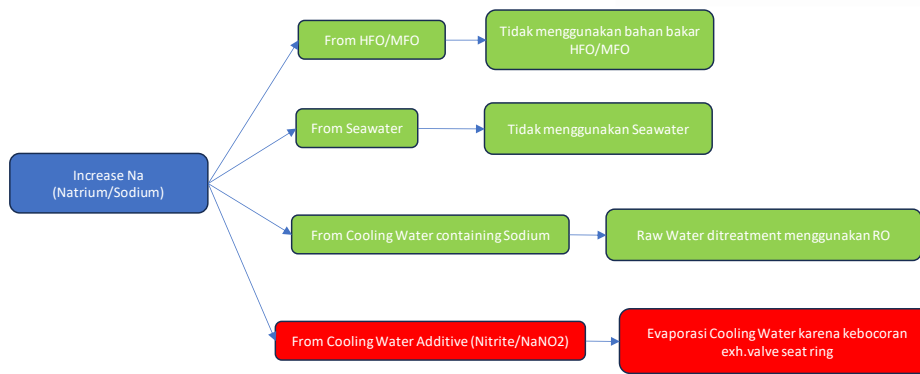
normal. Kenaikan yang terjadi masih dibawah *condemning limit*.

### Flash Point

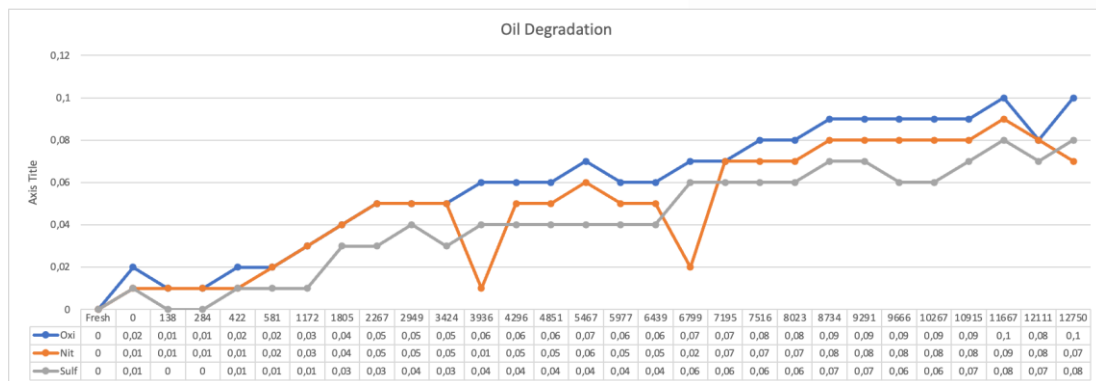
Hasil monitoring flash point menunjukkan *flash point* relatif stabil di atas *condemning limit* minimal 190 C. Kecenderungan *flash point* yang normal menunjukkan tidak adanya kontaminasi zat yang dapat menurunkan *flash point* seperti *liquid fuel* dan sebagainya



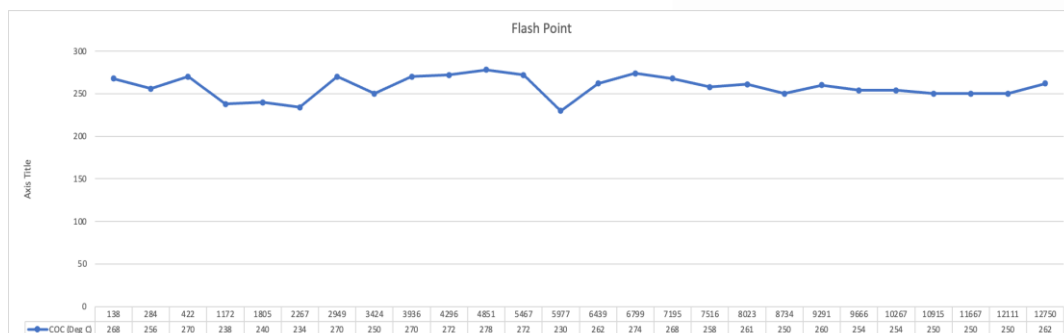
Gambar 2 Water Contamination, PDM, dan Mitigasi



Gambar 3 Kemungkinan sumber kontaminasi Na



Gambar 4 Monitoring Oil Degradation



Grafik 6 Monitoring Flash Point

## Foaming Characteristic & Ash Content

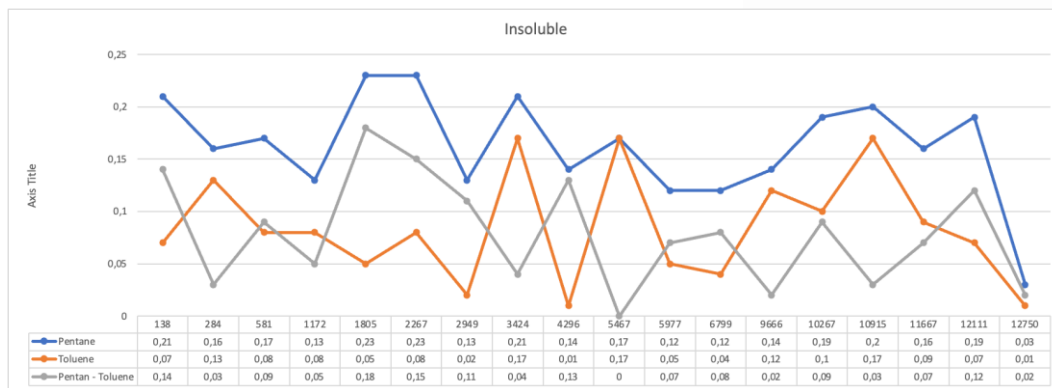
Oil Hours	422	581	1172	1805	2949	3424	4296	4851	5813	11667	12750
Date	25/04/21	03/05/21	02/06/21	04/07/21	10/09/22	05/10/22	05/12/21	04/01/22	01/03/22	04/04/23	06/06/23
Seq I Tend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seq I Stab	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seq II Ten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
Seq II Stab	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seq III Ten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seq III Stab	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ash (%wt)	0,56	0,57	0,5	0,57	0,57	0,59	0,59	0,6	0,59	0,57	0,59

Tabel 1 Monitoring Foam Characteristic & Sulphated Ash Content

*Foam characteristic* menjadi faktor penting untuk pelumas. Pelumas dengan *foam* karakteristik dibawah standar dapat lebih mudah mengalami *foaming*. *Foaming* pada pelumas dapat menyebabkan masalah serius seperti film strenght loss, kavitasi pompa, maupun isu HSSE jika *foaming* yang terjadi meluap hingga keluar tanki. Hasil *monitoring foam characteristic* menunjukkan kondisi yang masih normal

Sulphated Ash menjadi parameter penting dalam pelumasan gas engine. Kadar *sulphated ash* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *deposit* berlebih pada *valve*, *knockking*, dan *pre ignition*. Sedangkan kadar *sulphated ash* yang terlalu rendah dapat menyebabkan *valve recession*. Hasil monitoring sulphated ash masih dalam batas yang normal

## Insolubles



Grafik 7 Monitoring Insolubles

*Pentane Insoluble* menunjukkan zat yang tidak terlarut hasil dari oksidasi dan faktor dari luar pelumas/*contaminant*, sedangkan *toluene insolubes* merupakan zat yang tidak terlarut dari hasil *contaminat*. Jadi jika ingin mengetahui zat tidak terlarut yang berasal dari oksidasi, nilai *Pentane Insoluble* dikurangi nilai *Toluene Insoluble*. *Monitoring insolubles* menunjukkan kondisi yang masih normal dan dibawah *condemning limit*.

## BOREScope INSPECTION

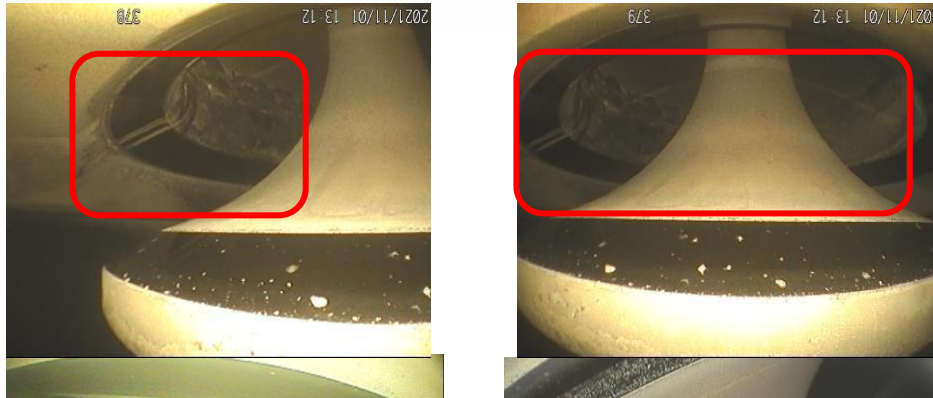
*Borescope inspection* merupakan metode visual untuk melihat kondisi pada *equipment* dalam kondisi masih terpasang, sehingga

memudahkan dan mempercepat proses pada pemeliharaan tipe minor. *borescope* dilakukan berdasarkan hasil *oil analysis* untuk memperkuat analisa data dan memastikan sumber permasalahan (dalam hal ini kontaminasi sodium) dan memberikan gambaran yang akurat untuk letak anomali/kebocoran pada sistem pendingin, sehingga dapat mengatasi dengan tepat sumber kebocoran agar tercapai pemeliharaan tepat waktu serta *cost effectiveness*.

berikut ini merupakan sumber permasalahan pada kontaminasi sodium, sehingga perlu dilakukan *action* pada *seat valve cylinder head*, serta memantau kondisi degradasi



menggunakan *oil analysis* dan pada pemeliharaan selanjutnya.



Gambar 5 Contoh Visual Kebocoran menggunakan Borescope



Gambar 6 Contoh visual valve menggunakan borescope

Tabel 2 Histori inspeksi kebocoran air pendingin melalui cylinder

Cylinder No.	Historical Penggantian dan Borescope						Keterangan
	Gangguan after 27000 Jam (24 Sept'21)	MO 30000 Jam (11 - 15 Okt'21)	PO 36000 Jam (18 Feb - 03 Apr'22)	MO 39000 Jam (23 - 27 Agt'22)	Gangguan after 39000 Jam (02 Feb'23)	MO 42000 Jam (06-11 April'23)	
1A	-	Borescope bocor posisi D	Tes kebocoran bocor posisi D,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Borescope,Normal	-
2A	-	Borescope bocor posisi D (dilakukan penggantian)	Test kebocoran normal	Tidak Borescope	-	Borescope,Normal	-
3A	-	Borescope (Normal)	Test kebocoran normal	Borescope (Normal)	-	Borescope bocor kecil posisi D,belum dilakukan penggantian	-
4A	-	Borescope bocor posisi CD (dilakukan penggantian)	Test kebocoran normal	Tidak Borescope	-	Tidak Borescope	-
5A	-	Borescope bocor posisi D	Tes kebocoran bocor posisi D,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Borescope bocor kecil posisi D,belum dilakukan penggantian	-
6A	-	Borescope bocor posisi D	Tes kebocoran bocor posisi CD,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Borescope,Normal	-
7A	-	Borescope bocor posisi D	Tes kebocoran bocor posisi C,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Tidak Borescope	-
8A	-	Borescope (Normal)	Tes kebocoran bocor posisi CD,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Tidak Borescope	-
9A	-	Borescope (Normal)	Tes kebocoran bocor posisi D,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Tidak Borescope	-
1B	-	Borescope bocor posisi C (dilakukan penggantian)	Tes kebocoran bocor posisi C,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	Bocor posisi D,belum dilakukan penggantian	Bocor parah posisi D,dilakukan penggantian	-
2B	-	Borescope (Normal)	Test kebocoran normal	Borescope,bocor kecil posisi C,belum dilakukan penggantian	-	Borescope,bocor kecil posisi C,belum dilakukan penggantian	-
3B	-	Borescope (Normal)	Test kebocoran normal	Tidak Borescope	-	Tidak Borescope	-
4B	-	Borescope (Normal)	Test kebocoran normal	Borescope,Normal	-	Tidak Borescope	-
5B	-	Borescope bocor posisi C	Tes kebocoran bocor posisi C,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Borescope,Normal	-
6B	-	Borescope (Normal)	Test kebocoran normal	Tidak Borescope	-	Bocor kecil posisi C,belum dilakukan penggantian	-
7B	-	Borescope (Normal)	Tes kebocoran bocor posisi C,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Tidak Borescope	-
8B	-	Borescope bocor posisi C	Tes kebocoran bocor posisi CD,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Borescope,Normal	-
9B	Kebocoran cooling water pada posisi C dan D;dilakukan penggantian dengan cyl.head ex.PLTDG 10 (28)	Borescope (Normal)	Tes kebocoran bocor posisi CD,dilakukan penggantian	Tidak Borescope	-	Tidak Borescope	-

Keterangan :  
 : Normal  
 : Warning

## KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Kombinasi multiteknologi *oil monitoring & borescope inspection* dapat mempertajam analisa serta menjadi dasar *action predictive – proactive maintenance* yang efektif.
- Hasil *BoreScope Inspektion* menunjukkan kondisi deposit relative normal dan tidak menyebabkan gangguan pada unit. Sedangkan kondisi kebocoran mengkonfirmasi hasil *oil analysis* yang menyatakan kenaikan kadar sodium yang kemungkinan besar berasal dari air pendingin, sehingga dapat dilakukan *action maintenance* yang tepat, mempercepat durasi pemeliharaan dan *cost* yang efektif.
- berdasarkan hasil monitoring Performa pelumas dapat terjaga hingga 12.750 jam dalam kondisi yang masih layak untuk dilanjutkan penggunaannya dengan parameter yang masih dibawah condemining limit serta dapat menjaga kondisi equipment mesin tetap handal.

[5] Wartsila, Engine Operation and Maintenance Manual (O&MM) W18V50DF, Finland: Wartsila, 2014.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi khususnya kepada Departemen Technical Specialist PT Pertamina Lubricants dan Departemen Engineering Condition Based Maintenance PT PLN Indonesia Power Bali PGU yang telah membantu dan mendukung hingga terbitnya makalah ini,

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. W. G. 8. –. M. Lubricants, CIMAC Guideline On the Lubrication of Reciprocating Gas Engines, Germany: CIMAC e.V, 2021.
- [2] W. F. Oy, Lubricating oils for WÄRTSILÄ® 20DF, 32DF, 34DF, 46FDF and 50DF engines, Vaasa: Wärtsilä Finland Oy, 2019.
- [3] Noria, Machinery Lubrication I, Tulsa: Noria Corporation, 2020.
- [4] K. Engineering, Mastering Lubricant Analysis (MLA II), USA: Kew Engineering, 2023.