

Analisis Penyebab Kerusakan pada *Pump Engine* Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Sahipul Ernada^{1*}, Mades Darul Khairansyah² dan Dika Rahayu Widiana³

^{1,2}Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³ Magister Teknik Keselamatan dan Resiko, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: sahipul.ernada3@gmail.com

Abstrak

Perusahaan manufaktur pengolahan minyak pelumas merupakan produsen yang aktif dalam mengolah oli bekas menjadi produk pelumas baru yang siap pakai. Salah satu tahapan penting dalam proses produksi ini adalah *Hydrofinishing*, di mana sering terjadi kegagalan pada mesin pompa P-101A dapat menghambat proses produksi. Berdasarkan data downtime tahun 2024, diketahui bahwa tingkat kegagalan mesin pompa mencapai 21%. Pada penelitian ini *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) bertujuan untuk mengidentifikasi risiko kegagalan setiap fungsi komponen. Hasil analisis FMEA terdapat 27 komponen dengan 28 mode kegagalan dan nilai *Risk Priority Number* (RPN) menunjukkan bahwa komponen dengan nilai RPN tertinggi adalah *mechanic seal* dengan nilai RPN 140, diikuti oleh *timing gear* dan *strator* dengan nilai RPN 120. Berdasarkan analisis diagram pareto, komponen-komponen tersebut termasuk dalam 20% komponen yang paling berkontribusi terhadap potensi kegagalan sistem. Temuan ini memberikan dasar bagi penentuan prioritas perawatan guna meningkatkan keandalan mesin pada proses *Hydrofinishing* yang memiliki tingkat risiko tinggi.

Kata Kunci: Diagram Pareto, FMEA, *Pump Engine*,

Abstract

The lubricant oil processing manufacturing company is an active producer in processing used oil into new, ready-to-use lubricant products. One of the critical stages in this production process is Hydrofinishing, where failures in the P-101A pump machine can hinder the production process. Based on 2024 downtime data, it was found that the failure rate of the pump machine reached 21%. In this study, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) aims to identify the failure risks of each component function. The FMEA analysis identified 27 components with 28 failure modes, and the Risk Priority Number (RPN) values indicate that the component with the highest RPN value is the mechanical seal with an RPN of 140, followed by the timing gear and stator with an RPN of 120. Based on the Pareto diagram analysis, these components are among the top 20% of components contributing to the potential system failure. This finding provides a basis for determining maintenance priorities to enhance machine reliability in the high-risk Hydrofinishing process..

Keywords: Pareto Diagram, FMEA, *Pump Engine*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur pengolahan minyak pelumas merupakan sebuah produsen yang aktif dalam proses pengolahan dan pemrosesan limbah oli menjadi oli baru (*recycled oil*) serta beberapa jenis produk pelumas lainnya. Proses pengolahan minyak pelumas dibuat melalui proses *Preflash*, proses TDA (*Thermal de Asphalting*) dan proses *Hydrofinishing*. Beberapa tahapan proses pengolahan, proses *hydrofinishing* memiliki tingkat bahaya tinggi atau *high risk* karena pada tahapan proses terdapat dua perbedaan kondisi yaitu kondisi bertekanan rendah (*low pressure*) yaitu 1-7 bar dengan suhu 50 °C – 200 °C dan bertekanan tinggi (*High Pressure*) 55 – 65 bar dengan suhu 35 °C - 350 °C. Salah satu mesin dalam proses *hydrofinishing* yang terpenting adalah *pump engine* atau mesin pompa P-101A *type Screw*. Pompa *Screw* (pompa ulir) mempunyai satu, dua atau tiga sekrup yang berputar di dalam rumah pompa yang diam (Cahyo, 2022). Berdasarkan hasil observasi data kegagalan (*downtime*) tahun 2024 pada divisi *maintenance*, diketahui bahwa mesin pompa *screw* P-101 A mempunyai data kegagalan paling tinggi.

Salah satu upaya dalam mencegah kegegalan pada mesin pompa ini adalah dengan melakukan suatu

identifikasi bahaya menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). FMEA merupakan metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mengidentifikasi serta menganalisis berbagai mode dan resiko kegagalan terhadap keandalan sistem (Syarifudin & Putra, 2021), selanjutnya menentukan komponen kritis menggunakan diagram pareto. Penentuan komponen kritis berdasarkan hukum pareto berarti 20% komponen mewakili 80% dari jumlah seluruh komponen (Grosfeld-Nir, Ronen, & Kozlovsky, 2007). Pada Metode FMEA dalam penelitian ini difokuskan secara spesifik pada mesin pompa *screw* P-101A yang beroperasi dalam proses *hydrofinishing*, dengan kondisi ekstrem berupa tekanan dan suhu tinggi. Hingga saat ini, masih sedikit penelitian yang membahas penerapan metode FMEA pada pompa *screw* dalam konteks proses pemurnian oli daur ulang (*recycled oil*) dengan tingkat risiko operasional yang tinggi seperti pada tahapan *hydrofinishing*. Tujuan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada mesin pompa dan menentukan komponen kritis. Pada penelitian sebelumnya Anthony (2021) metode FMEA telah dilakukan penelitian pada mesin pompa pendingin ac dan kompresor. Pada penelitian Wicaksono dkk (2023) metode FMEA telah dilakukan penelitian pada pompa sentrifugal. Pada penelitian Mesra (2020) metode FMEA telah dilakukan penelitian pada pompa sentrifugal. Pada penelitian Irawan dkk (2024) metode FMEA telah dilakukan penelitian pada mesin pompa air. Pada penelitian Ramadhan (2023) mesin pompa *single screw* telah dilakukan penelitian terkait evaluasi *corrective maintenance* di PT. XYZ. Pada penelitian Subriadi dan Najwa (2020) metode FMEA telah dilakukan FMEA) untuk penilaian risiko teknologi informasi. Pada penelitian Amalia dkk (2022) analisis kerusakan mesin *sterilizer* pabrik kelapa sawit menggunakan *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA). Pada penelitian Pangestuti dkk (2022) metode FMEA digunakan untuk menganalisis risiko operasional.

2. METODE

Pengambilan data kerusakan pada komponen selama 3 tahun dari 2022-2024. Pengolahan data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif yang didapatkan dari data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh melalui wawancara dengan pihak *maintenance* dan pihak produksi mengenai detail fungsi komponen dan data sekunder didapatkan dari data *historis* yang merupakan arsip atau dokumen di perusahaan seperti data deskripsi proses kerja, P&Id dan data kegagalan.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Pengolahan data secara kualitatif yang pertama yaitu analisa FMEA. FMEA merupakan salah satu metode yang digunakan dalam mengidentifikasi suatu kegagalan sistem. Analisa FMEA memfokuskan pada penyebab kegagalan dan mekanisme terjadinya kegagalan (Moubray, 1997), serta penilaian RPN.

$$RPN = Saverity \times Occurrence \times Detection$$

Nilai RPN yang muncul menunjukkan tingkat kepentingan terhadap perhatian yang diberikan untuk area /komponen yang terdapat dalam sistem. Nilai tingkat keparahan (*severity*) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori tingkat keparahan (*Saverity*)

Rank	Saverity	Deskripsi
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek sangat berbahaya
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya
8	Sangat tinggi	Sistem tidak beroperasi
7	Tinggi	Sistem beroperasi tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh
6	Sedang	Sistem beroperasi dan aman tetapi mengalami penurunan performa sehingga mempengaruhi output
5	Rendah	Mengalami penurunan kinerja secara bertahap
4	Sangat rendah	Efek yang kecil pada performa sistem
3	Kecil	Sedikit berpengaruh pada kinerja sistem
2	Sangat kecil	Efek yang diabaikan pada kinerja system
1	Tidak ada efek	Tidak ada efek

Sumber: McDermott, et. al. 2009

Untuk nilai tingkat kemungkinan (*occurrence*) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori tingkat kemungkinan (*Occurrence*)

Rank	Occurrence	Frekuensi
10	Sangat tinggi	1 Kejadian / shift
9		1 Kejadian / hari
8	Tinggi	1 Kejadian / 2-3 hari
7		1 Kejadian / minggu
6	Sedang	1 Kejadian / 2 minggu
5		1 Kejadian / bulan
4		1 Kejadian / 4 bulan
3	Rendah	1 Kejadian / 6 bulan
2		1 Kejadian / tahun
1	Tidak ada efek	1 Kejadian / > 1 tahun

Sumber: McDermott et al., 2009

Untuk nilai Detection dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Kategori tingkat deteksi (*Detection*)

Rating	Detection	Deskripsi
10	Tidak pasti	Tidak ada metode deteksi yang bisa mengidentifikasi kegagalan. Inspeksi tidak mampu mendeteksi mode kegagalan sama sekali.
9	Sangat kecil	Kemungkinan untuk mendeteksi sangat rendah, hampir mustahil kecuali kegagalan sudah terjadi.
8	Kecil	Masih termasuk sangat jarang. Sistem pengecekan tidak cukup mampu mendeteksi kegagalan, atau hanya bisa setelah kegagalan cukup parah.
7	Sangat rendah	Ada kemungkinan deteksi, tapi sangat minim. Diperlukan analisa lanjut atau alat khusus, yang belum tentu dilakukan
6	Rendah	Deteksi masih sulit, tapi bisa dilakukan dengan prosedur tertentu. Biasanya butuh waktu dan tenaga ekstra.
5	Sedang	Pengecekan umum bisa mendeteksi sebagian kegagalan, tetapi tidak konsisten. Deteksi bersifat moderate.
4	Menengah keatas	Deteksi cukup bisa diandalkan, apalagi jika dilakukan dengan frekuensi yang baik. Masih bisa terlewat jika prosedur tidak ketat.
3	Tinggi	Sebagian besar kegagalan bisa terdeteksi oleh inspeksi atau alat monitoring. Kemungkinan gagal deteksi kecil.
2	Sangat tinggi	Hampir seluruh kegagalan akan terdeteksi sebelum berdampak. Sistem kontrol atau sensor bekerja sangat efektif.
1	Hampir pasti	Pasti terdeteksi. Alat/sensor selalu mendeteksi kegagalan sebelum terjadi dampak. Kemungkinan terlewat = hampir nol.

Sumber : Perusahaan Minyak Pelumas, 2024

Penentuan Komponen Kritis

Selanjutnya dilakukan penilaian komponen kritis, Penentuan komponen kritis berdasarkan hukum pareto yakni aturan 80-20 yang dapat diartikan bahwa 20% dari komponen akan mewakili 80% komponen keseluruhan. Diagram pareto bertujuan untuk mencari atau mengetahui prioritas tertinggi suatu permasalahan dan merupakan kunci penyelesaian permasalahan dengan cara membandingkannya dengan keseluruhan (Auliandri & Kurniastuti, 2016)

$$\%RPN = \frac{\text{Nilai RPN}}{\text{Jumlah RPN Keseluruhan}} \times 100\%$$

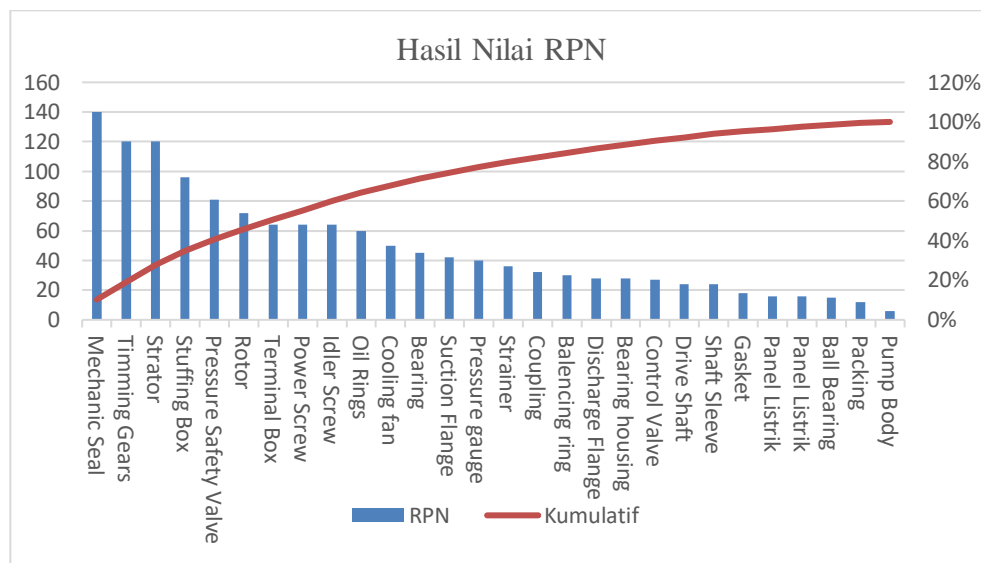
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa FMEA dilakukan analisis komponen mana yang rusak, fungsi, kegagalan fungsi, penyebab serta dampak yang ditimbulkan. Dengan demikian, kita akan dapat memberikan perlakuan lebih terhadap komponen tersebut dengan tindakan pemeliharaan yang tepat. Analisa FMEA didapatkan dari data kegagalan perusahaan dan dilakukan analisis bersama *Expert Judgment* sesuai kriteria dari Skjong, R. (2014). Tabel 4 FMEA pada tiga komponen merupakan contoh hasil analisis yang dilakukan menggunakan *FMEA worksheet*. Komponen *pressure gauge* berfungsi untuk alat indikator tekanan mesin pompa. Jika komponen *pressure gauge* ini mengalami kegagalan, maka mesin pompa tidak dapat terdeteksi tekanannya dan berisiko ledakan. Analisis juga dilakukan terhadap komponen *pressure safety valve* (PSV), yang merupakan komponen keselamatan yang dirancang untuk menjaga tekanan sistem agar tetap stabil. Jika PSV mengalami kegagalan, tekanan pada pompa jika mengalami *over pressure* tidak dapat buang akan mengakibatkan ledakan.

Tabel 4. FMEA pada *Pressure gauge*, *Pressure Safety Valve* dan Panel Listrik

FMEA Information Worksheet Pump Engine									
System : Hydrofinishing Unit					Fasilitator:			Date:	
Sub- System :Screw Engine Pump P-101 A					Auditor:			Year: 2025	
No	Komponen	Fungsi	Kegagalan Fungsi	Bentuk Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN
1	<i>Pressure Gauge</i>	Alat indikator tekanan pompa	Tidak dapat membaca tekanan yang ada di dalam pompa	Jarum petunjuk rusak	Tidak dapat mengetahui tekanan di dalam pompa, apabila terjadi <i>over pressure</i>	10	2	2	40
2	<i>Pressure Safety Valve</i>	Alat pengaman /safety menjaga tekanan dalam sistem agar tetap stabil dan aman	Tidak dapat membuka jika terjadi tekanan berlebih / <i>over pressure</i>	Katup valve macet	Tidak dapat membuang tekanan berlebih, apabila terjadi <i>over pressure</i> dapat menyebabkan ledakan	9	3	3	81
3	Panel Listrik	Mengontrol dan sumber listrik motor listrik yang berada di pompa.	Tidak dapat memberikan suplay energi listrik	Kabel Terputus	Konsleting listrik	8	1	2	16
				MCB rusak	Konsleting listrik, pompa tidak dapat berfungsi	8	1	2	16

Berdasarkan Tabel 4 analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada mesin pompa, terdapat 27 komponen yang dianalisis bentuk keagalannya didapatkan 28 bentuk kegagalan. Beberapa bentuk kegagalan menyebabkan mesin pompa tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengerjaan FMEA dilakukan melalui diskusi yang melibatkan penilaian dari *expert judgement*. Tahap selanjutnya adalah melakukan penilaian *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan penilaian risiko yang diberikan setelah melakukan identifikasi kegagalan pada komponen mesin pompa menggunakan FMEA. Penilaian risiko ini mencakup tiga kriteria yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. *Severity* (S) menunjukkan tingkat keparahan dari efek potensial kegagalan (*potential failure mode*) yang dialami. *Occurrence* (O) menyatakan kemungkinan sebuah *failure mode* dapat dideteksi. Nilai *severity* (S), dan *detection* (D) yang sifatnya kualitatif, ditentukan berdasarkan *brainstorming* dengan *expert judgement* terkait, sedangkan untuk nilai *occurrence* (O) didasarkan pada seberapa sering komponen tersebut mengalami kegagalan. Berdasarkan data kegagalan perusahaan diketahui bahwa dalam kurun waktu 3 tahun terakhir komponen *mechanic seal* mengalami kegagalan yaitu sebesar 4 kali. Data tersebut digunakan untuk menentukan kriteria *occurrence* atau tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan, sehingga dapat menjadikan nilai RPN-nya tinggi juga.



Gambar 1. Hasil Nilai RPN

Hasil dari RPN Gambar 1 menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Berdasarkan analisis melalui FMEA maka didapat nilai RPN masing-masing komponen dan komponen yang memiliki nilai RPN yang tertinggi yaitu kegagalan pada *mechanic seal* dengan nilai RPN 140. Dari hasil analisis diagram pareto komponen yang termasuk ke dalam 20% komponen kritis yaitu *mechanic seal* dengan nilai RPN 140, *timing gear* dan *strator* dengan nilai RPN 120.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil analisis dalam mengidentifikasi kegagalan komponen menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) pada mesin pompa menunjukkan bahwa terdapat 27 komponen dan 28 *failure mode*, serta diketahui pada analisis diagram pareto didapatkan yang termasuk kedalam komponen kritis adalah *mechanic seal* dengan RPN 140, serta *timing gear* dan *strator* dengan RPN 120. Perhitungan komponen kritis yang telah dilakukan digunakan sebagai prioritas tindakan untuk dilakukan perawatan guna mengurangi kegagalan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, W., Ramadian, D., & Hidayat, S. N. (2022). Analisis Kerusakan Mesin Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Failure Modes and Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 8(2), 369. <https://doi.org/10.24014/jti.v8i2.19179>
- Anthony, M. B. (2021). Analisis Penyebab Kerusakan Unit Pompa Pendingin AC dan Kompresor Menggunakan Metode FMEA, 11(1).
- Auliandri & Kurniastuti. (2016). EVALUASI ON-TIME PERFORMANCE PADA MASKAPAI TIGER AIRWAYS RUTE SURABAYA-SINGAPURA DENGAN MENGGUNAKAN DIAGRAM KONTROL, DIAGRAM PARETO, DAN DIAGRAM SEBAB-AKIBAT. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 152(3), 28.
- Cahyo, S. E. (2022). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Penerapannya Untuk Supply Daya Pompa Screw Pada Aliran Air Limbah PT . POMI, 1(1), 18–25. <https://doi.org/10.11591/eei.v9i3.xxxx>
- Grosfeld-Nir, A., Ronen, B., & Kozlovsky, N. (2007). The Pareto managerial principle: When does it apply? *International Journal of Production Research*, 45(10), 2317–2325. <https://doi.org/10.1080/00207540600818203>
- Irawan, H. T., Pamungkas, L., Akmal, A. K., Pandria, T. . A., Hasnita, S., & Azhar. (2024). Identifikasi Penyebab Kerusakan Mesin Pompa pada Sistem Distribusi Air PDAM Menggunakan FMEA dan LTA, 10(2), 260–268.
- McDermott, R. E., J. Mikulak, R., & Beauregard, M. R. (2009). *The Basics of FMEA 2and Edition* (2 ed). New York: CRC Press.
- Mesra, T. (2020). Analisis Perawatan Mesin Pompa Sentrifugal dengan Metoda Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), 13(2), 39–46.
- Moubray. (1997). *Reliability-Centred Maintenance II*. Industrial Press Inc, New York.
- Pangestuti, D. C., Nastiti, H., & Husniaty, R. (2022). Analisis Risiko Operasional Dengan Metode FMEA. *JURNAL AKUNTANSI, EKONOMI Dan MANAJEMEN BISNIS*, 10(2), 177–186.

<https://doi.org/10.30871/jaemb.v10i2.3235>

Ramadhan, S. (2023). Evaluasi Corrective Maintenance Single Screw Pump di PT. XYZ, *03(02)*, 78–84.

Skjong, R., & Wentworth, B. H. (2014). Expert Judgment and Risk Perception. *International Offshore and Polar Engineering Conference, Vol.4(December)*, 537–544.

Subriadi, A. P., & Najwa, N. F. (2020). The consistency analysis of failure mode and effect analysis (FMEA) in information technology risk assessment. *Heliyon*, *6(1)*, e03161. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03161>

Syarifudin, A., & Putra, J. T. (2021). Analisa Risiko Kegagalan Komponen pada Excavator Komatsu 150LC dengan Metode FTA DAN FMEA DI PT. XY. *Jurnal InTent*, *4(2)*, 1–10.

Wicaksono, A., Priyana, E. D., & Nugroho, Y. P. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Pada Pompa Sentrifugal Di PT . X, *9(1)*, 177–185.