

Evaluasi Keandalan Mesin Carding LC363 Line B2 pada Industri Tekstil Menggunakan Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness*, MTTF, MTTR, dan FMEA

Muhamad Amirul Hassan Waluyo¹, Amalia*²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro
Email: ¹512202201629@mhs.dinus.ac.id, ²amalia@dsn.dinus.ac.id

Abstrak

Rendahnya efektivitas dan keandalan mesin produksi menjadi kendala dalam pencapaian target kualitas dan kuantitas di industri tekstil, khususnya pada mesin Carding yang berperan penting dalam menentukan mutu serat sebelum pemintalan; permasalahan yang muncul meliputi *downtime* tinggi, penurunan kecepatan operasi, serta peningkatan produk cacat yang berdampak langsung pada nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja sekaligus keandalan mesin Carding LC363 Line B2 melalui pendekatan terintegrasi antara metrik efektivitas dan reliabilitas menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan data observasi, wawancara, dan laporan produksi. Analisis dilakukan menggunakan OEE, *Mean Time To Failure* (MTTF), *Mean Time To Repair* (MTTR), *Six Big Losses*, serta *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil menunjukkan nilai OEE berada pada rentang 57,90%–70,61% dengan mesin nomor 11 memiliki performa terendah; faktor dominan penurunan efektivitas berasal dari *downtime* akibat keausan komponen dan durasi setup yang panjang. Analisis reliabilitas memperlihatkan variasi MTTF dan MTTR yang memengaruhi *Availability*, sedangkan FMEA mengidentifikasi keausan mesin sebagai mode kegagalan paling kritis dengan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sebesar 280. Secara ilmiah, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode evaluasi keandalan mesin melalui integrasi OEE dan parameter reliabilitas (MTTF–MTTR) dalam satu kerangka analisis terpadu yang diperkuat oleh *Six Big Losses* dan FMEA, sehingga menghasilkan model evaluasi yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan OEE secara tunggal; secara praktis, temuan ini menjadi dasar penyusunan strategi preventive maintenance, peningkatan kompetensi operator, dan implementasi monitoring berbasis data.

Kata kunci: FMEA, MTTF, MTTR, OEE, Preventive Maintenance, Six Big Losses

Reliability Evaluation of LC363 Carding Machine in Line B2 of a Textile Industry Using Overall Equipment Effectiveness, MTTF, MTTR, and FMEA Approaches

Abstract

Low machine effectiveness and reliability hinder the achievement of Quality and quantity targets in the textile industry, particularly in Carding machines that determine fiber Quality before spinning; key problems include high downtime, reduced operating speed, and increased defects that directly affect Overall Equipment Effectiveness (OEE). This study aims to evaluate both Performance and reliability of the LC363 Carding machine on Line B2 using an integrated approach that combines effectiveness and reliability metrics through a quantitative descriptive method based on observation, interviews, and production reports. The analysis applies OEE, Mean Time To Failure (MTTF), Mean Time To Repair (MTTR), Six Big Losses, and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Results show OEE values ranging from 57.90% to 70.61%, with machine number 11 showing the lowest Performance; the dominant causes of reduced effectiveness are downtime due to component wear and long setup durations. Reliability analysis indicates variations in MTTF and MTTR affecting machine Availability, while FMEA identifies machine wear as the most critical failure mode with the highest Risk Priority Number (RPN) of 280. Scientifically, this study contributes to the development of machine reliability evaluation methods by integrating OEE and reliability parameters (MTTF–MTTR) within a unified analytical framework strengthened by Six Big Losses and FMEA, producing a more comprehensive evaluation model than using OEE alone; practically, the findings support preventive maintenance planning, operator skill improvement, and data-based monitoring implementation.

Keywords: FMEA, MTTF, MTTR, OEE, Preventive Maintenance, Six Big Losses

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu sektor manufaktur strategis yang dituntut menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan kuantitas stabil serta biaya produksi yang efisien. Pencapaian target tersebut sangat dipengaruhi oleh efektivitas dan keandalan mesin produksi pada setiap tahapan proses [1]. Divisi Spinning memiliki peran penting dalam menentukan mutu benang, dan salah satu mesin utama yang digunakan pada proses ini adalah mesin Carding yang berfungsi untuk menguraikan, membersihkan, dan menyusun serat sebelum pemintalan. Kinerja mesin pada tahap ini sangat menentukan keseragaman serat serta stabilitas proses lanjutan, sehingga gangguan kecil sekalipun dapat berdampak signifikan terhadap kualitas produk akhir [2]. Namun, performa mesin Carding yang tidak stabil masih sering menimbulkan peningkatan *downtime*, penurunan kecepatan produksi, dan bertambahnya produk cacat yang berdampak langsung pada efisiensi lini produksi secara keseluruhan.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) berkembang luas sebagai parameter penilaian kinerja mesin karena kemampuannya menggabungkan *Availability*, *Performance*, dan *Quality* dalam satu ukuran terintegrasi [3]. OEE juga banyak dimanfaatkan untuk mengidentifikasi sumber terjadinya kehilangan produktivitas melalui pendekatan *Six Big Losses* yang mengelompokkan kerugian berdasarkan jenis gangguan operasional [4]. Namun demikian, mayoritas penelitian OEE masih berfokus pada pengukuran efektivitas operasional tanpa mengaitkannya secara langsung dengan parameter keandalan mesin seperti *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR).

Pendekatan reliabilitas seperti MTTF dan MTTR penting untuk memahami pola kegagalan serta kemampuan pemulihan mesin dalam jangka panjang [5]. Integrasi antara indikator efektivitas (OEE) dan reliabilitas memberikan gambaran performa mesin yang lebih komprehensif karena tidak hanya menilai hasil produksi, tetapi juga kestabilan operasionalnya [6]. Selain itu, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) banyak digunakan untuk mengidentifikasi serta menentukan prioritas potensi kegagalan mesin berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) [7].

Beberapa penelitian telah mengombinasikan OEE dengan FMEA maupun pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk menentukan prioritas perbaikan, namun penerapannya masih terbatas pada analisis parsial dan belum membentuk kerangka evaluasi terpadu [8], [9], [10]. Di sisi lain, analisis *Six Big Losses* juga telah diterapkan untuk mengurangi kerugian operasional di berbagai sektor industri, tetapi belum secara eksplisit dikaitkan dengan parameter reliabilitas mesin dalam satu model analisis menyeluruh [11].

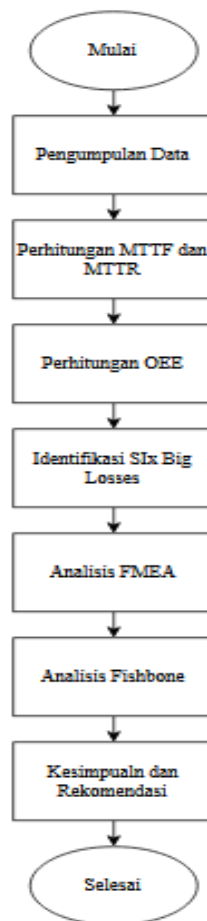
Berdasarkan tinjauan literatur tersebut, terdapat kesenjangan penelitian karena sebagian besar studi masih memisahkan analisis efektivitas operasional, reliabilitas mesin, dan prioritas risiko kegagalan, sehingga belum tersedia model evaluasi komprehensif yang mengintegrasikan ketiga aspek tersebut secara simultan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini secara eksplisit bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dan keandalan mesin Carding LC363 pada Line B2 industri tekstil melalui pendekatan analisis terpadu yang mengombinasikan OEE, MTTF, MTTR, *Six Big Losses*, dan FMEA dalam satu kerangka evaluasi.

Kontribusi penelitian ini adalah pengembangan model evaluasi keandalan mesin berbasis integrasi metrik efektivitas operasional dan parameter reliabilitas yang diperkuat dengan analisis risiko kegagalan, sehingga menghasilkan pendekatan evaluasi yang lebih komprehensif dibandingkan metode OEE konvensional. Model ini diharapkan menjadi dasar pengambilan keputusan perawatan berbasis data untuk meningkatkan keandalan dan produktivitas mesin pada industri tekstil.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif kuantitatif yang didukung oleh pengumpulan data dari sumber primer dan sekunder dalam kurun waktu sepuluh hari kerja, terhitung dari 18 Februari hingga 27 Februari 2025, pada Line B2 mesin Carding Industri Tekstil PT XYZ. Data penelitian meliputi durasi operasi mesin, frekuensi *downtime*, hasil produksi, serta jumlah produk yang tidak sesuai standar. Data primer dikumpulkan melalui kegiatan observasi langsung serta wawancara dengan operator dan teknisi pemeliharaan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari laporan produksi harian, jadwal pemeliharaan, serta catatan historis kinerja mesin. Hal ini sesuai dengan pendekatan pengumpulan data yang sering digunakan dalam studi efektivitas mesin dan reliability [12], [13]. Alur metodologi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 yang menjelaskan tahapan-tahapan penelitian, dimulai dari proses pengumpulan data, analisis keandalan mesin menggunakan MTTF–MTTR, perhitungan OEE, identifikasi *Six Big Losses*, analisis FMEA, analisis Fishbone, hingga penarikan kesimpulan dan rekomendasi.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini bertujuan memberikan gambaran sistematis mengenai efektivitas mesin Carding di Industri Tekstil PT XYZ berdasarkan parameter *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Uraian metode pengumpulan data yang sebelumnya terpisah digabungkan agar lebih ringkas dan tidak berulang. Pendekatan ini selaras dengan praktik analisis efektivitas dan reliability yang komprehensif [12]. Dalam penelitian ini, pengembangan sistem dilakukan dengan pendekatan kuantitatif yang disertai analisis perbaikan berkelanjutan, dengan fokus pada peningkatan efektivitas mesin Carding melalui konsep OEE [14]. Pengembangan sistem diarahkan untuk mengidentifikasi masalah utama yang menghambat kinerja mesin sekaligus merumuskan solusi perbaikannya. Tahap-tahap pengembangan meliputi:

1. Perhitungan MTTF dan MTTR

Mean Time To Failure (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) digunakan secara konsisten sebagai parameter keandalan dan maintainability mesin Carding, karena parameter ini penting untuk memahami karakteristik kegagalan mesin [15]. MTTF adalah rata-rata waktu kerja operasional mesin hingga terjadi kegagalan, sedangkan MTTR adalah rata-rata durasi yang diperlukan untuk melakukan perbaikan mesin hingga dapat beroperasi kembali secara normal setelah terjadi kerusakan:

$$MTTF = \frac{\text{Total Waktu Operasi}}{\text{Jumlah Breakdown}} \tag{1}$$

$$MTTR = \frac{\text{Total Downtime}}{\text{Jumlah Breakdown}} \tag{2}$$

Nilai MTTF–MTTR ini selanjutnya digunakan untuk mendukung analisis *Availability* pada perhitungan OEE karena secara langsung merepresentasikan frekuensi kegagalan dan kecepatan pemulihan mesin [16].

2. Pengukuran OEE

Langkah pertama adalah menghitung *Availability* (A), *Performance* (P), dan *Quality* (Q) menggunakan data produksi dari mesin *Carding* [17]. Hasil pengukuran ini akan menjadi dasar untuk mengevaluasi efektivitas mesin dan mengidentifikasi aspek yang perlu diperbaiki. Berikut rumus yang digunakan pada perhitungan OEE [18] :

$$A = \frac{(\text{Loading Time} - \text{Downtime})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (3)$$

$$P = \frac{(\text{Loading Time} - \text{Speed Loss Time})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (4)$$

$$Q = \frac{\text{Produk Bagus}}{(\text{Produksi Bagus} + \text{Defect})} \times 100\% \quad (5)$$

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \quad (6)$$

3. Six Big Losses

Pendekatan *Six Big Losses* digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama penurunan efektivitas, yang meliputi *Equipment Failure*, *Setup and Adjustment Losses*, *Idling and Minor Stoppages*, *Reduced Speed*, *Defects and Rework*, serta *Startup Losses* [19]. Pendekatan ini membantu mengelompokkan sumber kerugian yang berdampak langsung terhadap komponen *Availability*, *Performance*, dan *Quality*.

4. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram

Selanjutnya, untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko kegagalan mesin, digunakan metode FMEA. Masing-masing potensi kegagalan dinilai berdasarkan *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) [20]. Semakin tinggi nilai RPN, semakin besar prioritas penanganan yang diperlukan. Analisis Fishbone Diagram juga diterapkan untuk memetakan penyebab kegagalan berdasarkan aspek manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan kerja, yang sejalan dengan praktik identifikasi sebab-akibat dalam studi reliabilitas dan efektivitas [21].

5. Perancangan Strategi Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis OEE, *Six Big Losses*, serta parameter keandalan MTTF–MTTR dan hasil FMEA, dirancang strategi perbaikan yang bertujuan meningkatkan efektivitas mesin secara menyeluruh. Strategi tersebut mencakup penjadwalan perawatan preventif yang lebih terstruktur dan berbasis kondisi mesin, optimalisasi pengaturan serta parameter operasi untuk mengurangi waktu henti dan meningkatkan kinerja, serta peningkatan keterampilan operator melalui pelatihan yang berkesinambungan. Perumusan strategi ini menempatkan hasil analisis sebagai dasar pengambilan keputusan perawatan, sehingga upaya peningkatan kinerja mesin dilakukan secara sistematis. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi perbaikan berkelanjutan pada studi penerapan OEE dan TPM untuk memaksimalkan produktivitas mesin industri [22].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan menyajikan temuan penelitian serta analisisnya secara sistematis berdasarkan data hasil pengamatan lapangan. Penyusunan bagian ini dilakukan dengan pemisahan yang tegas antara hasil penelitian yang bersifat deskriptif kuantitatif dan pembahasan yang berisi interpretasi analitis. Pendekatan yang digunakan meliputi pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Mean Time To Failure* (MTTF), *Mean Time To Repair* (MTTR), analisis *Six Big Losses*, serta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Pendekatan tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual kinerja mesin *Carding* di Industri Tekstil PT XYZ, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab penurunan efektivitas, serta merumuskan alternatif perbaikan yang relevan. Hasil penelitian difokuskan pada penyajian data keandalan dan efektivitas mesin secara objektif. Nilai MTTF dan MTTR menunjukkan karakteristik frekuensi kerusakan serta durasi perbaikan mesin, sedangkan OEE

menggambarkan tingkat efektivitas operasional melalui komponen *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Seluruh hasil pengukuran disajikan dalam bentuk tabel atau grafik secara ringkas tanpa disertai interpretasi teoretis.

Pembahasan berisi analisis dan interpretasi terhadap hasil yang telah disajikan. Analisis dilakukan dengan menelaah keterkaitan antarindikator kinerja mesin serta membandingkannya dengan konsep keandalan peralatan dan efektivitas sistem produksi. *Six Big Losses* digunakan untuk mengelompokkan faktor utama penyebab kerugian yang berdampak pada nilai OEE, sedangkan FMEA dan diagram Fishbone diterapkan dalam proses identifikasi akar permasalahan dari aspek manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Selain aspek teknis, pembahasan juga menekankan implikasi manajerial dari temuan penelitian. Uraian ini mencakup pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait strategi perawatan mesin, pengendalian *downtime*, efisiensi biaya operasional, serta perencanaan maintenance jangka panjang guna mendukung keberlanjutan kinerja peralatan. Dengan demikian, pembahasan tidak hanya menjelaskan makna hasil pengukuran, tetapi juga menegaskan relevansinya terhadap pengelolaan operasional industri secara menyeluruh. Bagian ini memberikan gambaran komprehensif mengenai struktur permasalahan kinerja mesin, faktor dominan yang memengaruhi efektivitasnya, serta arah strategi perbaikan yang tepat untuk meningkatkan keandalan dan produktivitas mesin Carding, baik dari perspektif teknis maupun manajemen perawatan berkelanjutan.

3.1. Perhitungan dan Evaluasi *Mean Time To Failure* (MTTF) serta *Mean Time To Repair* (MTTR)

Perhitungan MTTF dan MTTR dilakukan menggunakan data kerusakan dan waktu perbaikan dari tujuh mesin Carding yang beroperasi pada Line B2, yaitu Mesin nomor 6, 7, 8, 9, 10, 11, dan 12. Data diolah untuk memperoleh nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan (MTTR) pada masing-masing mesin. Nilai MTTF menunjukkan rata-rata lama pengoperasian mesin sebelum terjadi gangguan, sedangkan MTTR menggambarkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk mengembalikan mesin ke kondisi operasional setelah terjadi kerusakan. Hasil perhitungan MTTF dan MTTR untuk setiap mesin disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai MTTF tertinggi tercatat pada Mesin 8 sebesar 1761,33 menit, sedangkan nilai MTTF terendah terdapat pada Mesin 11 sebesar 441,48 menit. Nilai MTTF mesin lainnya berada pada rentang 543,22 hingga 1168,56 menit. Nilai MTTR tercepat tercatat pada Mesin 7 sebesar 156,78 menit, sedangkan nilai MTTR terlama terdapat pada Mesin 8 sebesar 338,67 menit. Nilai MTTR mesin lainnya berada pada rentang 158,52 hingga 231,44 menit. Seluruh nilai MTTF dan MTTR yang diperoleh pada tahap ini digunakan sebagai data dasar dalam perhitungan kinerja mesin pada tahap analisis berikutnya.

Tabel 1. Perhitungan MTTF dan MTTR

Mesin	MTTF	MTTR
6	708.07	191.93
7	543.22	156.78
8	1761.33	338.67
9	1168.56	231.44
10	1043.10	216.90
11	441.48	158.52
12	830.00	220.00

3.2. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dilakukan pada tujuh mesin Carding di Line B2 dengan menggunakan tiga komponen utama, yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Pendekatan ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat efektivitas mesin secara menyeluruh serta mengidentifikasi potensi kehilangan (*losses*) yang terjadi selama proses produksi. Ketiga komponen tersebut dihitung berdasarkan data waktu operasi, kapasitas produksi, dan jumlah produk cacat selama periode pengamatan.

Availability menunjukkan persentase waktu operasi aktual dibandingkan waktu tersedia, *Performance* menunjukkan tingkat perbandingan antara kecepatan produksi sebenarnya dan kecepatan ideal, dan *Quality* menunjukkan persentase produk baik yang dihasilkan. Nilai OEE yang diperoleh memberikan gambaran awal mengenai kinerja masing-masing mesin dan menjadi dasar dalam analisis lanjutan untuk menentukan faktor-faktor penyebab rendahnya efektivitas mesin. Hasil perhitungan ketiga komponen OEE untuk masing-masing mesin disajikan pada Tabel 2.

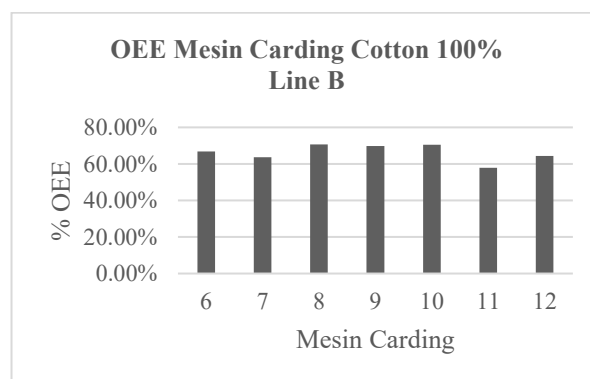
Table 2. Hasil *Availability*, *Performance*, dan *Quality*

Mesin	<i>Availability</i> (%)	<i>Performance</i> (%)	<i>Quality</i> (%)
6	78.67	86.59	98.11
7	77.60	85.83	95.68
8	83.87	87.66	96.03
9	83.47	86.11	97.02
10	82.79	87.40	97.38
11	73.58	81.73	96.27
12	79.05	85.02	95.74

Nilai *Availability* pada ketujuh mesin berada pada rentang 73,58% hingga 83,87%. Nilai *Performance* berada pada rentang 81,73% hingga 87,66%, sedangkan nilai *Quality* berada pada rentang 95,68% hingga 98,11%. Berdasarkan nilai *Availability*, *Performance*, dan *Quality* tersebut, diperoleh nilai OEE masing-masing mesin seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekap Hasil OEE

Mesin	OEE	Interpretasi	Performa	Keterangan
6	66,83%	60%-85%	Cukup Baik	Peningkatan
7	63,73%	60%-85%	Cukup Baik	Peningkatan
8	70,61%	60%-85%	Cukup Baik	Peningkatan
9	69,73%	60%-85%	Cukup Baik	Peningkatan
10	70,46%	60%-85%	Cukup Baik	Peningkatan
11	57,90%	<60%	Rendah	Perlu Perbaikan
12	64,35%	60%-85%	Cukup Baik	Peningkatan



Gambar 2. Grafik Histogram OEE Mesin Carding

Nilai OEE yang diperoleh pada tujuh mesin Carding berada pada rentang 57,90% hingga 70,61%. Nilai tertinggi tercatat pada Mesin 8 sebesar 70,61%, sedangkan nilai terendah terdapat pada Mesin 11 sebesar 57,90%. Distribusi nilai OEE antar mesin juga ditampilkan dalam bentuk grafik histogram sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

3.3. Identifikasi *Six Big Losses*

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis *Six Big Losses* yang dilakukan pada mesin dengan nilai OEE paling rendah, yaitu Mesin Carding No. 11. Kategori kerugian paling signifikan disebabkan oleh *Equipment Failure* dan *Setup Adjustment Losses*, yang mengindikasikan bahwa *downtime* akibat kerusakan mesin serta ketidakefisienan proses setup menjadi faktor utama penurunan kinerja. Temuan ini menegaskan pentingnya peningkatan

manajemen *downtime* dan optimalisasi proses setup sebagai upaya untuk meningkatkan efektivitas mesin. Data hasil analisis ini memberikan dasar yang jelas dalam mengidentifikasi penyebab dominan kehilangan produktivitas, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan prioritas tindakan perbaikan pada mesin tersebut.

Tabel 4. *Six Big Losses*

No	Kategori <i>Six Big Losses</i>	Indikator	Data Mesin No. 11	Penyebab Kemungkinan
1	<i>Equipment Failure (Downtime Losses)</i>	<i>Downtime</i> tinggi (>100 menit)	185 menit	Kerusakan komponen mesin, kurangnya pemeliharaan rutin
2	<i>Setup and Adjustment Losses</i>	Waktu setup lama setelah perawatan	120 menit	Proses penyetelan ulang setelah maintenance tidak efisien
3	<i>Idling and Minor Stoppages (Small Stops)</i>	Banyaknya waktu idle yang tidak terdeteksi sebagai <i>downtime</i>	40 menit	Operator terlambat menangani gangguan kecil
4	<i>Reduced Speed Losses (Slow Cycles)</i>	<i>Performance Rate</i> rendah meskipun <i>Availability</i> tinggi	72%	Mesin berjalan lebih lambat untuk mengurangi <i>Defect</i>
5	<i>Defects and Rework Losses</i>	Tingginya jumlah produk cacat (<i>Defect</i>)	<i>Defect</i> 0.17 bale	Kualitas bahan baku tidak stabil, pengaturan mesin tidak optimal
6	<i>Reduced Yield (Startup Losses)</i>	Produksi awal setelah <i>downtime</i> menunjukkan hasil rendah	<i>Defect</i> tinggi 0.02 bale	Mesin butuh waktu stabilisasi setelah restart

3.4. Pendekatan FMEA

Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) diterapkan pada Mesin Carding No. 11 untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang berpotensi mengganggu proses produksi serta menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Penilaian risiko dilakukan dengan mempertimbangkan tiga parameter utama, yaitu tingkat keparahan dampak terhadap produksi (*Severity*), frekuensi terjadinya kegagalan (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi sebelum kegagalan terjadi (*Detection*).

Tabel 5 menyajikan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada Mesin Carding No. 11, yang menunjukkan beberapa mode kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) relatif tinggi. Mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi adalah kerusakan mesin akibat keausan, dengan nilai RPN sebesar 280. Kondisi ini mengindikasikan bahwa keausan komponen merupakan risiko utama yang berpengaruh signifikan terhadap kontinuitas proses produksi dan tingkat *downtime* mesin.

Tabel 5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

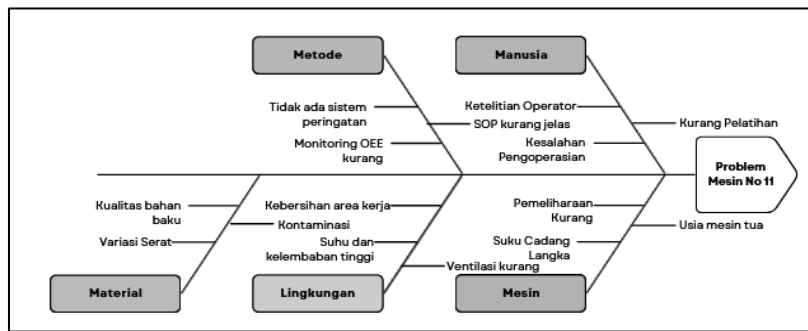
<i>Failure Mode</i> (Mode Kegagalan)	<i>Effect</i> (Dampak)	<i>Potential Cause</i> (Penyebab Potensial)	<i>Severity</i> (S) (Dampak Produksi)	<i>Occurrence</i> (O) (Frekuensi Terjadi)	<i>Detection</i> (D) (Kemungkinan Terdeteksi)	RPN	<i>Recommended Action</i> (Tindakan Perbaikan)
Kerusakan mesin akibat keausan	Produksi terhenti, <i>downtime</i> tinggi	Pemeliharaan tidak rutin, usia mesin tua	7	8	5	280	Penerapan <i>preventive maintenance</i> , inspeksi berkala
Setelan mesin tidak stabil setelah perawatan	Produk cacat meningkat, waktu setup lama	Operator kurang terlatih, SOP setup tidak optimal	6	6	6	216	Pelatihan operator, pembuatan SOP standar
Mesin berjalan lebih lambat dari kecepatan ideal	Output berkurang, produktivitas turun	Operator menurunkan kecepatan untuk mengurangi <i>Defect</i>	7	9	4	252	Optimasi parameter produksi, sistem monitoring kecepatan
Kualitas bahan baku tidak seragam	Produk cacat meningkat	Pemasok bahan baku tidak konsisten	6	7	5	210	Pengawasan bahan baku lebih ketat, kerja sama dengan pemasok yang lebih baik
Startup Loss setelah <i>downtime</i> panjang	Produksi awal mengalami <i>Defect</i>	Mesin butuh stabilisasi setelah restart	5	6	6	180	SOP khusus startup mesin, inspeksi awal sebelum produksi penuh

Kerusakan mesin akibat keausan memiliki nilai *Severity* sebesar 7, yang menunjukkan bahwa dampaknya cukup besar terhadap proses produksi karena dapat menyebabkan terhentinya operasi mesin. Nilai *Occurrence* sebesar 8 mengindikasikan bahwa kegagalan ini sering terjadi, terutama pada mesin dengan usia pakai yang tinggi dan pemeliharaan yang tidak dilakukan secara rutin. Sementara itu, nilai *Detection* sebesar 5 menunjukkan bahwa potensi kegagalan masih dapat dideteksi melalui kegiatan inspeksi dan pemantauan kondisi mesin secara berkala.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, tindakan perbaikan difokuskan pada penerapan strategi *preventive maintenance* yang terencana dan berkelanjutan. *Preventive maintenance* meliputi kegiatan pembersihan, pelumasan, penyetelan, serta penggantian komponen mesin sebelum mencapai batas usia pakainya. Selain itu, pelaksanaan inspeksi berkala perlu diperkuat untuk mendeteksi indikasi awal keausan komponen, agar tindakan perbaikan dapat dilakukan lebih awal sebelum kerusakan berkembang menjadi lebih serius dan berdampak pada penurunan kinerja produksi secara keseluruhan.

3.5. Identifikasi Menggunakan Diagram *Fishbone*

Analisis ini didasarkan pada metode diagram *Fishbone* (Ishikawa) yang ditampilkan pada Gambar 2, yang dimanfaatkan untuk mengidentifikasi akar penyebab utama permasalahan yang berkontribusi terhadap rendahnya nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin *Carding*. Pendekatan ini membantu dalam mengklasifikasikan faktor-faktor penyebab ke dalam beberapa kategori, seperti manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran, sehingga mempermudah dalam merumuskan tindakan perbaikan yang lebih terfokus dan efektif.



Gambar 3. Diagram *Fishbone*

Tabel 6. Rekomendasi Hasil Diagram *Fishbone*

Faktor Penyebab	Upaya Perbaikan dan Rekomendasi	
Manusia	<p>Kompetensi operator dalam pengoperasian dan perawatan mesin masih terbatas.</p> <p>Kurangnya ketelitian operator dalam mengontrol proses produksi.</p> <p>SOP pengoperasian belum diterapkan secara konsisten.</p>	<p>Meningkatkan kompetensi operator melalui pelatihan rutin terkait pengoperasian dan pemeliharaan mesin Carding.</p> <p>Memperjelas dan menegakkan SOP pengoperasian untuk meminimalkan kesalahan manusia.</p> <p>Melakukan evaluasi dan pengawasan berkala terhadap kepatuhan operator terhadap SOP.</p>
Mesin	<p>Usia mesin yang relatif tua menyebabkan penurunan performa.</p> <p>Pemeliharaan mesin tidak dilakukan secara rutin sehingga meningkatkan <i>downtime</i>.</p> <p>Keterbatasan suku cadang memperpanjang waktu perbaikan.</p>	<p>Melaksanakan perawatan dan inspeksi mesin secara terjadwal untuk menjaga kinerja mesin.</p> <p>Menyusun jadwal pemeliharaan preventif secara konsisten.</p> <p>Menyediakan dan mengelola persediaan suku cadang secara memadai.</p>
Metode	<p>Belum diterapkan sistem peringatan dini untuk kegagalan mesin.</p> <p>Pemantauan nilai OEE belum dilakukan secara berkala.</p>	<p>Mengimplementasikan sensor atau sistem monitoring otomatis pada mesin.</p> <p>Melakukan pencatatan dan analisis OEE secara periodik sebagai dasar evaluasi kinerja mesin.</p>
Material	<p>Kualitas bahan baku tidak seragam.</p>	<p>Mengendalikan kualitas bahan baku agar sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.</p>
Lingkungan	<p>Variasi karakteristik serat mempengaruhi kecepatan dan stabilitas produksi.</p> <p>Kondisi area produksi kurang bersih dan berdebu.</p> <p>Sistem ventilasi belum optimal.</p>	<p>Menjaga kondisi bahan baku sebelum proses produksi.</p> <p>Menerapkan prosedur kebersihan area produksi secara konsisten.</p> <p>Mengoptimalkan sistem ventilasi untuk menjaga suhu dan kelembaban lingkungan kerja.</p>

3.6. Pembahasan dan Implikasi Manajerial

Hasil pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang dikombinasikan dengan parameter keandalan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) menunjukkan bahwa rendahnya efektivitas mesin Carding, khususnya pada Mesin No. 11, berkaitan erat dengan tingginya frekuensi kegagalan serta lamanya waktu perbaikan. Kondisi tersebut berdampak langsung pada rendahnya nilai *Availability* dan meningkatnya *downtime* produksi, sehingga menghambat pencapaian kinerja operasional yang optimal. Hubungan antara *Availability* dengan karakteristik kegagalan dan waktu perbaikan ini sejalan dengan konsep integrasi OEE dan reliabilitas mesin, yang menegaskan bahwa MTTF dan MTTR merupakan parameter kunci dalam mengevaluasi kinerja mesin secara komprehensif [6].

Analisis *Six Big Losses* mengindikasikan bahwa sumber kehilangan terbesar berasal dari kategori *Equipment Failure* dan *Setup and Adjustment Losses*. Temuan ini menunjukkan bahwa penurunan efektivitas mesin tidak hanya disebabkan oleh aspek teknis kerusakan, tetapi juga oleh kurang optimalnya proses perawatan serta pengaturan ulang mesin setelah kegiatan maintenance. Hasil ini konsisten dengan penelitian implementasi *Six Big*

Losses yang menyatakan bahwa kerusakan peralatan dan waktu setup merupakan kontributor utama rendahnya nilai OEE, khususnya pada mesin dengan intensitas penggunaan tinggi [4]. Hasil ini sejalan dengan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang mengidentifikasi keausan komponen mesin sebagai mode kegagalan paling kritis dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Secara teoretis, FMEA dirancang untuk memprioritaskan kegagalan dengan dampak dan frekuensi tinggi, di mana keausan komponen mekanis pada mesin berusia tua umumnya menghasilkan nilai RPN yang dominan [7]. Keterkaitan antara hasil OEE, *Six Big Losses*, FMEA, dan diagram Fishbone menegaskan bahwa faktor mesin dan manusia merupakan penyebab dominan penurunan efektivitas mesin Carding.

Implikasi manajerial yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa strategi pemeliharaan mesin perlu diarahkan pada penerapan preventive maintenance yang lebih terstruktur dan berkelanjutan. Penjadwalan perawatan rutin, pelaksanaan inspeksi berkala berbasis kondisi mesin, serta pengelolaan ketersediaan suku cadang menjadi langkah strategis untuk menekan *downtime* dan meningkatkan *Availability* mesin. Pendekatan preventive maintenance ini selaras dengan literatur manajemen pemeliharaan yang menekankan bahwa perawatan terjadwal dan berbasis kondisi mampu meningkatkan keandalan mesin serta menurunkan frekuensi kegagalan [10]. Selain itu, peningkatan kompetensi operator melalui pelatihan yang berkelanjutan diperlukan untuk meminimalkan kesalahan operasional serta mempercepat proses setup setelah perawatan.

Secara jangka panjang, penerapan strategi perbaikan tersebut diharapkan mampu meningkatkan keandalan mesin, menjaga stabilitas proses produksi, dan meningkatkan efisiensi biaya operasional. Pemanfaatan data kinerja mesin sebagai dasar pengambilan keputusan maintenance juga sejalan dengan pendekatan maintenance berbasis data yang direkomendasikan dalam penelitian-penelitian terkini terkait peningkatan efektivitas dan keberlanjutan sistem produksi [23]. Pemanfaatan hasil analisis sebagai dasar pengambilan keputusan memungkinkan manajemen menyusun kebijakan maintenance yang lebih berbasis data, memprioritaskan penanganan pada mesin kritis, serta mendukung keberlanjutan kinerja peralatan produksi secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas mesin Carding di Industri Tekstil PT XYZ dipengaruhi oleh keandalan mesin yang direpresentasikan oleh parameter *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR), serta efektivitas operasional yang diukur melalui *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Nilai MTTF yang relatif rendah dan MTTR yang cenderung tinggi pada beberapa mesin berkorelasi dengan rendahnya nilai *Availability*, sehingga berdampak pada penurunan nilai OEE. Nilai OEE yang berada pada kisaran 57,90%–70,61% menunjukkan bahwa kinerja mesin masih berada pada kategori cukup baik, namun belum mencapai tingkat efektivitas yang optimal. Analisis *Six Big Losses* mengidentifikasi *downtime* akibat keausan mesin dan lamanya waktu setup sebagai faktor dominan penurunan produktivitas.

Secara metodologis, penelitian ini berkontribusi melalui integrasi multi-metode yang mengombinasikan OEE, MTTF–MTTR, *Six Big Losses*, FMEA, dan diagram Fishbone dalam satu kerangka evaluasi yang komprehensif. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi hubungan antara efektivitas operasional, keandalan mesin, serta prioritas risiko kegagalan secara lebih sistematis dibandingkan penggunaan metode tunggal. Hasil FMEA menunjukkan bahwa keausan komponen mesin merupakan mode kegagalan paling kritis dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yang diperkuat oleh analisis sebab–akibat menggunakan diagram *Fishbone*.

Dari sisi praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar bagi perumusan strategi *preventive maintenance* yang lebih terstruktur, meliputi penjadwalan perawatan rutin, penguatan inspeksi kondisi mesin, optimalisasi prosedur setup, serta peningkatan kompetensi operator. Pendekatan perawatan berbasis data ini mendukung pengambilan keputusan manajerial dalam pengelolaan maintenance jangka panjang, khususnya dalam upaya menekan *downtime*, meningkatkan keandalan mesin, dan menjaga stabilitas kinerja produksi.

Penelitian ini hanya dilakukan pada mesin Carding LC363 sejumlah 7 mesin pada 1 line yakni Line B2, dimana disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengukuran pada mesin pada beberapa line untuk jenis kain berbeda agar hasil lebih komprehensif. Selain itu, ke depannya dapat dikembangkan dengan pendekatan lain yang tidak hanya mengidentifikasi mesin yang bermasalah, namun dapat memprediksi kapan potensi kegagalan akan terjadi agar tindakan pencegahan dapat dilakukan lebih awal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Han, H. Zhang, and X. Liu, "Optimal decisions for the innovative enterprise considering brand goodwill and consumers' quality expectation," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 172, p. 108498, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.cie.2022.108498.
- [2] K. Marttinen, A.-K. Kähkönen, and D. Marshall, "Exploring the use of governance mechanisms in multi-tier sustainable supply chains," *Production Planning & Control*, vol. 35, no. 16, pp. 2178–2197, Dec. 2024, doi: 10.1080/09537287.2023.2248931.
- [3] Mickhael Apriliano Lie, "Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Metode OEE pada Industri Makanan: Studi Kasus di PT 'Y,'" *Journal of Mechanical Engineering*, vol. 2, no. 1, May 2025, doi: 10.47134/jme.v2i1.3966.
- [4] K. S. BR, S. Alim, and RR. W. K. W, "Increasing OEE Through Six Big Losses Analysis in The Machining Process of Automotive Company," *JURNAL ILMIAH GLOBAL EDUCATION*, vol. 4, no. 2, pp. 594–602, Jun. 2023, doi: 10.55681/jige.v4i2.756.
- [5] J. Wang *et al.*, "Uncertainty-aware trustworthy weather-driven failure risk predictor for overhead contact lines," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 242, p. 109734, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.ress.2023.109734.
- [6] H. Abdul Samat, S. Kamaruddin, and I. Abdul Azid, "Intergration of Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Reliability Method for Measuring Machine Effectiveness," *The South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 23, no. 1, Nov. 2011, doi: 10.7166/23-1-222.
- [7] X. Wu and J. Wu, "The Risk Priority Number Evaluation of FMEA Analysis Based on Random Uncertainty and Fuzzy Uncertainty," *Complexity*, vol. 2021, no. 1, Jan. 2021, doi: 10.1155/2021/8817667.
- [8] A. Jabari, A. A. Fikri, and M. A. Mizar, "Adaptive Maintenance Strategy in Natural Stone Processing Industry: Integrating OEE-FMEA-Based Priority Matrix in the i-TPM-Lean+," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 22, no. 2, pp. 94–107, Oct. 2025, doi: 10.9744/jtm.22.2.94-107.
- [9] R. R. A. Guste, K. A. A. Mariñas, and A. K. S. Ong, "Efficiency Analysis of Die Attach Machines Using Overall Equipment Effectiveness Metrics and Failure Mode and Effects Analysis with an Ishikawa Diagram," *Machines*, vol. 12, no. 7, p. 467, Jul. 2024, doi: 10.3390/machines12070467.
- [10] F. Rahman, S. Sugiono, S. As'ad, and O. Novareza, "Optimization maintenance performance level through collaboration of overall equipment effectiveness and machine reliability," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 20, no. 3, pp. 917–936, 2022, doi: 10.5937/jaes0-35189.
- [11] S. M. Afraah, "Analysis of Machine Effectiveness to Minimize Six Big Losses in the Palm Oil Industry," *Semesta Teknika*, vol. 28, no. 1, pp. 1–11, May 2025, doi: 10.18196/st.v28i1.25027.
- [12] J. Suprpto and N. Nuriyanto, "Analisa Efektifitas Mesin Palletizer Menggunakan Metode OEE Dan Identifikasi Kegagalan Dengan FMEA," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 8, no. 3, pp. 3240–3250, Jul. 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i3.47848.
- [13] R. F. Armaputra and S. S. Dahda, "Effectiveness Analysis Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) Methods at PT. XYZ," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 9, no. 4, pp. 2030–2041, Oct. 2025, doi: 10.70609/g-tech.v9i4.8047.
- [14] Muhammad Nanda Ali Waket and Moh. Jufriyanto, "Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses pada Mesin Coiling di Proses Produksi Coil Spring Plant 3A," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 4, no. 4, pp. 2194–2202, Dec. 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i4.1401.
- [15] J. Wang *et al.*, "Uncertainty-aware trustworthy weather-driven failure risk predictor for overhead contact lines," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 242, p. 109734, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.ress.2023.109734.
- [16] D. Nurdiansyah and A. H. D.P, "Analysis of Maintenance Management at PT.XYZ Power Plant (With MTTR, MTTF, and Availability Factors) and Development of Performance Improvement Program," *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, vol. 3, no. 9, pp. 3363–3376, Sep. 2024, doi: 10.55927/fjmr.v3i9.11137.
- [17] R. F. Armaputra and S. S. Dahda, "Effectiveness Analysis Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) Methods at PT. XYZ," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 9, no. 4, pp. 2030–2041, Oct. 2025, doi: 10.70609/g-tech.v9i4.8047.

-
- [18] M. H. A. Prabowo, I. M. Fahturizal, and H. Kurnia, "Authorship Correction: Application of the Total Productive Maintenance to Increase the Overall Value of Equipment Effectiveness on Ventilator," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 23, no. 1, pp. 120–129, Jul. 2024, doi: 10.25077/josi.v23.n1.p120-129.2024.
- [19] M. Daffa Ramadhan and Rahma Nur Praptiwi, "Analisis Overall Equipment Effectiveness dan Six Big Loss-es pada Mesin KBA 2 Straight 105 di PT XYZ," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*, vol. 5, no. 2, pp. 87–99, Jun. 2025, doi: 10.51903/juritek.v5i2.4396.
- [20] R. F. Armaputra and S. S. Dahda, "Effectiveness Analysis Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) Methods at PT. XYZ," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 9, no. 4, pp. 2030–2041, Oct. 2025, doi: 10.70609/g-tech.v9i4.8047.
- [21] P. A. Febriyanti, N. A. Khofiyah, and S. R. Feriaty, "Analisis Efektivitas Mesin Cutting Wire Menggunakan OEE dan FMEA Pada PT ABC," *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 2, pp. 6115–6123, Jul. 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i2.1571.
- [22] N. A. Zevana and F. Apriliani, "Analisis Efektivitas Mesin Palletizer D dalam Upaya Meminimalisasi Downtime Area Dispatch pada Perusahaan Produsen Semen di Indonesia," *Factory Jurnal Industri, Manajemen dan Rekayasa Sistem Industri*, vol. 4, no. 2, pp. 220–232, Jan. 2026, doi: 10.56211/factory.v4i2.1103.
- [23] L. del C. Ng Corrales, M. P. Lambán, M. E. Hernandez Korner, and J. Royo, "Overall Equipment Effectiveness: Systematic Literature Review and Overview of Different Approaches," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 18, p. 6469, Sep. 2020, doi: 10.3390/app10186469.