

ANALISIS MITIGASI KERUSAKAN MESIN PRODUKSI SEMEN DI PT SEMEN BOSOWA MAROS DENGAN METODE *FUZZY FAILURE MODE EFFECTS ANALYSIS (FMEA)* DAN *LOGIC TREE ANALYSIS (LTA)*Emil Firsya¹, Takdir Alisyahbana², Nur Ihwan Safutra³^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim IndonesiaEmail: emilfirsya111@gmail.com**Abstrak**

Kerusakan mesin produksi merupakan permasalahan serius yang dapat mempengaruhi proses produksi di PT Semen Bosowa Maros yang memiliki kapasitas produksi 4,3 juta ton per tahun. Studi ini berfokus pada kerusakan seperti *downtime* dan *overloading* pada *bucket elevator*, *conveyor*, *air slide*, *pompa sprinkler*, dan *blower* yang memerlukan identifikasi dan mitigasi yang efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan mesin produksi dan mengembangkan strategi pencegahan yang efektif. Teknik yang digunakan adalah *Fuzzy Failure Mode Effects Analysis (Fuzzy FMEA)* untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan dan *Logic Tree Analysis (LTA)* untuk mengklasifikasikan dan menentukan prioritas perbaikan. Hasil analisa menunjukkan beberapa komponen mesin mempunyai nilai Risk Priority Number (RPN) yang tinggi. Diantaranya rantai putus, motor gear reducer rusak, dan bearing tail pulley overload. Sebab, potensi kerusakannya tinggi dan sulit dideteksi secara dini. Kerusakan pada komponen dengan tingkat keparahan tinggi dapat menimbulkan konsekuensi serius. LTA mengklasifikasikan kerusakan sebagai berikut: Kategori A (rantai putus), Kategori B (beban idler pulley, air slide jam, buntu elevator bucket, dan kerusakan peredam motor), dan Kategori C (Seal Bocor). Tindakan pencegahan yang disarankan meliputi pengoperasian mesin sesuai SOP, pemeriksaan rutin, pelumasan, pembersihan, dan penggantian komponen yang rusak.

Sejarah Artikel

Submitted: 27 Agustus 2024

Accepted: 30 Agustus 2024

Published: 6 September 2024

Kata Kunci

Fuzzy FMEA, LTA, Perawatan Mesin, RPN

PENDAHULUAN

Perawatan mesin pada dasarnya diperlukan untuk mengembalikan mesin dan peralatan kerja ke kondisi optimal sehingga produksi dapat terlaksana secara maksimal [1]. Proses produksi suatu perusahaan merupakan suatu unsur yang sangat penting dan harus bekerja secara konsisten untuk menghasilkan produk yang optimal. *Stabilitas operasional* proses produksi sangat bergantung pada kinerja mesin dan sistem yang optimal. Dalam konteks ini, jadwal perawatan berkala terhadap mesin-mesin produksi perusahaan sangat diperlukan untuk menjaga kinerja mesin tetap konstan. Hal ini dikarenakan mesin dan sistem di lokasi produksi mempunyai risiko kegagalan yang tinggi [2]

PT Semen Bosowa Maros merupakan perusahaan yang menjalankan industri semen dengan produksi 4,3 juta ton per tahun dengan total dua *line* produksi. Bagi perusahaan, mesin memegang peranan yang sangat penting dalam menunjang proses produksi. Mesin digunakan hampir di setiap proses produksi [3].

Kegagalan mesin adalah di mana mesin tidak lagi berfungsi secara optimal atau tidak berfungsi sama sekali. Kerusakan mesin dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor, antara lain kesalahan manusia, kurangnya perawatan mesin, penuaan mesin, dan ketidakselarasan komponen mesin. Dampak kerusakan mesin antara lain terganggunya proses produksi sehingga dapat menimbulkan kerugian ekonomi. [4]

Berdasarkan hasil observasi ada beberapa permasalahan yang terjadi dalam proses produksi semen yaitu terjadinya kerusakan mesin seperti *downtime* atau panas di beberapa jenis mesin, seperti *elevator bucket*, *belt conveyor*, *air slide*, *Pompa Water Spray Seal* dan mesin *blower*. Untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan mesin dan menentukan kegagalan yang memiliki dampak paling signifikan pada mesin, digunakan metode Fuzzy FMEA (*Failure*

Mode and Effect Analysis)[5]. Sementara itu, untuk menentukan kategori mode kegagalan yang memerlukan perbaikan segera dan menentukan langkah-langkah tindakan yang diperlukan untuk mengatasi mode kegagalan tersebut, digunakan metode LTA (*Logic Tree Analysis*)[6]. Fuzzy FMEA bertujuan untuk mengevaluasi sistem dengan mempertimbangkan berbagai mode kegagalan yang melibatkan komponen-komponen, serta menganalisis dampak-dampaknya terhadap keandalan sistem. Dan *Logic Tree Analysis* (LTA) memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada setiap mode kegagalan, melakukan tinjauan pada fungsi-fungsi, dan mengevaluasi kegagalan fungsi agar status mode kegagalan dapat diidentifikasi secara lebih baik.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian yang merupakan objek penelitian dalam pengumpulan data adalah PT Semen Bosowa Maros, yang terletak di Desa baruga, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Objek yang diteliti adalah mesin-mesin yang ada di area finish mill dimana area tersebut mengalami masalah kerusakan mesin. Untuk memperoleh data kerusakan maka perlu melakukan pengamatan langsung, wawancara, dan pengumpulan data sekunder yang ada di perusahaan.

Setelah data diperoleh, maka dilakukan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan langkah-langkah pada metode Fuzzy FMEA dan LTA [7] sebagai berikut:

1. *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Ada beberapa tahap dalam proses pengolahan data menggunakan metode FMEA[8], yaitu:

- a. Identifikasi penyebab kegagalan dan analisis dampak (lokal, sistem, atau fasilitas), Pada tahap ini, dilakukan wawancara dengan bagian devisi maintenance mengenai penyebab kegagalan mesin.
- b. Penilaian variabel FMEA yang mencakup nilai O (*Occurrence*), S (*Seferity*), dan D (*Detection*).

$$RPN = O \times S \times D \dots\dots\dots [1]$$
- c. Dihitung nilai RPN dari data tersebut. RPN adalah hasil perkalian nilai yang terjadi, keamanan, dan deteksi untuk masing-masing penyebab kegagalan. Ini membuat peringkat RPN dari yang tertinggi hingga yang terendah.

2. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Setelah diidentifikasi menggunakan metode FMEA, metode LTA menggunakan pendekatan kualitatif; untuk setiap kegagalan, diberikan tiga kategori pertanyaan dan satu kategori jenis kerusakan. Dengan menjawab pertanyaan yang telah disediakan dalam LTA ini, prioritas mode kerusakan dapat diketahui. Setiap mode kerusakan termasuk dalam salah satu dari empat kategori yang ditentukan oleh kekritisitas analisis[9]. Empat aspek kritis analisis kekritisitas adalah sebagai berikut:

- a. Efiden, Menunjukkan apakah kegagalan tersebut dapat diprediksi dengan jelas atau tidak.
- b. Safety, Menunjukkan apakah kegagalan tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi keselamatan manusia.
- c. Outage, Menunjukkan apakah kegagalan tersebut menyebabkan downtime atau penghentian operasi.
- d. Kategori, yang merupakan klasifikasi yang dihasilkan setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Menurut [10] Pada bagian ini, komponen termasuk dalam tiga kategori:
 - 1) Safety Problem (Kategori A), Kegagalan yang dapat mengancam keselamatan operator.
 - 2) Outage Problem (Kategori B), Kegagalan yang menyebabkan mesin berhenti beroperasi sehingga mengganggu proses produksi.
 - 3) Economic Problem (Kategori C), Kegagalan yang menyebabkan kerugian ekonomi

- 4) bagi perusahaan tetapi tidak mengancam keselamatan atau menyebabkan berhentinya operasi mesin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Mode Kegagalan Mesin dengan Risk Priority Number (RPN)

Tabel 1. Hasil Pengisian Variabel FMEA dan Perhitungan RPN

No Kegagalan	Mode Kegagalan	Efek dari Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Safety (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	S Fuzzy	O Fuzzy	D Fuzzy	RPN	RPN Fuzzy	Prioritas
1	Bearing tail pulley overload	Elevator berhenti, bearing rusak	Kelebihan beban, bearing aus	8	6	4	High	Medium	Low	192	512	Tinggi
2	Rantai putus	Elevator berhenti, rantai rusak	Rantai aus, beban berlebih	9	7	3	High	High	Low	189	540	Tinggi
3	Seal Bocor	Air bocor, pompa rusak	Seal aus, tekanan tinggi	5	4	7	Medium	Low	High	140	148	Rendah
4	Air Slide Clogging	Material terhambat, air slide rusak	Material lengket, air tidak lancar	7	5	6	High	Medium	Medium	210	500	Sedang
5	Bucket Elevator buntu	Elevator tidak bergerak, motor dc rusak	Material terjebak, overload	8	5	5	High	Medium	Medium	200	500	Sedang
6	Motor gear reducer rusak	Conveyor tidak bergerak, motor rusak	Motor aus, beban berlebih	9	8	4	High	High	Low	288	516	Tinggi

Setelah mengetahui nilai setiap variabel FMEA, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Risk Priority Number (RPN) dari data. RPN merupakan hasil perkalian jumlah kejadian (Occurrence, O), tingkat keparahan (Safety, S) dan nilai deteksi (Detection, D) setiap penyebab kegagalan. Kemudian, prioritas dibuat untuk setiap penyebab kegagalan berdasarkan nilai RPN yang dihitung. Nilai RPN tertinggi berarti komponen memerlukan perhatian segera ketika terjadi mode error. Tabel diatas (Tabel 1) berisi data mengenai nilai masing-masing variabel FMEA.

Dari hasil perhitungan nilai RPN tertinggi yaitu rantai putus sebesar 540 dengan prioritas yang tinggi. Tingginya nilai RPN disebabkan oleh tingginya kemungkinan terjadinya kerusakan serta kesulitan dalam mendeteksi kerusakan pada komponen tersebut. Selain itu, tingkat keparahan (severity) dari setiap komponen juga cukup tinggi, yang berarti bahwa kerusakan pada komponen tersebut dapat menyebabkan dampak yang signifikan.

2. Analisis Mode Kegagalan Mesin dengan Logic Tree Analysis (LTA)

Tabel 2. Hasil Analisis Kategori Menggunakan LTA

No	Function Failure	Failure mode	Critical Analysis			
			Efident	Safety	Outage	catagory
1	Bucket elevator tidak dapat beroperasi	Bearing tail pulley overload	Ya	Tidak	Ya	B
2	Bucket elevator tidak dapat beroperasi	Rantai putus	Ya	Ya	Ya	A
3	Material bocor dari separator	Seal Bocor	Tidak	Tidak	Ya	C
4	Material tidak dapat mengalir ke silo	Air Slide Clogging	Ya	Tidak	Ya	B

5	Material tidak dapat mengalir melalui bucket elevator	Bucket Elevator buntu	Ya	Tidak	Ya	B
6	Belt Conveyor dapat beroperasi	Motor gear reducer rusak	Ya	Tidak	Ya	B

Analisis *Logic Tree Analysis (LTA)* digunakan untuk mengidentifikasi jenis atau kategori dari setiap kerusakan sehingga dapat diberikan penanganan yang sesuai. Penggolongan berdasarkan kategori tersebut menggunakan kriteria evident, safety, dan outage. Kriteria evident menjelaskan apakah operator dapat mendeteksi gangguan dalam kondisi normal. Kriteria safety menjelaskan apakah kerusakan tersebut menimbulkan masalah keselamatan, dan Kriteria outage menjelaskan apakah kerusakan tersebut menyebabkan mesin berhenti beroperasi. Ketiga kriteria tersebut membantu dalam menentukan kategori kerusakan sesuai dengan LTA seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.

3. Tindakan Preventive Maintenance pada Mesin produksi

Tabel 3. Kebijakan Preventive Maintenance

Failure Mode	Kategori LTA	Kebijakan Perawatan Mesin
Bearing tail pulley overloading	B	Lakukan pelumasan bearing secara berkala dan kontrol beban operasi.
Rantai putus	A	Inspeksi visual rantai secara rutin, pelumasan, dan penggantian sesuai jadwal.
Seal Bocor	C	Inspeksi rutin kondisi seal, ganti seal yang aus atau bocor, dan kontrol tekanan.
Air Slide Clogging	B	Bersihkan air slide secara berkala, gunakan sensor tekanan untuk deteksi dini.
Bucket Elevator buntu	B	Periksa dan bersihkan bucket elevator secara berkala, monitor kondisi dengan sensor.
Motor gear reducer rusak	B	Lakukan pelumasan dan pemeriksaan komponen gear reducer secara berkala.

Pada tahap ini, keputusan preventive maintenance diambil berdasarkan hasil analisis kritikalitas kegagalan yang diidentifikasi melalui Logic Tree Analysis (LTA). LTA memungkinkan identifikasi faktor-faktor seperti tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi kegagalan. Faktor-faktor ini digunakan untuk menentukan prioritas perawatan guna mencegah gangguan operasional yang signifikan. Usulan perbaikan kebijakan perawatan dapat dilihat pada Tabel 3.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan pembahasan yang dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian menggunakan Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) diperoleh nilai Risk Priority Number (RPN) dari tertinggi ke terendah, yaitu rantai putus dimana penyebabnya rantai aus dan beban berlebih dengan RPN Fuzzy (540), dan yang terendah adalah seal bocor penyebabnya seal aus dan tekanan air tinggi dengan RPN Fuzzy (148).
2. Dari hasil analisa menggunakan Logic Tree Analysis (LTA) dapat diketahui bahwa Failure mode termasuk kategori A (Safety Problem) yaitu rantai putus. Failure mode termasuk kategori B (outage problem) *bearing tail pully overloading*, air slide clogging, bucket elevator buntu, dan motor gear reducer rusak. Dan Failure mode termasuk kategori C (Economic Problem) yaitu Seal Bocor.

Tindakan preventif maintenance yang seharusnya dilakukan untuk mencegah kegagalan mesin berdasarkan kategori LTA adalah sebagai berikut:

- Kategori A (safety problem): Pengoperasian mesin sesuai dengan Standard Operating Procedure (SOP)
- Kategori B (outage problem): Pemeriksaan mesin secara berkala, melakukan pelumasan, pembersihan dan pemeriksaan komponen
- Kategori C (economic problem): Pemasangan komponen yang tepat dan pengantian komponen yang rusak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa. Ucapan terima kasih kepada kedua dosen bimbingan, yang telah memberikan masukan, saran, arahan dan dukungan penuh dalam menyusun dan menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada manajemen dan staf PT Semen Bosowa Maros, yang telah memberikan izin, dukungan, serta data yang diperlukan untuk penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rekan-rekan dan teman-teman, yang telah memberikan dukungan moral, motivasi, serta berbagi pengetahuan dan pengalaman selama proses penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Nuradela Qaulan Syakila, *Identifikasi Risiko Kegagalan Mesin Row Mill Dengan Pendekatan FMEA Dan LTA Pada PT. SEMEN BOSOWA MAROS*. 2021.
- [2] I. P. Raharja, I. B. Suardika, and H. Galuh W, "Perencanaan Perawatan Mesin Produksi Roller Mill Unit 1 Tuban Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di Pt Semen Indonesia (Persero) Tbk," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 39–48, 2021.
- [3] M. Arsyad Suyuti, B. Nasrullah, M. Ali Chandra, and M. Ikram Kido, "Analisis Keandalan Crusher pada PT. Semen Bosowa sebagai Dasar Penentuan Interval Waktu Perawatan," *J. Sinergi Jur. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 2, p. 136, 2019.
- [4] Hyprowira, "Penyebab Kerusakan Mesin Industri yang Umum Terjadi," *Hyprowira.com*, 2020.
- [5] R. F. Putra, A. Adiyanto, and M. Asbari, "Penerapan Metode Fuzzy Fmea (Failure Mode and Effect Analysis) Untuk Penjadwalan Maintenance Mesin Produksi Berbasis Web Di Pt Victory Ching Luh Indonesia," *Insa. Pembang. Sist. Inf. dan Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 27–34, 2022, doi: 10.58217/ipsikom.v10i2.220.
- [6] K. Rahmah, W. Wahyudin, and B. Nugraha, "Penerapan Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Fmea Dan Lta Pada Lever Assy Parking Brake," *Ina. J. Ind. Qual. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 57–72, 2023, doi: 10.34010/iqe.v11i1.8911.
- [7] D. K. S. H. W. Budiawan, "Analysis of Strategic Selection to Settlement Conflicting Interests Caused by Noise Intensity in the Workplace with Soft System Base Multi-Methodology Approach : A Case Study in a Manufacturing Company," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 4, no.7, pp. 1000–1015, 2019, [Online]. Available: <https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT19JUL258.pdf>.
- [8] I. W. S. Sukania and C. W. Wijaya, "Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi Menggunakan Metode FMEA di PT. X," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 15, no. 2, p. 103, 2023, doi: 10.24843/jem.2022.v15.i02.p06.
- [9] J. Sodikin and U. Satria Jati, "Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode Failures Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Logic Tree Anaysis (LTA)," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–21, 2022, doi: 10.35970/accurate.v3i1.1510.

- [10] H. Hidayat and R. Rohmat, "Analisis Kerusakan Jembatan Timbang Unit 1 di PT.IGLAS GRESIK Dengan Menggunakan Metode FMEA Dan LTA," *JUSTI (Jurnal Sist. dan Tek. Ind.*, vol. 3, no. 1, p. 106, 2022, doi: 10.30587/justicb.v3i1.4757.