

# Manajemen Pemantauan Temperatur Gas Buang Mesin MAK untuk Menurunkan EFOR unit PLTD Kolaka

Purba Kusuma<sup>1,2\*</sup>, Harjadi Gunawan<sup>1</sup>, Yanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta Jalan Raya Cisauk-Lapan No. 10, Sampora, Cisauk, Tangerang, Banten 15345

<sup>2</sup>Direktorat Operasi Pembangkit Gas PT. PLN Indonesia Power Head Office

<sup>3</sup>Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta Jalan Raya Cisauk-Lapan No. 10, Sampora, Cisauk, Tangerang, Banten 15345

## Article Info

## Abstract

### Article history:

Received  
15 November 2024

Accepted  
29 November 2024

### Keywords:

exhaust gas temperature monitoring, management, EFOR

*This paper presents the management of exhaust gas temperature monitoring of MAK engines to reduce the EFOR of Kolaka PLTD units. In the Kolaka PLTD, there are 2 MAK Type AK engines with an installed power of 2,500 kW and a capable power of 2,000 kW, with the peak of BP Kolaka system of 17,500 kW (2 MAK engines meet 23% of the Kolaka system's needs). Given its role, the reliability of the MAK engine must be maintained by implementing Exhaust Gas Temperature Monitoring Management where monitoring of temperature conditions is translated into graphs so that reading of exhaust gas temperature deviations becomes easier and indications of disturbances can be detected earlier before affecting other engine components. The reliability of the MAK engine can be seen from the achievement of EFOR (Equalibrium Forced Outage Rate). Based on monitoring management, the average EFOR in July-August of 2.1% can be reduced in September-October to 0.4%.*

## Info Artikel

## Abstrak

### Histori Artikel:

Diterima:  
15 November 2024

Disetujui:  
29 November 2024

### Kata Kunci:

pemantauan temperature gas buang, manajemen, EFOR

Makalah ini menyajikan manajemen pemantauan temperature gas buang mesin MAK untuk menurunkan EFOR unit PLTD Kolaka. Di unit PLTD Kolaka terdapat 2 mesin MAK Type AK dengan daya terpasang 2.500 kW dan daya mampu 2.000 kW, dengan BP Puncak sebesar 17.500 kW (2 mesin MAK memenuhi 23% dari kebutuhan sistem Kolaka). Mengingat perannya, keandalan mesin MAK harus dijaga dengan melakukan Manajemen Pemantauan Temperatur Gas Buang dimana pemantauan kondisi temperatur yang diterjemahkan dalam bentuk grafik sehingga pembacaan penyimpangan temperatur gas buang menjadi lebih mudah dan indikasi gangguan dapat lebih awal diketahui sebelum mempengaruhi komponen mesin yang lain. Keandalan mesin MAK dapat dilihat dari pencapaian EFOR (Equalibrium Forced Outage Rate). Berdasarkan manajemen pemantauan, EFOR rata-rata bulan Juli-Agustus yang sebesar 2,1% dapat diturunkan pada bulan September-Oktober sehingga menjadi 0,4 %.

## 1. PENGANTAR

Di unit PLTD Kolaka terdapat 2 mesin MAK Type AK dengan daya terpasang 2.500 kW dan daya mampu 2.000 kW. Dengan beban puncak sistem Kolaka sebesar 17.500 kW, maka 2 mesin MAK memenuhi 23% dari kebutuhan sistem Kolaka (PT.PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Kendari, 2016). Mengingat perannya, maka keandalan mesin MAK

\*Corresponding author. Purba Kusuma

Email address: [purba.k@plnindonesiapower.co.id](mailto:purba.k@plnindonesiapower.co.id)

harus dijaga (Miller, 1987). Keandalan mesin MAK dapat dilihat dengan pencapaian EFOR (*Equivalent Forced Outage Rate*), yang merupakan tingkat pemadaman paksa atau *Forced Outage Rate* yang telah memperhitungkan dampak derating pada pembangkit (Adnan et al., 2023). Untuk menurunkan pencapaian EFOR selain kecepatan dan ketepatan pemeliharaan gangguan, yang memegang peran utama adalah dari sisi pengoperasian yaitu pemantauan parameter operasional mesin oleh operator.

Disaat ini pemantauan kondisi mesin menggunakan pencatatan parameter operasional dalam *logsheet* (manual). Pemantauan kondisi mesin dengan pencatatan *logsheet* belumlah optimal karena gangguan mesin akan terdeteksi saat gangguan tersebut menimbulkan suara, vibrasi dan parameter pembangkit abnormal serta terjadi kebocoran. Dengan kondisi yang ada saat diajukan gagasan dalam kondisi ini dibutuhkan sarana bagi operator untuk dapat membaca penyimpangan parameter operasional secara mudah, yaitu suatu metode pemantauan dalam bentuk *trendline*/grafik data yang telah diambil (PT PLN (Persero), 2014). Mengingat parameter operasional yang paling utama yang menunjukkan unjuk kerja mesin dalam hal ini adalah temperatur gas buang, maka pemantauan trend/grafik *trendline* akan difokuskan pada *trendline* temperatur gas buang mesin. Dengan demikian, fokus pembahasan pada paper ini adalah pemantauan kondisi pembangkit yang belum optimal, gangguan mesin tidak terdeteksi secara dini, belum ada sarana yang mudah bagi operator untuk membaca kondisi temperatur gas buang dan terdapat potensi perbaikan pencapaian EFOR mesin MAK.

## 2. METODOLOGI

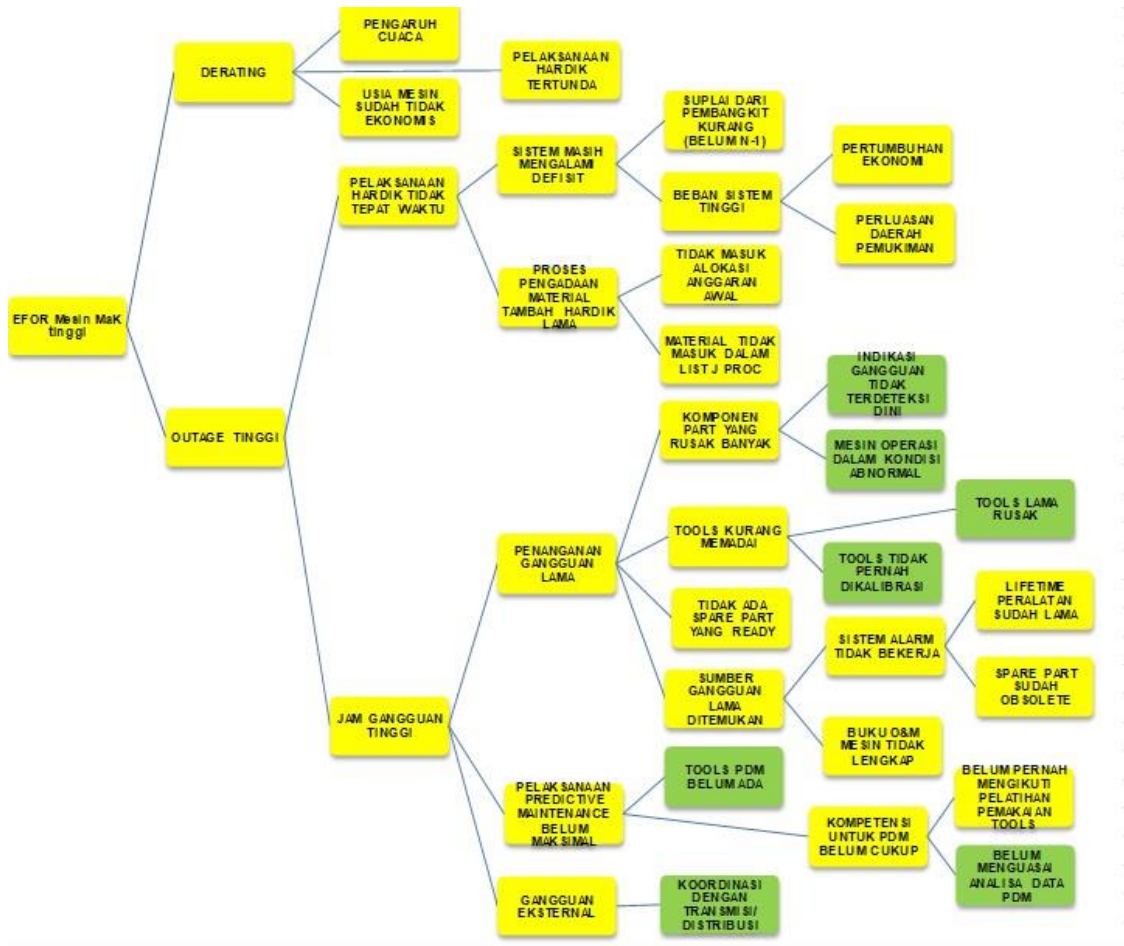
Ide perbaikan yang diangkat menjadi pokok bahasan dalam tulisan ini berasal dari hasil evaluasi melalui diagram *Root Cause Problem Solving* (RCPS). Gambar 1 menyajikan diagram RCPS (*root cause problem solving*). Dari hasil RCPS diketahui bahwa tingginya EFOR Mesin MAK di PLTD Kolaka disebabkan oleh beberapa sebab antara lain indikasi gangguan tidak terdeteksi dini, mesin beroperasi dalam kondisi abnormal, tools yang ada untuk melakukan pemeliharaan rusak, tools yang ada untuk melakukan pemeliharaan tidak pernah dikalibrasi, tools untuk melakukan *Predictive Maintenance* (PdM) belum ada, pegawai PLTD belum menguasai cara analisa data hasil *Predictive Maintenance*, gangguan eksternal/jaringan yang mengakibatkan mesin mengalami beban berulang.

Berdasarkan diagram RCPS (*root cause problem solving*), diperoleh beberapa poin ide perbaikan yang dapat menurunkan EFOR mesin MAK di unit PLTD Kolaka (Gambar 2). Berdasarkan Gambar 2, terdapat 5 ide perbaikan untuk menurunkan pencapaian EFOR mesin MAK. Salah satu cara perbaikan untuk menurunkan pencapaian EFOR mesin MAK adalah melalui manajemen pemantauan kondisi temperatur gas buang. Melalui cara ini, disusun *workplan* sebagaimana disajikan pada Gambar 3. Sesuai dengan *workplan* (Gambar 3), kegiatan manajemen pemantauan temperatur gas buang dilaksanakan dalam jangka waktu 75 hari dengan urutan aktivitas yang harus dilaksanakan semua.

Nilai EFOR dihitung dengan rumus:

$$EFOR = \frac{FOH + EFDH}{FOH + SH + EFDH} \times 100 \% \quad (1)$$

FOH : *Forced outage hours*  
 SH : *Service hours*  
 EFDH : *Equivalent forced dereted hours*



**Gambar 1.**  
Diagram RCPS (*root cause problem solving*)

IDE PERBAIKAN		Matriks Prioritasion		
DAMPAK	HIGH		1	
	MEDIUM	4		2 3
	LOW			5
		HARD	MEDIUM	EASY
		KEMUDAHAN IMPLEMENTASI		

**Gambar 2.**  
Ide perbaikan dan grafik prioritas

INITIATIVE DETAILS																			
Initiative	MANAJEMEN PEMANTAUAN PARAMETER GAS BUANG MESIN MAK UNTUK MENURUNKAN EFOR				Owner	PLTD KOLAKA				Overall Project Status	KETERANGAN								
Workstream	TECHNICAL SYSTEM				Leader	Spv. Operasi													
Team Members					Off Coach	Manajer Sektor													
Activities	Deadline	PIC	Status	Timeline (Weekly)												Status			
				Sep-16			Oct-16			Nov-16									
				1	2	3	4	1	2	3		4	1	2	3	4			
DEVELOPMENT	1	Melakukan studi literatur berdasarkan dan laporan Pengusahaan, Kontrak Kinerja/KPI perusahaan, SPIN, UU, Permen, Manual Book, serta literatur lainnya yang mendukung.	11/09/2016	Manajer Unit	Plan	█													█
	Actual	█																	
DEVELOPMENT	2	Membuat Format Pengisian Logsheet, yang akan berubah dalam bentuk grafik/ tren parameter gas buang mesin Mak	16/09/2016	Rendal Operasi	Plan	█													█
	Actual	█																	
DEVELOPMENT	5	Melakukan sosialisasi terhadap Operator cara pengisian dan penggunaan format evaluasi tren parameter pembangkit.	25/09/2016	Spv Operasi	Plan		█											█	
	Actual	█																	
DEVELOPMENT	6	Melakukan pemantauan dalam kegiatan pengisian dan penggunaan format evaluasi tren Pembangkit agar kegiatan tersebut berjalan dan datanya VALID	26/09/2016	Rendal Operasi	Plan			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
	Actual	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█			
SECURITY	7	Melakukan evaluasi terhadap Manajemen pemantauan	05/10/2016	Manajer Unit	Plan				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
	Actual	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█			

**Gambar 3.**  
Workplan manajemen pemantauan temperatur gas buang

Hal-hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja EFOR adalah melaksanakan pemeliharaan rutin mulai P0 – P5 secara baik dan berkesinambungan, mempersingkat durasi pemeliharaan korektif, melaksanakan pengoperasian sesuai SOP untuk meminimalkan jumlah gangguan serta pemantauan kondisi pembangkit untuk mengetahui gangguan mesin lebih dini. Gas buang adalah gas sisa hasil pembakaran dari ruang bakar mesin yang dilepas ke udara melalui exhaust manifold dan silencer dan memiliki temperatur yang masih tinggi (300-500 C). Gas buang ini dapat dimanfaatkan untuk mengetahui performa mesin ketika mesin itu beroperasi. Namun saat ini di Unit PLTD Kolaka belum memanfaatkan data pencatatan temperatur gas buang mesin MAK (sekedar *collecting data*) sehingga penurunan performa dan gangguan mesin yang dapat dideteksi lebih dini tidak dapat dilakukan.

Hal ini dapat dilihat pada gangguan yang dialami mesin MAK #1 pada tanggal 7 Juli 2016, pada gangguan ini terdapat adanya ketukan yang keras pada Cylinder 5 sehingga operator melakukan emergency stop. Dan setelah dilakukan investigasi, gangguan disebabkan oleh valve exhaust yang pecah pada cylinder 5 (Gambar 4), namun karena tidak terindikasi yang menyebabkan pecahan valve tersebut merusak komponen lainnya yaitu Liner, Crown piston (Gambar 5) dan Cylinder Head (Gambar 6) serta menyebabkan mesin tidak beroperasi selama 24 Jam untuk dilakukan pemeliharaan. Dari hal tersebut, diperoleh gagasan untuk membuat suatu metode pemantauan yang difokuskan kepada perubahan tren temperatur gas buang. Manajemen pemantauan temperatur gas buang yaitu menggunakan data yang dicatat secara manual oleh operator yang kemudian diubah dalam bentuk digital dan diolah menjadi suatu *trendline*/grafik temperatur gas buang. Melalui *trendline* ini, akan mempermudah operator untuk melihat penyimpangan temperatur operasional gas buang sehingga indikasi gangguan mesin dapat diketahui lebih dini.



**Gambar 4.**  
*Valve exhaust yang pecah dan cylinder head yang cacat*

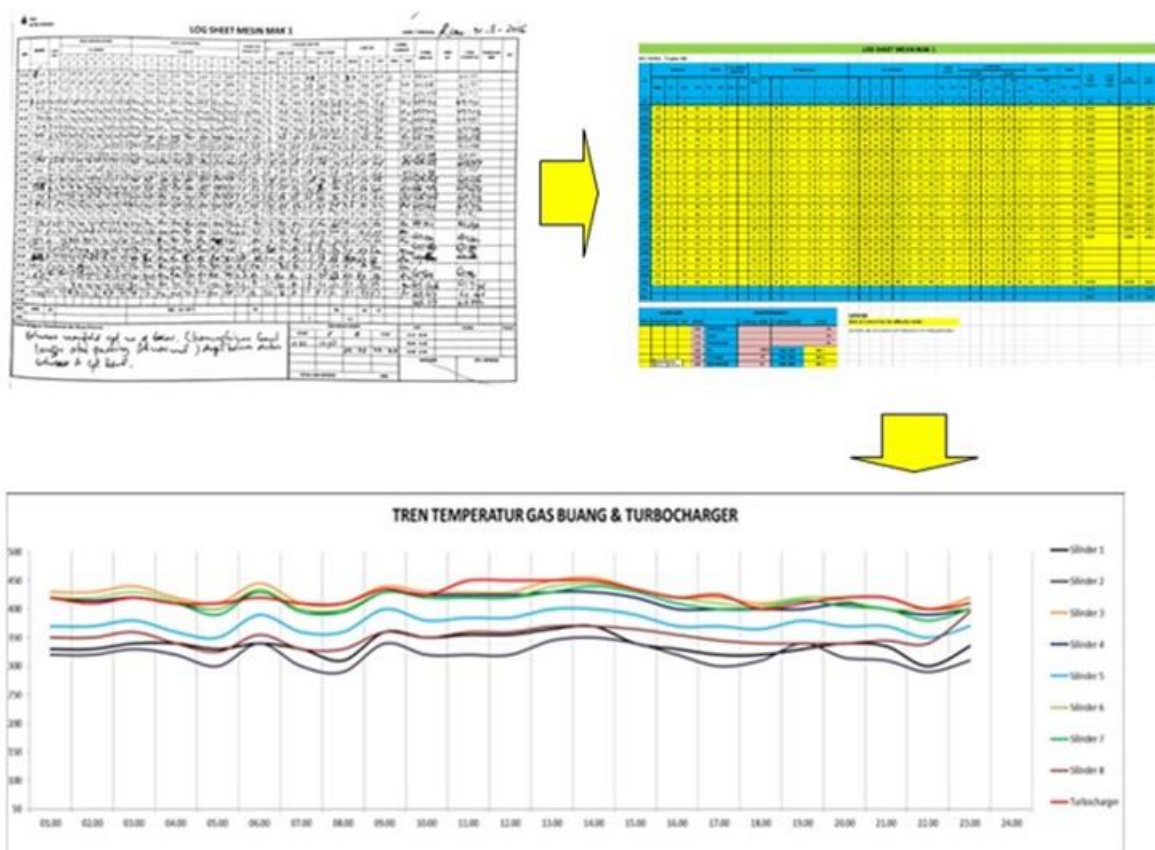


**Gambar 5.**  
*Crown piston mengalami cacat akibat benturan dengan pecahan valve*



**Gambar 6.**  
*Piston yang mengalami scratch ringan*

Dalam pembuatan format digital logsheet, diarahkan agar Randal Operasi yang ada di Unit PLTD Kolaka dibuat dalam format yang mudah dipahami dan mudah dalam pengisiannya sehingga operator tidak mengalami kesulitan dalam pengisian digital *Logsheets*. Setelah bentuk *Format digital Logsheets* telah disepakati maka dilakukan sosialisasi kepada semua operator dalam pengisian digital *logsheets*. Randal Operasi juga diarahkan agar dibuat trendline sederhana yang mudah untuk diketahui apabila terjadi penyimpangan parameter temperatur gas buang mesin. Setelah itu dilakukan sosialisasi cara pembuatan dan pembacaan kepada shift leader dan randal pemeliharaan serta staf pegawai pemeliharaan, dengan tujuan menyamakan persepsi dan meningkatkan pemahaman terhadap alat yang dimaksud. Langkah berikutnya adalah pemantauan dan evaluasi cara pengisian serta cara pembacaan trendline temperatur gas buang oleh supervisor operasi sehingga didapat data yang valid dan akurat serta terdapat data yang merepresentasikan secara aktual performa mesin. Transformasi bentuk dari *Logsheets* manual menjadi trendline/grafik temperatur gas buang dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.**

Transformasi *logsheets* parameter mesin dalam manajemen pemantauan temperatur gas buang

Dalam manajemen pemantauan temperatur gas buang ini, bila ada temperatur gas buang salah satu atau lebih *cylinder* keluar dari *trendline*, operator melakukan beberapa hal seperti melakukan pemeriksaan kelainan suara, vibrasi atau kebocoran terhadap *cylinder* yang menyimpang temperatur gas buangnya. Apabila tidak ditemukan indikasi gangguan maka akan dilihat pada pencatatan berikutnya, dan bila ditemukan indikasi gangguan maka dilakukan persiapan untuk stop mesin. Kedua operator akan membuat laporan gangguan untuk dilakukan pengecekan lebih lanjut *cylinder* yang gangguan dari tim pemeliharaan.

Selain diamati oleh operator untuk trendline pada setiap harinya, trendline temperatur gas buang dalam rentang waktu 1 minggu akan dievaluasi oleh *Rendal Operasi* dan *Rendal Har*. Apabila ditemukan penyimpangan *trendline* temperatur gas buang yang berulang atau ada perubahan yang sedikit namun landai, maka akan direncanakan investigasi ataupun *adjusting* saat dilakukan Pemeliharaan Rutin P1-P5 pada *cylinder* yang menyimpang *trendline*-nya. Dengan kasus yang sama saat data temperatur gas buang mesin MAK #1 diubah dalam bentuk trendline, maka sebenarnya gangguan mesin ini telah terdeteksi sejak tanggal 5, dimana terjadi penyimpangan temperatur gas buang secara berulang pada *cylinder* 5 dan pada tanggal 7 terjadi gangguan *valve exhaust* yang pecah.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Manfaat pelaksanaan manajemen pemantauan temperatur gas buang adalah menurunkan potensi gangguan maupun potensi derating pembangkit yang meningkatkan nilai EFOR. Penurunan nilai EFOR ini tentunya memberikan keuntungan bagi perusahaan baik dari segi biaya produksi atau peningkatan daya listrik yang dihasilkan, berikut realisasi kinerja tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 1. Menurunnya EFOR disebabkan karena dapat mengetahui gangguan secara dini serta menghindari mesin beroperasi dalam kondisi abnormal, sehingga meminimalisir terjadi kerusakan part komponen mesin.

Pada kasus tanggal 7 Juli 2016, terdapat kerugian yaitu mesin tidak beroperasi selama 24 Jam dengan asumsi harga per kWh Rp 1300:  $(24 \times 2000 \times 1300)$  (Jam x kW x Rp/kWh) : Rp 62.400.000. Harga Material Spare Part yang harusnya tidak rusak: liner (Rp. 80.000.000), piston (Rp. 230.000.000), cylinder head (Rp. 239.000.000) dengan total Rp 549.000.000 (Asumsi harga material non-OEM tahun 2015). Sehingga total kerugian: Rp. 611.000.000. Potensi meminimalkan kerugian apabila menggunakan Manajemen Pemantauan Temperatur Gas Buang adalah waktu pemeliharaan hanya dibutuhkan waktu 8 Jam untuk mengganti valve exhaust sehingga potensi penghematan  $((24-8) \times 2000 \times 1300)$  (Jam x kW x Rp/kWh) = Rp 41.600.000. Penghematan dari Harga Material Spare part yang tidak rusak. Total penghematan: Rp. 590.600.000.

**Tabel 1.**

Kinerja EFOR mesin MAK PLTD Kolaka

JMH				juli	agust	sept	okt
MSN	MERK	TYPE	NO.SERIE	%	%	%	%
1	MAK	8M 453	26879	6.16	1.13	0.37	0.00
2	MAK	8M 453	26880	1.11	0.00	0.00	1.23

### 4. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa manajemen pemantauan temperatur gas buang ini dilakukan pada mesin MAK Type AK PLTD Kolaka untuk dijadikan sarana bagi operator membaca penyimpangan parameter operasional temperatur gas buang dan untuk mengetahui lebih dini kondisi mesin yang abnormal sehingga kehandalan mesin dapat terjaga. Pelaksanaan manajemen pemantauan temperatur gas buang ini selaras dengan tugas operator dalam pengoperasian mesin. Pelaksanaan manajemen pemantauan temperatur gas buang memberikan kontribusi terhadap kinerja yaitu EFOR Rata-rata pada bulan Juli-Agustus mencapai 2,1 % dan setelah dilakukan manajemen pemantauan pada bulan September-Oktober mencapai 0,4 % dan selanjutnya dengan menurunnya pencapaian EFOR

mengindikasikan manajemen pemantauan temperatur gas buang meningkatkan keandalan mesin MAK di PLTD Kolaka.

Sebagai saran, Manajemen Pemantauan Temperatur Gas Buang ini sederhana dengan prinsip kerja mesin diesel yang sama sehingga dapat diterapkan di semua pembangkit diesel PLN. Untuk pengembangan, manajemen pemantauan temperatur gas buang ini dapat dilengkapi sistem pengukuran parameter gas buang secara digital yang terhubung dengan komputer sehingga meningkatkan pemantauan secara *real time* serta dapat dilakukan pengumpulan data grafik *trendline* temperatur gas buang saat gangguan agar dapat dikenali karakteristik *trendline* temperatur gas buang setiap jenis gangguan.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

1. Adnan, A., Syahputra, R.N.Y., Saputra, A. S.K.P., Irawan, H., Alham, N.R., Muslimin. (2023). Analisis indeks keandalan EAF dan EFOR pada pembangkit PT. Cahaya Fajar Kaltim. *Jurnal Teknologi Elektro*, 14 (1), 34-38.
2. Miller, O.V. (1987). *MAK 8M 453 Manual Book*. Munich: Siemens.
3. PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkit Kendari. (2016). Laporan Pengusahaan Tahunan Sektor Pembangkitan Listrik Kendari. Kendari: PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkit Kendari.
4. PT.PLN (Persero). (2014). *Supervisi Pengoperasian PLTD*. Makasar: Diklat Makasar.