

## IMPLEMENTASI *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)* UNTUK PENINGKATAN KUALITAS SUKU CADANG ALAT BERAT *MERK* KOMATSU PADA PT. XYZ

Mangadar Juni Filder Sinaga<sup>1</sup>, Abidin<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Buddhi Dharma

\*Corresponding Author, email: [abidin.abidin@ubd.ac.id](mailto:abidin.abidin@ubd.ac.id)

### ABSTRAK

Komatsu adalah salah satu merek alat berat yang digunakan hampir di setiap pekerjaan pertambangan, konstruksi jalan dan pembangunan. PT.XYZ adalah perusahaan yang bergerak dibidang jual beli alat berat bekas, di mana alat berat merek komatsu menjadi keluhan dari konsumen terkait suku cadang. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian standar komponen dan kelemahan sistem pemeliharaan, sehingga diperlukan analisis menyeluruh untuk mengidentifikasi komponen paling kritis beserta akar penyebab kegagalannya. Tujuan penelitian ini meliputi penentuan alat berat dengan tingkat kerusakan tertinggi, identifikasi suku cadang yang paling sering gagal, penilaian tingkat risiko menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, serta penelusuran akar masalah melalui *Fault Tree Analysis (FTA)* untuk menghasilkan usulan perbaikan yang tepat. Penelitian menggunakan data primer dan sekunder, yang selanjutnya diolah menggunakan *FMEA* untuk menentukan nilai *Risk Priority Number (RPN)* dan *FTA* untuk memetakan hubungan sebab-akibat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Komatsu PC200-8 MO merupakan unit dengan kerusakan tertinggi. Solenoid dan kabel menjadi suku cadang dengan tingkat penggantian terbanyak. *FMEA* menemukan bahwa solenoid dengan mode kegagalan “macet” memiliki *RPN* tertinggi yaitu 192, diikuti kegagalan kabel dengan *RPN* 175. Melalui *FTA*, penyebab utama solenoid macet meliputi penggunaan oli tidak standar, kontaminasi kotoran, kerusakan *seal*, serta usia pakai komponen. Sementara itu, kegagalan kabel dipicu oleh soket yang tidak rapat, jalur kabel yang tidak tertata, dan penggunaan kabel yang tidak sesuai spesifikasi. Penelitian menyimpulkan bahwa peningkatan kualitas suku cadang, perbaikan prosedur kerja teknisi, serta penerapan pemeliharaan preventif lebih ketat sangat diperlukan untuk meningkatkan keandalan alat berat dan menekan *downtime*.

**Kata kunci:** alat berat, *FMEA*, *FTA*, suku cadang.

### I. PENDAHULUAN

Alat berat berperan penting dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia, namun PT. XYZ menghadapi tingginya keluhan konsumen terhadap alat berat Komatsu, khususnya pada bagian elektrik, yang menyebabkan kerusakan berulang dan kerugian. Kondisi ini menunjukkan lemahnya standar komponen dan pemeliharaan, sehingga diperlukan analisis risiko menggunakan *FMEA* untuk

mengidentifikasi mode kegagalan (Wismer *et al.*, 2024) dan *FTA* untuk menelusuri akar penyebab kerusakan (Mustaqim *et al.*, 2021).

Berdasarkan penggerak utamanya, alat berat diklasifikasikan menjadi traktor roda kelabang (*crawler tractor*) dan traktor roda ban (*wheel tractor*) (Pribadi, 2022), di mana traktor roda kelabang memiliki kecepatan sekitar 4,5 km/jam dan umum digunakan sebagai *bulldozer* (Mases dan Santoso, 2025), sedangkan traktor roda ban salah satunya digunakan dalam sektor pertanian (Poerbaningtyas dan Pranata, 2022).

Penelitian terdahulu yang menjadi landasan teori dalam penelitian ini (Tangestani *et al.*, 2025) menyimpulkan bahwa *FMEA* efektif dalam memetakan dan memprioritaskan sumber risiko polusi udara di fasilitas kesehatan sehingga membantu pengendalian faktor lingkungan yang paling kritis. (EILithy *et al.*, 2023) menemukan bahwa penerapan *FMEA* mampu mengidentifikasi tantangan utama dalam implementasi otomasi farmasi, terutama pada aspek teknis dan sumber daya manusia, sehingga memudahkan penentuan prioritas perbaikan sistem. (Koh *et al.*, 2025) menunjukkan bahwa *FMEA* berhasil mengurangi risiko kegagalan pada *workflow real-time gated proton therapy* dengan mengidentifikasi tahapan proses medis yang memiliki risiko tertinggi.

(Marhavidas *et al.*, 2025) menyimpulkan bahwa integrasi *FMEA* dalam kerangka *multi*-metode penilaian risiko industri meningkatkan akurasi penentuan prioritas risiko dan mendukung pengambilan keputusan keselamatan kerja. (Guadalupe *et al.*, 2024) membuktikan bahwa *FTA* efektif dalam menelusuri akar penyebab kontaminasi pestisida pada proses penerimaan kopi dengan mengidentifikasi faktor dominan dari sisi proses dan lingkungan. (Hardianto dan Nuriyanto, 2023) menyatakan bahwa *FTA* mampu mengungkap penyebab utama produk *reject* pada *paving block* yang berasal dari faktor material, metode kerja, dan manusia.

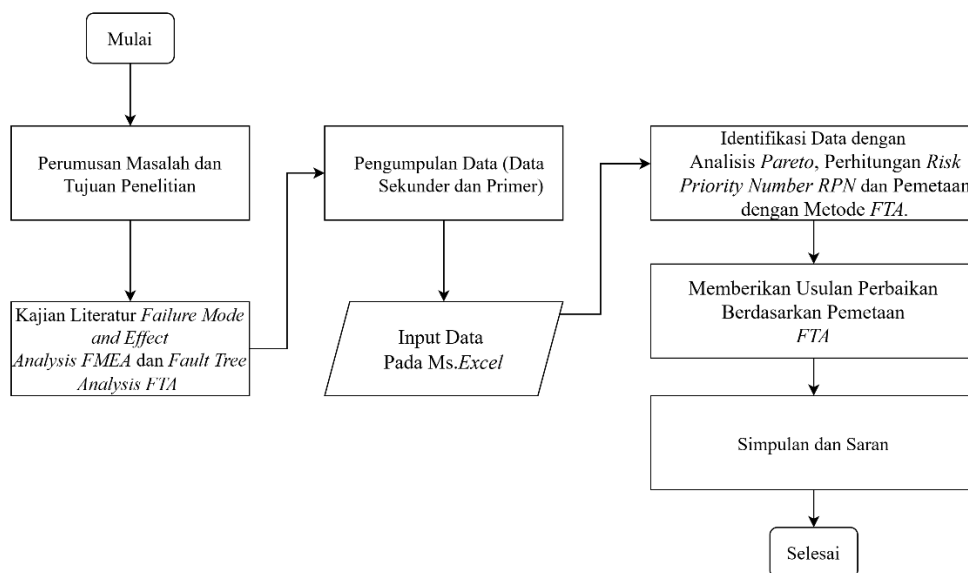
(Mulyojati dan Ferida, 2023) menyimpulkan bahwa penerapan *FTA* dapat mengidentifikasi akar penyebab kegagalan proses secara sistematis sehingga menjadi dasar dalam penyusunan tindakan perbaikan untuk meningkatkan kualitas dan keandalan sistem. *FTA* untuk mengidentifikasi akar penyebab cacat dimensi

pada *header boiler*. Hasil analisis menunjukkan bahwa cacat terjadi akibat kombinasi faktor material, metode kerja, mesin, dan manusia (Zakaria *et al.*, 2023).

Penelitian ini bertujuan menganalisis tingginya keluhan kerusakan alat berat Komatsu di PT. XYZ akibat kualitas suku cadang yang kurang baik dan belum adanya solusi perusahaan. Penelitian dibatasi pada kerusakan suku cadang elektrik menggunakan metode *FMEA* dan *FTA* untuk mengidentifikasi unit dan komponen paling bermasalah, dampak kerugian terburuk, serta merumuskan usulan perbaikan berdasarkan akar masalah.

## II. METODOLOGI

Penelitian mengumpulkan data primer melalui observasi *workshop* PT. XYZ dan sekunder dari rekaman kerusakan Januari 2024-Februari 2025. Tahapan meliputi Perumusan masalah dan tujuan penelitian, kajian literatur *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)*, pengumpulan data primer dan sekunder, *input data* pada *Ms.Excel*, analisis *Pareto* untuk prioritas, perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*, dan pemetaan dengan metode *FTA*, memberikan usulan perbaikan berdasarkan pemetaan *FTA*, dan membuat simpulan dan saran.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Kerangka pemikiran menghubungkan keluhan suku cadang ke kegagalan sistem, dianalisis *FMEA* untuk prioritas risiko lalu *FTA* untuk akar penyebab. Pengolahan menggunakan *MS Excel* dan diagram pohon kesalahan

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. XYZ mencatat 150 kasus kerusakan alat berat Komatsu dari konsumen periode Januari 2024-Februari 2025, dengan fokus pada sistem elektrik yang mendominasi 65% keluhan. Analisis *Pareto* menunjukkan Komatsu PC200-8 MO sebagai unit dengan perbaikan terbanyak (25% dari total), diikuti PC78 (18%) dan PC75-3 (15%).

**Tabel 1. Persentase Kerusakan Alat Berat**

Jenis Alat berat	Frekuensi Kerusakan	Persentase Kerusakan
PC200-8 MO	37	61,67%
PC75-3	6	10,00%
PC78-6	6	10,00%
PC78-10	6	10,00%
PC-135F-10	5	8,33%

Data suku cadang dengan tingkat pengantian tertinggi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut,

**Tabel 2. Pergantian Suku Cadang**

Jenis Alat berat	Frekuensi Kerusakan	Persentase Kerusakan
Solenoid	38	40,00%
Kabel	30	31,58%
Sekring 15 A	15	15,79%
Lampu H3	10	10,53%
Saklar	1	1,05%
Battery	1	1,05%

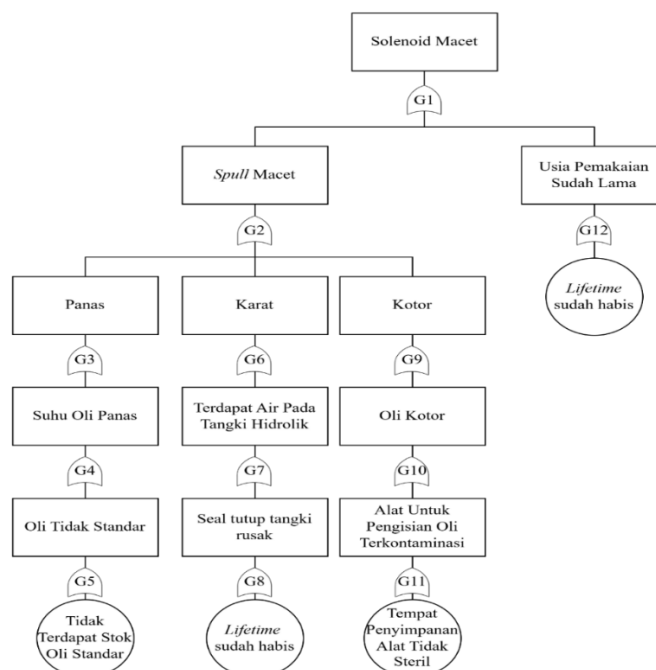
*FMEA worksheet* dengan merujuk pada Klausarino dan Hidayat, (2023) mengevaluasi 10 mode kegagalan, menghitung *Risk Priority Number* dengan menggunakan perhitungan  $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$  (Hardianto dan Nuriyanto, 2023). Hasil nilai *RPN* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut,

**Tabel 3. Nilai RPN**

Suku Cadang	Jenis Kurusakan	Nilai RPN
Solenoid	Macet	192
Solenoid	Korsleting	64

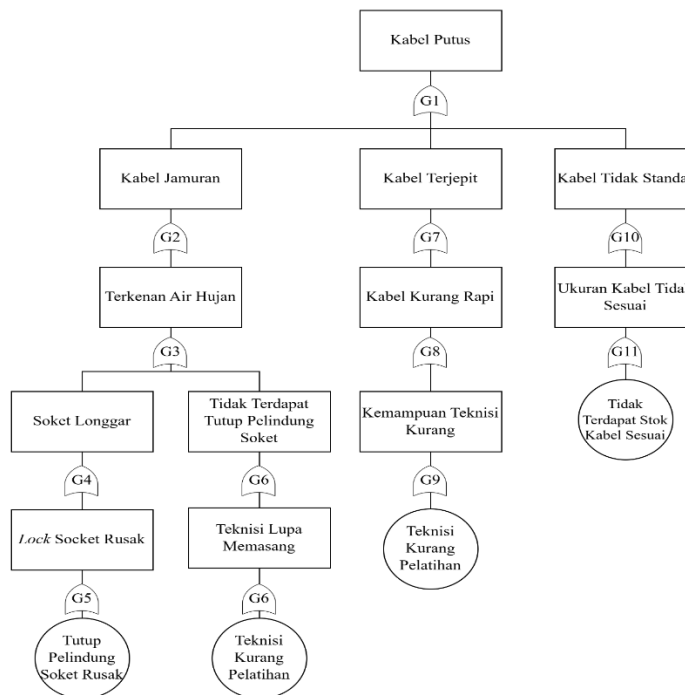
Suku Cadang	Jenis Kerusakan	Nilai RPN
Kabel	Putus	175
Suku Cadang	Jenis Kerusakan	Nilai RPN
Kabel	Terbakar	27
Sekring 15A	Putus	84
Sekring 15A	Jamuran	105
Lampu H3	Mati	56
Saklar	Tidak berfungsi	64
Saklar	Terjadi korosi	80

Hasil perhitungan nilai *RPN* menunjukkan bahwa kerusakan pada suku cadang solenoid dengan metode kegagalan macet menjadi memiliki nilai *RPN* tertinggi ( $RPN = 192$ ), serta kerusakan pada suku cadang kabel dengan mode kegagalan putus berada diperingkat ke dua ( $RPN = 175$ ). Setelah ditemukan nilai *RPN* tertinggi berikut dilakukan pembuatan diagram *Fault Tree Analysis (FTA)* bertujuan untuk mencari akar permasalahan (Dofantara *et al.*, 2023).



**Gambar 2. Diagram *Fault Tree Analysis (FTA)* Solenoid Macet**

*Spull* macet disebabkan oleh panas akibat penggunaan oli tidak standar, karat akibat kerusakan *seal* tangki, kontaminasi kotoran dari alat pengisian oli, serta usia solenoid yang melewati *lifetime*, sehingga diperlukan pengelolaan stok oli standar, inspeksi *seal* berkala, kebersihan alat pengisian oli, dan perawatan berbasis umur pakai.



**Gambar 3. Diagram *Fault Tree Analysis (FTA)* Kabel Putus**

Kerusakan kabel disebabkan oleh masuknya air hujan melalui soket yang longgar atau tanpa tutup akibat kelalaian teknisi, penataan kabel yang tidak rapi, serta penggunaan kabel tidak standar karena ketiadaan stok, sehingga diperlukan penguatan prosedur pengecekan soket, peningkatan pelatihan teknisi, dan pengelolaan persediaan kabel sesuai spesifikasi.

#### IV. SIMPULAN

Alat berat dengan tingkat kerusakan tertinggi di PT. XYZ adalah Komatsu PC200-8 MO sebesar 61,67% sehingga menjadi prioritas peningkatan keandalan, dengan solenoid sebagai suku cadang paling sering diganti sebesar 40%. Analisis *FMEA* menunjukkan nilai RPN tertinggi pada solenoid macet (192) diikuti kabel (175) yang menyebabkan unit tidak dapat beroperasi. Oleh karena itu, perbaikan difokuskan pada pengelolaan stok oli dan kabel standar, penggantian *seal* dan solenoid berkala, peningkatan kebersihan alat pengisian oli, serta pelatihan dan *checklist* kerja teknisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dofantara, V., Subekti, A., dan Amrullah, H. N. (2023). Identifikasi Kegagalan Komponen Pada Container Crane Menggunakan *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* Dan *Fault Tree Analysis (FTA)*. In *7 th CONFERENCE ON SAFETY ENGINEERING AND IT'S APPLICATION*.
- ElLithy, M. H., Alsamani, O., Salah, H., Opinion, F. B., dan Abdelghani, L. S. (2023). *Challenges Experienced During Pharmacy Automation And Robotics Implementation In JCI Accredited Hospital In The Arabian Gulf Area: FMEA Analysis-Qualitative Approach*. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 31(9), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2023.101725>
- Guadalupe, G. A., García, L., Quispe-Sánchez, L., dan Doménech, E. (2024). *The Fault Tree Analysis (FTA) To Support Management Decisions On Pesticide Control In The Reception Of Peruvian Parchment Coffee*. *Food Control*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110729>
- Hardianto, R. D., dan Nuriyanto. (2023). Analisis Penyebab Reject produk *Paving Block* dengan Pendekatan Metode *FMEA* Dan *FTA*. *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah* , 2(12), 4635–4648.
- Klausarino, M. A., dan Hidayat, T. (2023). Studi Analisis Pengendalian Kualitas Produk *Clamp* Menggunakan Metode *FMEA* Di PT. Japra Mandiri. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri UPS Tegal*, 47–55.
- Koh, W. Y. C., Tan, H. Q., Lew, K. S., Kor, W. T. A., Samsuri, N. A. B., Chan, J. W. S., Chua, C. G. A., Lee, J. K. H., Wibawa, A., Master, Z., dan Park, S. Y. (2025). *Real-Time Gated Proton Therapy: Introducing Clinical Workflow And Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)*. *Technical Innovations and Patient Support in Radiation Oncology*, 34, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tipsro.2025.100311>
- Marhavilas, P. K., Delianidis, N., Koulinas, G., dan Boustras, G. (2025). *Safety Assessment By Amalgamating MCDM/AHP, Hazop, Decision Risk-Matrices' Analysis, And FTA, Through A Safety's Color-Mapping Visualization – Application To Industrial And Technological Systems*. *Safety Science*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106941>

- Mases, Y., dan Santoso, B. (2025). Analisa Pengaruh Waktu Standby Terhadap Efektivitas Unit *Bulldozer Liebherr 756* di *Stockpile OPB 4 PT Bukit Asam*, Tbk. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Sains*, 1(3), 179–186.  
<https://doi.org/10.62278/jits.v1i3.49>
- Mulyojati, P. A. M., dan Ferida, Y. (2023). Usulan Perbaikan Kecelakaan Kerja Pada Proses Pencetakan PT. Mega Jaya Logam Menggunakan JSA dan *FTA*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer*, 3(2), 360–374.  
<https://doi.org/10.51903/juritek.v3i2.1900>
- Mustaqim, R., Ismiah, E., dan Widyaningrum, D. (2021). Analisis Kegagalan Pada Proses *Repair* Komponen Alat Berat Di PT. Surabaya Steel Construction Works Dengan Metode *FMEA*. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 2(4), 610–619.  
<https://journal.umg.ac.id/index.php/justi/article/view/4153/2524>
- Poerbaningtyas, E., dan Pranata, C. H. (2022). Prototipe Perancangan Sistem Kendali Jarak Jauh Pada Traktor Roda 2 Menggunakan *Arduino*. *J-INTECH (Journal of Information and Technology)*, 11(1), 26–31.
- Pribadi, G. (2022). *Buku Ajar Alat Berat dan PTM*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Tangestani, M., Jafari, A. J., Kermani, M., dan Kalantary, R. R. (2025). *Development Application Of FMEA Risk Assessment Model For Indoor Air Pollutants In Healthcare Organizations: Focus On Suspended Particles And Bioaerosols In Hospitals*. *MethodsX*, 14, 1–12.  
<https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103342>
- Wismer, S. E., Jimenez, A., Al-Douri, A., Grabovetska, V., dan Groth, K. M. (2024). *PEM Electrolyzer Failure Scenarios Identified By Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 89, 1280–1289.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.09.397>
- Zakaria, T., Juniarti, A. D., dan Setyo, B. B. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Cacat Dimensi Pada *Header Boiler* Menggunakan Metode *FMEA* dan *FTA*. *Jurnal InTent*, 6(1), 24–36.