

Analisis Efektivitas *Gas Turbine Generator* pada PT Mitra Energi Batam

Nur Azila¹, Elsy, Paskaria Loyda Tarigan²

^{1,2} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Putera Batam
Jl. R. Soeprapto Muka Kuning, Kibing, Kec. Batu Aji, Kota Batam, Kepulauan Riau 29434
E-mail: azila8635@gmail.com

Abstract

PT Mitra Energi Batam is one of the gas power plants that manages Batam's electricity supply with PT PLN-Batam. Based on production data from September 2022 to September 2023, the Rolls-Royce gas turbine generator has a total downtime of 805.60 hours. This study aims to determine the factors that cause high downtime and how to minimize it. The analysis methods used are Overall Equipment Effectiveness (OEE) measurement to assess the effectiveness of the machine, identification of six big losses causing low OEE with pareto diagram, and root cause analysis with fishbone diagram. The average OEE measurement results meet the JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) standard of 88.07%, although in April-May it did not meet the standard. The results of the research show that the main factors are idling minor stoppage (8.83%) and equipment failure losses (8.81%). The implementation of the pillars of Total Productive Maintenance (TPM) at PT Mitra Energi Batam such as planned maintenance and autonomous maintenance is expected to increase the effectiveness and minimize the high downtime caused by sudden breakdown of Rolls-Royce gas turbine generator.

Keywords: *Gas Turbine Generator, OEE, Six Big Loss, Fishbone diagram*

Abstrak

PT Mitra Energi Batam adalah salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) yang mengatur pasokan listrik Batam bersama PT PLN-Batam. Berdasarkan data produksi September 2022 hingga September 2023, *generator turbin gas Rolls-Royce* memiliki total *downtime* sebesar 805,60 jam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor tingginya *downtime* serta cara meminimalkannya. Metode analisis yang digunakan adalah pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk menilai efektivitas mesin, identifikasi *six big losses* penyebab rendahnya OEE dengan diagram pareto, serta analisis akar masalah dengan *fishbone diagram*. Hasil pengukuran OEE rata-rata telah memenuhi standar JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) sebesar 88,07%, meskipun April-Mei belum memenuhi standar. Hasil dari penelitian menunjukkan faktor utama adalah *idling minor stoppage* (8,83%) dan *equipment failure losses* (8,81%). Penerapan pilar-pilar *Total Productive Maintenance* (TPM) pada PT Mitra Energi Batam seperti *planned maintenance* dan *autonomous maintenance* diharapkan dapat meningkatkan efektivitas serta meminimalkan *downtime* yang tinggi disebabkan oleh kerusakan tiba-tiba pada *gas turbine generator Rolls-Royce*.

Kata Kunci: *Generator Turbin Gas, OEE, Six Big Loss, Diagram fishbone*

1. Pendahuluan

Efektivitas suatu perusahaan sangat berperan penting dalam meningkatkan efisiensi produksi dengan cara memastikan bahwa mesin atau peralatan dapat beroperasi dengan baik. Salah satu bagian penting dari keberhasilan suatu perusahaan adalah meningkatkan efektivitas. Efektivitas operasional sebuah perusahaan memiliki dampak langsung pada keberlanjutan dan produktivitasnya. Faktor kunci dalam mencapai efektivitas tersebut adalah kinerja fasilitas produksi, terutama pada mesin atau peralatan yang digunakan. PT Mitra Energi Batam, sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), memainkan peran vital dalam menyediakan pasokan listrik untuk kota Batam.

Namun, tantangan muncul dalam menjaga efektivitas *gas turbine generator*, sebuah elemen kunci dalam proses produksi.

Mesin *gas turbine generator* di PT Mitra Energi Batam belum berjalan dengan optimal, mengalami tingkat *downtime* yang signifikan. *Downtime* tinggi ini disebabkan oleh penggunaan yang terus menerus dan kurangnya perawatan. Evaluasi rutin terhadap kinerja mesin produksi menjadi langkah penting untuk mengidentifikasi hambatan atau kegagalan yang dapat mengganggu proses produksi.

Dari data produksi yang tercatat, mesin *gas turbine generator* memiliki nilai *downtime* mencapai 805,60 jam. Hal ini menjadi sebuah tantangan serius yang perlu diatasi agar fasilitas produksi dapat beroperasi secara efektif. Tantangan

tersebut diperkuat oleh hasil penelitian terdahulu tentang efektivitas mesin *molding*, yang menunjukkan bahwa *breakdown* sering terjadi.

Dalam upaya memahami dan mengatasi masalah tersebut, penelitian ini akan difokuskan pada analisis efektivitas *gas turbine generator Rolls-Royce #DEB1* di PT Mitra Energi Batam. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup periode dari September 2022 hingga September 2023.

Dari latar belakang dan konteks permasalahan tersebut, rumusan masalah utama adalah mengidentifikasi faktor penyebab tingginya *downtime* pada *gas turbine generator Rolls-Royce* dan mencari solusi untuk meminimalkan *downtime* tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui faktor penyebab *downtime* tinggi dan merumuskan langkah-langkah untuk mengurangi *downtime* pada *gas turbine generator Rolls-Royce*.

Gas turbine generator merupakan alat yang menggunakan gas sebagai fluida untuk melakukan perputaran pada turbin melalui proses pembakaran internal. Sistem turbin gas yang paling sederhana terdiri dari tiga komponen utama: turbin gas, kompresor, dan ruang bakar. Kompresor meningkatkan tekanan udara, ruang bakar melakukan pembakaran bahan bakar, dan turbin menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar kompresor [1].

Penelitian terdahulu yang relevan dengan judul penelitian ini mencakup sejumlah penelitian yang membahas implementasi *Total Productive Maintenance (TPM)* dan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dalam berbagai konteks industri. Sirait (2019) mengemukakan bahwa PT. XYZ perlu menerapkan TPM untuk meningkatkan performansi proses mesin *molding*, dengan penekanan pada *OEE* [2]. Anthony (2019) mengungkapkan fokus pada pilar TPM, seperti *autonomous maintenance*, *quality maintenance*, serta pelatihan dan Pendidikan [3]. Sementara itu, penelitian Musyafa'ah dan Sofiana (2022) membahas penerapan pilar TPM, termasuk *autonomous maintenance*, pelatihan operator, dan *preventive maintenance* [4].

Xiang dan Feng (2021) menyoroti pembentukan sistem regulasi baru yang menyerasasi sebagai bagian dari implementasi TPM yang bertujuan meningkatkan efisiensi peralatan dan mengurangi limbah dalam proses produksi [5]. Sukma et al. (2022) membahas implementasi berkelanjutan dan konsisten dari pilar TPM, yang berhasil meningkatkan nilai *OEE* mesin *Linear Accelerator Synergy Platform Cancer Therapy* [6]. Penelitian Van De Ginste et al. (2022) menitikberatkan pada fleksibilitas peralatan dalam meningkatkan *OEE* dan memaksimalkan produktivitas dengan siklus perbaikan berkelanjutan [7].

Selanjutnya, Thiede (2023) mengeksplorasi penggunaan analitika data energi untuk

memprediksi *OEE* mesin, dengan tujuan mendorong manufaktur berkelanjutan dan meningkatkan efisiensi energi di sektor manufaktur. Penelitian-penelitian ini memberikan gambaran luas tentang berbagai strategi dan pendekatan yang dapat diambil untuk meningkatkan efektivitas mesin dan peralatan industri. Sehingga, penelitian ini dapat memanfaatkan wawasan dan temuan yang telah ada dalam literatur untuk mengembangkan pemahaman lebih lanjut dan memberikan kontribusi pada konteks spesifik penelitian ini [8].

2. Metodologi

Penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur dan studi lapangan untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang konteks penelitian. Identifikasi masalah dilakukan dengan menganalisis data *downtime*, menghitung *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, dan menerapkan konsep *Six Big Losses* untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi efisiensi. Langkah selanjutnya adalah penyusunan solusi perbaikan, yang didasarkan pada analisis mendalam terhadap data yang dikumpulkan dan penerapan *Fishbone Diagram* untuk memvisualisasikan penyebab-penyebab potensial masalah. *Flowchart* penelitian ini mencerminkan pendekatan sistematis yang diambil untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan masalah dalam konteks proses yang sedang diteliti.

Fokus utama penelitian ini adalah pemahaman dan analisis mengenai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* pada mesin *gas turbine generator Rolls-Royce*. Desain tersebut memberikan pandangan menyeluruh terhadap langkah-langkah penelitian yang akan diambil mulai dari awal hingga selesai.

Variabel penelitian yang ditetapkan dalam penelitian ini terdiri dari variabel terikat (*dependen*) dan variabel bebas (*independen*). *OEE* diidentifikasi sebagai variabel terikat, sementara variabel bebas melibatkan *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Variabel bebas ini dianggap sebagai faktor pemicu atau prediktor terhadap perubahan dalam variabel terikat, yang merupakan fokus utama penelitian.

Dalam mengidentifikasi fenomena ini, penelitian mengambil sampel dari mesin *Gas turbine generator Rolls-Royce #DEB1* dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. Pendekatan ini dipilih karena mesin ini memiliki riwayat *downtime* yang signifikan. Populasi penelitian melibatkan mesin-mesin serupa, seperti #MEB1, #MEB2, dan #DEB2.

OEE adalah metrik untuk mengukur efisiensi produksi dengan memperhitungkan *availability*, *performance*, dan *quality*. *OEE* dihitung dengan rumus:

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \quad (1)$$

Nilai ideal *OEE* mencapai $\geq 84,66\%$ dengan standar kelas dunia dari *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Six Big Losses, seperti *downtime Losses*, setup and adjustment Losses, speed Losses, dan *quality Losses*, digunakan untuk mengevaluasi kerugian dalam produksi [9] [10].

Total Productive Maintenance (TPM) adalah pendekatan perawatan yang bertujuan meningkatkan produktivitas dan mengurangi kerugian dengan memastikan perawatan tanpa mengganggu proses produksi. TPM melibatkan semua lapisan organisasi dan melibatkan perawatan preventif, perbaikan, dan perawatan mandiri oleh operator produksi [11].

Perawatan mencakup pemeliharaan terencana seperti *preventive maintenance*, yang melibatkan pemeliharaan rutin dan *periodic*, serta *corrective maintenance* untuk perbaikan. Pemeliharaan prediktif dilakukan berdasarkan analisis dan evaluasi data. Jenis perawatan lainnya mencakup *unplanned maintenance* dan *autonomous maintenance*, yang melibatkan operator dalam pemeliharaan mesin [12]; [5]; [13].

Fishbone diagram, juga dikenal sebagai diagram sebab-akibat, membantu dalam mengidentifikasi hubungan antara penyebab dan akibat suatu masalah. Diagram ini dapat digunakan dalam diskusi kelompok atau brainstorming untuk menganalisis masalah lebih mendalam. Dibuat oleh Dr. Kouru Ishikawa, diagram ini memfasilitasi identifikasi sumber masalah dan kolaborasi dalam menemukan solusi terstruktur [14]; [2].

Proses pengumpulan data melibatkan wawancara langsung dengan karyawan PT Mitra Energi Batam dari berbagai departemen, seperti *operational*, *engineering*, dan *maintenance*. Observasi langsung pada mesin juga dilakukan untuk memahami secara mendalam cara kerja dan penyebab *downtime*. Data sekunder, seperti data historis kinerja mesin selama satu tahun, juga diambil untuk melengkapi pemahaman.

Metode analisis data dalam penelitian ini melibatkan penggunaan pendekatan *OEE* dengan tiga faktor utama: *availability*, *performance*, dan *quality*. Langkah-langkah perhitungan melibatkan *availability rate*, *performance rate*, *quality rate*, dan akhirnya perhitungan nilai *OEE*. Selanjutnya, berbagai jenis *losses* seperti *equipment failure losses*, *set up* dan *adjustment*, *idling* dan *minor stoppage*, *reduced speed*, *rework losses*, dan *reduced yield* dihitung untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu diperbaiki.

Analisis dilakukan lebih lanjut dengan menggunakan *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar permasalahan. Penelitian ini juga merencanakan penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) sebagai upaya untuk memaksimalkan efektivitas mesin, berdasarkan temuan dan analisis yang dihasilkan. Dengan demikian, penelitian ini memiliki desain yang komprehensif untuk mengungkap dan memecahkan permasalahan terkait *OEE* pada mesin *gas turbine generator Rolls-Royce*.

3. Hasil dan Pembahasan

Kegiatan mengumpulkan data pada penelitian ini adalah data sekunder yakni data historis daripada perusahaan pada periode September 2022-2023 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

3.1. Analisis Overall Equipment Effectiveness

Analisis *Overall Equipment Effectiveness* (*OEE*) pada mesin *gas turbine generator Rolls-Royce* menjadi fokus dalam bagian ini. Pertama-tama, perhitungan *Availability* dilakukan sebagai representasi rasio efektivitas kegiatan produksi dalam memanfaatkan waktu yang tersedia, dihitung dengan rumus:

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil perhitungan *availability* periode September 2022 hingga September 2023 terlihat pada Tabel 2.

Table 1.

Data waktu *breakdown*, planned *downtime*, setup & adjustment dan data produksi mesin *Gas turbine generator Rolls-Royce*

Bulan	Breakdown time (Jam)	Planned Downtime (Jam)	Setup & Adjustment (Jam)	Available time (Jam)	Loading time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation time (Jam)	Quantity Product (kwh)	Energi PS/Scrap (kwh)
Sept '22	-	23.32	-	720.00	696.68	-	696.68	20,012,000.00	3,340.19
Okt '22	-	11.90	-	744.00	732.10	-	732.10	20,956,700.00	9,576.25
Nov '22	-	-	-	720.00	720.00	-	720.00	20,295,400.00	-
Des '22	1.62	-	0.37	744.00	744.00	1.99	742.01	20,805,300.00	1,504.47
Jan '23	17.79	8.97	0.33	744.00	735.03	18.12	716.91	20,371,700.00	13,996.91
Feb '23	17.92	-	0.40	672.00	672.00	18.32	653.68	18,871,300.00	1,115.47
Mar '23	6.48	-	0.35	744.00	744.00	6.83	737.17	20,857,900.00	12,876.03
Apr '23	720.00	-	-	720.00	-	720.00	-	-	-

Mei '23	39.97	263.00	0.37	744.00	481.00	40.34	440.66	11,961,100.00	21,362.25
Jun' 23	-	-	-	720.00	720.00	-	720.00	20,500,500.00	-
Jul '23	-	-	-	744.00	744.00	-	744.00	21,202,000.00	-
Agust '23	-	-	-	744.00	744.00	-	744.00	21,562,300.00	-
Sept '23	-	-	-	720.00	720.00	-	720.00	20,656,200.00	-
Total	803.78	307.19	1.82	9,480.00	8,452.81	805.60	8,367.21	238,052,400.00	63,771.57

Tabel 2.
Perhitungan Nilai *Availability*

Bulan	Loading time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation time (Jam)	Availability (%)
Sept '22	696.68	-	696.68	100
Okt '22	732.10	-	732.10	100
Nov '22	720.00	-	720.00	100
Des '22	744.00	1.99	742.01	100
Jan '23	735.03	18.12	716.91	98
Feb '23	672.00	18.32	653.68	97
Mar '23	744.00	6.83	737.17	99
Apr '23	-	720.00	-	0
Mei '23	481.00	40.34	440.66	92
Jun' 23	720.00	-	720.00	100
Jul '23	744.00	-	744.00	100
Agust '23	744.00	-	744.00	100
Sept '23	720.00	-	720.00	100
Total				1185
Rata-rata				91

Hasil total persentase *availability* sebesar 1185% dan rata-rata 91%. Selanjutnya, perhitungan *Performance Efficiency* dilakukan untuk menilai kemampuan mesin dalam menghasilkan produk. *Ideal cycle time* dihitung berdasarkan standar pabrikan, dihitung dengan rumus:

$$Ideal\ cycle\ time = \frac{365\ (1\ tahun) \times 24\ jam}{365 \times 29,500 \times 24\ jam} \times 100\% \quad (3)$$

Performance efficiency diperoleh dengan membandingkan jumlah produk yang dihasilkan dengan waktu operasional, dihitung dengan rumus:

$$Performance = \frac{Quantity\ product \times Ideal\ cycle\ time}{Operation\ time} \times 100\% \quad (4)$$

Hasil perhitungan *performance efficiency* periode September 2022 hingga September 2023 terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Perhitungan Nilai *Performance Efficiency*

Bulan	Quantity Product (kwh)	Ideal cycle time (Jam)	Operation time (Jam)	Performance Efficiency (%)
Sept '22	20,012,000.00	0.000034	696.68	98
Okt '22	20,956,700.00	0.000034	732.10	97
Nov '22	20,295,400.00	0.000034	720.00	96
Des '22	20,805,300.00	0.000034	742.01	95
Jan '23	20,371,700.00	0.000034	716.91	97
Feb '23	18,871,300.00	0.000034	653.68	98
Mar '23	20,857,900.00	0.000034	737.17	96
Apr '23	-	0.000034	-	0
Mei '23	11,961,100.00	0.000034	440.66	92

Jun' 23	20,500,500.00	0.000034	720.00	97
Jul '23	21,202,000.00	0.000034	744.00	97
Agust '23	21,562,300.00	0.000034	744.00	99
Sept '23	20,656,200.00	0.000034	720.00	98
Total				1159
Rata-rata				89

Hasil total persentase *performance efficiency* sebesar 1159% dengan rata-rata 89%. Selanjutnya *Quality of Rate* dihitung untuk mengetahui kemampuan mesin dalam menghasilkan produk sesuai standar. Perhitungan melibatkan nilai *quantity product* dan *defect amount*, dihitung dengan rumus:

$$Quality\ rate = \frac{Quantity\ product - Scrap\ amount}{Quantity\ product} \times 100\% \quad (5)$$

Hasil perhitungan *quality of rate* periode September 2022 hingga September 2023 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
Perhitungan Nilai *Quality of Rate*

Bulan	Quantity Product (kwh)	Energi PS/Scrap (kwh)	Quality of Rate (%)
Sept '22	20,012,000.00	3,340.19	99.98
Okt '22	20,956,700.00	9,576.25	99.95
Nov '22	20,295,400.00	-	100.00
Des '22	20,805,300.00	1,504.47	99.99
Jan '23	20,371,700.00	13,996.91	99.93
Feb '23	18,871,300.00	1,115.47	99.99
Mar '23	20,857,900.00	12,876.03	99.94
Apr '23	-	-	0.00
Mei '23	11,961,100.00	21,362.25	99.82
Jun' 23	20,500,500.00	-	100.00
Jul '23	21,202,000.00	-	100.00
Agust '23	21,562,300.00	-	100.00
Sept '23	20,656,200.00	-	100.00
Total			1199.62
Rata-rata			92.28

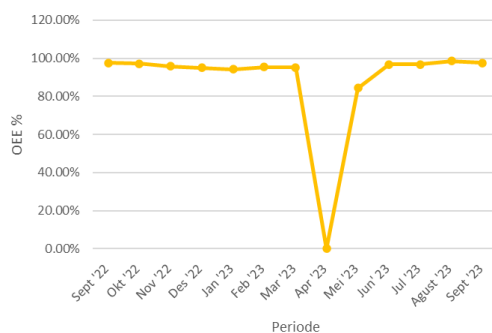
Hasil total persentase *quality of rate* sebesar 1199,62% dengan rata-rata 92,28%. Setelah nilai *availability*, *performance efficiency* dan *quality of rate* diperoleh, maka dilakukan perhitungan nilai OEE untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan mesin gas turbine generator Rolls-Royce #DEB1 di PT Mitra Energi Batam. Hasil perhitungan OEE periode September 2022 hingga September 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.
Perhitungan OEE

Bulan	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Quality of Rate (%)	OEE (%)
Sept '22	100	98	99.98	97.65
Okt '22	100	97	99.95	97.28
Nov '22	100	96	100.00	95.84
Des '22	100	95	99.99	95.07
Jan '23	98	97	99.93	94.17
Feb '23	97	98	99.99	95.47
Mar '23	99	96	99.94	95.26
Apr '23	0	0	0.00	0.00
Mei '23	92	92	99.82	84.40
Jun '23	100	97	100.00	96.81
Jul '23	100	97	100.00	96.89
Agust '23	100	99	100.00	98.54
Sept '23	100	98	100.00	97.54
Total				1144.92
Rata-rata				88.07

Meskipun secara keseluruhan OEE memenuhi standar JIMP (*Japan Institute of Plant Maintenance*) dengan nilai 88.07%, terdapat penurunan signifikan pada bulan April dan Mei, sesuai dengan permasalahan yang terjadi pada mesin pada periode tersebut.

Secara umum, grafik data OEE mesin *Gas turbine generator Rolls-Royce* menunjukkan fluktuasi yang dapat dilihat pada Gambar 1, dengan penurunan pada bulan April dan Mei yang perlu diperhatikan. Dengan pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi OEE, dapat diambil langkah-langkah perbaikan, terutama terkait pengelolaan *downtime* dan troubleshoot mesin.



Gambar 1. Grafik OEE

3.2. Analisis Six Big Losses

Dalam analisis *six big losses*, pendekatan ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi operasional dengan mengidentifikasi dan mengukur faktor-faktor yang berkontribusi pada penurunan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Keenam kategori utama yang dianalisis meliputi *Equipment Failure Losses*, *Set up and Adjustment Losses*, *Idling and Minor Stoppages Losses*, *Reduced Speed Losses*, *Rework and Quality Defect*, serta *Reduce Yield/Scrap Losses*.

Pertama, *Equipment Failure Losses (EFL)*, yang mencakup kerugian akibat kegagalan peralatan, dihitung dengan rumus:

$$EFL = \frac{(Total\ Breakdown\ Time)}{(Loading\ Time)} \times 100\% \quad (6)$$

Tabel 6.
Perhitungan *Equipment Failure Losses*

Bulan	Breakdown time (Jam)	Loading time (Jam)	Equipment Failure Losses
Sept '22	0	696.68	0.00%
Okt '22	0	732.1	0.00%
Nov '22	0	720	0.00%
Des '22	1.62	744	0.22%
Jan '23	17.79	735.03	2.42%
Feb '23	17.92	672	2.67%
Mar '23	6.48	744	0.87%
Apr '23	720	0	100.00%
Mei '23	39.97	481	8.31%
Jun '23	0	720	0.00%
Jul '23	0	744	0.00%
Agust '23	0	744	0.00%
Sept '23	0	720	0.00%
Total			114.49%
Rata-rata			8.81%

Hasil perhitungan *equipment failure losses* dari bulan September 2022 hingga September 2023 terlihat pada Tabel 6, dengan total persentase kerugian sebesar 114,49% dan rata-rata 8,81%.

Kedua, *Set up and Adjustment Losses (SAL)*, yang menggambarkan kerugian karena waktu set up mesin sebelum produksi dimulai. Nilainya dihitung dengan rumus:

$$SAL = \frac{(Set\ Up\ \&\ Adjustment)}{(Loading\ Time)} \times 100\% \quad (7)$$

Tabel 7.
Perhitungan *Set up and Adjustment Losses*

Bulan	Setup & Adjustment (Jam)	Loading time (Jam)	Set up and Adjustment Losses
Sept '22	0	696.68	0.00%

Bulan	Setup & Adjustment (Jam)	Loading time (Jam)	Set up and Adjustment Losses
Okt '22	0	732.1	0.00%
Nov '22	0	720	0.00%
Des '22	0.37	744	0.05%
Jan '23	0.33	735.03	0.05%
Feb '23	0.4	672	0.06%
Mar '23	0.35	744	0.05%
Apr '23	0	0	0.00%
Mei '23	0.37	481	0.08%
Jun '23	0	720	0.00%
Jul '23	0	744	0.00%
Agust '23	0	744	0.00%
Sept '23	0	720	0.00%
Total			0.28%
Rata-rata			0.02%

Tabel 7 menunjukkan perincian nilai *set up and adjustment losses* dengan total persentase kerugian sebesar 0,28% dan rata-rata 0,02%.

Ketiga, *Idling and Minor Stoppages Losses*, yang melibatkan kerugian akibat berhentinya peralatan karena permasalahan sementara. Perhitungan dilakukan dengan rumus:

$$IMSL = \frac{\text{Nonproductive time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (8)$$

Tabel 8.
Perhitungan *Idling and Minor Stoppages Losses*

Bulan	Operation time (Jam)	Downtime (Jam)	Actual product ion time (Jam)	Nonproductive time (Jam)	Loading time (Jam)	Idling & minor stoppages
Sept '22	696.68	0.00	696.68	0.00	696.68	0.00%
Okt '22	732.10	0.00	732.10	0.00	732.1	0.00%
Nov '22	720.00	0.00	720.00	0.00	720	0.00%
Des '22	742.01	1.99	740.03	1.99	744	0.27%
Jan '23	716.91	18.12	698.78	18.12	735.03	2.47%
Feb '23	653.68	18.32	635.36	18.32	672	2.73%
Mar '23	737.17	6.83	730.34	6.83	744	0.92%
Apr '23	0.00	720.00	-720.00	720.00	0	100.00%
Mei '23	440.66	40.34	400.33	40.34	481	8.39%
Jun '23	720.00	0.00	720.00	0.00	720	0.00%
Jul '23	744.00	0.00	744.00	0.00	744	0.00%
Agust '23	744.00	0.00	744.00	0.00	744	0.00%
Sept '23	720.00	0.00	720.00	0.00	720	0.00%
Total						114.76%
Rata-rata						8.83%

Terlihat pada Tabel 8 dengan total persentase *idling and minor stoppages losses* sebesar 114,76% dan rata-rata 8,83%.

Keempat, *Reduced Speed Losses* (RSL), yang mencakup kerugian karena menurunnya kecepatan

mesin dari standar yang ditetapkan. Perhitungan dilakukan dengan rumus:

$$RSL = \frac{(\text{Actual Production Time} - \text{Ideal Production Time})}{(\text{Loading Time})} \times 100\% \quad (9)$$

Tabel 9.
Perhitungan *Reduced Speed Losses*

Bulan	Ideal cycle time (Jam)	Quantity Product (kwh)	Actual product ion time (Jam)	Ideal product ion time (Jam)	Loading time (Jam)	Reduced Speed Losses (%)
Sept '22	0.000034	20,012,000	696.68	680.41	696.68	2.34
Okt '22	0.000034	20,956,70	732.10	712.53	732.1	2.67
Nov '22	0.000034	20,295,40	720.00	690.04	720	4.16
Des '22	0.000034	20,805,30	740.03	707.38	744	4.39
Jan '23	0.000034	20,371,70	698.78	692.64	735.03	0.84
Feb '23	0.000034	18,871,30	635.36	641.62	672	-0.93
Mar '23	0.000034	20,857,90	730.34	709.17	744	2.85
Apr '23	0.000034	-	-	0.00	0	0.00
Mei '23	0.000034	11,961,10	400.33	406.68	481	-1.32
Jun '23	0.000034	20,500,50	720.00	697.02	720	3.19
Jul '23	0.000034	21,202,00	744.00	720.87	744	3.11
Agust '23	0.000034	21,562,30	744.00	733.12	744	1.46
Sept '23	0.000034	20,656,20	720.00	702.31	720	2.46
Total						25.21
Rata-rata						1.94

Hasil terinci pada Tabel 9. Total persentase kerugian untuk faktor ini adalah 25,21%, dengan rata-rata 1,94%. Selanjutnya, *Rework and Quality Defect* tidak berlaku dalam sektor industri pembangkit listrik, karena mesin sudah dinyatakan berproduksi sesuai standar produk yang telah ditetapkan

Keenam, *Reduce Yield/Scrap Losses*, yang mencakup kerugian waktu dan material selama produksi. Perhitungan dihitung dengan rumus:

$$\text{Reduce Yield} = \frac{(\text{Ideal Cycletime} \times \text{Scrap})}{(\text{Loading Time})} \times 100\% \quad (10)$$

Tabel 10.
Perhitungan *Yield / Scrap Losses*

Bulan	Ideal cycle time (Jam)	Energy PS/Scrap (kwh)	Loading time (Jam)	Yield / Scrap Losses (%)
Sept '22	0.000034	3,340.19	696.68	0.02
Okt '22	0.000034	9,576.25	732.1	0.04
Nov '22	0.000034	-	720	0.00
Des '22	0.000034	1,504.47	744	0.01
Jan '23	0.000034	13,996.91	735.03	0.06
Feb '23	0.000034	1,115.47	672	0.01
Mar '23	0.000034	12,876.03	744	0.06
Apr '23	0.000034	-	0	0.00
Mei '23	0.000034	21,362.25	481	0.15
Jun '23	0.000034	-	720	0.00
Jul '23	0.000034	-	744	0.00
Agust '23	0.000034	-	744	0.00
Sept '23	0.000034	-	720	0.00
Total				0.35%
Rata-rata				0.03%

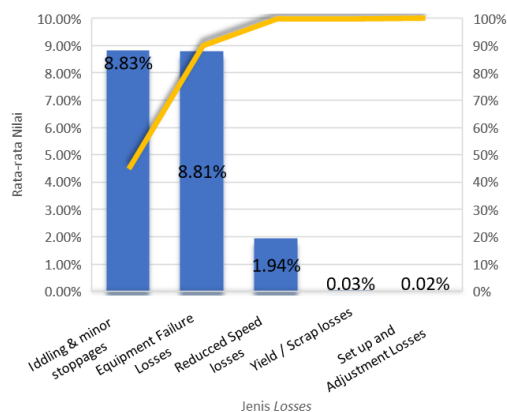
Hasil *reduce yield/scrap losses* terlihat pada Tabel 10, dengan total persentase kerugian sebesar 0,35% dan rata-rata 0,03%.

Hasil rekapitulasi dari keenam faktor *six big losses* terlihat pada Tabel 11, dengan Diagram Pareto pada Gambar 2, menunjukkan bahwa *idling minor stoppage* dan *equipment failure losses*

menjadi faktor dominan dengan persentase kumulatif tertinggi.

Tabel 11.
Hasil rekapitulasi Six Big Losses

Bulan	Equipment Failure Losses	Set up and Adjustment Losses	Idling & minor stoppages	Reduced Speed Losses	Yield / Scrap Losses
Sept '22	0.00%	0.00%	0.00%	2.34%	0.02
Okt '22	0.00%	0.00%	0.00%	2.67%	0.04
Nov '22	0.00%	0.00%	0.00%	4.16%	0.00
Des '22	0.22%	0.05%	0.27%	4.39%	0.01
Jan '23	2.42%	0.05%	2.47%	0.84%	0.06
Feb '23	2.67%	0.06%	2.73%	-0.93%	0.01
Mar '23	0.87%	0.05%	0.92%	2.85%	0.06
Apr '23	100.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00
Mei '23	8.31%	0.08%	8.39%	-1.32%	0.15
Jun '23	0.00%	0.00%	0.00%	3.19%	0.00
Jul '23	0.00%	0.00%	0.00%	3.11%	0.00
Agust '23	0.00%	0.00%	0.00%	1.46%	0.00
Sept '23	0.00%	0.00%	0.00%	2.46%	0.00



Gambar 2. Diagram Pareto Six Big Losses

Dalam upaya untuk mengidentifikasi penyebab rendahnya efektivitas mesin, analisis *Fishbone diagram* pada Gambar 3 menyoroti *downtime losses* sebagai faktor utama. Analisis lebih lanjut mengidentifikasi penyebab utama *downtime losses*, seperti *man*, *material*, *machine*, dan *method*.



Gambar 3. Fishbone diagram

Terakhir, untuk meningkatkan efisiensi operasional, Rekomendasi Perbaikan *Total Productive Maintenance* (TPM) dapat diterapkan. Lakukan *planned maintenance* berupa *preventive maintenance*, *corrective maintenance* dan *predictive maintenance*. Selain itu dapat juga diterapkan *autonomous maintenance* berupa penyetelan otomatis menggunakan AI (*Artificial Intelligence*) untuk mengoptimalkan efisiensi, operator lakukan pemeriksaan rutin, membersihkan

area turbin, melaksanakan pelumasan, pengencangan baut, mencatat data operasional, dan mengikuti training khusus *autonomous maintenance*.

4. Simpulan

Dari penelitian dan analisis data mesin Gas turbine generator Rolls-Royce #DEB1 di PT Mitra Energi Batam pada periode September 2022 hingga September 2023, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Pertama, faktor penyebab tingginya downtime pada mesin gas turbine generator Rolls-Royce adalah kerusakan tiba-tiba pada power turbine yang mengharuskan dilakukan penggantian. Namun, lokasi vendor RWG (*Rolls Wood Group*) yang berada di luar negeri menyebabkan *lead time* pengadaan *spare machine* yang panjang. Di sisi lain, minimnya stok cadangan *spare part* di gudang PT Mitra Energi Batam memperlambat proses perbaikan.

Kedua, cara untuk meminimalkan tingginya downtime pada gas turbine generator Rolls-Royce adalah dengan menerapkan *planned maintenance*, melakukan perawatan rutin yang terjadwal baik inspection, perbaikan maupun penggantian komponen sebelum terjadi kerusakan. *Autonomous maintenance*, operator turbine secara mandiri dan disiplin melakukan perawatan sehari-hari untuk mencegah kerusakan dini.

Menerapkan kedua jenis maintenance ini secara optimal, diharapkan dapat meminimalkan tingginya downtime akibat kerusakan mendadak pada mesin gas turbine generator Rolls-Royce.

Daftar Pustaka

- [1] M. Sayuti and S. Maulinda, "Analisis Efektivitas Gas Turbine Generator dengan Metode Overall Equipment Effectiveness," *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 5, no. 1, p. 7, Jul. 2019, doi: 10.30656/intech.v5i1.1463.
- [2] G. Sirait, "Peningkatan Efektivitas Generator Turbin Gas Dengan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness Pada PT Mitra Energi Batam," *JURNAL COMASIE*, vol. 3, no. 5, 2020.
- [3] M. B. Anthony, "Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Six Big Losses Pada Mesin Cold Leveller PT. KPS," vol. 2, no. 2, pp. 94–103, 2019.
- [4] M. Musyafa'ah and A. Sofiana, "Analysis of Total Productive Maintenance (TPM)

- Application Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses on Disamatic Machine PT. XYZ,” *OPSI*, vol. 15, no. 1, p. 56, Jun. 2022, doi: 10.31315/opsi.v15i1.6630.
- [5] Z. Tian Xiang and C. Jeng Feng, “Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise,” *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 14, no. 2, p. 152, Feb. 2021, doi: 10.3926/jiem.3286.
- [6] D. Sukma and H. A. Prabowo, “Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Overall Equipment Effectiveness of Linear Accelerator Synergy Platform Cancer Therapy,” *International Journal of Engineering*, vol. 35, no. 7, pp. 1246–1256, 2022, doi: 10.5829/IJE.2022.35.07A.04.
- [7] L. Van De Ginste, E.-H. Aghezzaf, and J. Cottyn, “The role of equipment flexibility in Overall Equipment Effectiveness (OEE)-driven process improvement,” *Procedia CIRP*, vol. 107, pp. 289–294, 2022, doi: 10.1016/j.procir.2022.04.047.
- [8] S. Thiede, “Advanced energy data analytics to predict machine overall equipment effectiveness (OEE): a synergetic approach to foster sustainable manufacturing,” *Procedia CIRP*, vol. 116, pp. 438–443, 2023, doi: 10.1016/j.procir.2023.02.074.
- [9] A. Rahman and S. Perdana, “Analisis produktivitas mesin percetakan perfect binding dengan metode OEE dan FMEA,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 7, no. 1, 2019.
- [10] A. Rahman and S. & Perdana, “Analisis Produktivitas Mesin Percetakan Perfect Binding Dengan Metode OEE Dan FMEA,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 7, no. 1, 2019.
- [11] J. Gianfranco, “Pengukuran Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Reaktor Produksi,” *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [12] W. H. Afiva, F. T. D. Atmaji, and J. Alhilman, “Usulan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan FMECA,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 18, no. 2, pp. 213–223, Dec. 2019, doi: 10.23917/jiti.v18i2.8551.
- [13] T. J. Weidner, “Planned maintenance vs Unplanned maintenance and facility costs,” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1176, no. 1, p. 012037, May 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1176/1/012037.
- [14] N. Fajrah and N. Noviardi, “Analisis Performansi Mesin Pre-Turning dengan Metode Overall Equipment Effectiveness pada PT APCB,” *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 17, no. 2, pp. 126–134, Oct. 2018, doi: 10.25077/josi.v17.n2.p126-134.2018.