

Implementasi Metode *Failure Mode And Effect Analysis* Pada Long And Helical Sootblower Di PLTU XYZ

Ahmad Ismail Yasin¹, Belyamin^{2*}, Adi Syuriadi³

^{1,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: belyamin@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Sootblower merupakan komponen pendukung pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), namun dalam praktiknya sootblower masih sering mengalami kegagalan, terutama pada gland packing dan bearing, yang menyebabkan peningkatan downtime dan menurunkan keandalan operasi boiler. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi mode kegagalan, menentukan komponen paling kritis, menganalisis akar penyebab kegagalan, serta memberikan rekomendasi strategi pemeliharaan. Metode yang digunakan adalah Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) berdasarkan data historis kerusakan selama tujuh tahun, observasi lapangan, dan wawancara dengan teknisi. Komponen dengan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi selanjutnya dianalisis menggunakan diagram Pareto dan Fishbone. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bearing merupakan komponen paling kritis dengan nilai RPN 80, diikuti gland packing dengan RPN 72. Akar penyebab kegagalan bearing meliputi keausan, pembengkokan lance tube, dan pemasangan yang tidak presisi. Penelitian ini Memberikan Rekomendasi yang meliputi penerapan preventive, corrective, dan condition-based, untuk meningkatkan keandalan pada komponen paling kritis pada sootblower serta mengurangi risiko downtime pada sistem Sootblower.

Kata-kata kunci: FMEA, Sootblower, Bearing, Risk Priority Number.

Abstract

Sootblowers are supporting components in coal-fired power plants (PLTU); however, in practice, sootblowers still frequently experience failures, particularly in the gland packing and bearings, which lead to increased downtime and reduced boiler operational reliability. This study aims to identify failure modes, determine the most critical components, analyze the root causes of failure, and provide recommendations for maintenance strategies. The method used is Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) based on seven years of historical failure data, field observations, and interviews with technicians. Components with the highest Risk Priority Number (RPN) values were further analyzed using Pareto and Fishbone diagrams. The results show that bearings are the most critical component with an RPN value of 80, followed by gland packing with an RPN of 72. The root causes of bearing failure include wear, bending of the lance tube, and imprecise installation. This study provides recommendations that include the implementation of preventive, corrective, and condition-based maintenance to improve the reliability of the most critical components in the sootblower and reduce the risk of downtime in the sootblower system.

Keywords: FMEA, Sootblower, Bearing, Risk Priority Number.

1. PENDAHULUAN

Pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), sootblower merupakan komponen pendukung yang berfungsi membersihkan endapan abu pada permukaan perpindahan panas boiler agar efisiensi perpindahan panas dan kinerja pembangkit tetap optimal. Namun, berdasarkan data historis pemeliharaan, sootblower masih sering mengalami kerusakan, terutama pada komponen gland packing dan bearing. Gland packing mengalami kebocoran sebanyak 51 kali dalam tujuh tahun, sedangkan bearing mengalami alarm overload sebanyak 26 kali pada periode yang sama. Frekuensi kerusakan tersebut menunjukkan adanya kegagalan prematur yang berdampak pada meningkatnya downtime serta menurunnya keandalan sootblower. Selain itu, kegiatan pemeliharaan yang diterapkan masih bersifat konvensional sehingga prioritas perawatan belum didasarkan pada tingkat risiko kegagalan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan metode yang mampu mengidentifikasi mode kegagalan sekaligus menentukan tingkat risiko setiap komponen. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), yaitu metode yang menganalisis potensi kegagalan berdasarkan parameter Severity, Occurrence, dan Detection sehingga menghasilkan nilai Risk Priority Number (RPN) sebagai dasar penentuan prioritas perawatan. Penelitian sebelumnya oleh Sihab (2023) hanya menganalisis penyebab kebocoran gland packing menggunakan diagram fishbone, namun belum mengkaji komponen bearing maupun menerapkan metode FMEA untuk menentukan prioritas risiko secara kuantitatif.[1]

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menerapkan metode FMEA untuk mengidentifikasi mode kegagalan pada komponen sootblower, menentukan komponen yang paling kritis berdasarkan nilai RPN, serta menganalisis akar penyebab kegagalannya sebagai dasar penyusunan strategi pemeliharaan berbasis risiko. Hasil penelitian diharapkan dapat meningkatkan efektivitas preventive maintenance, mengurangi downtime, serta meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional sootblower pada PLTU.[2]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan tahap identifikasi masalah, yaitu kegagalan berulang pada gland packing dan bearing yang menyebabkan peningkatan downtime serta penurunan keandalan operasional helical and long sootblower di PLTU XYZ, sementara kegiatan perawatan yang berjalan masih bersifat konvensional dan belum didasarkan pada analisis risiko yang sistematis maupun identifikasi mode kegagalan komponen secara kuantitatif. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan studi literatur yang mencakup manual book sootblower, standar BSI FMEA, dan jurnal terkait sebagai landasan teoritis, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data melalui data historis kerusakan sootblower, wawancara dengan teknisi dan operator, serta observasi lapangan langsung pada unit helical sootblower. Kesesuaian data yang terkumpul diverifikasi melalui tahap pengecekan; apabila data belum sesuai, maka dilakukan pengumpulan data ulang hingga diperoleh data yang valid untuk dianalisis lebih lanjut.

Setelah data dinyatakan sesuai, penelitian dilanjutkan ke tahap pengolahan data yang meliputi identifikasi mode kegagalan komponen, penilaian parameter Severity, Occurrence, dan Detection, serta perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN). Hasil RPN tersebut kemudian digunakan pada tahap analisa data untuk memprioritaskan komponen kritis melalui diagram Pareto, menelusuri akar penyebab kegagalan menggunakan Root Cause Analysis (RCA), menyusun strategi preventive maintenance, serta mengevaluasi secara khusus komponen gland packing dan bearing sebagai fokus utama kajian. Tahapan penelitian ini diakhiri dengan penarikan kesimpulan dan penyusunan saran yang merangkum temuan utama serta rekomendasi perbaikan sistem perawatan sootblower di PLTU XYZ.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga metode, yaitu studi literatur, studi lapangan, dan wawancara. Studi literatur digunakan untuk memperoleh landasan teori mengenai sistem sootblower, metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), serta analisis kegagalan komponen berdasarkan jurnal, standar industri, dan dokumen teknis. Studi lapangan dilakukan melalui observasi langsung terhadap kondisi sootblower di PLTU XYZ serta pengumpulan dokumen internal berupa work order, maintenance log, dan data historis kerusakan komponen selama tujuh tahun terakhir. Selain itu, wawancara terstruktur dilakukan dengan teknisi pemeliharaan, supervisor maintenance, dan engineer sootblower yang berpengalaman untuk memperoleh expert judgement dalam penilaian parameter Severity, Occurrence, dan Detection sebagai dasar perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN) pada analisis FMEA.

Failure Mode and Effect Analysis

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan metode analisis yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan (failure mode), menganalisis penyebab serta dampaknya terhadap kinerja sistem, dan menentukan prioritas penanganan guna meminimalkan risiko kegagalan. Analisis dilakukan dengan mengevaluasi setiap mode kegagalan berdasarkan tiga parameter, yaitu Severity (S) yang menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan, Occurrence (O) yang menggambarkan frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan, serta Detection (D) yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum menimbulkan dampak. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk menghitung nilai Risk Priority Number (RPN) sebagai dasar penentuan tingkat risiko setiap mode kegagalan.[3]

Penerapan FMEA diawali dengan mengidentifikasi komponen, fungsi, mode kegagalan, penyebab, dan dampak kegagalan, kemudian dilakukan penilaian terhadap parameter Severity, Occurrence, dan Detection sesuai kriteria yang telah ditetapkan. Nilai Risk Priority Number (RPN) dihitung menggunakan persamaan, di mana semakin tinggi nilai RPN maka semakin tinggi pula prioritas perbaikan atau tindakan pemeliharaan yang harus dilakukan. Hasil analisis FMEA disusun dalam FMEA worksheet sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan komponen kritis dan menyusun strategi pemeliharaan berbasis risiko.[4]

Berikut adalah persamaannya:

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

Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan diagram yang digunakan untuk menentukan suatu prioritas kategori kejadian, sehingga dapat diketahui nilai yang paling dominan dilakukan dengan melihat nilai kumulatifnya (Adhim et al., 2025) Diagram ini dibuat dengan mengumpulkan data masalah, mencatat frekuensinya, mengurutkan masalah dari tinggi ke rendah frekuensi, dan dampak permasalahannya yang digambarkan dalam grafik batang dan garis untuk frekuensi kumulatif dan persentase kumulatif.[5]

Diagram Fishbone

Diagram Fishbone atau Cause and Effect Diagram merupakan alat analisis yang dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab (root cause) suatu permasalahan secara sistematis. Diagram ini menggambarkan hubungan antara suatu masalah sebagai effect dengan berbagai faktor penyebab (causes) yang berkontribusi terhadap terjadinya masalah tersebut. Dalam bidang pemeliharaan, diagram Fishbone banyak digunakan sebagai bagian dari Root Cause Analysis (RCA) untuk membantu mengidentifikasi penyebab kegagalan sehingga tindakan perbaikan dan pencegahan dapat dilakukan secara lebih tepat.[6]

Pada penelitian ini, diagram Fishbone digunakan untuk menganalisis akar penyebab kegagalan komponen sootblower yang telah ditetapkan sebagai komponen kritis berdasarkan hasil FMEA. Faktor-faktor penyebab dikelompokkan ke dalam lima kategori utama, yaitu Man (manusia), Machine (mesin), Material (material), Method (metode kerja), dan Environment (lingkungan). Pengelompokan tersebut mempermudah proses identifikasi hubungan antar penyebab sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi tindakan pemeliharaan yang lebih efektif untuk meningkatkan keandalan peralatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Failure Mode and Effect Analysis

Pengisian FMEA worksheet didasarkan pada hasil wawancara dengan teknisi lapangan guna menilai kriteria severity, occurrence, dan detection pada setiap mode kegagalan komponen Sootblower. Nilai RPN yang diperoleh kemudian digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi komponen paling kritis berdasarkan tingkat keparahan dan frekuensi kegagalannya, sehingga dapat ditetapkan tindakan perawatan yang tepat dan proporsional. Tabel 4.4 menyajikan rekapitulasi perhitungan RPN beserta mode kegagalan dan penyebab kegagalan komponen yang terjadi pada Sootblower sebagai dasar penentuan prioritas penanganan.

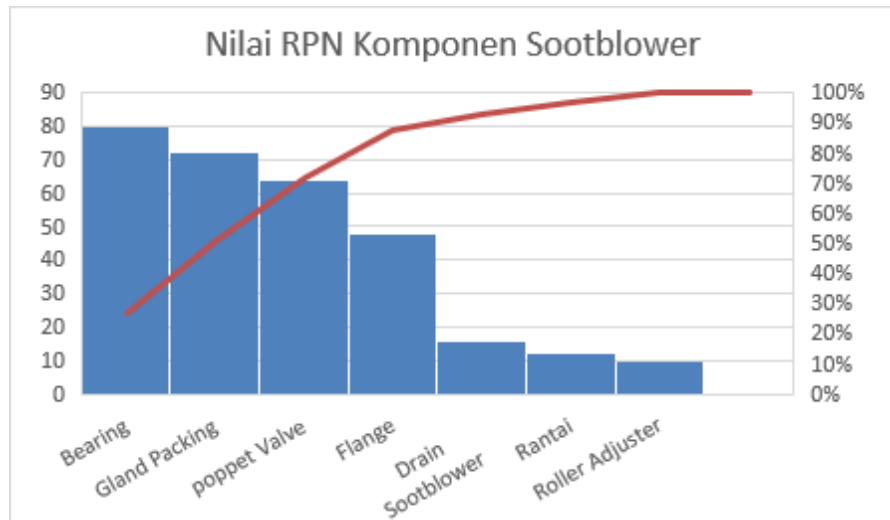
Tabel 3.1 FMEA

Description	Failure Mode	Effect of Failure	Cause of Failure	S	O	D	RPN
-------------	--------------	-------------------	------------------	---	---	---	-----

Gland Packing	Bocor / leakage out.	Penurunan pressure bisa terjadi.	Material nya sudah mencapai batas lifetime.	6 3 4	72
Poppet Valve	Valve tidak bisa full close/macet, Bocor.	Losses stem, Penurunan pressure	Karena ada material asing yang menghambat, akses untuk setting pressure ring tembaga venting valve sudah rusak,	8 2 4	64
Flange	Bocor / leakage out	Bisa bocor lebih besar, steam kurang maksimal	Swg sudah rusak	6 2 4	48
Bearing	Macet	Lance tube stuck, sootblower tidak bisa kontribusi	Lifetime, aus.	8 2 5	80
Drain sootblower	Bocor / leakage out	Bisa timbul uap jenuh	Korosi.	8 1 2	16
Roller adjuster	Lepas.	Chain bisa lepas	Baut kendor, snap ring lepas, material aus	5 1 2	10
Rantai	Lepas, Kendor.	Rantai keluar dari gear/sprokate, Tidak bisa beroperasi	Roller Adjuster lepas, Overload dari bearing stuck	6 1 2	12
			Total		302

Berdasarkan hasil perhitungan FMEA pada Tabel 3.1, diperoleh nilai RPN yang bervariasi pada setiap mode kegagalan sesuai dengan tingkat keparahan dampak, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksinya. Nilai RPN tertinggi diperoleh pada bearing macet sebesar 80, diikuti oleh gland packing bocor sebesar 72, yang menunjukkan bahwa kedua komponen tersebut memiliki tingkat risiko paling tinggi dan perlu diprioritaskan dalam program pemeliharaan. Sementara itu, mode kegagalan pada poppet valve, flange, rantai sootblower, roller adjuster, dan drain sootblower memiliki nilai RPN yang lebih rendah sehingga dapat ditangani melalui program pemeliharaan periodik yang telah berjalan. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam penentuan komponen kritis yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan diagram Pareto untuk menetapkan prioritas penanganan dan menentukan komponen yang memerlukan analisis akar penyebab (root cause analysis) secara lebih mendalam.

Diagram Pareto

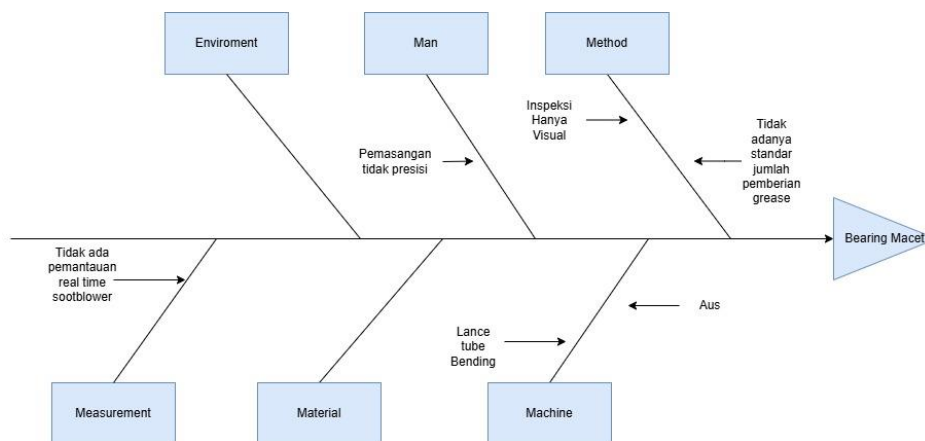


Gambar 3.1 Chart Diagram Pareto

Berdasarkan hasil visualisasi menggunakan diagram pareto yang diukur dari nilai RPN, terlihat bahwa Bearing memiliki nilai RPN tertinggi yakni (120), disusul Gland packing dengan nilai (72), Poppet valve dengan nilai (64) dan flange dengan nilai (48) yang menunjukkan bahwasannya komponen ini memiliki tingkat resiko kegagalan tertinggi dari komponen lainnya.

Analisis Diagram Fishbone

Berdasarkan temuan kerusakan, wawancara, Work order, dan referensi jurnal bisa dianalisis menggunakan diagram fishbone apa saja root cause yang disebabkan oleh bearing macet.[7][8]



Gambar 3.2 analisis diagram fishbone

Rekomendasi Strategi Berdasarkan Root Cause

Tabel 3.2 Strategi Rekomendasi Maintenance

Kemungkinan Root Cause	Jenis Strategi Pemeliharaan	Tindakan Teknis yang direkomendasikan
Keausan Pada bearing	Preventive Maintenance &	Melakukan Regreasing 1 tahun Sekali

	<i>Condition based maintenance</i>	• Terapkan condition monitoring menggunakan vibration analysis untuk mendeteksi keausan sejak dini.
Lance Tube Bending	<i>Preventive Maintenance</i>	• Melakukan pemeriksaan kelurusan (<i>alignment</i>) lance tube secara berkala.
Inspeksi Hanya Visual	<i>Condition based maintenance</i>	• Menambahkan inspeksi berbasis kondisi seperti vibration analysis, temperature gun, atau thermal camera.
Tidak adanya standar jumlah pemberian grease	<i>Preventive Maintenance</i>	• Menetapkan standar jumlah grease berdasarkan spesifikasi bearing dan rekomendasi pabrikan.perhitungan berdasarkan[9]
Pemasangan tidak presisi	<i>Preventive Maintenance</i>	• Melakukan pemasangan bearing sesuai SOP • Memastikan alignment bearing terhadap poros sebelum dioperasikan.
Tidak Ada Pemantauan Real Time Sootblower	<i>Preventive Maintenance</i>	• Mengintegrasikan sensor temperature ke sistem sootblower.

Berdasarkan hasil analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan diagram fishbone, diperoleh beberapa akar penyebab yang berkontribusi terhadap kegagalan bearing pada sootblower. Berdasarkan akar penyebab tersebut, disusun rekomendasi strategi pemeliharaan yang terdiri dari preventive maintenance dan predictive maintenance, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.5[10]

4. KESIMPULAN

Berikut ini adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh penulis dalam mempersiapkan makalah yang akan dipublikasikan pada prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin,

1. Hasil analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) menunjukkan bahwa bearing merupakan komponen paling kritis pada sootblower dengan nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 80, diikuti oleh gland packing dengan nilai RPN sebesar 72. Meskipun gland packing memiliki frekuensi kerusakan tertinggi, kegagalan bearing memberikan dampak operasional yang lebih besar karena dapat menyebabkan sootblower berhenti beroperasi akibat bearing mengalami *stuck*.
2. Analisis akar penyebab menggunakan diagram Fishbone menunjukkan bahwa kerusakan bearing dipengaruhi oleh kombinasi faktor keausan, pemasangan yang tidak presisi, bending pada lance tube, serta belum adanya pemantauan kondisi peralatan secara *real-time*. Faktor-faktor tersebut meningkatkan gesekan dan mempercepat kegagalan bearing.
3. Berdasarkan hasil analisis tersebut, strategi pemeliharaan yang direkomendasikan adalah penerapan preventive maintenance yang dipadukan dengan condition-based maintenance melalui inspeksi dan pelumasan berkala, penerapan prosedur pemasangan yang benar, serta pemantauan kondisi bearing berdasarkan parameter getaran, temperatur. Strategi ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sootblower, mengurangi risiko *downtime*, dan meningkatkan efektivitas kegiatan pemeliharaan di PLTU XYZ.

REFERENSI

- [1] Muhammad Alwi Sihab, "PREVENTIVE MAINTENANCE SOOTBLOWER LONG RETRACT RKSB PADA UNIT 5 DI PT PLN INDONESIA POWER SURALAYA PGU," *Disem. FTI -2*, vol. 53, no. 1, pp. 1–80, 2023.
- [2] Y. H. Rifky Fitrayuda, "Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan New Failure Mode and

- Effect,” *Disem. FTI -2*, 2022.
- [3] Ramadhika Dwi Poetra, “Schedule Preventive Maintenance Untuk Mesin Coating Toyo Di Pt. Xyz,” *Gastron. ecuatoriana y Tur. local.*, vol. 1, no. 69, pp. 5–24, 2019.
- [4] [British Standards Institution](#), “BS EN IEC 60812 : 2018 - Failure modes and effects analysis,” *BSI Stand. Publ.*, 2018.
- [5] Muhammad Arsil Adhim, Faryal Virgiana Cikal Rukmana, Aulia Nursyifa Setiawan, Alyana Mevia Zahra, Lasma Rintan Antonia Pasaribu, and Fany Apriliani, “Pengendalian Mutu Tahu dengan Checksheet, Diagram Pareto, dan Diagram Fishbone pada Usaha Tahu Tansa,” vol. 3, no. 3, pp. 93–104, 2025, doi: 10.61132/jupiter.v3i3.861.
- [6] A. Kumah *et al.*, “Quality and Safety Learning Corner Cause-and-Effect (Fishbone) Diagram : A Tool for Generating and Organizing Quality Improvement Ideas,” *Innov. Journals*, vol. 7, no. 2, pp. 1–3, 2024, doi: 10.36401/JQSH-23-42.This.
- [7] H. H. S. M. Muzakkir, K. P. Lijesh, “Failure Mode and Effect Analysis.,” *SAE Prepr*, vol. 10, no. 770740, pp. 36843–36850, 2018, doi: 10.1002/9781118904589.ch10.
- [8] “Bearing Damage and Failure,” 2025.
- [9] SKF, “SKF bearing installation and maintenance guide,” 2022.
- [10] A. Syuriadi, Gun Gun Ramdhan Gunadi, Dianta Mustofa Kamal, Ahmad Bustomi, Andy Permana Rusdja, and Muhamad Hanhan Nugraha, “Pelatihan Pengoperasian dan Perawatan Mesin Pencacah bagi Komunitas Ciliwung Depok (KCD) sebagai Solusi Pengolahan Limbah Bambu Sungai Ciliwung,” *Mitra Akad. J. Pengabd. Masy.*, vol. 8, no. 1, pp. 27–32, 2025, doi: 10.32722/mapnj.v8i1.7205.