Procedia of Engineering and Life Science Vol. 10 No.1 2026
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Analysis Of The Causes And Overcome Of Damage To Packer Machines At Pt.Xx

Analisis Penyebab Dan Penanggulangan Kerusakan Pada Mesin Packer Di Pt. Xxx

Doni Fajar Rosyidin[1], Mulyadi[2]
*Email corresponding author: Mulyadi@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *The cigarette packer machine serves as a primary unit in the manufacturing process to perform automatic, fast, and continuous packaging. General Background Optimal packer machine performance plays a vital role in maintaining production continuity, packaging quality, and achieving company targets. Specific Background The cigarette packer machine at PT. XX frequently experiences failures that lead to increased downtime, reduced production output, and decreased operational efficiency. Knowledge Gap Existing operational practices require a systematic analysis to determine root failure causes and evaluate comprehensive corrective and preventive maintenance measures. Aims This study aims to identify failure types, analyze root causes using the fishbone method, evaluate Overall Equipment Effectiveness (OEE), and review corrective and preventive measures implemented by the company. Results Findings indicate that machine failures are dominantly caused by mechanical wear, electrical disturbances, and human errors, resulting in an OEE value of 72.4 percent. Novelty This work establishes an integrated evaluation framework combining failure frequency analysis, fishbone root-cause identification, and OEE performance metrics for cigarette packaging lines. Implications Implementing scheduled preventive maintenance and improving work environmental conditions significantly minimize downtime and improve overall manufacturing productivity.*
Keywords *Cigarette Packer Machine, Machine Failure, Maintenance, Preventive Maintenance, Productivity*

Abstrak. *Mesin pengemas rokok berfungsi sebagai unit utama dalam proses manufaktur untuk melakukan pengemasan otomatis, cepat, dan berkelanjutan. Latar Belakang Umum Kinerja mesin packer yang optimal memainkan peran penting dalam menjaga kontinuitas produksi, kualitas kemasan, dan pencapaian target perusahaan. Latar Belakang Spesifik Mesin pengemas rokok di PT. XX sering mengalami kegagalan yang menyebabkan peningkatan waktu henti, penurunan output produksi, dan penurunan efisiensi operasional. Kesenjangan Pengetahuan Praktik operasional yang ada memerlukan analisis sistematis untuk menentukan penyebab utama kegagalan dan mengevaluasi langkah korektif serta pemeliharaan preventif yang komprehensif. Tujuan Studi ini bertujuan mengidentifikasi jenis kegagalan, menganalisis akar penyebab menggunakan metode fishbone, mengevaluasi Efektivitas Peralatan Secara Keseluruhan (OEE), dan meninjau langkah-langkah korektif dan pencegahan yang diterapkan oleh perusahaan. Hasil Temuan menunjukkan bahwa kegagalan mesin terutama disebabkan oleh keausan mekanis, gangguan listrik, dan kesalahan manusia, menghasilkan nilai OEE sebesar 72,4 persen. Kebaruan Pekerjaan ini menetapkan kerangka evaluasi terintegrasi yang menggabungkan analisis frekuensi kegagalan, identifikasi akar penyebab ikan, dan metrik kinerja OEE untuk lini kemasan rokok. Implikasi Pelaksanaan pemeliharaan preventif terjadwal dan peningkatan kondisi lingkungan kerja secara signifikan meminimalkan waktu henti dan meningkatkan produktivitas manufaktur secara keseluruhan.*
Kata kunci: *Mesin Pengemas Rokok, Kegagalan Mesin, Pemeliharaan, Pemeliharaan Preventif, Produktivitas*

I. PENDAHULUAN

Industri rokok merupakan salah satu sektor manufaktur yang memiliki tingkat kompleksitas dan tuntutan produktivitas yang tinggi. Proses produksi rokok melibatkan berbagai tahapan yang saling terintegrasi, mulai dari pengolahan bahan baku, pelintingan rokok, hingga proses pengemasan produk akhir. Dalam rangka memenuhi kebutuhan pasar dan menjaga daya saing perusahaan, setiap tahapan produksi dituntut untuk berjalan secara efisien, stabil, dan berkelanjutan. Salah satu tahapan krusial dalam proses produksi tersebut adalah proses pengemasan, yang umumnya dilakukan menggunakan mesin packer rokok[1].

Mesin packer rokok berfungsi untuk mengemas rokok secara otomatis dengan kecepatan tinggi dan tingkat presisi yang baik. Mesin ini berperan penting dalam menjaga kualitas kemasan, kuantitas produksi, serta kontinuitas alur produksi. Kinerja mesin packer yang tidak optimal dapat menyebabkan terjadinya berbagai permasalahan, seperti peningkatan waktu henti mesin (downtime), penurunan output produksi, kerusakan produk, dan keterlambatan distribusi. Oleh karena itu, keandalan dan kesiapan mesin packer menjadi faktor yang sangat menentukan keberhasilan operasional perusahaan[2].

Dalam praktik operasional di PT. XX, mesin packer rokok digunakan secara kontinu dalam jangka waktu yang relatif panjang. Kondisi tersebut menyebabkan mesin rentan mengalami kerusakan, baik yang bersifat mekanik, elektrik, maupun yang berkaitan dengan sistem kontrol. Kerusakan mekanik umumnya disebabkan oleh keausan komponen akibat gesekan dan beban kerja yang tinggi, sedangkan kerusakan elektrik sering terjadi pada sensor, aktuator, dan panel kontrol. Selain itu, faktor manusia seperti kesalahan pengoperasian dan kurangnya pemahaman terhadap standar operasional prosedur (SOP) juga berkontribusi terhadap terjadinya kerusakan mesin. Kerusakan pada mesin packer rokok tidak hanya berdampak pada terganggunya proses produksi, tetapi juga dapat menimbulkan kerugian ekonomi bagi perusahaan akibat meningkatnya biaya perawatan dan perbaikan. Oleh sebab itu, diperlukan upaya yang sistematis

dan terencana untuk menganalisis penyebab kerusakan mesin serta menentukan metode penanggulangan yang tepat. Analisis penyebab kerusakan menjadi langkah penting untuk mengetahui faktor dominan yang memicu gangguan pada

mesin, sehingga tindakan perbaikan yang dilakukan tidak hanya bersifat sementara, tetapi juga mampu mencegah terjadinya kerusakan berulang[3].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis penyebab dan penanggulangan kerusakan pada mesin packer rokok di PT. XX. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis kerusakan yang sering terjadi, menganalisis faktor penyebab kerusakan berdasarkan kondisi aktual di lapangan, serta mengevaluasi upaya perbaikan dan perawatan yang telah diterapkan oleh perusahaan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efektivitas sistem perawatan mesin, mengurangi downtime, serta mendukung kelancaran dan efisiensi proses produksi di PT. XX

A. Rumusan Masalah

1. Apa saja jenis kerusakan yang sering terjadi pada mesin packer rokok di PT. XX selama proses produksi berlangsung?
2. Faktor-faktor apa yang menjadi penyebab utama terjadinya kerusakan pada mesin packer rokok, baik dari sisi mekanik, elektrik, sistem kontrol, maupun faktor manusia dan lingkungan kerja?
3. Bagaimana pengaruh kerusakan mesin packer rokok terhadap downtime dan efektivitas kinerja mesin dalam proses produksi?
4. Bagaimana upaya penanggulangan kerusakan yang telah diterapkan oleh perusahaan, dan sejauh mana upaya tersebut mampu mengurangi frekuensi kerusakan serta meningkatkan kinerja mesin?

B. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada mesin packer rokok di PT. XX selama kegiatan operasional.
2. Menganalisis faktor-faktor penyebab kerusakan mesin packer rokok berdasarkan kondisi aktual di lapangan.
3. Mengetahui dampak kerusakan mesin terhadap downtime dan efektivitas kinerja mesin packer rokok.
4. Mengevaluasi upaya penanggulangan dan sistem perawatan yang diterapkan oleh perusahaan sebagai dasar perbaikan kinerja mesin di masa mendatang.

C. Manfaat Penelitian

- Bagi Perusahaan
  Penelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi bagi perusahaan dalam memahami penyebab kerusakan mesin packer rokok serta sebagai dasar dalam meningkatkan sistem perawatan mesin untuk mengurangi downtime dan meningkatkan efisiensi produksi.
- Bagi Dunia Akademik
  Penelitian ini dapat menambah referensi dan wawasan keilmuan di bidang teknik mesin, khususnya terkait analisis kerusakan mesin produksi dan penerapan konsep preventive maintenance di industri manufaktur.
- Bagi Penulis
  Penelitian ini menjadi sarana penerapan teori yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam praktik di lapangan, serta meningkatkan pemahaman dan pengalaman dalam menganalisis permasalahan mesin industri secara sistematis.

D. Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada satu unit mesin packer rokok yang digunakan pada proses pengemasan akhir di PT. XX.
2. Analisis kerusakan dibatasi pada kerusakan yang terjadi selama periode pengamatan pada saat kegiatan magang berlangsung.
3. Jenis kerusakan yang dikaji meliputi kerusakan mekanik, elektrik, sistem kontrol, serta faktor manusia dan lingkungan yang berpengaruh terhadap kinerja mesin.
4. Analisis kinerja mesin dilakukan berdasarkan data downtime dan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE), tanpa membahas aspek biaya secara rinci.
5. Upaya penanggulangan yang dibahas terbatas pada tindakan corrective maintenance dan preventive maintenance yang telah diterapkan oleh perusahaan.

II. METODE

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi kinerja mesin packer rokok melalui analisis frekuensi kerusakan, downtime, dan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE). Pendekatan kualitatif digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan mesin berdasarkan

observasi langsung dan wawancara dengan operator serta teknisi maintenance. Pendekatan ini dipilih agar analisis yang dihasilkan bersifat komprehensif, baik dari sisi kinerja mesin maupun faktor penyebab permasalahan[4].

B. Waktu, Tempat, dan Objek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. XX pada unit produksi yang menggunakan mesin packer rokok sebagai proses pengemasan akhir. Pengambilan data dilakukan selama periode kegiatan magang dengan fokus pada satu unit mesin packer yang beroperasi secara kontinu. Objek penelitian meliputi kondisi operasional mesin, data kerusakan, waktu downtime, serta sistem perawatan mesin[5].

C. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap operasi mesin packer rokok dan wawancara semi-terstruktur dengan operator serta teknisi maintenance. Observasi dilakukan untuk mengamati alur kerja mesin dan kondisi komponen, sedangkan wawancara digunakan untuk memperoleh informasi terkait jenis kerusakan, penyebab kerusakan, dan prosedur penanganan[6].
Data sekunder diperoleh melalui studi dokumentasi berupa catatan histori kerusakan mesin, data downtime, jadwal perawatan, dan standar operasional prosedur (SOP). Data ini digunakan sebagai dasar analisis kuantitatif[7].

D. Variabel Penelitian

Variabel penelitian meliputi:[1]

Tabel 1 Penentuan Variabel Penelitian

Nama Variabel	Keterangan
Variabel Bebas	faktor penyebab kerusakan mesin yang mencakup faktor mekanik, elektrik, sistem kontrol, manusia, dan lingkungan.
Variabel Terikat	kinerja mesin packer rokok yang diukur berdasarkan downtime dan nilai OEE.

E. Teknik Analisis Data

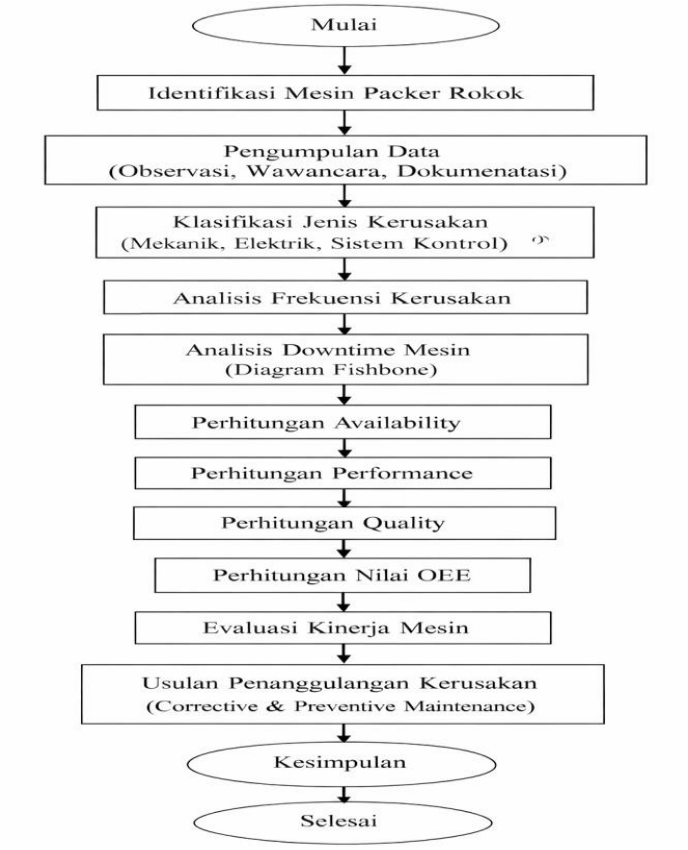
Analisis data dilakukan secara bertahap. Data kerusakan mesin diklasifikasikan berdasarkan jenis kerusakan dan dihitung frekuensinya untuk mengetahui kerusakan yang paling dominan. Selanjutnya dilakukan analisis downtime untuk mengetahui dampak kerusakan terhadap waktu operasi mesin. Analisis penyebab kerusakan dilakukan menggunakan diagram fishbone (Ishikawa) dengan pengelompokan faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan[8].
Evaluasi efektivitas mesin dilakukan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* yang dihitung berdasarkan parameter *availability, performance, dan quality*, dengan persamaan:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \ldots\ldots\ldots (1)$$

Nilai *OEE* digunakan untuk menilai tingkat efektivitas mesin packer rokok dan dibandingkan dengan standar industri manufaktur[9].

F. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dari identifikasi objek penelitian, pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi, pengolahan data kerusakan dan downtime, analisis penyebab kerusakan menggunakan diagram fishbone, perhitungan nilai *OEE*, hingga evaluasi kinerja mesin dan penyusunan rekomendasi perbaikan[10].



Gambar 2.1 Flowchart Analisis Kerusakan Mesin Packer Rokok

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Operasional Mesin Packer Rokok

Mesin packer rokok di PT. XX beroperasi secara kontinu dengan jam kerja tinggi untuk memenuhi target produksi harian. Mesin ini berfungsi sebagai unit pengemasan akhir sebelum produk didistribusikan. Berdasarkan hasil observasi lapangan, mesin packer sering mengalami gangguan operasional yang menyebabkan downtime dan menurunkan efisiensi produksi. Gangguan tersebut bervariasi mulai dari kerusakan ringan hingga kerusakan yang menyebabkan mesin berhenti total[11].

2. Analisis Frekuensi Kerusakan Mesin

Data kerusakan mesin dikumpulkan selama periode pengamatan dan diklasifikasikan berdasarkan jenis kerusakan. Hasil analisis frekuensi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 2 Hasil Analisis Frekuensi

No	Jenis Kerusakan	Jumlah Kejadian	Persentase (%)
1	Mekanik	18	45
2	Elektrik	13	32,5
3	Sistem Kontrol	9	22,5
Total		**40**	**100**

Berdasarkan Tabel 1, kerusakan mekanik merupakan jenis kerusakan yang paling dominan. Hal ini menunjukkan bahwa keausan komponen akibat penggunaan kontinu menjadi faktor utama penyebab gangguan mesin[12].

3. Analisis Downtime Mesin Packer

Downtime dianalisis untuk mengetahui dampak kerusakan terhadap waktu produksi. Rekapitulasi downtime disajikan pada Tabel 3

Tabel 3 Downtime Mesin Packer

Jenis Kerusakan	Total Downtime (Jam)	Rata-rata Downtime per Kejadian (Jam)
Mekanik	28,5	1,58
Elektrik	21,0	1,62
Sistem Kontrol	24,5	2,72
Total	**74,0**	—

Kerusakan sistem kontrol memiliki rata-rata downtime tertinggi karena membutuhkan waktu diagnosis dan penanganan yang lebih lama dibandingkan kerusakan lainnya[13].

4. Analisis penyebab kerusakan

Analisis penyebab kerusakan dilakukan menggunakan pendekatan fishbone diagram yang mengelompokkan penyebab ke dalam faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan.

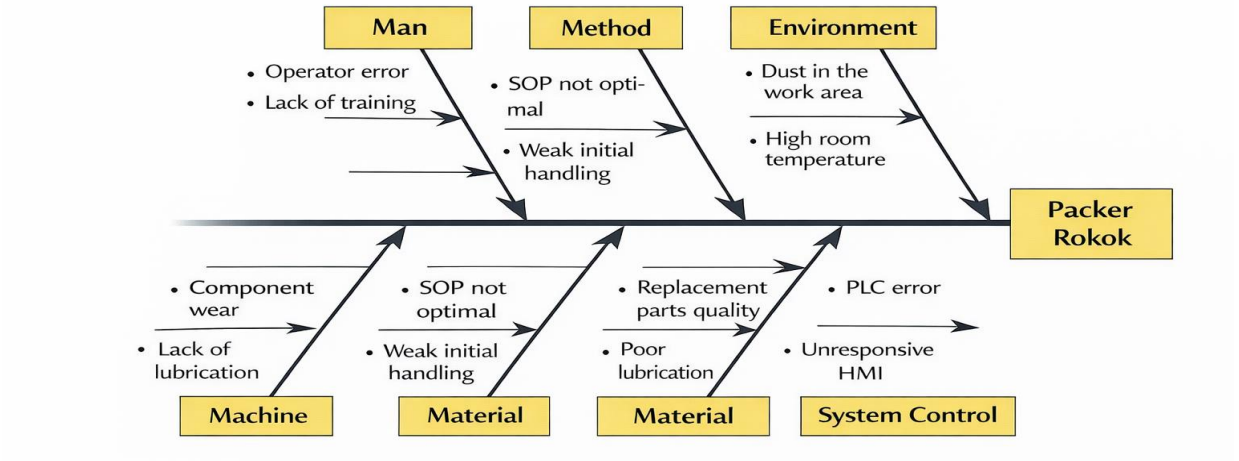


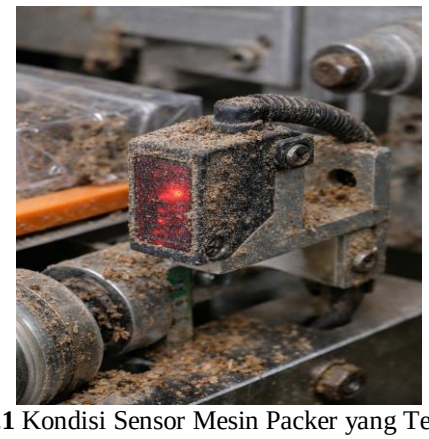
Fig. 1. Fishbone diagram of root causes of cigarette packer machine failures at PT. XX.

Gambar3. 1 Diagram Fishbone Penyebab Kerusakan Mesin Packer Rokok

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor mesin (keausan komponen) dan lingkungan (debu produksi) merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan[14].

5. Kondisi Aktual Komponen Mesin

Berdasarkan dokumentasi lapangan, ditemukan beberapa sensor dan komponen mesin dalam kondisi kotor akibat debu, sehingga memengaruhi kinerja sistem.



Gambar 3.1 Kondisi Sensor Mesin Packer yang Tertutup Debu

6. Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Nilai OEE digunakan untuk mengukur efektivitas mesin packer rokok. Hasil perhitungan OEE ditunjukkan pada Tabel 3. Perhitungan OEE Mesin Packer Rokok

Tabel 4 Perhitungan OEE Mesin Packer Rokok

No	Parameter OEE	Nilai (%)	Sumber Data
1	Availability	85,2	Planned time & downtime
2	Performance	88,5	Output aktual & ideal
3	Quality	96,1	Produk baik
-	**Overall Equipment Effectiveness (OEE)**	**72,4**	Perhitungan OEE

Rumus OEE

$$OEE = Availability\ x\ Performance\ x\ Quality$$

$$Availability = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Planned Production Time}}\ X\ 100\%$$

$$Performance = \frac{Actual\ Output}{Ideal\ Output}\ X\ 100\%$$

$$Qualiy = \frac{\text{Good Output}}{\text{Total Output}}\ X\ 100\%$$

1. Data Aktual:
   - Planned Production Time = 480 menit/hari
   - Total Downtime = 71 menit
   - Operating Time = 480 − 71 = 409 menit
2. Perhitungan Availability

$$Availibity = \frac{409}{480}\ x\ 100\% = 85{,}2\%$$

3. Perhitungan Performance
   Data Produksi
   Misalkan diperoleh data produksi sebagai berikut:
   - Ideal Output Mesin = 10.000 pack/shift
   - Actual Output Mesin = 8.850 pack/shift

$$Perfomance = \frac{8.850}{10.000}\ X\ 100\% = \ 88{,}5\%$$

4. Perhitungan Quality
   Data Kualitas Produksi:
   - Total Output = 8.850 pack
   - Produk Cacat = 345 pack
   - Good Output = 8.850 – 345 = 8.505 pack

$$Quality = \frac{8.505}{8.850}\ X\ 100\% = 96{,}1\%$$

5. Perhitungan OEE

$$OEE = 85{,}2\% \times 88{,}5\% \times 96{,}1\%$$
$$OEE = 72{,}4\%$$

Nilai OEE sebesar 72,4% menunjukkan bahwa efektivitas mesin packer rokok di PT. XX masih berada di bawah standar ideal industri manufaktur (≥85%). Nilai availability yang dipengaruhi downtime serta performance yang belum optimal menjadi faktor utama rendahnya nilai OEE, sehingga diperlukan peningkatan sistem preventive maintenance dan pengendalian kondisi lingkungan kerja[15].

7. Pembahasan Penanggulangan Kerusakan

Upaya penanggulangan kerusakan yang diterapkan meliputi corrective maintenance dan preventive maintenance. Preventive maintenance berupa pembersihan sensor secara berkala, pelumasan komponen mekanik, serta pengecekan sistem kontrol terbukti mampu menurunkan frekuensi kerusakan. Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa perawatan terjadwal dapat meningkatkan keandalan mesin dan menurunkan downtime[14].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisis penyebab dan penanggulangan kerusakan pada mesin packer rokok di PT. XX, dapat disimpulkan bahwa:

1. Mesin packer rokok di PT. XX masih mengalami gangguan operasional yang cukup signifikan sehingga berdampak terhadap penurunan efektivitas proses produksi.
2. Jenis kerusakan yang paling dominan adalah kerusakan mekanik, diikuti oleh kerusakan elektrik dan sistem kontrol, yang terutama disebabkan oleh keausan komponen akibat pengoperasian mesin secara kontinu.
3. Kerusakan pada sistem kontrol memberikan kontribusi terbesar terhadap downtime mesin karena memerlukan waktu perbaikan yang lebih lama dibandingkan jenis kerusakan lainnya.
4. Hasil analisis penyebab kerusakan menggunakan diagram fishbone menunjukkan bahwa faktor mesin dan lingkungan kerja, khususnya paparan debu terhadap sensor dan sistem kontrol, merupakan penyebab utama terjadinya gangguan pada mesin packer rokok.
5. Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) mesin packer rokok sebesar 72,4% masih berada di bawah standar ideal industri manufaktur, sehingga diperlukan penerapan sistem preventive maintenance yang terjadwal, peningkatan kebersihan lingkungan kerja, serta peningkatan kompetensi operator dan teknisi maintenance untuk meningkatkan kinerja mesin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada PT. XX yang telah memberikan kesempatan dan izin untuk melaksanakan penelitian serta memperoleh data yang diperlukan dalam penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh operator dan teknisi maintenance mesin packer rokok yang telah memberikan dukungan, informasi, dan bantuan selama proses pengambilan data dan observasi di lapangan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan sistem perawatan mesin serta peningkatan efisiensi proses produksi di industri manufaktur.

REFERENSI

[1] M. Irfan, “Analisis Overall Equipment Effectiveness untuk Meningkatkan Keefektifan pada Mesin Press,” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, vol. 2, no. 7, pp. 12–20, 2021.

[2] U. H. Nasution and R. Pratama, “Analisis Maintenance Mesin dalam Meningkatkan Jam Produksi pada PT. Cerestar Flour Mills Medan,” Jurnal Rekayasa Industri dan Sistem, vol. 4, no. 1, pp. 45–52, Jan. 2025.

[3] B. Hariono and U. Irnain, “Analisis Repair Maintenance dan Preventive Maintenance pada Mesin Huller di Industri Kopi,” Jurnal Ilmiah Inovasi, vol. 23, no. 3, pp. 251–258, Dec. 2023. doi: 10.25047/jii.v23i3.3988.

[4] D. A. Pahila, A. H. Maksum, D. N. Rinaldi, and J. H. S. Ronggowaluyo, “Efektivitas Mesin Slitter dengan Menggunakan Metode OEE di Perusahaan Packaging,” Journal of Industrial Engineering, vol. 5, no. 2, pp. 110–118, 2024.

[5] T. A. Nugroho, A. S. Hutama, P. Kurniawan, B. C. Aji, and S. Nuriyah, “Analisis Kegagalan Mesin Produksi Rokok Cigarillos dengan Metode FMEA,” Jurnal Crankshaft, vol. 6, no. 3, pp. 85–94, 2023.

[6] Z. Febriani, E. Prasetyaningsih, and C. R. Muhammad, “Penerapan Preventive Maintenance untuk Mereduksi Downtime pada Mesin Punching,” Jurnal Riset Teknik Industri, vol. 5, no. 1, pp. 23–32, Jul. 2025. doi: 10.29313/jrti.v5i1.6421.

[7] M. C. Agustha, “Pemilihan Strategi Perawatan Mesin Press FCP-24V Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness di PT Kia Keramik Mas,” Jurnal Teknik Industri Manufaktur, vol. 3, no. 2, pp. 50–59, Apr. 2023.

[8] F. Y. Suryaningsih, Proses Packing Rokok PT Sehat Tentrem Jaya Lestari, Undergraduate thesis, Universitas Hasyim Asy'ari, Jombang, Aug. 2024.

[9] M. A. Rifa’i Abubakar, Metodologi Penelitian: Pendekatan Kuantitatif dan Kualitatif dalam Riset Industri, Yogyakarta: Deepublish, 2021.

[10] M. R. Amrullah, Analisis Produktivitas Mesin Packing di PT. XYZ dengan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE), Undergraduate thesis, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Dec. 2023.

[11] T. S. Wianto, Analisis Implementasi Lean Kaizen PT Universal Fishing Gear Solutions untuk Mengidentifikasi dan Minimasi Waste pada Produksi Rod FNX 662, Master's thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2025.

[12] S. Y. Purwanto, Elemen Mesin Edisi Revisi, Jakarta: Erlangga, 2021.

[13] L. B. Said, M. Turu, and A. Alifuddin, “Studi Kerusakan Jalan dan Cara Penanggulangannya pada Jalan Metro Tanjung Bunga, Kota Makassar,” Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil, vol. 1, no. 4, pp. 36–55, Oct. 2023. doi: 10.61132/konstruksi.v1i4.223.

[14] D. Veronika, “Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Cetak Batako untuk Meningkatkan Produktivitas di UD. Sinar Traso,” Jurnal Teknik Mesin Indonesia, vol. 9, no. 1, pp. 15–24, Apr. 2024.

[15] J. M. Smith and R. K. Taylor, “Reliability Centered Maintenance and Effectiveness Optimization in High-Speed Automated Packaging Lines,” Journal of Manufacturing Systems, vol. 65, pp. 210–222, 2022. doi: 10.1016/j.jmsy.2022.09.008.