

EVALUASI EFEKTIVITAS LUBRICATION OIL SEPARATOR MITSUBISHI SJ60H MENGGUNAKAN PENDEKATAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE DAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS PADA PLTMG SERAM PEAKER

Josef Matheus¹⁾, Nanse H. Pattiasina²⁾, Victor D. Waas³⁾, Bella V. Lekatompessy⁴⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena, Wailela –
Rumahtiga, Kota Ambon, Maluku,
INDONESIA - 97234
ceceplopulalan@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena, Wailela –
Rumahtiga, Kota Ambon, Maluku,
INDONESIA - 97234
nanse.henny.pattiasina@gmail.com

³⁾Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena, Wailela –
Rumahtiga, Kota Ambon, Maluku,
INDONESIA - 97234
victorwaas90@gmail.com

⁴⁾Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena, Wailela –
Rumahtiga, Kota Ambon, Maluku,
INDONESIA - 97234
bellalekatompessy2@gmail.com

Abstract

The reliability of the lubrication system in a Gas Engine Power Plant (GEPP) is influenced by the performance of the lubrication oil separator as a supporting component that maintains lubricant quality. A decline in separator effectiveness can increase failures, downtime, and reduce the overall reliability of the power generation system. This study aims to evaluate the performance of the Mitsubishi SJ60H lubrication oil separator at the Seram Peaker GEPP using the Total Productive Maintenance (TPM) approach through Overall Equipment Effectiveness (OEE) measurement, Six Big Losses analysis, and Pareto diagram analysis. This research employed a descriptive quantitative case study method based on operational and maintenance data collected from December 2023 to July 2024. Equipment effectiveness evaluation was conducted using three OEE parameters: availability, performance rate, and quality rate. The dominant loss factors were identified through Six Big Losses analysis, while Pareto analysis was applied to determine the main causes of performance degradation and to formulate TPM-based improvement strategies.

This study contributes to the implementation of TPM evaluation for auxiliary equipment in power generation systems, which remains less explored compared to primary industrial machinery. The results indicate that the average OEE value of the lubrication oil separator was 71.1%, with an availability value of 90.36%, performance rate of 85.6%, and quality rate of 92%. These values are below the world-class OEE benchmark of 85%, indicating that the separator effectiveness has not yet reached an optimal level. The dominant loss factor was identified as reduced speed losses, accounting for 13.14% of total operating time and contributing 40.84% of the total losses, followed by equipment failure losses and defect losses.

Keywords: Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Lubrication Oil Separator, Six Big Losses.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) merupakan salah satu infrastruktur pembangkitan yang memiliki peran penting dalam menjaga kontinuitas pasokan energi listrik^[1]. Keandalan operasi PLTMG tidak hanya dipengaruhi oleh performa mesin utama, tetapi juga bergantung pada kondisi peralatan pendukung yang berfungsi menjaga kestabilan sistem operasi mesin^[2]. Salah satu peralatan pendukung tersebut adalah *lubrication oil separator* yang berfungsi untuk memisahkan kontaminan seperti air, partikel logam, lumpur, dan material pengotor lainnya dari minyak pelumas sebelum kembali digunakan dalam sistem pelumasan^[3,4]. Kegagalan fungsi *separator* dapat menyebabkan penurunan kualitas minyak pelumas, peningkatan laju keausan komponen mesin, serta menurunkan keandalan operasi

pembangkit^[3]. Oleh karena itu, evaluasi terhadap efektivitas kinerja *lubrication oil separator* menjadi aspek penting dalam mendukung keandalan operasi PLTMG.

Pada penelitian sebelumnya, pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM) banyak digunakan untuk meningkatkan efektivitas dan keandalan peralatan melalui keterlibatan operator, pemeliharaan preventif, serta pengendalian sumber kehilangan kinerja. Salah satu indikator yang umum digunakan dalam evaluasi TPM adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang mengukur efektivitas peralatan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *availability*, *performance rate*, dan *quality rate*^[5]. Selain itu, metode *Six Big Losses* digunakan untuk mengidentifikasi faktor kehilangan yang menyebabkan rendahnya nilai OEE, seperti *breakdown losses*, *setup and adjustment losses*, *idling and minor stoppage losses*, *reduced speed losses*, *defect losses*, dan *startup losses*^[6]. Ramitsa dan Indrawati^[7] menerapkan metode OEE, *Six Big Losses*, dan TPM pada mesin *centrifugal* serta menemukan bahwa nilai OEE sebesar 66 % masih berada di bawah standar *world class* sebesar 85 %, dengan faktor dominan berupa *reduced speed losses*. Saputra *et al.*^[8] juga menerapkan pendekatan TPM pada mesin *raw mill* industri semen dan memperoleh nilai OEE sebesar 35,69 %, dengan *speed losses* dan *breakdown losses* sebagai penyebab utama penurunan efektivitas mesin. Selanjutnya, Razan dan Mahachandra^[9] melakukan evaluasi pada mesin *unscramble* industri pelumas menggunakan metode OEE dan *Six Big Losses* serta menemukan bahwa *reduced speed losses* dan *idling and minor stoppage losses* menjadi faktor kehilangan terbesar yang memengaruhi efektivitas peralatan.

Penelitian ini menawarkan pendekatan evaluasi kinerja *lubrication oil separator* Mitsubishi SJ60H pada PLTMG Seram Peaker dengan mengintegrasikan metode TPM, OEE, *Six Big Losses* dan analisis Pareto. Integrasi metode tersebut digunakan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai tingkat efektivitas peralatan, jenis kehilangan yang paling dominan, serta faktor penyebab utama terjadinya penurunan kinerja. Perbedaan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada objek kajian yang berfokus pada peralatan pendukung sistem pelumasan pembangkit listrik serta penerapan analisis akar penyebab sebagai dasar penyusunan strategi peningkatan efektivitas melalui pendekatan TPM.

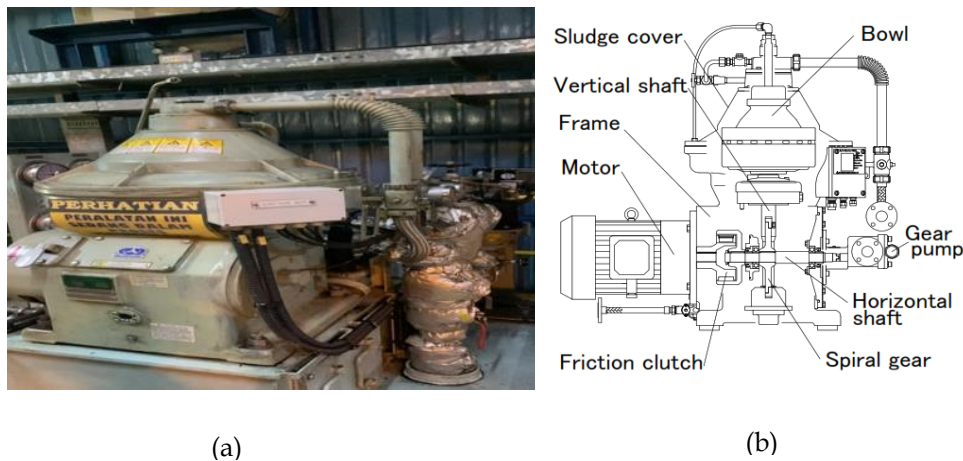
Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *lubrication oil separator* Mitsubishi SJ60H pada PLTMG Seram Peaker berdasarkan parameter *availability*, *performance rate*, *quality rate*, dan OEE, serta mengidentifikasi jenis *Six Big Losses* yang paling dominan terhadap penurunan efektivitas peralatan. Selain itu, penelitian ini bertujuan menentukan akar penyebab gangguan menggunakan analisis Pareto sebagai dasar penyusunan rekomendasi pemeliharaan berbasis TPM. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode evaluasi efektivitas peralatan pendukung pembangkit serta memberikan manfaat praktis berupa peningkatan keandalan *lubrication oil separator*, pengurangan *downtime*, dan peningkatan kinerja sistem pelumasan pada PLTMG Seram Peaker.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus *lubrication oil separator* (LO Separator) tipe Mitsubishi SJ60H (Gambar 1) yang beroperasi di PLTMG Seram Peaker. Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas kinerja *separator* berdasarkan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM) melalui pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), analisis *Six Big Losses*, dan diagram Pareto. Data penelitian diperoleh dari catatan operasional dan pemeliharaan *separator* selama periode Desember 2023 sampai Juli 2024. Tahapan penelitian dilakukan melalui proses identifikasi kondisi peralatan, pengumpulan data operasional, pengolahan data, analisis faktor penyebab kehilangan efektivitas, serta penyusunan rekomendasi perbaikan berbasis TPM.

Objek penelitian yang digunakan adalah *lubrication oil separator* Mitsubishi SJ60H yang berfungsi untuk menjaga kualitas minyak pelumas melalui proses pemisahan kontaminan menggunakan prinsip gaya sentrifugal. Data spesifikasi teknis *separator* (Tabel 1), kondisi operasi, serta parameter pemeliharaan digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat efektivitas peralatan. Parameter utama yang dikumpulkan meliputi *available time* merupakan waktu yang tersedia untuk *separator* beroperasi (menit), *planned downtime* merupakan waktu berhenti yang telah direncanakan untuk pemeliharaan (menit), *loading time* merupakan waktu tersedia setelah dikurangi *planned downtime* (menit), *breakdown time* merupakan waktu berhenti akibat kerusakan *separator* (menit), *setup and adjustment time* merupakan waktu yang digunakan untuk penyetelan dan penyesuaian *separator* (menit), *downtime* merupakan total waktu *separator* berhenti beroperasi (menit), *operation time*: merupakan waktu *separator* beroperasi setelah dikurangi

downtime (menit), data produksi (*Production/Output*): merupakan Jumlah atau hasil proses *separator* selama operasi (L/H), serta data hasil pemisahan minyak pelumas (L/H).



Gambar 1. *Lubrication Oil Separator Mitsubishi SJ60H* (a) dan komponennya (b).
(Sumber: Penelitian)

Tabel 1. Spesifikasi LO *Separator Mitsubishi SJ60H*^[10].

No.	Parameter	Spesifikasi SJ60H	No.	Parameter	Spesifikasi SJ60H
1	Tipe separator	Mitsubishi Selfjector SJ60H	11	Viskositas oli bersih	100–150 mm ² /s pada 40 °C
2	Jenis separator	Disc-stack centrifugal separator / purifier	12	Viskositas optimum lubrication oil	ISO VG 150 (135–165 mm ² /s)
3	Kapasitas nominal LO	6.600 L/jam (100 mm ² /s pada 40 °C)	13	Kandungan air	Kondisi oli bersih: air harus dipisahkan dan tidak terdapat air bebas (ISO 4406)
4	Kapasitas LO, 150 mm ² /s	5.400 L/jam (150 mm ² /s pada 40 °C)	14	Kontaminasi partikel	Kondisi oli bersih: partikel/sludge diminimalkan melalui proses pemisahan (ISO 4406)
5	Kapasitas ekuivalen	± 110 L/menit pada 100 mm ² /s	15	Kapasitas minyak pelumas dalam gearbox	10,4 L untuk SJ60H/HH
6	Kecepatan bowl	± 8.500 rpm	16	Viskositas minyak pelumas gearbox	ISO VG 150 (135–165 mm ² /s)
7	Daya motor	11,0 kW	17	Material bowl	High-tension stainless steel
8	Frekuensi listrik	50/60 Hz	18	Material casing	Cast iron
9	Temperatur operasi LO	74–90°C untuk oli SAE #30 (100 mm ² /s pada 40 °C); 83–95 °C untuk SAE #40 (150 mm ² /s pada 40 °C)	19	Jenis motor	Three-phase squirrel-cage induction motor
10	Jenis lubrication oil	Mineral lubricating oil / detergent oil	20	Arah putaran	Counter-clockwise dilihat dari sisi load

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap kondisi operasi *separator*, pemeriksaan dokumen *log sheet* operasi, serta data historis pemeliharaan peralatan. Data yang diperoleh kemudian diklasifikasikan berdasarkan kebutuhan analisis OEE dan *Six Big Losses*. Data produksi dan hasil pemisahan digunakan untuk menentukan nilai *quality rate* sebagai salah satu parameter pengukuran efektivitas peralatan.

Tahapan pengolahan data diawali dengan menghitung nilai *availability*, *performance rate*, dan *quality rate* sebagai komponen utama *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)^[11].

1. *Availability* dihitung berdasarkan perbandingan antara waktu operasi aktual (*operation time*) terhadap waktu operasi yang tersedia (*loading time*) pada *lubrication oil separator*. Parameter ini digunakan untuk mengetahui tingkat kesiapan dan ketersediaan *separator* dalam menjalankan fungsi operasionalnya:

$$Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan,

$$\text{Operation Time} = \text{Loading Time} - \text{Down Time} \quad (2)$$

Dimana,

$$\text{Loading Time} = \text{Available Time} - \text{Planned Downtime} \quad (3)$$

2. *Performance rate* dihitung berdasarkan perbandingan antara waktu siklus ideal (*ideal cycle time*) dikalikan jumlah total minyak pelumas yang diproses (total produksi) terhadap waktu operasi aktual (*operation time*) pada *lubrication oil separator*. *Ideal Cycle Time* merupakan waktu siklus ideal *separator* untuk memproses minyak pelumas. Parameter ini digunakan untuk mengetahui kemampuan *separator* dalam mempertahankan kecepatan pemrosesan sesuai kapasitas idealnya:

$$\text{Performance} = \frac{\text{Total Produksi} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \times 100\% \quad (4)$$

3. *Quality rate* dihitung berdasarkan jumlah minyak pelumas hasil pemisahan yang memenuhi kualitas setelah dikurangi *sludge* sebagai hasil yang tidak memenuhi standar:

$$\text{Quality} = \frac{\text{Total Produksi} - \text{Sludge}}{\text{Total Produksi}} \times 100\% \quad (5)$$

4. Nilai OEE selanjutnya diperoleh melalui perkalian ketiga parameter tersebut dengan persamaan:

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \quad (6)$$

Berdasarkan *Benchmark World Class*, tingkat kinerja yang diharapkan adalah *availability* $\geq 90\%$, *performance* $\geq 95\%$, *quality* $\geq 99\%$, dan *OEE* $\geq 85\%$. Nilai OEE yang berada di bawah standar menunjukkan adanya kehilangan efektivitas peralatan yang perlu dianalisis lebih lanjut melalui *Six Big Losses* untuk mengidentifikasi sumber kerugian dan menentukan tindakan perbaikan yang tepat^[12].

Analisis *Six Big Losses* dilakukan untuk mengidentifikasi sumber kehilangan yang menyebabkan peralatan tidak dapat beroperasi secara optimal dan pada akhirnya menurunkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)^[7]. Enam kategori kerugian yang dianalisis meliputi:

5. *Equipment Failure Losses*, merupakan kehilangan waktu operasi yang disebabkan oleh kerusakan atau kegagalan fungsi peralatan sehingga *separator* tidak dapat menjalankan proses operasi.

$$\text{Equipment Failure Losses} = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (7)$$

6. *Setup and Adjustment Losses*, merupakan kehilangan waktu yang terjadi akibat proses persiapan, penyetulan, dan penyesuaian parameter operasi sebelum peralatan mencapai kondisi kerja normal.

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{\text{Total Setup dan Adjustment Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (8)$$

7. *Idling and Minor Stoppages Losses*, merupakan kehilangan akibat penghentian sementara atau gangguan kecil yang terjadi selama operasi.

$$\text{Idling and Minor Stoppages} = \frac{\text{Nonproductive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (9)$$

8. *Reduced Speed Losses*, merupakan kehilangan yang terjadi ketika peralatan tetap beroperasi, tetapi pada kecepatan lebih rendah dibandingkan kondisi ideal.

$$\text{Reduced Speed Losses} = \frac{\text{Operation Time} - (\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Total Produksi})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (10)$$

9. *Defect Losses*, Merupakan kehilangan akibat hasil proses yang tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Pada *lubrication oil separator*, *defect* dapat terjadi akibat proses pemisahan minyak pelumas yang tidak optimal karena kondisi komponen *separator*, parameter operasi, atau tingkat kontaminasi yang tidak terkendali.

$$\text{Defect Losses} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Sludge}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (11)$$

10. *Reduced Yield Losses* (penurunan hasil awal), yaitu mesin atau peralatan yang membutuhkan waktu pemanasan untuk sampai kemampuan yang optimum. Misalnya mesin pemanas membutuhkan waktu beberapa saat untuk dapat digunakan setelah terjadi *shut down*.

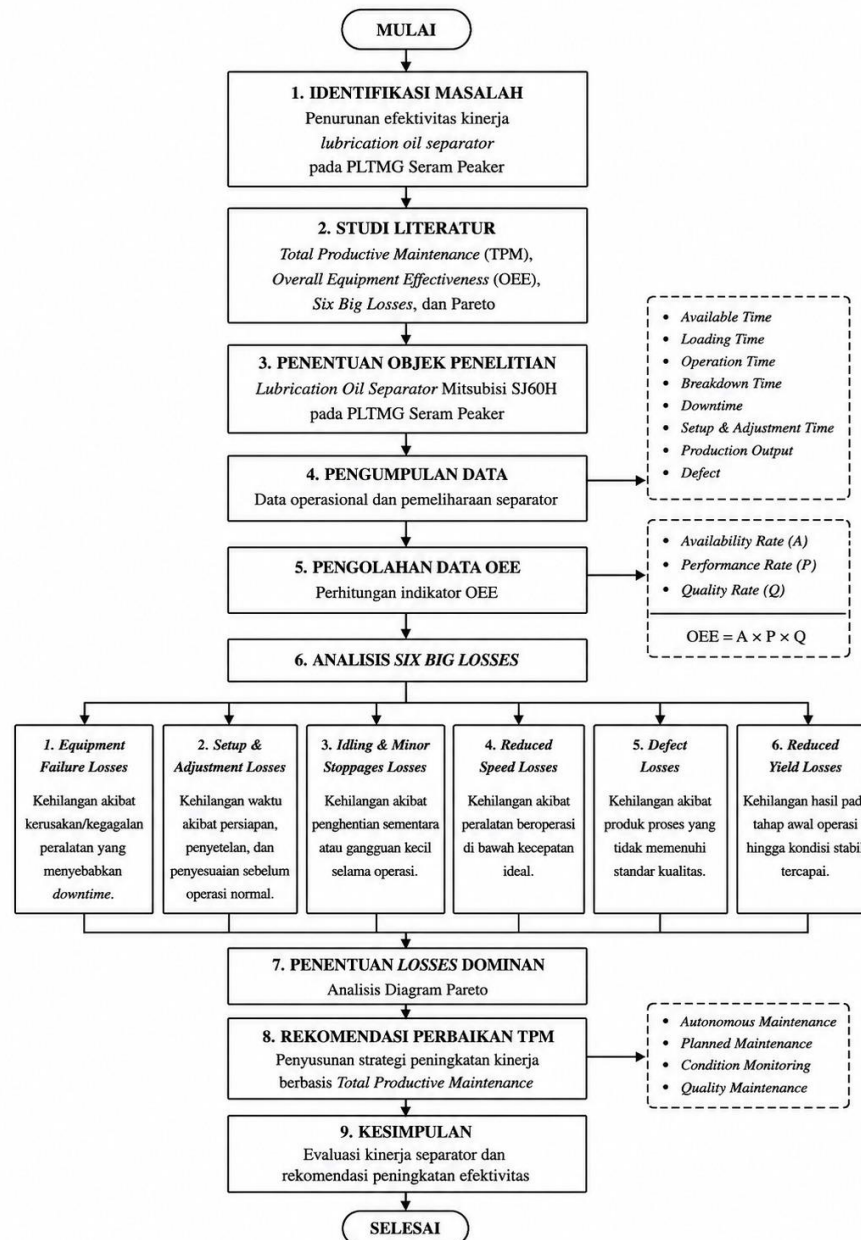
$$\text{Reduced yield Losses} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{scrap}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (12)$$

Masing-masing kategori dihitung berdasarkan persentase waktu kehilangan terhadap waktu operasi selama periode pengamatan. Hasil perhitungan kemudian diurutkan berdasarkan nilai kontribusi terbesar dan dianalisis menggunakan diagram Pareto untuk menentukan faktor kehilangan yang paling dominan. Berdasarkan hasilnya, maka disusun rekomendasi perbaikan disusun menggunakan pendekatan *Total Productive Maintenance* melalui penerapan *Autonomous Maintenance*, *Planned Maintenance*, *condition monitoring*, dan *Quality Maintenance*.

Seluruh proses pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk perhitungan matematis, penyusunan tabel, dan pembuatan grafik analisis. Data hasil pengolahan

selanjutnya digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja *lubrication oil separator* serta penyusunan strategi peningkatan efektivitas peralatan pada PLTMG Seram Paker.

Diagram alir penelitian (Gambar 2) menunjukkan tahapan pelaksanaan penelitian untuk mengidentifikasi permasalahan pada *lubrication oil separator* Mitsubishi SJ60H di PLTMG Seram Paker, berdasarkan data operasional dan pemeliharaan *separator*.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian
(Sumber: Penelitian)

3. HASIL DAN DISKUSI

A. Data Operasional *Lubrication Oil Separator*

Hasil penelitian selama periode pengamatan Desember 2023 hingga Juli 2024 meliputi parameter *Available Time*, *Planned Downtime*, *Loading Time*, *Breakdown Time*, *Setup and Adjustment Time*, *Downtime*, *Operation Time*, dan *Production/Output* sebagai dasar dalam mengevaluasi efektivitas kerja *separator* menggunakan pendekatan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*.

1. Data waktu *breakdown* dan *setup* mesin, menunjukkan nilai *breakdown* yang relatif besar berdampak pada gangguan operasional sebagai salah satu faktor utama yang berpotensi menurunkan efektivitas *separator*. Peningkatan nilai tertinggi waktu *breakdown* terjadi pada periode Juni - Juli 2024 sebesar 7.200.
2. Data *Downtime*, menunjukkan total *downtime* dimana nilai tertinggi terjadi pada Juli 2024 sebesar 8.400 menit akibat tingginya waktu *breakdown* dan *setup*
3. Data waktu pemeliharaan terencana (*Planned maintenance*) menunjukkan waktu pemeliharaan terencana *lubrication oil separator* yang dilakukan secara konsisten sebesar 500 menit setiap bulan dengan total 4.000 menit selama periode penelitian. Konsistensi pelaksanaan pemeliharaan terencana menunjukkan bahwa kegiatan *preventive maintenance* telah diterapkan.
4. Data Produksi (*Production/Output*) menunjukkan *sludge* sebesar 30.352 L/H sehingga produk bersih yang dihasilkan mencapai 361.648 L/H. Nilai produksi yang relatif konstan menunjukkan bahwa *separator* masih mampu mempertahankan kapasitas proses.
5. Data *Available time* digunakan untuk menghitung *loading time* dan nilai *availability separator*.
6. Data *Nonproductive Time* menunjukkan bahwa nilai tertinggi *Nonproductive Time* terjadi pada Juli 2024 sebesar 1.700 menit akibat meningkatnya waktu *setup*.
7. Data *Loading Time* menunjukkan nilai rata-rata *loading time* sebesar 43.880 menit per bulan menggambarkan waktu yang secara teoritis tersedia bagi *separator* untuk menjalankan proses operasi setelah dikurangi aktivitas pemeliharaan yang telah direncanakan.
8. Data *Operation Time* menggambarkan kemampuan aktual *lubrication oil separator* dalam menjalankan fungsi operasionalnya sebesar 316.990 menit dengan rata-rata 39.623,75 menit per bulan. Penurunan dari Desember 2023 hingga Juli 2024 karena meningkatnya *downtime* pada periode akhir pengamatan, berdampak pada gangguan operasional menjadi faktor yang berpengaruh terhadap ketersediaan *separator*

B. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dilakukan untuk mengetahui tingkat efektivitas aktual *lubrication oil separator* Mitsubishi SJ60H berdasarkan tiga faktor utama, yaitu *availability*, *performance rate*, dan *quality rate*. Ketiga parameter tersebut menggambarkan kemampuan peralatan dalam mempertahankan waktu operasi, kecepatan proses, serta kualitas hasil pemisahan minyak pelumas.

Nilai OEE diperoleh melalui perkalian antara ketiga parameter tersebut. Hasil perhitungan OEE kemudian dibandingkan dengan *benchmark world class* untuk mengetahui tingkat efektivitas peralatan. Berdasarkan standar tersebut, nilai OEE yang mencapai 85% atau lebih menunjukkan bahwa peralatan telah memiliki efektivitas yang baik, sedangkan nilai di bawah standar menunjukkan adanya kehilangan efektivitas yang perlu dianalisis lebih lanjut melalui pendekatan *Six Big Losses*.

1. Availability

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil perhitungan nilai *availability* rata-rata selama periode Desember 2023 sampai Juli 2024 sebesar 90,36 %. Nilai tersebut telah memenuhi standar minimum *world class availability* sebesar 90 %. Nilai *availability* tertinggi terjadi pada Februari 2024 sebesar 95,4 %, sedangkan nilai terendah terjadi pada Juli 2024 sebesar 81,4 %. Penurunan *availability* pada Juli 2024 disebabkan oleh meningkatnya *downtime separator* yang mencapai 8.400 menit, sehingga waktu operasi aktual mengalami penurunan. Meskipun nilai rata-rata *availability* masih berada pada batas standar, tren penurunan pada periode akhir pengamatan menunjukkan bahwa faktor gangguan mesin perlu mendapat perhatian karena dapat memengaruhi keandalan operasi *separator* dalam jangka panjang.

Tabel 2. *Persentase Availability*

Bulan	Operation Time (menit)	Loading Time (menit)	Availability (%)
Desember 2023	40780	45140	92,56
Januari 2024	39460	43700	92,59
Februari 2024	37960	40820	95,40
Maret 2024	40210	43700	94,30
April 2024	40060	45140	90,96
Mei 2024	37780	43700	88,70
Juni 2024	37000	43700	86,96
Juli 2024	35740	45140	81,40
Rata-rata	39623,75	351040	90,36

2. *Performance rate*

Tabel 3 menunjukkan peningkatan nilai *performance rate* dari bulan ke bulan menunjukkan bahwa *separator* mampu mempertahankan kemampuan proses meskipun mengalami beberapa gangguan operasional. Namun, nilai rata-rata *performance rate* masih berada di bawah standar *world class* sebesar 95 %, sehingga terdapat peluang peningkatan terutama melalui pengurangan waktu kehilangan kecepatan (*reduced speed losses*) dan optimalisasi kondisi operasi *separator*.

Tabel 3. *Persentase Performance rate*

Bulan	Total Produksi (L/H)	Ideal Cycle Time (menit)	Operation Time (menit)	Performance rate (%)
Desember 2023	49000	0,6991	41780	82
Januari 2024	49000	0,6845	40460	83
Februari 2024	49000	0,6662	38960	84
Maret 2024	49000	0,7303	41210	86,834
April 2024	49000	0,7276	41060	86,83
Mei 2024	49000	0,6785	38780	85,7
Juni 2024	49000	0,6796	38000	87,6
Juli 2024	49000	0,6637	36740	88,5
Rata-rata	392000	0,6919	39623,75	85,6

3. *Quality rate*

Tabel 4 menunjukkan bahwa dari total minyak pelumas yang diproses, sekitar 92 % menghasilkan produk bersih, sedangkan sisanya berupa *sludge* atau material pengotor yang berhasil dipisahkan. Nilai *quality rate* tersebut menunjukkan bahwa proses pemisahan masih berjalan dengan baik, tetapi belum mencapai standar *world class quality rate* sebesar 99 %. Kondisi ini menunjukkan adanya peluang peningkatan efektivitas proses pemisahan melalui pengendalian tingkat kontaminasi minyak pelumas, pemeriksaan kondisi komponen *separator*, serta optimalisasi parameter operasi.

Total minyak pelumas bulan desember: $\frac{49000 \times 3794}{49000} \times 100 \% = 92 \%$, dan seterusnya untuk perhitungan pada bulan berikut sampai Juli 2024.

Tabel 4. *Tabel Quality rate*

Bulan	Produksi Total (L/H)	Sludge (L/H)	Quality (%)
Desember 2023	49000	3794	92
Januari 2024	49000	3794	92
Februari 2024	49000	3794	92
Maret 2024	49000	3794	92
April 2024	49000	3794	92
Mei 2024	49000	3794	92
Juni 2024	49000	3794	92
Juli 2024	49000	3794	92
Rata-rata	392000	30352	92

4. Nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai OEE rata-rata *lubrication oil separator* selama periode penelitian sebesar 71,1 %. Nilai tersebut masih berada di bawah standar *world class* OEE sebesar 85 %, sehingga menunjukkan bahwa efektivitas *separator* belum mencapai kondisi optimal. Tingginya nilai OEE pada Maret 2024 sebesar 75,3 %, dan terendah pada Juli 2024 sebesar 66,3 %, berdampak pada penurunan nilai OEE pada Juli 2024 dipengaruhi oleh rendahnya *availability* akibat meningkatnya *downtime*, meskipun nilai *performance rate* mengalami peningkatan. Berdasarkan hasil tersebut, faktor utama yang menyebabkan rendahnya efektivitas *lubrication oil separator* bukan hanya berasal dari kemampuan produksi, tetapi juga dipengaruhi oleh kehilangan waktu operasi akibat gangguan mesin

Tabel 5. Nilai OEE Separator Lubrication Oil

Bulan	Availability (%)	Performance (%)	Quality (%)	OEE (%)
Desember 2023	92,56	82	92	70
Januari 2024	92,59	83	92	70,7
Februari 2024	95,4	84	92	73,7
Maret 2024	94,3	86,834	92	75,3
April 2024	90,96	86,83	92	72,7
Mei 2024	88,7	85,7	92	70
Juni 2024	86,96	87,6	92	70,1
Juli 2024	81,4	88,5	92	66,3
Rata-rata	90,36	85,6	92	71,1

C. Six Big Losses

Perhitungan untuk *six big losses* berdasarkan persamaan (7) sampai dengan (11). Tabel 6 menunjukkan persentase kontribusi masing-masing kategori *Six Big Losses* pada *lubrication oil separator* Mitsubishi SJ60H selama periode Desember 2023 sampai Juli 2024. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui jenis kehilangan yang paling berpengaruh terhadap penurunan efektivitas peralatan.

Tabel 6. Persentase nilai Six Big Losses

Bulan	Equipment Failure (%)	Setup & Adjustment (%)	Idling & Minor Stoppages (%)	Reduced Speed (%)	Defect Losses (%)	Reduced Yield (%)
Desember 2023	6,38	1,06	2,17	16,67	5,88	0
Januari 2024	6,59	0,82	2	15,83	5,93	0
Februari 2024	3,53	1,03	2,25	15,47	6,19	0
Maret 2024	4,94	0,76	2	12,41	6,34	0
April 2024	8	1,06	2,17	12	6,12	0
Mei 2024	10	1,37	2,52	12,66	5,89	0
Juni 2024	11,53	1,51	2,65	10,75	5,9	0
Juli 2024	15,95	10,3	3,77	9,35	5,58	0
Rata-rata	8,365	2,24	2,44	13,14	5,98	0

Berdasarkan hasil perhitungan, seluruh kategori kehilangan menunjukkan kontribusi yang berbeda terhadap penurunan efektivitas *lubrication oil separator*. Kategori kehilangan dengan kontribusi terbesar adalah *reduced speed losses* dengan nilai rata-rata sebesar 13,14 %. Tingginya nilai *reduced speed losses* menunjukkan bahwa *separator* masih dapat beroperasi, tetapi belum mampu mencapai kecepatan proses ideal secara konsisten. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor operasional, kondisi komponen *separator*, maupun perubahan karakteristik minyak pelumas selama proses pemisahan.

Kategori kehilangan terbesar berikutnya adalah *equipment failure losses* dengan nilai rata-rata sebesar 8,365 %. Nilai ini menunjukkan bahwa gangguan atau kegagalan fungsi peralatan menjadi salah satu penyebab utama berkurangnya waktu operasi efektif *separator*. Peningkatan *equipment failure losses* terjadi terutama pada Juli 2024 dengan nilai sebesar 15,95 %, yang menunjukkan adanya peningkatan gangguan operasional pada periode tersebut.

Selanjutnya, *defect losses* memiliki nilai rata-rata sebesar 5,98 %. Kehilangan ini berkaitan dengan hasil proses pemisahan yang belum sepenuhnya menjadi produk bersih karena masih terdapat *sludge* sebagai material pengotor yang harus dipisahkan dari minyak pelumas. Sementara itu, *idling and*

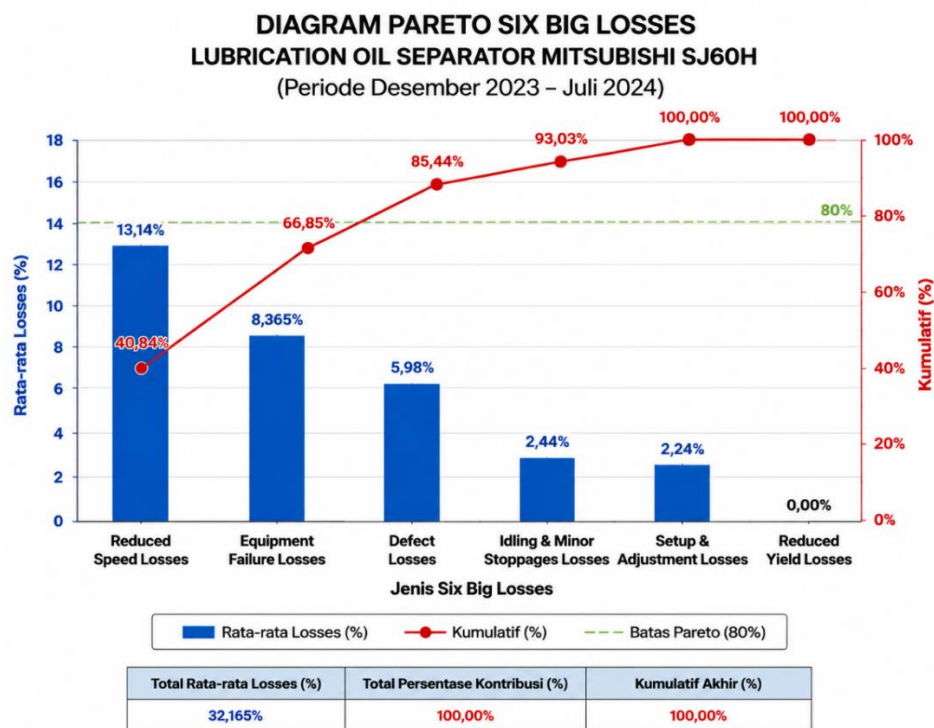
minor stoppages losses dan *setup and adjustment losses* memiliki kontribusi yang lebih rendah dengan nilai rata-rata masing-masing sebesar 2,44 % dan 2,24 %. Meskipun memiliki nilai lebih kecil, kedua faktor tersebut tetap perlu dikendalikan karena dapat mengurangi waktu produktif *separator* apabila terjadi secara berulang.

Pada kategori *reduced yield losses*, nilai kehilangan selama periode pengamatan adalah 0 %. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat kehilangan hasil awal (*initial yield loss*) atau *scrap* pada proses kerja *lubrication oil separator*. Berbeda dengan mesin produksi yang menghasilkan produk cacat pada tahap awal operasi setelah *start-up*, *lubrication oil separator* tidak menghasilkan produk berupa komponen atau barang jadi yang dapat dikategorikan sebagai *scrap*^[13,14]. Proses *separator* hanya melakukan pemisahan antara minyak pelumas dan material pengotor (*sludge*), sehingga tidak ditemukan kehilangan hasil produksi akibat produk gagal atau pembuangan material selama proses operasi. Oleh karena itu, kategori *reduced yield losses* dianggap tidak memberikan kontribusi terhadap penurunan efektivitas *separator*.

Berdasarkan hasil analisis *Six Big Losses*, faktor dominan yang menyebabkan rendahnya efektivitas *lubrication oil separator* adalah *reduced speed losses* dan *equipment failure losses*. Kedua faktor tersebut menjadi prioritas utama dalam penyusunan strategi perbaikan berbasis *Total Productive Maintenance* (TPM), terutama melalui peningkatan keandalan komponen, optimalisasi parameter operasi, serta penerapan pemeliharaan preventif dan prediktif untuk mengurangi waktu kehilangan operasi.

D. Diagram Pareto

Diagram Pareto digunakan untuk menentukan faktor kehilangan (*losses*) yang paling dominan dalam menurunkan efektivitas *lubrication oil separator* Mitsubishi SJ60H. Prinsip analisis Pareto menyatakan bahwa sebagian besar permasalahan biasanya disebabkan oleh beberapa faktor utama, sehingga prioritas perbaikan dapat difokuskan pada faktor dengan kontribusi terbesar.



Gambar 3. Diagram Pareto *Six Big Losses*
(Sumber: Penelitian)

Tabel 7. Kumulatif *Six Big Losses*

Jenis <i>Six Big Losses</i>	Rata-rata Loss (%)	Persentase Kontribusi (%)	Kumulatif (%)
Reduced Speed Losses	13,14	40,84	40,84
Equipment Failure Losses	8,365	26,01	66,85
Defect Losses	5,98	18,59	85,44
Idling & Minor Stoppages Losses	2,44	7,59	93,03
Setup & Adjustment Losses	2,24	6,97	100,00
Reduced Yield Losses	0,00	0,00	100,00
Total	32,165	100,00	100,00

Berdasarkan hasil analisis *Six Big Losses*, total rata-rata kehilangan efektivitas *lubrication oil separator* adalah sebesar 32,165 %. Dari enam kategori kehilangan yang dianalisis, terdapat beberapa faktor dominan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap penurunan kinerja *separator*.

Hasil analisis Diagram Pareto (Gambar 3) menunjukkan bahwa:

1. *Reduced Speed Losses* merupakan faktor kehilangan terbesar dengan nilai rata-rata sebesar 13,14 % atau memberikan kontribusi sebesar 40,84 % terhadap total *losses*. Tingginya nilai *reduced speed losses* menunjukkan bahwa *lubrication oil separator* masih mampu beroperasi, tetapi kecepatan proses aktual belum mencapai kondisi ideal, dikarenakan penurunan performa komponen berputar, kondisi *bowl separator*, karakteristik minyak pelumas, maupun parameter operasi yang belum optimal.
2. *Equipment Failure Losses* dengan nilai rata-rata sebesar 8,365 % atau kontribusi sebesar 26,01 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa gangguan atau kegagalan fungsi peralatan menjadi salah satu penyebab utama berkurangnya waktu operasi efektif *separator*, sehingga aspek keandalan komponen *separator* masih menjadi perhatian utama dalam strategi pemeliharaan.
3. *Defect Losses* memberikan kontribusi sebesar 18,59 % dengan nilai rata-rata *losses* sebesar 5,98 %. Kehilangan ini berkaitan dengan hasil proses pemisahan yang belum sepenuhnya menghasilkan minyak pelumas bersih karena masih terdapat kandungan sludge sebagai material pengotor.
4. *Idling and Minor Stoppages Losses* dengan nilai rata-rata sebesar 2,44 % atau kontribusi sebesar 7,59 %. Faktor ini menunjukkan adanya waktu berhenti sementara akibat gangguan kecil selama pengoperasian *separator*. Walaupun kontribusinya relatif lebih kecil dibandingkan *reduced speed losses* dan *equipment failure losses*, gangguan kecil yang terjadi secara berulang tetap dapat mengurangi waktu produktif peralatan.
5. *Setup and Adjustment Losses* memiliki nilai rata-rata sebesar 2,24 % dengan kontribusi sebesar 6,97 %. Kehilangan ini berasal dari waktu yang diperlukan untuk melakukan penyetelan dan penyesuaian *separator* sebelum mencapai kondisi operasi normal. Nilai yang relatif kecil menunjukkan bahwa aktivitas persiapan dan penyesuaian mesin bukan merupakan penyebab utama rendahnya efektivitas *separator*.
6. Pada kategori *Reduced Yield Losses*, nilai kehilangan tercatat sebesar 0% dengan kontribusi 0%. Hal ini menunjukkan bahwa selama periode pengamatan tidak terjadi kehilangan hasil awal (*initial yield loss*) atau *scrap* pada proses kerja *lubrication oil separator*. Berbeda dengan mesin produksi manufaktur yang menghasilkan produk cacat pada tahap awal operasi, *lubrication oil separator* hanya melakukan proses pemisahan minyak pelumas dan *sludge* sehingga tidak menghasilkan produk gagal atau material buangan akibat proses awal operasi^[13,14].

Oleh karena itu, prioritas peningkatan efektivitas *separator* perlu difokuskan pada pengurangan *reduced speed losses*, peningkatan keandalan komponen untuk menekan *equipment failure losses*, serta peningkatan kualitas proses pemisahan untuk mengurangi *defect losses*. Ketiga faktor dominan tersebut selanjutnya menjadi dasar dalam menyusun rekomendasi perbaikan berbasis *Total Productive Maintenance* (TPM) dapat disusun secara lebih tepat sasaran.

E. *Total Productive Maintenance* (TPM)

Untuk mengatasi akar permasalahan tersebut, diperlukan strategi perbaikan yang tidak hanya berfokus pada perbaikan kerusakan, tetapi juga mencegah terjadinya kegagalan melalui pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM). Dalam penelitian ini, rekomendasi perbaikan berbasis TPM

diarahkan pada empat pendekatan utama, yaitu *Autonomous Maintenance*, *Planned Maintenance*, *Condition Monitoring*, dan *Quality Maintenance*. Pendekatan tersebut sesuai dengan strategi TPM yang digunakan dalam penelitian untuk meningkatkan efektivitas *lubrication oil separator*.

1. *Autonomous Maintenance* (Pemeliharaan Mandiri Operator). Permasalahan yang Ditangani: Kurangnya monitoring operator terhadap kondisi *separator*, Keterlambatan respons terhadap indikasi gangguan, dan Kurangnya pemahaman operator terhadap parameter operasi optimal. Penerapan *Autonomous Maintenance* dilakukan dengan memberikan tanggung jawab kepada operator untuk melakukan pemeriksaan dasar terhadap kondisi *separator* sebelum dan selama operasi. Usulan Implementasi:

- a. Pemeriksaan rutin sebelum operasi (*pre-operation check*) terhadap kondisi kebocoran oli, suara abnormal pada *separator*, getaran mesin, temperatur operasi, tekanan dan aliran minyak serta kondisi visual komponen eksternal. Tujuannya adalah mendeteksi gejala awal sebelum berkembang menjadi kegagalan komponen.
- b. Pembuatan *Checklist*, *Checklist* tersebut menjadi data awal untuk mengetahui perubahan kondisi *separator* sebagai berikut:

Parameter	Kondisi Normal	Tindakan
Temperatur oli	Sesuai standar operasi	Evaluasi jika meningkat
Getaran mesin	Stabil	Pemeriksaan komponen berputar
Kebocoran oli	Tidak ada	Pemeriksaan seal/ <i>gasket</i>
Suara mesin	Normal	Pemeriksaan <i>bearing</i> /motor

- c. Peningkatan kompetensi operator melalui pelatihan terkait: prinsip kerja *lubrication oil separator*, identifikasi gejala kerusakan, parameter operasi normal dan prosedur penghentian darurat. Dampak yang Diharapkan: gangguan kecil dapat segera diketahui, Waktu *downtime* berkurang, operator lebih aktif dalam menjaga kondisi mesin, resiko *equipment failure losses* menurun.
2. *Planned Maintenance* (Pemeliharaan Terencana). Permasalahan yang Ditangani: tingginya *equipment failure losses*, Kerusakan komponen *separator*, Keausan akibat penggunaan berkelanjutan, *Preventive maintenance* belum berdasarkan kondisi aktual. *Equipment failure losses* menunjukkan adanya gangguan komponen yang menyebabkan *separator* kehilangan waktu operasi. Usulan Implementasi:
- a. Penyusunan jadwal *preventive maintenance* berdasarkan kondisi:

Komponen	Potensi Gangguan	Tindakan
<i>Bowl separator</i>	Penurunan kemampuan pemisahan	Pemeriksaan dan cleaning
<i>Bearing</i>	Keausan dan getaran	Pemeriksaan kondisi dan pelumasan
<i>Shaft</i>	Keausan dan ketidakseimbangan	Pemeriksaan <i>alignment</i>
<i>Seal/O-ring</i>	Kebocoran	Penggantian berkala

- b. Evaluasi interval pemeliharaan, berdasarkan: riwayat kerusakan, Jam operasi, kondisi komponen dan hasil inspeksi sebelumnya. Dengan demikian, pemeliharaan dilakukan berdasarkan kebutuhan aktual.
- c. Penerapan *spare part management*. Komponen kritis harus tersedia untuk mengurangi waktu tunggu ketika terjadi kerusakan. Contoh: *bearing*, *seal kit*, *o-ring* dan komponen *bowl*. Dampak yang Diharapkan: mengurangi *breakdown*, meningkatkan *availability*, mengurangi *equipment failure losses* dan meningkatkan keandalan *separator*.
3. *Condition Monitoring* (Pemantauan Kondisi Peralatan). Permasalahan yang Ditangani: penurunan performa *separator* tidak terdeteksi, monitoring kondisi mesin belum optimal, tidak tersedia tren perubahan kondisi komponen. *Condition Monitoring* digunakan untuk mengetahui kondisi aktual peralatan melalui pengukuran parameter operasi. Usulan Implementasi:
- a. Monitoring parameter operasi secara berkala. Parameter yang perlu dipantau: temperatur oli, tekanan operasi, kecepatan putaran *separator*, getaran mesin dan kualitas hasil pemisahan.
- b. Analisis tren data. Data monitoring tidak hanya dicatat, tetapi dianalisis untuk mengetahui pola perubahan.

- c. Penerapan *predictive maintenance*. melalui *vibration analysis*, *oil analysis*, *thermography* dan monitoring performa motor. Dampak yang Diharapkan: Kerusakan dapat diprediksi lebih awal, mengurangi *downtime* tidak terencana dan mengurangi *reduced speed losses* serta meningkatkan umur komponen.
4. *Quality Maintenance* (Pemeliharaan Kualitas). Permasalahan yang ditangani: tingginya *defect losses*, kandungan *sludge* masih tinggi, kualitas minyak pelumas belum optimal. *Defect losses* terjadi karena proses pemisahan belum mampu menghasilkan minyak pelumas dengan kualitas optimal. Penelitian menunjukkan bahwa *defect losses* berkaitan dengan masih adanya *sludge* sebagai material pengotor setelah proses pemisahan. Usulan Implementasi:
 - a. Pemeriksaan kualitas minyak pelumas secara berkala. Parameter yang perlu diuji: kandungan air, tingkat kontaminasi partikel, viskositas dan kandungan *sludge*.
 - b. Pengendalian sumber kontaminasi. Langkah yang dilakukan: menjaga kebersihan sistem pelumasan, menghindari masuknya partikel asing, memastikan prosedur pengisian oli sesuai standar.
 - c. Optimasi parameter pemisahan. Melakukan evaluasi terhadap: temperatur operasi, debit aliran oli dan waktu proses pemisahan. Dampak yang diharapkan: mengurangi *defect losses*, meningkatkan *quality rate* dan meningkatkan kualitas minyak hasil *separator*.

Berdasarkan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM) menjadi strategi yang tepat untuk meningkatkan efektivitas *lubrication oil separator* karena mampu menangani akar permasalahan dari aspek manusia, mesin, metode, material, pengukuran, dan lingkungan. Sehingga dalam penerapan *Autonomous Maintenance* berperan dalam meningkatkan kemampuan operator melakukan deteksi awal gangguan, dimana *Planned Maintenance* berfungsi meningkatkan keandalan komponen dan mengurangi kegagalan peralatan. *Condition Monitoring* memungkinkan identifikasi perubahan kondisi mesin sebelum terjadi kerusakan besar. Sementara itu, *Quality Maintenance* berfokus pada pengendalian kualitas minyak pelumas untuk mengurangi *defect losses*.

Dengan penerapan keempat strategi tersebut, diharapkan nilai efektivitas separator dapat meningkat melalui pengurangan *Reduced Speed Losses*, *Equipment Failure Losses*, dan *Defect Losses*, sehingga kinerja *lubrication oil separator* mendekati kondisi operasi optimal sesuai tujuan implementasi TPM.

4. KESIMPULAN

Hasil evaluasi kinerja *lubrication oil separator* Mitsubishi SJ60H menunjukkan bahwa efektivitas peralatan belum mencapai kondisi optimal berdasarkan pendekatan TPM. Nilai rata-rata OEE selama periode Desember 2023 hingga Juli 2024 sebesar 71,1 %, sehingga masih berada di bawah standar efektivitas yang ditetapkan. OEE rata-rata sebesar 71,1 %, menunjukkan efektivitas *separator* belum optimal. Nilai tersebut dipengaruhi oleh nilai *availability* sebesar 90,36 %, *performance rate* sebesar 85,6 %, dan *quality rate* sebesar 92 %. Meskipun tingkat ketersediaan peralatan telah memenuhi standar minimum, rendahnya kinerja kecepatan operasi dan kualitas hasil pemisahan menjadi faktor yang membatasi peningkatan efektivitas *separator*. Analisis *Six Big Losses* menunjukkan bahwa *reduced speed losses* menjadi faktor kehilangan paling dominan dengan kontribusi 40,84 %, diikuti *equipment failure losses* sebesar 26,01 % dan *defect losses* sebesar 18,59 %. Ketiga faktor tersebut memberikan kontribusi kumulatif sebesar 85,44 % terhadap total kehilangan efektivitas, sehingga menjadi prioritas utama dalam penyusunan strategi peningkatan kinerja. Perbaikan TPM diarahkan pada *preventive maintenance* dan peningkatan *reliability* komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. M. G. Kapu, L. Jasa, and R. S. Hartati, "Analisa Indeks Keandalan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) MPP Flores," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 23, no. 1, pp. 125–132, 2024, doi: <https://doi.org/10.24843/MITE.2024.v23i01.P13>
- [2] R. A. Putra and D. Aribowo, "Analisis Efektivitas Mesin Diesel Wartsila W20V34DF Berbasis *Performance Test* (PT) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Ambon," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 71–80, 2022, doi: <https://doi.org/10.58169/saintek.v1i2.79>
- [3] R. I. Yaqin, D. Arianto, J. P. Siahaan, Y. E. Priharanto, M. Tumpu, and M. L. Umar, "Studi Perawatan Berbasis Risiko Sistem Pelumasan Mesin Induk KM Mabur dengan Pendekatan *Failure Mode and Effect*

- Analysis (FMEA),” SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 19, no. 2, pp. 218–226, 2022, doi: <https://doi.org/10.24014/sitekin.v19i2.12852>
- [4] T. Zhang, J. Li, A. Wei, J. Huang, S. Li, J. Huan, F. Wang, and H. Wang, “Ultra-clean separation of micro-particles in lubricant oil based on short-flow control of mini-hydrocyclone,” *Separation and Purification Technology*, vol. 304, Art. no. 122370, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122370>
 - [5] K. Gunawan, M. A. Akbar and O. Hijuzaman, “Analysis of Total Productive Maintenance (TPM) Using the Overall Equipment Effectiveness Method on Dryer Machines at PT. IJK,” *Jurnal Teknologika*, vol. 14, no. 2, pp. 539–547, 2024, doi: <https://doi.org/10.51132/teknologika.v14i2.429>
 - [6] D. F. Hidayat, J. Hardono and W. A. Wijaya, “Analisa Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin CNC Milling,” *JT: Jurnal Teknik*, vol. 9, no. 2, pp. 105–115, 2020, doi: <https://doi.org/10.31000/jt.v9i2.3689>
 - [7] Y. A. Ramitsa and C. D. Indrawati, “Analisis dan Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Centrifugal dengan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses, dan Total Productive Maintenance (TPM),” *Widya Teknik*, vol. 24, no. 2, pp. 111–119, 2025, doi: <https://doi.org/10.33508/wt.v24i2.7406>
 - [8] I. Saputra, T. Alisyahbana, and A. Ahmad, “Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses pada Mesin Raw Mill di PT. Semen Tonasa,” *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 12, pp. 698–710, 2024.
 - [9] M. N. Razan and M. Mahachandra, “Evaluasi Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Meminimalisasi Six Big Losses pada Mesin Unscramble di PT Pertamina Lubricants,” *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 14, no. 1, 2025.
 - [10] SAMGONG Co., Ltd., *SAMGONG-MITSUBISHI SELFJECTOR HERCULES-Series: Instruction Manual Operation & Maintenance Manual*, SHIE-2304-OMM, 3rd ed. Busan, Republic of Korea: Machinery Engineering Department, SAMGONG Co., Ltd., 2014.
 - [11] A. B. Jannahti, C. Lasmana, and M. Fauzi, “Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) using Overall Equipment Effectiveness (OEE) method on HPLC instruments in laboratory,” *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, vol. 10, no. 1, pp. 223–230, 2024, doi: <https://doi.org/10.24014/jti.v10i1.26222>
 - [12] S. D. Luozzo, F. Starnoni, and M. M. Schiraldi, “On the relationship between human factor and overall equipment effectiveness (OEE): An analysis through the adoption of analytic hierarchy process and ISO 22400,” *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 15, pp. 1–13, 2023, doi: <https://doi.org/10.1177/18479790231188548>
 - [13] A. N. Laili, A. N. Rachmat, and P. A. Setiawan, “Analisis Kinerja Mesin Roll Stand Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Pada Perusahaan Manufaktur Baja,” *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 74–80, 2025, doi: <https://doi.org/10.35991/jshee.v3i1.46>
 - [14] A. R. Diemsey and A. E. Apsari, “Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Jahit Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) di CV. Cahaya Setia Mulia,” *Jurnal Ilmiah Research and Development Student*, vol. 3, no. 1, pp. 107–121, 2025, doi: <https://doi.org/10.59024/jis.v3i1.1053>