

ANALISA KEGAGALAN POROS POMPA ZVV PADA AREA PULP DRYER PT. X MENGGUNAKAN METODE FMEA

Skripsi

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian program S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*



Oleh :

MUHAMMAD DONIKO
2410017211116

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
2026**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA

EXECUTIVE SUMMARY
Reg No : 01/SKRIPSI/TM/FTI/III-2026

Nama : **Muhammad Doniko**

Npm : **2410017211116**

Bagian : **Teknik Mesin**

Judul Skripsi : **ANALISA KEGAGALAN POROS POMPA ZVV PADA
AREA PULP DRYER PT. X MENGGUNAKAN METODE
FMEA**

Telah dikonsultasikan dan disetujui oleh pembimbing untuk di upload ke *website*.

Prof. Dr. Ir. Hendra Suherman, S.T., M.T (Pembimbing)



ANALISA KEGAGALAN POROS POMPA ZVV PADA AREA PULP DRYER PT. X MENGGUNAKAN METODE FMEA

Muhammad Doniko¹

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Email:Muhammaddonikomsn@gmail.com

ABSTRAK

Poros pompa merupakan komponen vital dalam sistem pemompaan yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dari motor penggerak ke impeler. Di area Pulp Dryer PT. X ditemukan adanya kerusakan berulang pada poros pompa tipe ZVV yang berdampak pada penurunan efisiensi proses produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis mode kegagalan yang terjadi pada poros pompa tersebut serta menentukan prioritas penanganannya menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Data dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara dengan operator dan teknisi, serta studi dokumentasi pemeliharaan. Analisis dilakukan dengan menentukan nilai Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D) untuk setiap mode kegagalan, yang kemudian dikalkulasi menjadi nilai Risk Priority Number (RPN). Mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas utama dalam upaya perbaikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan utama yang terjadi adalah keausan bantalan, kelelahan material pada poros, dan ketidaksejajaran kopling. Mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi adalah kelelahan material pada poros akibat tegangan berlebih dan pelumasan yang tidak optimal. Rekomendasi yang diberikan meliputi peningkatan prosedur pemeliharaan prediktif, penggantian material poros yang lebih tahan terhadap beban siklik, serta penerapan sistem pelumasan. Dengan pendekatan FMEA, perusahaan dapat lebih proaktif dalam mengidentifikasi potensi kegagalan kritis dan menyusun strategi pemeliharaan yang lebih efektif guna meningkatkan keandalan pompa dan efisiensi produksi.

Kata Kunci: Poros Pompa, Kegagalan, FMEA, RPN

ABSTRACT

The pump shaft is a critical component in pumping systems, responsible for transmitting power from the drive motor to the impeller. At the Pulp Dryer area of PT.X recurring failures of the ZVV pump shaft have been identified, affecting production efficiency. This study aims to identify and analyze the failure modes occurring in the pump shaft and determine their priority using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. Data were collected through direct observation, interviews with operators and maintenance personnel, and a review of maintenance records. The analysis involved assessing the Severity (S), Occurrence (O), and Detection (D) for each failure mode to calculate the Risk Priority Number (RPN). The failure

mode with the highest RPN was prioritized for corrective action. The results indicate that the main failure modes include bearing wear, shaft material fatigue, and misalignment of the coupling. The highest RPN was associated with material fatigue due to excessive stress and inadequate lubrication. Recommendations include enhancing predictive maintenance procedures, selecting shaft materials with higher fatigue resistance, and implementing lubrication systems. Through the FMEA approach, the company can proactively identify critical failure potentials and develop more effective maintenance strategies to improve pump reliability and production efficiency.

Keywords: *Pump Shaft, Failure, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Risk Priority Number (RPN)*

I. PENDAHULUAN

Industri pulp dan kertas merupakan sektor manufaktur strategis dengan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Dalam proses produksinya, khususnya pada tahap pengeringan (*pulp dryer*), sistem pemompaan memegang peranan vital untuk mengalirkan fluida proses. PT. X sebagai salah satu produsen pulp terbesar mengoperasikan pompa sentrifugal tipe ZVV di area *Pulp Dryer*. Namun, dalam praktiknya, komponen poros (*shaft*) pada pompa ini sering mengalami kerusakan berulang. Kegagalan ini tidak hanya mengakibatkan terhentinya aliran fluida dan *downtime* produksi yang panjang (rata-rata 25 jam per kejadian), tetapi juga meningkatkan biaya perawatan dan berpotensi merusak komponen lain seperti *bearing* dan *impeller*. Identifikasi penyebab kegagalan secara sistematis menjadi penting untuk menyusun strategi mitigasi yang efektif. Salah satu metode yang terbukti handal dalam manajemen risiko di industri adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA memungkinkan identifikasi mode kegagalan potensial, analisis penyebab dan dampaknya, serta penetapan prioritas penanganan melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan metode FMEA dalam menganalisis kegagalan poros pompa ZVV, guna memperoleh pemahaman komprehensif mengenai mode kegagalan dominan, penyebab utamanya, serta memberikan rekomendasi perbaikan yang tepat untuk meningkatkan keandalan operasional pompa di area *Pulp Dryer* PT. X.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode studi kasus pada poros pompa ZVV di area *Pulp Dryer* PT. X. Objek penelitian adalah poros pompa sentrifugal tipe ZVV (spesifikasi: *head* 53 m, panjang poros 1882 mm, kecepatan putar 990 rpm). Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga cara:

1. Observasi lapangan dan inspeksi fisik komponen poros yang gagal.
2. Wawancara terstruktur dengan teknisi *maintenance* dan operator untuk menggali informasi mengenai gejala, frekuensi, dan praktik perawatan.
3. Studi dokumentasi yang mencakup laporan historis kerusakan 3 tahun terakhir (2021-2023), data *downtime*, laporan analisis getaran, dan manual teknis pompa.

Analisis data dilakukan dengan metode FMEA mengacu pada standar AIAG. Tahapannya meliputi:

1. Identifikasi fungsi dan mode kegagalan potensial poros.
2. Penentuan efek dan penyebab dari setiap mode kegagalan.
3. Penilaian tingkat keparahan (*Severity/S*), frekuensi kejadian (*Occurrence/O*), dan kemampuan deteksi (*Detection/D*) menggunakan skala 1-10.
4. Perhitungan nilai RPN ($RPN = S \times O \times D$).
5. Pengurutan prioritas risiko berdasarkan nilai RPN tertinggi untuk merumuskan rekomendasi tindakan perbaikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Historis Kegagalan

Berdasarkan data perawatan PT. X (2021-2023), frekuensi kegagalan poros pompa ZVV tercatat fluktuatif dengan total *downtime* yang signifikan. Data ini menjadi dasar penilaian *Occurrence* dalam FMEA.

Tabel 1. Frekuensi Kegagalan Poros Pompa ZVV (2021-2023)

Tahun	Jumlah Kegagalan	Total Downtime (Jam)
2021	3 kali	18 jam
2022	4 kali	25 jam
2023	2 kali	12 jam

Sumber: Maintenance Team Pulp Dryer PT. X

Salah satu insiden kritis terjadi pada pompa 851P004 (*ZVV Feed Primary Old Screening*). Peningkatan getaran hingga 7,8 mm/s RMS dan temperatur *bearing* di atas 85°C mendahului penurunan performa pompa drastis dari 98% menjadi 45%, yang akhirnya teridentifikasi sebagai patah poros pada sisi *Non-Drive End* (NDE). Insiden ini mengakibatkan *downtime* produksi selama 25 jam 11 menit.

Identifikasi Mode Kegagalan dan Analisis FMEA

Dari hasil observasi, wawancara, dan studi pustaka, diidentifikasi lima mode kegagalan utama pada poros pompa ZVV. Setiap mode dianalisis menggunakan parameter FMEA untuk menghitung nilai RPN, seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis FMEA Poros Pompa ZVV

No	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Efek Kegagalan	S*	O*	D*	RPN	Prioritas
1	<i>Fatigue Failure</i>	Getaran tinggi, beban siklik, konsentrasi tegangan	Poros patah, <i>downtime</i> panjang	9	7	5	315	1
2	<i>Misalignment</i>	Kesalahan pemasangan, <i>pipe strain</i>	Getaran tinggi, keausan bearing	8	6	4	192	2
3	Korosi	Fluida agresif, material tidak tahan korosi	Penurunan diameter poros, retak	7	5	5	175	3
4	<i>Overload</i>	Tekanan fluida tinggi (<i>surge</i>)	Patah mendadak, deformasi plastis	9	3	6	162	4
5	Keausan Permukaan	Pelumasan tidak konsisten, kontaminasi	Penurunan efisiensi, getaran	6	4	3	72	5

Sumber : Muhammad Doniko

**S* = *Severity*, *O* = *Occurrence*, *D* = *Detection*

Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa kelelahan material (***fatigue failure***) merupakan mode kegagalan dengan tingkat risiko tertinggi (RPN 315). Nilai *Severity* yang tinggi (9) mencerminkan dampak fatalnya yaitu patah poros yang menghentikan produksi total. *Occurrence* bernilai 7 (sering terjadi) berdasarkan frekuensi kegagalan historis (2-4 kali per tahun). Nilai *Detection* sebesar 5 menunjukkan bahwa meskipun getaran dapat diukur, deteksi dini retak fatik tanpa alat khusus (*Non-Destructive Testing/NDT*) sulit dilakukan sebelum kerusakan merambat signifikan. Temuan ini diperkuat dengan bukti visual patahan poros yang menunjukkan pola *beach marks*, ciri khas kegagalan fatik akibat tegangan siklik.



Gambar 1. Poros Pompa ZVV Patah Akibat Fatigue

Mode kegagalan *misalignment* menempati prioritas kedua dengan RPN 192. Getaran tinggi akibat ketidaksejajaran mempercepat inisiasi dan propagasi retak fatik. Kondisi ini diperparah dengan tidak dilakukannya verifikasi *alignment* secara berkala, terutama setelah perbaikan atau perubahan kondisi pipa. Korosi dengan RPN 175 juga menjadi perhatian serius. Lingkungan operasi *pulp dryer* yang mengandung bahan kimia agresif mempercepat korosi pada material poros (baja karbon), menciptakan *stress risers* yang memicu kegagalan fatik dini (*corrosion fatigue*).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kegagalan poros umumnya tidak berdiri sendiri, melainkan merupakan akumulasi dari beberapa faktor. *Misalignment* dan korosi menciptakan kondisi yang memperburuk beban siklik, sehingga memicu dan mempercepat terjadinya kelelahan material hingga akhirnya poros patah.

Rekomendasi Teknis

Berdasarkan prioritas RPN, rekomendasi difokuskan pada penanganan mode kegagalan dengan risiko tertinggi:

1. Peningkatan Material Poros: Mengganti material poros dari baja karbon ke Duplex Stainless Steel 2324 (UNS S32205). Material ini memiliki ketahanan korosi yang jauh lebih baik dan kekuatan lelah (*fatigue strength*) lebih tinggi (hingga 360 MPa), sehingga mampu memperpanjang umur pakai secara signifikan.

2. Standardisasi dan Verifikasi Alignment: Menerapkan prosedur *laser alignment* dengan toleransi ketat (offset & angular $\leq 0,05$ mm) setiap 3.000 jam operasi dan setelah setiap *overhaul* atau perbaikan besar.
3. Implementasi *Predictive Maintenance* (PdM): Memasang sistem monitoring getaran *online* atau melakukan pengukuran rutin secara berkala. Menetapkan batas alarm getaran (Warning > 4,5 mm/s; Danger > 7,1 mm/s) berdasarkan standar ISO 10816 untuk deteksi dini ketidakseimbangan atau *misalignment*.
4. Optimalisasi Pelumasan: Mengganti jadwal pelumasan berbasis waktu menjadi berbasis kondisi (*condition-based*), dengan mempertimbangkan temperatur dan tingkat kontaminasi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi mode kegagalan pada poros pompa ZVV di area *Pulp Dryer* PT. X menggunakan metode FMEA. Lima mode kegagalan utama ditemukan, yaitu *fatigue failure*, *misalignment*, korosi, *overload*, dan keausan. Berdasarkan perhitungan RPN, *fatigue failure* (kelelahan material) teridentifikasi sebagai mode kegagalan dengan prioritas risiko tertinggi (RPN 315), yang disebabkan oleh kombinasi getaran tinggi, beban siklik, dan lingkungan korosif. *Misalignment* dan korosi menjadi faktor pemicu utama yang mempercepat terjadinya kegagalan fatik. Penerapan FMEA terbukti efektif dalam memetakan risiko dan menyusun prioritas penanganan. Rekomendasi strategis yang dihasilkan, meliputi peningkatan material menjadi *Duplex Stainless Steel*, implementasi *predictive maintenance* berbasis getaran, serta standardisasi prosedur *alignment*, diharapkan mampu meningkatkan keandalan, memperpanjang umur pakai poros, dan meminimalkan *downtime* produksi di masa mendatang.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT X atas fasilitas dan dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini, serta kepada Bapak Prof. Dr. Ir Hendra Suherman S.T., M.T atas bimbingan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Paminto AK, Surya Sitorus R, Firmansyah R, Sahari Laili N. *Kajian Efisiensi Energi di Industri Pulp dan Kertas*. J Energi Dan Manufaktur. 2020;13(1):1.
- Adnan NA, Ilyas RA, Sapuan MS. *Pulp and paper production: A review*. Semin Adv Bio-Miner based Nat Fibre Compos [Internet]. 2021;(January):10–3.
- Martin A. Hubbe. *Energy Efficiency Challenges in Pulp and Paper Manufacturing: Manufacturing: A Tutorial Review*. 2021
- Print I, Panca PT, Putra P. *Jurnal Produktiva Analisis Down Time Mesin Injection Terhadap Ektifitas Kapasitas Produksi Pada*. 2025;01:1–4.
- Das G, Sinha AN, Mishra SK, Bhattacharya DK. *Failure analysis of counter shafts of a centrifugal pump*. Eng Fail Anal. 1999;6(4):267–76.
- Safii R, Kabib M, Wibowo R. *Desain Dan Manufaktur Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri Untuk Mencapai Head 50 Meter*. J Crankshaft. 2022;5(1):55–64.

- Emzain ZF, Wardhana ZG, Adiwidodo S, Rosady SDN, Prasetyo P, Nova MA. *Implementation of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for centrifugal pump maintenance in water supply distribution system.* J Polimesin. 2024;22(3):295.
- ang Ha Minh Quan & Dang Thien Ngon. *An Assessment for Fatigue Strength of Shaft Parts Manufactured from Two Phase Steel.* 2021
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution.* 2nd Edition. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press
- A. Alvand, "Identification and assessment of risk in construction projects using the integrated FMEA SWARA-WASPAS model under fuzzy environment: a case study of a construction project in Iran," *Int. J. Constr. Manag.*, vol. 23, no. 3, pp. 392–404, 2023, doi: 10.1080/15623599.2021.1877875.
- S. Orfanidis, P. Panayotidis, and N. Stamatis, "An insight to the ecological evaluation index (EEI)," *Ecol. Indic.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–33, 2003, doi: 10.1016/S1470-160X(03)00008-6.
- M. Basori and S. Supriyadi, "Analisis Pengendalian Kualitas Cetakan Packaging Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," *Pros. Semin. Nas. Ris. Ter. SENASSET*, pp. 158–163, 2017
- Y. A. Fauzi and H. Aulawi, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Peci Jenis Overset Yang Cacat Di Pd. Panduan Illahi Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea)," *J. Kalibr.*, vol. 14, no. 1, pp. 29–34, 2016, doi: 10.33364/kalibrasi/v.14 1.331.