
STUDI ANALISIS RISIKO PADA MESIN SOLUTION PUMP 1150 DENGAN METODE FMEA DI PT. PERTAMINA EP SUKOWATI

Ahdan Zulfikar A'la¹, Rohmat²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains Teknologi Dan Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Lamongan
Jl. Plalangan RW.02, Plosowahyu, Lamongan 62218, Indonesia
e-mail: ahdanzulfikar04@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kerusakan pada mesin *Solution Pump* 1150 di PT Pertamina EP Sukowati menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Mesin ini berperan penting dalam operasional industri minyak dan gas karena digunakan untuk mengalirkan larutan kimia dan mendukung kelancaran proses produksi. Kerusakan mesin dapat menyebabkan gangguan operasional, peningkatan biaya perawatan, dan downtime produksi sehingga diperlukan analisis risiko untuk menentukan prioritas penanganan. Penelitian dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, studi literatur, dan pengumpulan data kerusakan mesin. Data dianalisis menggunakan metode FMEA dengan menentukan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN digunakan untuk menentukan tingkat prioritas risiko yang harus segera ditangani. Hasil penelitian menunjukkan beberapa mode kegagalan utama, yaitu kerusakan bearing, umur bearing yang pendek, kebocoran seal, kekurangan oli, dan kesalahan pemasangan bearing. Nilai RPN tertinggi terdapat pada risiko R1 sebesar 40, diikuti R4 sebesar 32, R2 sebesar 20, dan R3 sebesar 15. Risiko dengan nilai tertinggi menjadi prioritas utama karena berdampak besar terhadap kinerja mesin dan kontinuitas produksi. Rekomendasi mitigasi meliputi pemasangan sensor getaran dan suhu, alignment dan pelumasan berkala, pemasangan sensor tekanan dan alarm level oli otomatis, serta monitoring kondisi bearing secara rutin. Penerapan rekomendasi tersebut diharapkan dapat menurunkan risiko kerusakan, meningkatkan efektivitas pemeliharaan, dan menjaga keandalan operasional mesin. Dengan demikian, metode FMEA efektif digunakan untuk menentukan prioritas perawatan secara preventif dan terstruktur.

Kata kunci: FMEA, *Solution Pump* 1150, Analisis Risiko, Maintenance

ABSTRACT

This study aims to analyze the risk of damage to the Solution Pump 1150 machine at PT Pertamina EP Sukowati using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method. This machine plays an important role in oil and gas industry operations because it is used to transfer chemical solutions and support the continuity of the production process. Machine failure can cause operational disruptions, increased maintenance costs, and production downtime; therefore, a risk analysis is required to determine appropriate handling priorities. The research was conducted through field observations, interviews, literature studies, and the collection of machine failure data. The data were analyzed using the FMEA method by determining the values of Severity (S), Occurrence (O), and Detection (D) to calculate the Risk Priority Number (RPN). The RPN value was used to determine the priority level of risks that require immediate attention. The results showed several major failure modes, including bearing damage, short bearing life, seal leakage, insufficient oil, and improper bearing installation. The highest RPN value was found in risk R1 at 40, followed by R4 at 32, R2 at 20, and R3 at 15. The risk with the highest RPN value became the top priority because it has a significant impact on machine performance and production continuity. The proposed mitigation recommendations include installing vibration and temperature sensors, performing periodic alignment and lubrication, installing pressure sensors and automatic oil level alarms, and conducting routine bearing condition monitoring. The implementation of these recommendations is expected to reduce the risk of damage, improve maintenance effectiveness, and maintain machine operational reliability. Therefore, the FMEA method is proven to be effective in determining maintenance priorities in a preventive and structured manner.

Keywords: FMEA, *Solution Pump* 1150, Risk Analysis, Maintenance.

Jejak Artikel

Upload artikel : 24 April 2026

Revisi : 5 Mei 2026

Publish : 29 Mei 2026

1. PENDAHULUAN

Komoditas migas, terbanyak dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia, menjadi salah satu contoh utama dari sumber daya alam yang berkontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional (Susanti et al., 2021). Kemajuan pengetahuan dan teknologi yang berkembang pesat di era digital saat ini telah membawa perubahan yang signifikan pada bidang minyak dan gas khususnya di bidang pertambangan (Susanti et al., 2021). Energi dari perut bumi, khususnya daerah migas, bertanggung jawab peran yang dipegang untuk itu penting dalam membangun hal suatu ekonomi internasional maupun nasional. Pengelolaan minyak dan gas bumi di Indonesia dilakukan oleh pemerintah melalui PT Pertamina, sesuai dengan dasar hukum yang diatur dalam UU No. 8 Tahun 1971 dan UU No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas, yang diundangkan pada tanggal 23 November 2001 (Susanti et al., 2021).

Sebagai sebuah perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN), PT Pertamina EP Sukowati Field memiliki tanggung jawab yang luas dan mendalam terhadap aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan bagi masyarakat yang terdampak di sekitar wilayah operasionalnya. Tanggung jawab ini tidak hanya mencakup pemberdayaan masyarakat menuju kemandirian dan kesejahteraan, tetapi juga meliputi penyediaan layanan kesehatan yang memadai serta pengelolaan lingkungan hidup yang berkelanjutan.

Dalam berbagai sektor industri, efisiensi dan keandalan operasional menjadi faktor kunci untuk mencapai produktivitas maksimal (Maulindah & Priyana, 2023). Salah satu area yang memerlukan perhatian khusus yaitu proses memindahkan fluida dan menghasilkan liquid, untuk hal ini penulis tertarik untuk meneliti kejadian tersebut, terutama pada fasilitas yang berhubungan dengan produksi minyak dan gas. Pekerjaan di industri minyak dan gas menyebabkan risiko bahaya yang signifikan, sebab melibatkan peralatan berat, perangkat listrik bervoltase tinggi, bahan kimia, serta mesin yang dapat memicu insiden kerja karena bahaya mekanis. Oleh karena itu diperlukan analisis dalam metode FMEA.

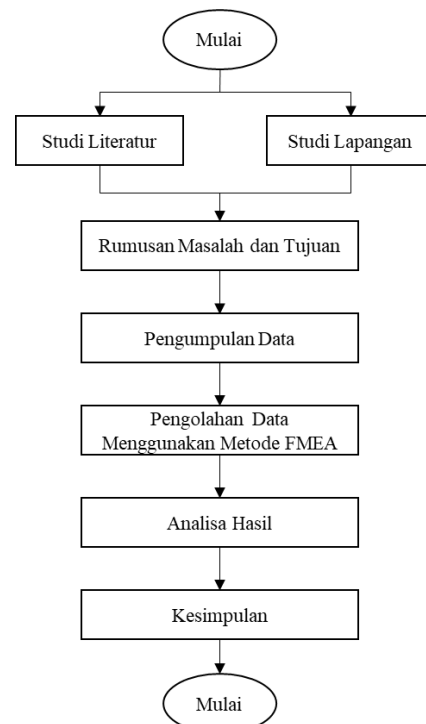
Untuk mengatasi tantangan tersebut, penggunaan peralatan otomatis dan semi-otomatis menjadi esensial. *Solution Pump* 1150 hadir sebagai solusi yang dirancang untuk

mengalirkan larutan pembersih, disinfektan, atau bahan kimia dengan presisi tinggi. Namun unit ini bisa terjadi maintenance oleh mekanik. Maka dengan metode FMEA ini di harapkan kita dapat mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan atau cacat pada suatu produk.

2. METODOLOGI PENELITIAN

FMEA adalah metode yang kuat untuk penilaian risiko, yang berfungsi untuk menilai kemungkinan risiko yang mungkin muncul dalam langkah-langkah desain, produksi, dan layanan perusahaan (Afiansyah & Priyana, 2025).

Metode ini dapat membantu mengurangi atau menghilangkan risiko tersebut (Pada et al., 2025). Tujuan utama FMEA adalah untuk mengidentifikasi risiko lebih awal agar tindakan pencegahan dapat diambil, sehingga meningkatkan daya saing perusahaan. *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)* adalah teknik yang menggunakan analisis *bottom-up* untuk menentukan penyebab kegagalan dan efek kegagalan yang muncul pada setiap komponen terhadap sistem secara keseluruhan (Maulindah & Priyana, 2023). Proses penyusunan FMEA mencakup kegiatan perhitungan nilai RPN atau *Risk Priority Number*. *Flowchart* penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

Proses penelitian ini dimulai dengan tahap inisiasi yang berfokus pada studi analisis risiko mesin *Solution Pump* 1150 di PT Pertamina EP Sukowati, yang kemudian dilanjutkan dengan studi literatur untuk mendalami teori manajemen risiko, prinsip kerja pompa, serta metode FMEA. Setelah landasan teori terbentuk, dilakukan studi lapangan melalui observasi langsung untuk memahami kondisi aktual dan potensi kegagalan di area operasional, yang menjadi dasar dalam perumusan masalah serta penetapan tujuan penelitian. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data teknis, data kerusakan, dan hasil wawancara yang kemudian diolah menggunakan metode FMEA dengan menentukan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* guna menghitung *Risk Priority Number (RPN)*. Hasil pengolahan data tersebut kemudian dianalisis untuk mengevaluasi prioritas perbaikan dan menyusun rekomendasi mitigasi risiko yang tepat. Rangkaian kegiatan ini diakhiri dengan penarikan kesimpulan yang merangkum seluruh temuan serta jawaban atas tujuan penelitian sebagai poin penting dalam perbaikan sistem *maintenance* sebelum seluruh proses dinyatakan selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penilaian *Severity*, *Occurance*, *Detection*

Ini adalah inti dari penelitian, di mana data yang telah dikumpulkan dan diolah dan dianalisis secara mendalam dan diinterpretasikan untuk menjawab tujuan penelitian.

Tabel 1. Penilaian data *Severity*

<i>Severity</i>	<i>level</i>	<i>effect</i>
<i>None</i>	1	<i>No effect.</i>
<i>Minor</i>	2	Sistem tetap beroperasi, ada degradasi kinerja.
<i>moderate</i>	3	Sistem tidak beroperasi sementara / kerusakan minor.
<i>High</i>	4	Sistem tidak beroperasi, kerusakan peralatan signifikan.

<i>Hazardous</i>	5	Sistem tidak beroperasi dengan dampak keselamatan dan/atau lingkungan.
------------------	---	--

Tabel 2. Penilaian data *Occurance*

<i>occurance</i>	<i>level</i>	<i>effect</i>
<i>Almost None</i>	1	<i>Never Failure</i>
<i>Low</i>	2	1x pada 6 bulan
<i>Medium</i>	3	2x pada 6 bulan
<i>High</i>	4	3x pada 6 bulan
<i>Extreme</i>	5	4x atau lebih 6 bulan

Tabel 3. Penilaian data *Detection*

<i>Detection</i>	<i>level</i>	<i>effect</i>
<i>Almost none</i>	1	<i>Never Failure</i>
<i>Low</i>	2	1x pada 6 bulan
<i>Medium</i>	3	2x pada 6 bulan
<i>high</i>	4	3x pada 6 bulan
<i>Extreme</i>	5	4x atau lebih 6 bulan

Setelah melakukan penelitian Berdasarkan tingkat keparahan saat kejadian dan deteksi, Risiko Prioritas Nomor, atau RPN, ditentukan atau diperoleh dari persamaan berikut (Pada et al., 2025):

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Dimana,

RPN = Risk Priority Number

S = *Severity*

O = *Occurrence*

D = *Detection*

Di bawah ini, Tabel menunjukkan hasil penelitian yang didapatkan melalui survei, pengamatan, serta diskusi dan wawancara. Penilaian ini berfokus pada kerusakan yang terjadi pada mesin *solution pump* 1150.

Tabel 4. Penilaian Kerusakan

No	Jenis Pekerjaan	No risiko	Efek failure mode	S	Penyebab failure mode	O	Pendeteksian yang sudah dilakukan	D	RPN
1	Memeriksa level oli, tambal oli bearing, <i>ubnormal</i> vibrasi, <i>ubnormal noise</i>	R1	Kerusakan bearing dan umur bearing pendek	5	Pelumasan yang tidak mencukupi, kontaminasi pelumas, serta ketidaksesuaian alignment.	2	Pemeriksaan visual level oli, pemantauan vibrasi dengan alat portable, dan observasi suara abnormal oleh operator.	4	40
2	Memeriksa kondisi <i>mech seal</i>	R2	Kebocoran fluida terbuang dampaknya adalah kerugian	4	Keausan pada permukaan seal atau kesalahan pemasangan seal.	1	Pendeteksian dilakukan melalui inspeksi visual kebocoran seal serta pengecekan indikator tekanan atau flow.	5	20
3	Penggantian oil seal	R3	Pelumas hilang karena oil habis	5	Adanya kerusakan oil seal dan ketidaktepatan pemasangan.	1	Melalui pemeriksaan level oli dan inspeksi visual adanya rembesan oli.	3	15
4	<i>Repalace bearing</i>	R4	Umur bearing yang cukup berkurang	4	Pelumasan tidak memadai, kesalahan pemasangan, dan kontaminasi.	2	Analisis getaran, pengecekan suhu bearing, dan pemeriksaan suara abnormal oleh operator.	4	32

3.2 Pembuatan Matriks Risiko

Tahap pembuatan matriks risiko pada metode FMEA merupakan proses untuk mengelompokkan tingkat risiko berdasarkan kombinasi antara tingkat keparahan dampak kegagalan (*Severity*) dan frekuensi terjadinya kegagalan (*Occurrence*) (Badariah et al., 2016). Matriks ini digunakan untuk mempermudah penentuan prioritas penanganan risiko sehingga perusahaan dapat mengetahui kegagalan mana yang harus segera diperbaiki terlebih dahulu (Pangestuti et al., 2022).

Pada penelitian mesin *Solution Pump 1150*, matriks risiko dibuat setelah seluruh nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D), dan Risk Priority Number (RPN) dihitung. Lebih detailnya hasil Tabel 6. menunjukkan perhitungan *severity* dan *occurrence*.

Tabel 6. Hasil Perkalian SxO

No	Jenis Pekerjaan	No Risiko	Efek failure mode	S	Penyebab failure mode	O	S X O
1	Memeriksa level oli, tambal oli bearing, <i>ubnormal</i> vibrasi, <i>ubnormal noise</i>	R1	Kerusakan bearing dan umur bearing pendek	5	Pelumasan yang tidak mencukupi, kontaminasi pelumas, serta ketidaksesuaian alignment.	2	10
2	Memeriksa kondisi <i>mech seal</i>	R2	Kebocoran fluida terbuang dampaknya adalah kerugian	4	Keausan pada permukaan seal atau kesalahan pemasangan seal.	1	4
3	Penggantian oil seal	R3	Pelumas hilang karena oil habis	5	Adanya kerusakan oil seal dan ketidaktepatan pemasangan.	1	5
4	<i>Repalace bearing</i>	R4	Umur bearing yang cukup berkurang	4	Pelumasan tidak memadai, kesalahan pemasangan, dan kontaminasi.	2	8

Tabel 1. Tingkat Risiko Keparahan

S X O					
10	10	20	30	40	50
8	8	16	24	32	40
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	18	20
	D1	D2	D3	D4	D5

Berdasarkan tingkat risiko ditentukan dari kombinasi nilai *Severity* (keparahan) dan *Occurrence* (frekuensi kejadian) yang telah dihitung sebelumnya. Dan angka minimum adalah 4, lalu angka maksimum adalah 50. Matriks ini menggunakan tiga kategori warna :

1. Hijau menunjukkan tingkat risiko rendah, artinya kondisi masih dapat diterima dan hanya memerlukan pemantauan secara berkala.
2. Kuning menunjukkan tingkat risiko sedang, yang berarti diperlukan upaya pengendalian agar risiko tidak meningkat.
3. Merah menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga perlu dilakukan tindakan mitigasi secara segera untuk mencegah dampak yang lebih besar.

3.3 Rekomendasi Mitigasi

Berdasarkan hasil analisis FMEA yang telah dilakukan, ditemukan beberapa potensi kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang bervariasi dan memerlukan tindakan mitigasi untuk mengurangi dampak, frekuensi, serta meningkatkan kemampuan deteksi. Untuk menjaga keandalan peralatan dan mencegah terjadinya kerusakan yang dapat menimbulkan downtime serta kerugian, diperlukan langkah-langkah perbaikan yang terencana dan terukur. Rekomendasi mitigasi berikut ini disusun untuk periode implementasi enam bulan, dengan fokus pada pengendalian penyebab utama, peningkatan efektivitas inspeksi, serta penerapan teknologi monitoring guna menurunkan nilai RPN sesuai prioritas risiko yang telah diidentifikasi :

1. R1 (RPN 40) : Pasang sensor getaran dan suhu serta lakukan alignment dan pelumasan berkala sesuai jadwal.
2. R2 (RPN 20) : Terapkan prosedur pemasangan seal yang benar dan tambahkan sensor tekanan untuk deteksi dini kebocoran.
3. R3 (RPN 15) : Pasang alarm level oli otomatis dan lakukan inspeksi oil seal rutin setiap bulan.
4. R4 (RPN 32) : Gunakan alat pemasangan bearing yang sesuai, lakukan monitoring getaran, dan jadwalkan penggantian berbasis kondisi.

3.4 Analisis Hasil FMEA

1. Pembahasan *RPN* (*Risk Priority Number*) : Bab ini seharusnya memulai dengan menyajikan kembali hasil perhitungan RPN untuk setiap mode kegagalan yang teridentifikasi pada mesin *Solution Pump* 1150. Penjelasan mengapa RPN tertentu tinggi atau rendah, dengan merujuk pada nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) masing-masing. Misalnya, untuk R1 (kerusakan bearing dan umur bearing pendek) dengan RPN 40, analisis akan menjelaskan bahwa nilai *Severity* (5) yang tinggi menunjukkan dampak yang sangat serius, *Occurrence* (2) menunjukkan frekuensi yang cukup sering, dan *Detection* (4) menunjukkan bahwa deteksi saat ini masih kurang efektif. Perbandingan RPN antar mode kegagalan untuk

mengidentifikasi risiko prioritas tertinggi. Dalam kasus ini, R1 (RPN 40) adalah prioritas utama, diikuti oleh R4 (RPN 32), R2 (RPN 20), dan R3 (RPN 15).

2. Analisis Penyebab Kegagalan :
Menganalisis secara lebih mendalam penyebab- penyebab kegagalan yang telah diidentifikasi (misalnya, pelumasan tidak mencukupi, kontaminasi pelumas, keausan seal, ketidaktepatan pemasangan). Mungkin melibatkan diagram sebab-akibat (Fishbone Diagram) atau analisis *5 Why* untuk menggali akar masalah dari setiap mode kegagalan. Misalnya, untuk pelumasan yang tidak mencukupi pada R1, analisis dapat membahas mengapa pelumasan tidak mencukupi (misalnya, jadwal pelumasan tidak tepat, jenis pelumas salah, operator kurang terlatih).
3. Analisis Efek Kegagalan :
Membahas dampak atau konsekuensi dari setiap mode kegagalan secara lebih rinci. Misalnya, kerusakan bearing dan umur bearing pendek tidak hanya berarti kerusakan komponen, tetapi juga dapat menyebabkan downtime produksi, biaya perbaikan tinggi, penundaan pengiriman, risiko keselamatan, dll. Kebocoran fluida terbuang tidak hanya kerugian material, tetapi juga potensi dampak lingkungan atau keselamatan.

3.5 Interpretasi Hasil FMEA

1. Penentuan Tingkat Risiko
Menginterpretasikan hasil RPN dalam konteks matriks level risiko (Hijau, Kuning, Merah) yang telah dijelaskan sebelumnya. Menyatakan secara eksplisit mode kegagalan mana yang termasuk dalam kategori risiko tinggi (Merah), sedang (Kuning), dan rendah (Hijau). Misalnya, R1 (RPN 40) dan R4 (RPN 32) kemungkinan besar akan masuk kategori risiko tinggi atau sedang-tinggi, yang memerlukan perhatian segera.
2. Kesesuaian dengan Tujuan Penelitian
Menginterpretasikan bagaimana hasil analisis FMEA ini menjawab tujuan kerja praktik, yaitu mempelajari penerapan metode FMEA dalam menganalisis potensi kerusakan pada mesin *Solution Pump* dan menghasilkan rekomendasi perbaikan". Menjelaskan bahwa FMEA telah berhasil

mengidentifikasi area-area kritis yang memerlukan intervensi.

3. Implikasi Temuan

Membahas implikasi praktis dari temuan ini bagi PT. Pertamina EP Sukowati. Misalnya, temuan ini menunjukkan bahwa pemeliharaan bearing dan seal adalah area kritis yang perlu ditingkatkan untuk menjaga keandalan Solution Pump 1150. Menyoroti potensi penghematan biaya atau peningkatan efisiensi yang dapat dicapai jika rekomendasi diterapkan.

3.6 Pembahasan Rekomendasi Mitigasi

1. Justifikasi Rekomendasi

Menganalisis dan menginterpretasikan mengapa rekomendasi mitigasi yang diusulkan (misalnya, pemasangan sensor, prosedur pemasangan yang benar, alarm level oli, alat pemasangan bearing yang sesuai) adalah solusi yang tepat untuk setiap mode kegagalan. Menjelaskan bagaimana setiap rekomendasi secara spesifik akan menurunkan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Contoh: Pemasangan sensor getaran dan suhu (untuk R1) akan secara signifikan menurunkan nilai *Detection* karena kegagalan dapat terdeteksi lebih awal, dan mungkin juga menurunkan *Occurrence* jika masalah dapat dicegah sebelum menjadi parah. Prosedur pemasangan seal yang benar (untuk R2) akan menurunkan nilai *Occurrence* karena mengurangi kemungkinan kesalahan pemasangan.

2. Prioritas Implementasi

Menginterpretasikan prioritas implementasi rekomendasi berdasarkan nilai RPN. Rekomendasi untuk risiko dengan RPN tertinggi harus menjadi prioritas utama.

3. Tantangan dan Keterbatasan

Mungkin juga membahas potensi tantangan dalam implementasi rekomendasi (misalnya, biaya, ketersediaan teknologi, pelatihan personel) dan bagaimana hal tersebut dapat diatasi.

3.7 Keterkaitan dengan Teori dan Praktik

Menghubungkan temuan dan interpretasi dengan konsep-konsep teknik industri atau manajemen risiko yang relevan. Membahas bagaimana praktik di PT. Pertamina EP

Sukowati sejalan atau berbeda dengan teori yang ada, dan bagaimana FMEA dapat menjembatani kesenjangan tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis risiko pada mesin Solution Pump 1150 di PT Pertamina EP Sukowati menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode ini mampu mengidentifikasi potensi kegagalan dan menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN).
2. Hasil penelitian menunjukkan beberapa kegagalan utama, yaitu kerusakan bearing, kebocoran seal, kekurangan oli, dan kesalahan pemasangan bearing. Nilai RPN tertinggi terdapat pada R1 sebesar 40, diikuti R4 sebesar 32, R2 sebesar 20, dan R3 sebesar 15. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan bearing menjadi risiko paling kritis karena dapat menyebabkan downtime produksi.
3. Rekomendasi mitigasi yang dilakukan meliputi pemasangan sensor getaran dan suhu, alignment dan pelumasan berkala, pemasangan sensor tekanan dan alarm level oli, serta monitoring bearing secara rutin. Upaya tersebut diharapkan dapat mengurangi risiko kerusakan dan meningkatkan keandalan operasional mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Badariah, N., Sugiarto, D., & Anugerah, C. (2016). *Penerapan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Dan Expert System (Sistem Pakar)*. November, 1–10.
- Maulindah, R. L., & Priyana, E. D. (2023). *Analysis of Quality Control Using the Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Method in the Welding Process in the Feed Drum Project (Case Study at PT . Swadaya Graha)*. 20(2), 589–594.
- 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>
- Susanti, W., Kesuma, I. M., Maya, W., Putri, N., & Sari, R. (2021). *Pengaruh Return On Asset, Return On Equity, Net Profit Margin Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Pertambangan Sub Sektor Pertambangan Minyak Dan Gas Bumi di Bursa Efek Indonesia Periode 2014-2018*. 9(2), 171–182.
- Pangestuti, D. C., Nastiti, H., & Husniaty, R. (2022). Analisis risiko operasional dengan metode FMEA. *Jurnal Akuntansi, Ekonomi dan Manajemen Bisnis*, 10(2), 143–152. <https://doi.org/10.30871/jaemb.v10i2.3235>
- Pangestuti, D. C., Nastiti, H., & Husniaty, R. (2021). Failure mode and effect analysis (FMEA) for mitigation of operational risk. *INOVASI: Jurnal Ekonomi, Keuangan, dan Manajemen*, 17(3), 482–488. <https://doi.org/10.30872/jinv.v17i3.1003>
- Santosa, D. S. R. P., & Palupi, G. S. (2024). Analysis of risk management in the implementation of enterprise resource planning (ERP) using the FMEA method at PT XYZ. *Journal of Emerging Information Systems and Business Intelligence (JEISBI)*, 5(2), 120–128. <https://doi.org/10.26740/jeisbi.v5i2.60089>
- Maulana, A. T., & Wicaksono, S. (2024). Analisis risiko aset infrastruktur perkeretaapian dengan menggunakan identifikasi bahaya dan analisis FMEA pada aset jalur kereta api. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, 8(2), 95–104. <https://doi.org/10.37367/jpi.v8i2.345>
- Kurniawan, R. (2014). Analisis dan pengukuran tingkat eksposur resiko teknologi informasi dengan metode FMEA pada PT Bank Central Asia, Tbk. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 5(2), 899–910.
- Lestari, A., Anggara, R. A., & Li, S. (2024). Supply chain risk analysis using failure mode and effect analysis (FMEA). *RESWARA: Jurnal Riset Ilmu Teknik*, 2(1), 15–24. <https://doi.org/10.70716/reswara.v2i1.379>
- Latif, M. I., & Wahyuni, H. C. (2026). Risk priority determination using FMEA and AHP integration. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 26(4), 1–12. <https://doi.org/10.21070/ijins.v26i4.2095>
- Saputra, A. E., & Sukmono, T. (2026). CNC milling maintenance risk prioritization using FMEA analysis. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 27(1), 1–11. <https://doi.org/10.21070/ijins.v27i1.2069>
- Franceschini, F., Galetto, M., & Varetto, M. (2018). Assessing risk through composite FMEA with pairwise matrix and Markov chains. *International Journal of Quality &*

- Reliability Management*, 35(9), 1709–1733.
- Akula, S. K., & Salehfar, H. (2021). Risk-based classical failure mode and effect analysis (FMEA) of microgrid cyber-physical energy systems. *arXiv*.
- Pandey, A., Singh, M., Sonawane, A. U., & Rawat, P. S. (2016). FMEA based risk assessment of component failure modes in industrial radiography. *arXiv*.
- Armato, A., Khatun, M., & Fischer, S. (2026). An integrated failure and threat mode and effect analysis (FTMEA) framework with quantified cross-domain correlation factors for automotive semiconductors.
- Shefa, J., & Topcu, T. G. (2025). An analysis of early-stage functional safety analysis methods and their integration into model-based systems engineering.
- Kaya, İ., Çolak, M., & Terzi, F. (2023). A fully data-driven FMEA framework for risk assessment on manufacturing processes using a hybrid approach. *Engineering Failure Analysis*, 152, 107525. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107525>
- Romadhoni, M. I., Andesta, D., & Hidayat, H. (2022). Identifikasi Kecacatan Produk Kerangka Bangunan Di Pt. Ravana Jaya Menggunakan Metode Fmea Dan Fta. *Journal of Industrial Engineering and Operation Management (JIEOM)*, 5(2).
- Fitriani, Y. M. (2022). Analisis Risiko Kerusakan Pada Mesin Las FCAW Dengan Pendekatan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Studi Kasus: PT. Swadaya Graha). *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4), 3717-3724.
- Khasanah, S. N. (2021). Deteksi Defect Proses Produksi Sarung Menggunakan ATBM Berbasis Metode Failure Mode and Effect Analysis. *JATI EMAS (Jurnal Aplikasi Teknik dan Pengabdian Masyarakat)*, 5(3), 143-150.
- Prasmana, M. F., Andesta, D., & Hidayat, H. (2023). Analysis of the causes of defects in the timber production process using the FMEA (Failure Mode Effect Analysis) method approach at PT. KQW. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 20(2), 639-648.
- Iskhaq, M. (2023). Quality Control Analysis on Nylon Monofilament Net Production Process Using the Seven Tools Method and FMEA at PT ARIDA. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(4), 7370-7378.
- Maulindah, R. L. (2023). Analysis of Quality Control Using the Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Method in the Welding Process in the Feed Drum Project. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 20(2), 588-594.