

ANALISA PENERAPAN *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM) PADA UNIT PEMBANGKIT TURBIN GAS YANG BERADA DI TANJUNG DATUK RIAU

Muhammad Razak Tuara¹, Anita Susilawati², Romy³

Laboratorium Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

razaktuara1992@gmail.com, anitasusilawati@yahoo.com, romy_pku@yahoo.com

ABSTRACT

This research aims to analyze a turbine machine of gas power plant in Tanjung Datuk, Riau by using Overall Equipment Effectiveness (OEE), which one of tool of TMP method to increase effectiveness, to improve the function and performance of machine/ equipment. To analyse of OEE values were calculated the value of availability rate, performance rate and quality rate that can used to eliminating six big losses in machine/equipment. The research methodology was collection OEE data, calculation of six big losses. Mean Time to Failure (MTTF) and Mean Time to Repair (MTTR) then statistical analyse of OEE and six big losses. MTTF and MTTR data using index of fit . From the OEE calculations obtained on the gas turbine engine was still below world class (66.89%) and the target at company (90%). From the analysis of six big losses known to affect the low value of OEE gas turbine engine that was reduce speed losses. The calculation of index of fit value of MTTF on gas turbine blade was 1,008.86 hours (42 days) and MTTR value of 1.37 hours. Therefore it would be advantage to the company in this case study to implement the pillars of TPM such as planned maintenance and autonomous maintenance to improve the effectiveness and performance of gas turbine engine for stability in supplying electricity.

Keywords : Overall Equipment Effectiveness (OEE), TPM, Six Big Losses, MTTF, MTTR.

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di Jalan Tanjung Datuk Kota Pekanbaru Riau terkadang terjadi kendala pada bagian mesin turbin yang termasuk bagian penting dari sistem PLTG. Untuk terjaganya kualitas performa mesin pada pembangkit listrik harus dilakukan adanya perawatan yang optimal. Salah satu usaha untuk menjaga kestabilan mesin pembangkit listrik dilakukan perawatan. Salah satu konsep untuk menunjang terpeliharanya dan mengurangi borosnya biaya yang keluar untuk perawatan mesin turbin adalah dilakukannya dengan cara *Implementasi Total Productive Maintenance* pada mesin turbin.

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan pengembangan dari *Preventive Maintenance* (PM) yaitu metode pemeliharaan mesin serta peralatan secara menyeluruh [1]. Langkah untuk mencegah atau mengatasi masalah dalam usaha peningkatan efisiensi produksi dilakukan dengan TPM digunakan metode efektivitas seluruh komponen mesin (*Overall Equipment Effectiveness*) sebagai pengukur serta penganalisis kinerja mesin maupun peralatan [1,2]. Penurunan efektivitas mesin dan peralatan dipengaruhi oleh faktor-faktor losses seperti

equipment failure, setup and adjustment, idling and minor stops, reduce speed, process defect, and reduced yield dikenal sebagai enam kerugian besar (*Six Big Losses*) [1,2,3,4]. Untuk menghilangkan *six big losses* pada mesin/peralatan perlu melakukan *maintenance* secara terprogram dan terencana seperti mengetahui interval waktu *maintenance* komponen kritis mesin yang optimal.

Dalam penelitian ini untuk menentukan interval waktu perawatan komponen kritis mesin turbin yang optimal digunakan rumus *Main Time To Failure (MTTF)* dan *Main Time To Repair (MTTR)*. MTTR yaitu waktu yang diperlukan untuk memulihkan suatu sistem dari sebuah kegagalan, parameter yang berguna yang harus digunakan di awal perencanaan dan perancangan atau tahap pemeliharaan dari suatu sistem [5,6]. MTTR merupakan ukuran rata-rata berapa lama dibutuhkan untuk membawa peralatan kembali ke layanan normal ketika tidak berfungsi. Parameter yang digunakan dalam menilai aksesibilitas / lokasi komponen sistem, misalnya sebuah komponen yang sering gagal harus diperbaiki atau diganti. MTTF yaitu *Mean Time To Failure* merupakan nilai rata-rata interval antar kerusakan dari sebuah distribusi data kerusakan [5,6]. MTTF merupakan ukuran rata-rata berapa lama turbin gas akan berfungsi

sebelum terjadi kegagalan atau kerusakan [5,6]. MTTF bermanfaat untuk mengetahui kinerja dan kemampuan dari peralatan yang digunakan [6].

Penelitian ini bertujuan menganalisa dan evaluasi *performance* mesin turbin dengan menggunakan metode TPM di PLTG Tanjung Datuk, Pekanbaru, Riau. Dengan dilakukannya evaluasi kinerja mesin menggunakan pendekatan (TPM) dan OEE serta menganalisa penentuan waktu interval waktu perawatan kerusakan pada mesin turbin gas diharapkan dapat meningkatkan kinerja mesin turbin.

2. Metodologi Penelitian

Tahapan metodologi penelitian adalah: observasi dan pengumpulan data, melakukan perhitungan dan analisa *performance* mesin turbin gas dengan implementasi salah satu pilar TPM seperti *focused maintenance* dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR).

Penelitian dilakukan selama satu bulan di Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Tanjung Datuk, Pekanbaru, Riau Tahun 2017, pada unit mesin turbin. Pengumpulan data dilakukan dengan metode wawancara dan pengamatan langsung dilokasi penelitian. Data yang dikumpulkan seperti data operasional mesin turbin gas, waktu kerja mesin, *breakdown time*, *planned down time*, *total available time*, *output*, *failure and repair*, *set up and adjustment*, *shutdown*, dan *loading time*.

Tahapan pada pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Perhitungan *Availability Ratio*
- Perhitungan *Performance Ratio*
- Perhitungan *Quality Ratio*
- Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*
- Perhitungan interval waktu MTTF dan MTTR

Selanjutnya, menganalisis hasil pengolahan data untuk mengetahui seberapa besar tingkat efektivitas penggunaan mesin turbin gas, adapun analisa yang dilakukan:

- Analisis Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*.
- Analisis Perhitungan *Six Big Losses*.
- Analisis Diagram *Pareto*.
- Analisa MTTF dan MTTR.

Hasil pengumpulan data selama penelitian yang dilakukan di PT. PLN pada unit PLTG Tanjung Datuk Pekanbaru, Riau dalam periode satu bulan di peroleh data jam kerja dan data produksi mesin turbin gas dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Waktu Operation Turbin Gas Periode April 2017

Tanggal	Planned Down time (Jam)	Operating Time (Jam)	Total Waktu Break down (Jam)	Loading Time (Jam)	Total Available Time (Jam)
1 - 5	0	105	0	118	118
6 - 10	0	109	0	120	120
11 - 15	0	103	0	118	118
16 - 20	0	110	0	120	120
21 - 25	0	110	0	119	119
26 - 30	0	108	0	118	118

Tabel 2. Data Waktu Operasi Turbin Gas Periode April 2017

Tanggal	Total Available Time (Jam)	Output (KWh)	Used Product/ Scrap (KWh)	Reject & Rework	Total Actual Hours (Jam)
1 - 5	118	3.532.920	364.819	0	105
6 - 10	120	3.560.635	368.821	0	109
11 - 15	118	3.560.850	387.528	0	103
16 - 20	120	3.559.700	365.173	0	110
21 - 25	119	3.560.486	350.860	0	110
26 - 30	118	3.560.295	368.014	0	108

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Hasil OEE

Setelah semua data mesin turbin gas diperoleh, maka dapat dihitung tingkat efektivitasnya, tetapi harus terlebih dahulu menghitung nilai *availability*, *performance* dan *quality*.

A. Perhitungan *Availability Ratio*

Availability Ratio adalah rasio *operation time* terhadap *loading time*-nya. Rumus yang digunakan untuk mengukur *Availability Ratio* adalah [2,3]:

$$Availability = \frac{Operating Time}{Loading Time} \times 100\%$$

Perhitungan *Availability Ratio* pada tanggal 1 - 5 di bulan April 2017 adalah:

$$Availability = \frac{105 \text{ jam}}{118 \text{ jam}} \times 100\% = 87,50\%$$

Dengan cara yang sama, maka perhitungan *availability* pada bulan April 2017 disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. *Availability* Turbin Gas Periode April 2017

Tanggal	Loading time (jam)	Planned time (jam)	Operation time (jam)	Availability (%)
1 - 5	118	0	105	87,50%
6 - 10	120	0	109	91,60%
11 - 15	118	0	103	86,55%
16 - 20	120	0	110	93,22%
21 - 25	119	0	110	92,44%
26 - 30	118	0	108	90,00%

Selama periode bulan April 2017 diperoleh nilai *Availability Ratio* dari mesin turbin gas dengan rata-rata nilai *Availability Ratio* sebesar 90,22%.

B. Perhitungan *Performance Ratio*

Perhitungan *Performance Ratio* adalah rasio kuantitas produk yang dihasilkan dihubungkan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*) [2,3].

$$\text{perform ratio} = \frac{\text{processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operating time}} \times 100\%$$

Perhitungan *Performance Ratio* pada tanggal 1 - 5 di bulan April 2017 adalah:

$$\text{Performance ratio} = \frac{3.532.920 \times 2,5 \times 10^{-5}}{105} \times 100\% = 84,12 \%$$

Dengan cara yang sama, maka perhitungan *Performance Ratio* pada bulan April 2017 disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. *Performance Ratio* Turbin Gas Periode April 2017

Tanggal	Processed Amount (KWh)	Ideal cycle time (jam/KWh)	Operation time (jam)	Performance Efficiency (%)
1 - 5	3.532.920	$2,5 \times 10^{-5}$	105	84,12%
6 - 10	3.560.635	$2,5 \times 10^{-5}$	109	81,67%
11 - 15	3.560.850	$2,5 \times 10^{-5}$	103	86,43%
16 - 20	3.559.700	$2,5 \times 10^{-5}$	110	80,90%
21 - 25	3.560.486	$2,5 \times 10^{-5}$	110	80,92%
26 - 30	3.560.295	$2,5 \times 10^{-5}$	108	82,41%

Nilai dari *Performance Ratio* dari mesin turbin gas dengan rata-rata nilai *Performance Ratio* sebesar 82,74%.

C. Perhitungan *Quality Ratio*

Quality Ratio adalah rasio produk yang baik (*good products*) yang sesuai dengan spesifikasi

kualitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses [2,3].

$$\text{Quality ratio} = \frac{\text{Processed Amount-used product}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

Perhitungan *Quality Ratio* pada tanggal 1 – 5 di bulan April 2017 adalah:

$$\text{Quality Ratio} = \frac{3.532.920 - 364.819}{3.532.920} \times 100 \% = 89,86 \%$$

Dengan cara yang sama, maka perhitungan *Performance Ratio* pada bulan April 2017 disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. *Quality Ratio* Turbin Gas Periode April 2017

Tanggal	Processed Amount (KWh)	Used Product/ scrap (KWh)	Rate of Quality (jam)
1 - 5	3.532.920	364.819	89,68%
6 - 10	3.560.635	368.821	89,64%
11 - 15	3.560.850	387.528	89,12%
16 - 20	3.559.700	365.173	89,74%
21 - 25	3.560.486	350.860	90,15%
26 - 30	3.560.295	368.014	89,66%

Nilai dari *Quality Ratio* dari mesin turbin gas dengan rata-rata nilai *Quality Ratio* sebesar 89,66%.

D. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Setelah nilai *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product* pada mesin Turbin Gas diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan mesin [2,3].

$$\text{OEE (\%)} = \text{AV (\%)} \times \text{PR (\%)} \times \text{RQP (\%)}$$

$$\text{OEE} = 87,50\% \times 84,12\% \times 89,68\% = 66,01\%$$

Tabel 6. *Overall Equipment Effectiveness* Mesin Turbin Gas Periode April 2017

Tanggal	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Rate of Quality (%)	OEE (%)
1 - 5	87,50%	84,12%	89,68%	66,01%
6 - 10	91,60%	81,67%	89,64%	67,05%
11 - 15	86,55%	86,43%	89,12%	66,67%
16 - 20	93,22%	80,90%	89,74%	67,68%
21 - 25	92,44%	80,92%	90,15%	67,43%
26 - 30	90,00%	82,41%	89,66%	66,51%
Nilai OEE dalam satu bulan				66,89%

Selama periode bulan April 2017 diperoleh hasil dari OEE sebesar 66,89% kondisi ini menunjukkan kemampuan mesin turbin gas untuk mencapai nilai standar *world class* OEE belum tercapai karena masih kurang dari 85%.

Nilai OEE terendah pada periode tanggal 1-5 bulan April 2017 dikarenakan nilai dari *performance efficiency* rendah yaitu sebesar 84,12%. Sedangkan nilai OEE tertinggi pada periode tanggal 16-20 dikarenakan nilai dari *availability* tinggi yaitu sebesar 93,22%.

3.2 Perhitungan Six Big Losses

Perhitungan ini berguna untuk mengidentifikasi kerugian diantaranya adalah: *equipment failure, setup and adjustment, idling and minor stops, reduced speed, process defects, and reduced yield* [1,2].

1. Downtime Losses

a. Breakdown losses

Kegagalan mesin melakukan proses produksi (*equipment failure*) atau kerusakan (*breakdown*) yang tiba-tiba dan tidak diharapkan terjadi adalah penyebab kerugian yang terlihat jelas, karena kerusakan tersebut akan mengakibatkan mesin tidak menghasilkan *output* dihitung dengan rumus [1,2].

$$\text{breakdown losses} = \frac{\text{total waktu break down}}{\text{operating time}} \times 100\%$$

b. Set-up and adjustment

Setup and adjustment merupakan kerugian yang disebabkan perubahan kondisi pada saat produksi, karena pemasangan dan penyetelan.

$$\text{SA losses} = \frac{\text{Total Set up and Adjustment time}}{\text{Operating time}} \times 100 \%$$

2. Speed Losses

a. Idling and minor stoppages

terjadi jika mesin berhenti secara berulang-ulang atau mesin beroperasi tanpa menghasilkan produk maka digunakan rumus [1,2]:

$$\text{Idle \& Minor Stopp Losses} = \frac{\text{Non Productive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \%$$

b. Reduced speed losses

Reduced speed losses adalah selisih antara waktu kecepatan produksi aktual dengan kecepatan produksi mesin pembangkit listrik yang ideal. dihitung dengan menggunakan rumus [1,2]:

$$\text{Reduce Speed Losses} = \frac{\text{reduced speed time}}{\text{loading Time}} \times 100\%$$

3. Quality Losses

a. Rework losses

Rework losses adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasi kualitas yang telah ditentukan walaupun masih dapat diperbaiki ataupun dikerjakan ulang. maka digunakan rumus [1,2]:

$$\text{rework losses} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{defect product}}{\text{Actual Time}} \times 100\%$$

b. Reduce Yield / Scrap Losses

Yield/scrap loss adalah kerugian yang timbul selama proses produksi belum mencapai keadaan produksi yang stabil maka digunakan rumus [1,2]:

$$\text{Scrap Losses} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Scrap}}{\text{loading time}} \times 100 \%$$

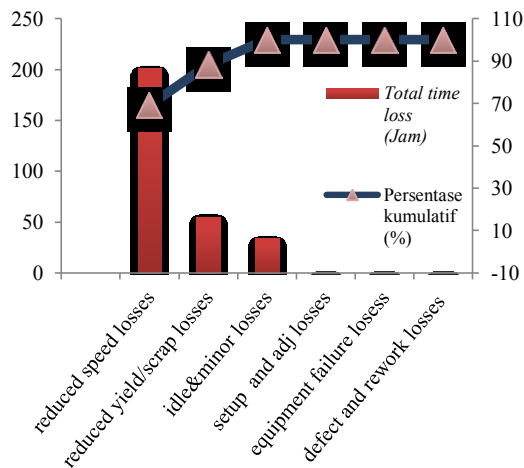
Persentase dari perhitungan *six big losses* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Persentase Six Big Losses pada Mesin Turbin Gas

Breakdown Losses (%)	Setup and Adjust Loss (%)	Idling and Minor Stoppages Losses (%)	Reduce speed loss (%)	Rework loss (%)	Scrap Loss (%)
0%	0,00%	2,46%	21,86%	0	7,73%
0%	0,00%	3,33%	24,33%	0	7,68%
0%	0,00%	1,71%	20,05%	0	8,21%
0%	0,00%	6,67%	25,11%	0	7,61%
0%	0,00%	5,83%	25,00%	0	7,37%
0%	0,00%	5,83%	23,89%	0	7,80%

Tabel 8. Persentase Kumulatif Six Big Losses pada Mesin Turbin Gas

six big losses	Total time loss (Jam)	Persentase kumulatif (%)	Persentase (%)
Reduced speed losses	200,86	69,26	69,26
Reduced yield/scrap losses	55,13	88,27	19,01
Idle & minor losses	34,00	100,00	11,72
setup and adj losses	0,00	100,00	0,00
Equipment failure losses	0,00	100,00	0,00
Defect and rework losses	0,00	100,00	0,00
Jumlah	290,00		



Gambar 1. Diagram Pareto

Dari data yang didapat pada Tabel 8 dan diagram Pareto pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa *reduced speed losses* sebesar 200,86 jam dari semua total kerugian tertinggi yang dialami mesin turbin gas selama sebulan. Dan diikuti kerugian yang lainnya yaitu : *yield/scrap losses* yaitu 55,13 jam, *idle and minor losses* 34,00 jam.

3.3 Waktu Kerusakan dan Perbaikan

Waktu antar gangguan atau *Time To Failure* (TTF) merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan antara perbaikan kerusakan dengan lama operasi periode gangguan. Sedangkan *Time To Repair* (TTR) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu komponen yang mengalami kerusakan [6].

Tabel 9. Data Waktu Pemeliharaan Mesin Turbin pada Komponen Sudu Turbin Gas

No	Tanggal	Rusak	Perbaikan	TTR	TTF
1	10 Mei 2017	09.50	12.50	3	0
2	05 Jul 2017	09.15	10.15	1	625
3	28 Agt 2017	14.15	15.30	1.15	2017.15
4	09 Okt 2017	21.42	22.45	1.03	1057.03

3.3.1 Perhitungan Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) pada Komponen Sudu Mesin Turbin Gas

Distribusi yang terbesar pada nilai *Index of Fit* dari ke empat distribusi yaitu distribusi *Normal*, maka parameter yang digunakan adalah μ . Berikut ini adalah hasil nilai *index of fit* (r) dari ke empat distribusi:

$r_{weibull} = 0,9918$
 $r_{normal} = 2,0706$ (paling besar)
 $r_{lognormal} = 0,9780$
 $r_{eksponensial} = 0,9995$

Setelah nilai a dan b diketahui, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai σ dan μ , perhitungan sebagai berikut:

$$b = 0,000451$$

$$a = -0,455$$

$$\sigma = \frac{1}{b} = \frac{1}{0,000451} = 2217,29$$

$$\mu = -a \cdot \sigma = -(-0,455) \cdot 2217,29$$

$$= 1008.86$$

Rumus yang di gunakan yaitu :

$$MTTF = \mu$$

$$MTTF = 1008.86 \text{ jam}$$

Jadi dari hasil nilai rata-rata *Mean Time to Failure* pada mesin turbin pada komponen sudu-turbin gas adalah 1008.86 jam.

Tabel 10. Tabel Rekapitulasi MTTF pada Komponen Sudu Turbin Gas

Jenis mesin	Komponen Rusak	Distribusi	Parameter	MTTF (Jam)
Mesin Turbin	Sudu turbin	Normal	$\sigma = 2217.29$ $\mu = 1008.86$	1008.86 Jam

3.3.2 Perhitungan *Index Of Fit* (r) data waktu *Mean Time To Repair* (MTTR)

Distribusi yang terbesar pada nilai *Index of Fit* dari ke empat distribusi yaitu distribusi *Exponensial*, maka parameter yang digunakan adalah $\frac{1}{\lambda}$.

Berikut ini adalah hasil nilai *index of fit* (r) dari keempat distribusi:

$r_{weibull} = 0,801$
 $r_{normal} = 0,645$
 $r_{lognormal} = 0,870$
 $r_{eksponensial} = 0,945$ (Distribusi Terbesar)

contoh perhitungan index of fit dari distribusi *Exponensial* :

$$\lambda = b = 0,7301$$

rumus yang digunakan yaitu :

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,7301} = 1.37$$

Tabel 11. Tabel Rekapitulasi MTTR Pada Komponen Sudu Turbin gas

Jenis mesin	Komponen Rusak	Distribusi	Parameter	MTTR (Jam)
Mesin Turbin gas	Sudu turbin	Eksponensial	$\lambda = 0,7301$	1,37 jam

4. Simpulan

Dari hasil pengolahan data yang didapat dan hasil analisa maka dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada periode bulan April 2017 maka didapat nilai OEE sebesar 66,89%, dari hasil tersebut belum tercapai nilai standar OEE *world class* sebesar 85 %.
2. Dapatnya hasil waktu rata-rata kerusakan dari komponen sudu-sudu pada turbin berdistribusi normal dengan nilai MTTF sebesar 1008.86 Jam (42 hari) dan untuk nilai MTTR berdistribusi *eksponential* rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan komponen 1.37 Jam.
3. Untuk meningkatkan *effectiveness* dan *performance* mesin turbin gas diharapkan pada pihak perusahaan untuk menerapkan pilar-pilar TPM seperti *focused maintenance* dan *autonomous maintenance* sehingga meningkatkan kestabilan dalam menyediakan energy listrik.

Daftar Pustaka

- [1] Ahuja, I.P.S. dan.Khamba, J.S. 2008.*Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions. International Journal of Quality & Reliability Management. Volume 25, No.7: 709-756.*
- [2] Nakajima, S., (1988) Introduction to Total Productive Maintenance, Productivity Press Inc,Portland, p. 21.
- [3] Mishra, R.P, Anand, G., Kodali, R.B. 2006. Development of a framework for world-class maintenance systems. *Journal of Advanced Manufacturing Systems* Vol. 5: 141-165.
- [4] Chand, G. dan Shirvani, B. 2000. Implementation of TPM in cellular manufacture. *Journal of Materials Processing Technology.* Vol.103: 149-154.
- [5] Carazas, F.J.G. and Souza, G.F.M. 2009. Availability Analysis of Gas Turbines Used in Power Plants. *International of Thermodynamics*, Vol. 12: 28-37
- [6] O'Connor, Patrick. (2002). *Practical Reliability Engineering.* Fourth Edition. John Wiley & Sons, LTD.