

Operasional Mesin Utama Kapal Ferry Ro-Ro Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness*

Muhammad Rusydi Alwi^{1*}, Al Fillah Ilham²

¹ Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

² Mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

*Corresponding Author: rusdy.alra@eng.unhas.ac.id

Abstract	Article Info
<p>Generally, ferries ro-ro use diesel engines as their main engine. The ship's main engines will suffer a loss of performance over time and have been in operation for a long time. Many things cause major engine failure, including lack of maintenance and improper use of support components. The research aims to evaluate the performance of the ship's main engine by using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method, to analyze the causes of failure of the ship's main engine using a Root Cause Analysis (RCA), and to give recommendations for the performance of the ship's main engines. Research shows that the OEE's value over the last 3 years is 70,76%, and the relationship between the Six Big Losses and the OEE's is that where the OEE's higher, the lower Six Big Losses value, and the reverse. The main operations engine. KMP. Balibo has a value performance ratio that is still below standard, where losses are high, especially breakdown losses, which significantly affect availability ratios. It means that the operation of KMP. Balibo's main engine is not yet effective.</p> <p>Keywords: <i>Ferry Ro-Ro; Ship's Main Engine; Overall Equipment Effectiveness; Root Cause Analysis</i></p>	<p>Article History: <i>Received 1 August 2024</i> <i>Revised 25 September 2024</i> <i>Accepted 30 December 2024</i> <i>Available online 31 December 2024</i></p>

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri perkapalan khususnya transportasi laut di Indonesia yang semakin meningkat telah membangun iklim persaingan antar perusahaan pelayaran yang semakin ketat dan kompetitif. Untuk memenuhi hal itu, diperlukan sebuah kapal yang mampu beroperasi secara maksimal dalam memenuhi kebutuhan transportasi penyeberangan antar pulau di Indonesia. Kapal Ferry Ro-Ro bagaikan jembatan penghubung antar pulau yang mengantarkan roda ekonomi dan pembangunan di daerah-daerah terpencil di mana jalur darat tak mampu menjangkau. Kapal Ferry Ro-Ro memberi akses, menghubungkan antar pulau, antar kota, dan bahkan antar provinsi. Perannya tak tergantikan bagi masyarakat di daerah kepulauan. Kapal Ferry Ro-Ro menjadi transportasi laut yang membantu mengangkut penumpang dan kendaraan [1],[2],[3]. Kapal ferry umumnya menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utamanya. Mesin utama sebagai salah satu sistem yang memegang peranan penting dalam operasional kapal, harus selalu dalam keadaan *reliable* (handal) [4]. Keandalan merupakan syarat utama agar suatu sistem permesinan kapal dapat bekerja dengan baik.

Kapal Ferry Ro-Ro (*Roll-on/roll-off*) merupakan kategori kapal yang difungsikan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan. Keunikan kapal ini terletak pada sistem muatannya, di mana kendaraan dapat langsung masuk dan keluar kapal dengan penggerakannya sendiri, tanpa memerlukan alat bantu tambahan. Hal ini menjadikan kapal Ferry Ro-Ro bagaikan jembatan yang bergerak. Kinerja atau performa mesin merupakan faktor terpenting yang membantu perusahaan melayani pasar dengan permintaan tinggi.

Objek penelitian ini adalah KMP Balibo yang dikelola oleh PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Selayar. Dalam pengoperasiannya, KMP Balibo melayani rute Bira – Pamatata sejak tahun 2018. Sejak beroperasi KMP. Balibo diberitakan beberapa kali mengalami kerusakan. Seperti pada tanggal 12 September 2023 oli tercampur dengan air tawar, dan 19 Mei 2024 *bushing chamber injector* mengalami kebocoran

sehingga performa mesin tidak berjalan normal. Mesin utama kapal tersebut akan mengalami penurunan kinerja seiring dengan usia kapal dan lama beroperasinya. Ada banyak hal yang menyebabkan kegagalan mesin utama salah satunya adalah kurangnya perawatan dan penggunaan komponen penunjang yang salah seperti penggunaan bahan bakar atau *coolant* yang tidak direkomendasikan untuk mesin. Apabila kejadian ini terjadi saat kapal sedang beroperasi maka akan sangat berpengaruh dalam keselamatan dan operasional kapal. Karena pentingnya peran dan fungsi mesin utama kapal, perlu dilakukan upaya untuk menjaga kinerja mesin utama kapal serta mengidentifikasi faktor yang menyebabkan penurunan kinerja pada mesin utama kapal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa mesin yang dipakai selama operasional dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), sebuah metrik yang dikembangkan dari *Total Productive Maintenance* (TPM) oleh Seiichi Nakajima [5]. Penggunaan metode TPM ini memungkinkan perusahaan untuk memiliki program pemeliharaan peralatan produksi sehingga proses produksi dapat berjalan efektif dan efisien [6],[7],[8]. Selain itu, penyebab kegagalan mesin utama kapal dengan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) [9] juga di analisis yang kemudian diikuti dengan pemberian rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efektivitas mesin utama kapal. Untuk meningkatkan efektivitas kinerja mesin utama kapal saat mengalami penurunan kinerja, diperlukan pengetahuan, keterampilan dan kemampuan awak kapal dalam mengidentifikasi masalah. Dengan mengidentifikasi penyebab kegagalan mesin, awak kapal dapat melakukan tindakan perawatan yang diperlukan.

2. Metode

Overall Equipment Effectiveness (OEE) berperan dalam mengatasi dan meminimalisir gangguan produksi seperti *downtime* mesin. Ketailan metodenya, dengan indikator ketersediaan waktu, kinerja mesin, kualitas produk, dan identifikasi kerugian melalui *six big losses*, menjadikannya alat yang tepat untuk meningkatkan efisiensi. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) didasarkan pada tiga faktor utama: *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio* [10],[11].

Availability ratio merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. *Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*. Dengan demikian persamaan yang digunakan untuk mengukur *availability ratio* adalah persamaan (1) di bawah ini [5]:

$$Availability = \frac{operation\ time}{loading\ time} \times 100\% = \frac{loading\ time - downtime}{loading\ time} \times 100\% \quad (1)$$

Loading Time adalah waktu yang tersedia per periode waktu. *Downtime* mesin adalah waktu proses yang seharusnya digunakan mesin akan tetapi karena adanya gangguan pada mesin atau peralatan mengakibatkan tidak ada output yang dihasilkan. *Operation time* adalah waktu aktifitas mesin memproduksi sesungguhnya.

Performance ratio merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating speed rate* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *Net operating rate* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, ia mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah. Persamaan (2) berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk pengukuran rasio:

$$Performance = \frac{procced\ amaount\ x\ theoretical\ cycle\ time}{operation\ time} \quad (2)$$

Quality ratio merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. Persamaan yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah (Persamaan 3):

$$Quality\ rate = \frac{processed\ amaount - defect\ amount}{processed\ time} \quad (3)$$

Keenam faktor dalam "*six big losses*" ini dikelompokkan menjadi tiga komponen utama *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengukur kinerja mesin, yaitu kerugian waktu henti (*downtime*

losses), kerugian kecepatan (*speed losses*), dan kerugian cacat (*defect losses*). Nilai OEE yang diharapkan untuk mesin adalah 85%, menunjukkan bahwa kinerja mesin cukup efektif dan memenuhi standar produksi kelas dunia [12]. *Root Cause Analysis* (RCA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengatasi akar permasalahan dalam operasi dan fungsi suatu sistem [13]. Tujuan utama RCA adalah untuk menemukan penyebab utama suatu masalah atau kejadian, mencegah masalah yang sama terulang kembali di masa depan dan meningkatkan keandalan dan keamanan sistem.

Pengumpulan data dilakukan melalui studi lapangan dan observasi serta wawancara langsung pada awak kapal yang bertanggung jawab atas operasional dan pemeliharaan mesin utama kapal. Data yang digunakan yaitu data operasional KMP. Balibo selama 3 tahun terakhir mulai dari Juli 2021 – Juli 2024 yang diperoleh dari *engine logbook* dan laporan kondisi mesin seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Operasional Mesin Utama Kapal KMP. Balibo

Tahun	Bulan	Hari Beroperasi	Trip	Running Hours (Jam)
2024	Juli	30	81	243
	Juni	25	84	252
	Mei	23	62	197
	April	30	89	267
	Maret	10	21	63
	Februari	15	34	102
	Januari	21	59	177
2023	Desember	26	64	192
	November	24	68	170
	Oktober	23	63	189
	September	26	73	182,5
	Agustus	27	70	210
	Juli	31	91	227
	Juni	30	80	200
	Mei	24	73	182,5
	April	24	73	182,5
	Maret	3	8	35
2022	Februari	15	46	138
	Januari	16	49	122
	Desember	15	44	110
	November	20	60	180
	Oktober	12	36	144,7
	September	10	28	132,86
	Agustus	15	44	174,54
	Juli	16	50	267
	Juni	12	36	178
	Mei	5	14	70
2021	April	24	71	289
	Maret	20	61	354
	Februari	18	54	397
	Januari	6	19	184
	Desember	15	45	348
	November	22	65	480
	Oktober	21	63	463
Jumlah		704	2031	8296,6

Sumber : Hasil Olah Data

Selain itu, *engine logbook* serta catatan pekerjaan dari Masinis II menjadi acuan dalam penentuan penyebab penurunan kinerja atau penyebab kegagalan mesin utama kapal sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Penyebab Penurunan Kinerja Mesin

No	Kategori Permasalahan
1	Kerusakan Komponen Mesin
2	Kesalahan Perawatan
3	Overheating Mesin
4	Pengoperasian yang tidak tepat
5	Konsumsi bahan bakar tidak stabil
6	Sirkulasi udara kamar mesin tidak baik
7	Kondisi Cuaca

Sumber : Hasil Olah Data

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah Analisis dan pembahasan dilakukan untuk membahas data yang telah diolah dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Root Cause Analysis* (RCA). Pembahasan dibuat dalam bentuk narasi kemudian diberikan tabel persentase dan diagram pareto untuk memberikan penjelasan mengenai nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang tinggi maupun rendah. Lalu *Root Cause Analysis* (RCA) digunakan untuk menganalisis akar penyebab permasalahan dari kurangnya nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan penyebab terjadi kegagalan atau kerusakan pada mesin sehingga mengakibatkan kerugian (*losses*) pada operasional mesin utama KMP. Balibo. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Tahun	Bulan	Availibility (%)	Performance (%)	Quality (%)	OEE (%)
2024	Juli	77,87%	83%	89%	58%
	Juni	79,21%	83%	89%	59%
	Mei	79,47%	79%	89%	55%
	April	78,50%	83%	99%	65%
	Maret	75,58%	83%	57%	36%
	Februari	76,39%	83%	68%	43%
	Januari	78,15%	83%	93%	61%
2023	Desember	77,14%	83%	78%	50%
	November	72,13%	100%	94%	68%
	Oktober	77,97%	83%	90%	59%
	September	72,03%	100%	93%	67%
	Agustus	77,56%	83%	84%	54%
	Juli	72,42%	100%	98%	71%
	Juni	71,43%	100%	88%	63%
	Mei	72,86%	100%	99%	72%
	April	72,86%	100%	99%	72%
	Maret	86,21%	57%	88%	43%
	Februari	78,70%	83%	98%	64%
	Januari	72,78%	100%	98%	72%
2022	Desember	72,50%	100%	98%	71%
	November	78,57%	100%	100%	79%
	Oktober	85,09%	75%	100%	64%
	September	87,60%	99%	93%	81%
	Agustus	84,78%	98%	98%	81%
	Juli	89,36%	93%	100%	83%
	Juni	88,31%	100%	100%	88%
	Mei	88,33%	100%	93%	82%
	April	85,27%	98%	99%	83%
	Maret	90,29%	100%	98%	89%
	Februari	92,52%	100%	98%	91%
	Januari	94,48%	76%	95%	68%
2021	Desember	92,92%	95%	100%	88%
	November	92,55%	100%	98%	91%
	Oktober	92,52%	100%	100%	93%
	September	93,53%	88%	98%	80%
	Agustus	92,53%	100%	98%	91%
	Juli	93,03%	94%	98%	86%
Jumlah		82,26%	91,50%	93,33%	70,76%

Sumber : Hasil Olah Data

Berdasarkan perhitungan *overall equipment effectiveness*, nilainya dibawah standar dari nilai *overall equipment effectiveness* secara umum yaitu 85%. Berikut adalah nilai dari rata-rata nilai *quality ratio* selama periode 2024-2021 (Tabel 4).

Tabel 4. Rata-rata *Overall Equipment Effectiveness*

Tahun	Nilai
2024	54%
2023	63%
2022	80%
2021	88%

Sumber : Hasil Olah Data

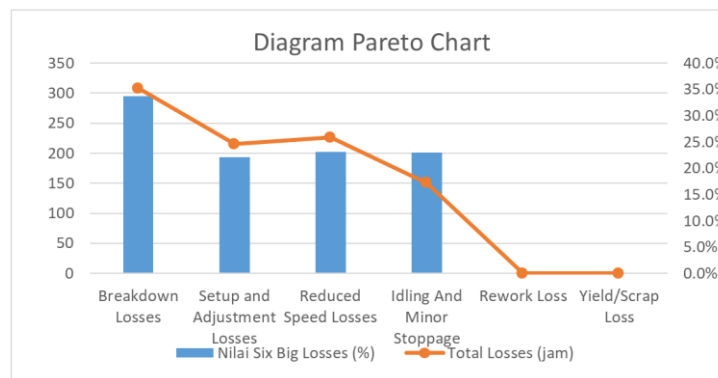
Nilai *Overall Equipment Effectiveness* Mesin Utama KMP. Balibo periode 2024-2021 ini mengalami penurunan. Sehingga perlu dianalisis apa penyebab penurunan dari nilainya. Oleh karena itu, analisis *six big losses* dilakukan untuk mengetahui apa yang menyebabkan kerugian dan penurunan kinerja operasional mesin utama KMP. Balibo. Tabel 5 menunjukkan rata-rata *six big losses* pada tahun 2024.

Tabel 5. Rata-rata *Six Big Losses* Tahun 2024

Item <i>Six Big Losses</i>	Total Jam	Nilai <i>Six Big Losses</i>
Breakdown Losses	308	33,8%
Setup and Adjustment Losses	215	22,1%
Idling And Minor Stoppage	226	23%
Reduced Speed Losses	150	23%
Rework Loss	0	0%
Yield/Scrap Loss	0	0%

Sumber : Hasil Olah Data

Berdasarkan Tabel 5 dan diagram pareto pada Gambar 1, didapatkan informasi bahwa pada tahun 2024 faktor *losses* yang paling tinggi dalam mesin utama KMP. Balibo adalah *Breakdown Losses* dengan nilai persentase sebesar 33,8% dan waktu *losses* sebesar 308 Jam.



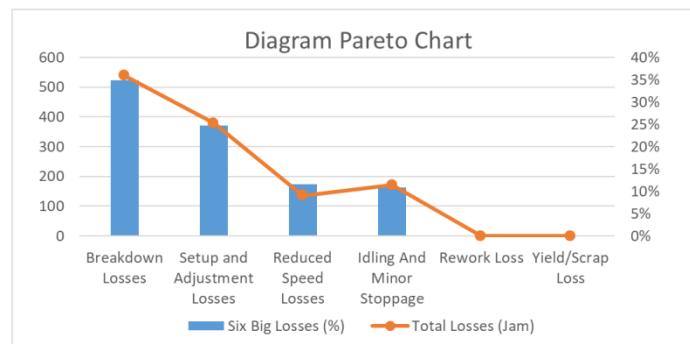
Gambar 1. Diagram Pareto Chart *Six Big Losses* 2024

Pada tahun 2023 faktor *losses* yang paling tinggi dalam mesin utama KMP. Balibo adalah *Breakdown Losses* dengan nilai persentase sebesar 35% dan waktu *losses* sebesar 538 Jam seperti pada Tabel 6 dan Gambar 2.

Tabel 6. Rata-rata *Six Big Losses* Tahun 2023

<i>Six Big Losses</i>	Total Jam	Nilai <i>Six Big Losses</i>
Breakdown Losses	538	35%
Setup and Adjustment Losses	379	25%
Idling And Minor Stoppage	135,5	12%
Reduced Speed Losses	171	11%
Rework Loss	0	0%
Yield/Scrap Loss	0	0%

Sumber : Hasil Olah Data



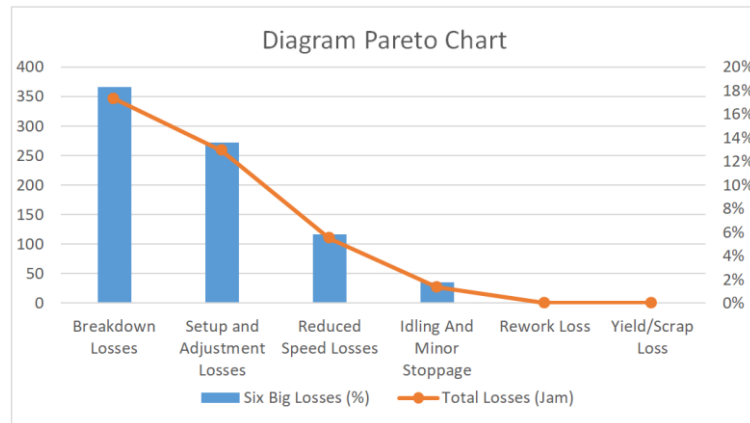
Gambar 2. Diagram Pareto Chart *Six Big Losses* 2023

Pada tahun 2022, faktor *losses* yang paling tinggi dalam mesin utama KMP. Balibo adalah *Breakdown Losses* dengan nilai persentase sebesar 18% dan waktu *losses* sebesar 346 Jam yang terlihat pada Tabel 7 dan Gambar 3.

Tabel 7. Rata-rata Six Big Losses Tahun 2022

Six Big Losses	Total Jam	Nilai Six Big Losses
Breakdown Losses	346	18%
Setup and Adjustment Losses	258,5	14%
Idling And Minor Stoppage	109,98	6%
Reduced Speed Losses	27	2%
Rework Loss	0	0%
Yield/Scrap Loss	0	0%

Sumber : Hasil Olah Data



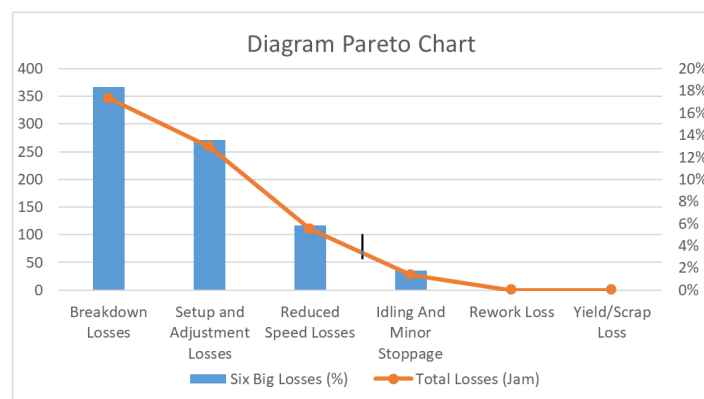
Gambar 3. Diagram Pareto Chart Six Big Losses 2022

Sedangkan di tahun 2022, faktor *losses* yang paling tinggi dalam mesin utama KMP. Balibo adalah *Breakdown Losses* dengan nilai persentase sebesar 9% dan waktu *losses* sebesar 216 Jam yang terlihat pada Tabel 8 dan Gambar 4.

Tabel 8. Rata-rata Six Big Losses Tahun 2021

Six Big Losses	Total Jam	Nilai Six Big Losses
Breakdown Losses	216	9%
Setup and Adjustment Losses	163	7%
Idling And Minor Stoppage	84,64	7%
Reduced Speed Losses	12	1%
Rework Loss	0	0%
Yield/Scrap Loss	0	0%

Sumber : Hasil Olah Data



Gambar 4. Diagram Pareto Chart Six Big Losses 2021

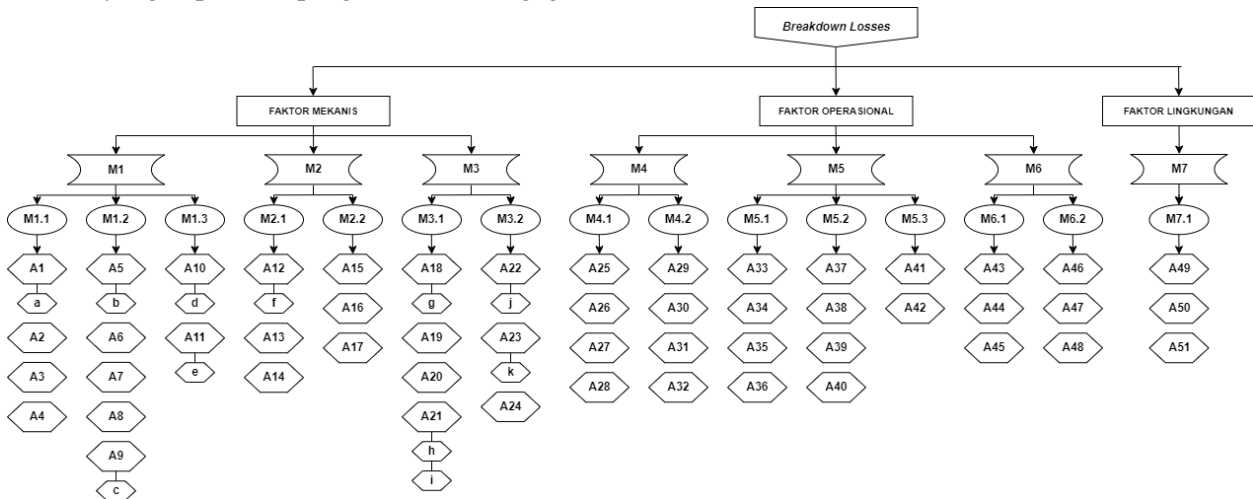
Berdasarkan hasil perhitungan, nilai OEE mencapai 70,76% selama 3 tahun terakhir dimana nilai OEE pada tahun 2021 sebesar 88%, 2022 sebesar 80%, 2023 sebesar 63% dan 2024 sebesar 54%, yang belum memenuhi standar OEE kelas dunia sebesar 85%. Keterkaitan antara *Six Big Losses* dan OEE adalah semakin tinggi nilai OEE, semakin rendah nilai *Six Big Losses*, dan sebaliknya, semakin rendah nilai OEE, semakin tinggi nilai *Six Big Losses*. Pada mesin utama KMP. Balibo, standar nilai OEE belum terpenuhi, terutama karena *performance ratio* yang belum sesuai dengan standar. Hal ini terkait dengan tingginya tingkat *losses*, khususnya *Breakdown Losses*, yang termasuk dalam *availibilty* dan memiliki dampak besar

pada *availability ratio*. Oleh karena itu, langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi penyebab *losses* tersebut sebagai dasar untuk merumuskan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan efektivitas mesin utama KMP. Balibo.

Selanjutnya diidentifikasi penyebab rendahnya *Availability Ratio (Breakdown Losses)* operasional mesin utama kapal KMP. Balibo dengan menggunakan metode *Root Cause Analysis (RCA)*. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan rendahnya *performance ratio* sebagai berikut (lihat Gambar 5):

- a. Faktor Mekanis, faktor mekanis berkaitan langsung dengan kondisi fisik dan teknis komponen mesin. Kerusakan atau ketidaksempurnaan pada komponen mekanis bisa sangat mempengaruhi kinerja mesin.
- b. Faktor Operasional, faktor operasional terkait dengan bagaimana mesin dioperasikan dan kondisi di mana mesin tersebut digunakan.

Faktor Lingkungan, faktor lingkungan adalah faktor yang berkaitan dengan kesalahan atau kekurangan manusia yang dapat mempengaruhi suatu kegagalan.



Gambar 5. Root Cause Map

Setelah mengidentifikasi penyebab dari penerunan kinerja mesin utama kapal menggunakan metode RCA (*Root Cause Analysis*), berikut ini langkah-langkah berupa rekomendasi yang perlu diambil untuk mencegah terjadinya hal-hal yang telah diidentifikasi:

- Pembersihan *cylinder block* yang pengabutannya kurang maksimal.
- Pengadaan serta penggantian *spare parts*.
- Pengecekan tiap-tiap *cylinder head* mesin utama.
- Pembaruan alat kerja (*tools kit*)
- Pemberian waktu kerja terutama bagi kru yang kurang sehat.
- Pelatihan guna meningkatkan kemampuan kru dalam mengidentifikasi kerusakan.
- Mengurangi kecepatan operasional kapal apabila kondisi lingkungan/cuaca tidak normal
- Jadwal pemeliharaan dilaksanakan secara tepat
- Evaluasi Kinerja Mesin dan Pemeliharaan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* pada mesin utama kapal KMP. Balibo untuk periode 2024-2021, terlihat bahwa rata-rata nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* adalah 70,76% dimana nilai OEE pada tahun 2021 sebesar 88%, 2022 sebesar 80%, 2023 sebesar 63% dan 2024 sebesar 54%. Nilai nilai ini belum memenuhi standar OEE sebesar 85%. Hal ini berarti bahwa operasional mesin utama KMP. Balibo belum efektif. Diharapkan, dengan menerapkan sejumlah langkah langkah rekomendasi yang diberikan, akan mencegah terjadinya hal hal yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Daftar Pustaka

[1] Febriansyah, Latuheru P. M, Sari, V. P, Susanto, N. T, Royhan, M, Evaluasi Tata Cara Pemuatan Kendaraan Di atas Kapal Penyeberangan Pada Lintasan Bira-Pamatata Provinsi Sulawesi Selatan, Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek, 2024, Vol. 2, No. 4, pp. 80-89.

- [2] Samuel, Pardosi, B. R, Studi Perancangan Kapal Ferry Ro-Ro Model Katamaran di Perairan Danau Toba, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2022, Vol. 13, No. 2, pp. 503-512, DOI: <https://doi.org/10.21776/jrm.v13i2.1085>
- [3] Nur, A. R, Nugroho, S, Studi Kapasitas Angkut Layanan Kapal Ferry Ro-Ro (Studi Kasus Balikpapan - Penajam), *Jurnal Technoscienza*, 2023, Vol. 7, No. 2, pp. 225-236
- [4] Alwi, M. R, Zulkifli, Baharuddin, Sitepu, A. H, Rivai, H, Human reliability assessment on operations of purse seiner fishing boats in Makassar, 2022, *AIP Conference Proceeding*, 2543, 080002, <https://doi.org/10.1063/5.0095219>
- [5] Nakajima, S, *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*, Productivity Press Inc, Portland, p. 21, 1988.
- [6] Stephens, M. P, *Productivity and Reliability-Based Maintenance Management*, Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, Amerika Serikat, 2010.
- [7] Mishra, R. P, Gupta, G, Sharma, A, Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment, *Procedia CIRP* 98, 2021, pp. 241-246
- [8] Brah, S. A, Chong, W. K, Relationship Between Total Productive Maintenance (TPM) and Performance, *International Journal of Production Research*, 2004, Vol. 42, No. 12, pp. 2383-2401 DOI: 10.1080/00207540410001661418
- [9] Srivastava, V, Singh, D, Rao, A. G, Deshmukh, V. P, Root Cause Analysis of Flywheel Gear Failure in a Marine Diesel Engine, *Engineering Failure Analysis*, 2024, Vol. 156, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107729>
- [10] Denso, *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM) and Overall Equipment Effectiveness (OEE) - Study Guide*, 2006
- [11] Kumar, A, Sahu A, Calculation and Analysis of Overall Equipment Efficiency (OEE): A Study on Battery Manufacturing Industry, Master's Thesis, *Industrial Management and Innovation Uppsala Universitet*, 2023,
- [12] Hazmi, M. F., Juniani, A. I., Budiyanto, E. N, Analisis Perhitungan OEE dan Six Big Losses Terhadap Produktivitas Mesin Tuber Bottomer Line 4 PT. IKSG Tuban, *Proceeding 1st Conference on Safety Engineering and It's Application*, 2017, pp. 161–166.
- [13] Nur, F. M, Saifuddin, Sami, M., Analisis Kinerja Rurbocharger Pada Saat Beban Maksimum Menggunakan Metode RCFA (Root Cause Failuer Analysis) di PLTMG Arun, *Jurnal Teknologi*, 2023, Vol. 23, No. 2, pp. 78-83