

# Evaluation of Factors Causing Downtime with OEE and FMEA Approaches in the MGTR-RF15 Machine Production Process [Evaluasi Faktor Penyebab *Downtime* Dengan Pendekatan OEE dan FMEA Pada Proses Produksi Mesin MGTR-RF15]

Meirani Id'ha Khusainiah<sup>1)</sup>, Indah Apriliana Sari Wulandari<sup>\*2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [indahapriliana@umsida.ac.id](mailto:indahapriliana@umsida.ac.id)

**Abstract.** *This research evaluates the efficiency of the MGTR-RF15 machine at RMP that focuses on raffia packing. In the last 6 months, MGTR-RF15 has experienced 100 times downtime which has caused the production process to stop temporarily, hampering the fulfillment of customer requests and increasing logistics costs. This study aims to determine the level of machine efficiency, determine the cause of the highest risk, and provide alternative suggestions for improvement. This research uses the Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) approaches. MGTR-RF15 OEE value of 82.91% is below international standards with availability as the dominant factor affecting efficiency. The FMEA identified the bent strap clamp iron as the critical failure with the highest risk worth RPN 280. Root Cause Analysis (RCA) shows the root cause of the downtime problem so that alternative recommended improvements include routine training, implementation SOPs, inspection raw materials, and selecting high-quality suppliers.*

**Keywords -** *Downtime; FMEA; OEE; Rewinder Machine; RMP*

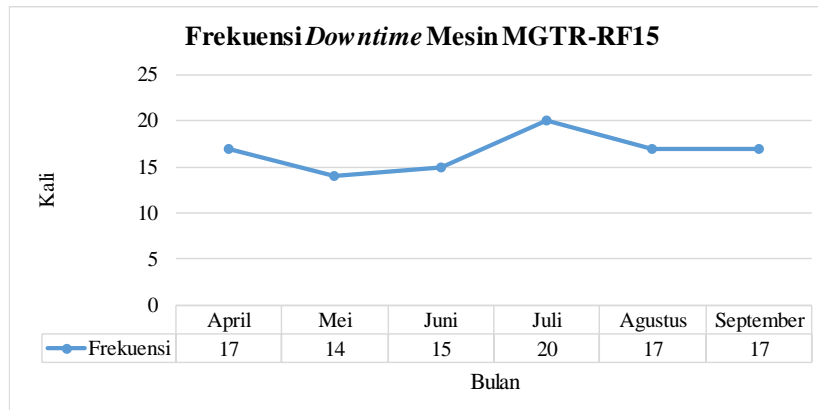
**Abstrak.** *Penelitian ini mengevaluasi efisiensi mesin MGTR-RF15 di RMP yang berfokus pada pengepakan rafia. Dalam 6 bulan terakhir MGTR-RF15 kerap mengalami downtime sebanyak 100 kali yang mengakibatkan proses produksi terhenti sementara sehingga menghambat pemenuhan permintaan pelanggan dan meningkatkan biaya logistik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi mesin, mengetahui penyebab risiko tertinggi, dan memberikan alternatif usulan perbaikan. Penelitian ini menggunakan pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Nilai OEE mesin sebesar 82,91% berada dibawah standar internasional dengan availability sebagai faktor utama yang mempengaruhi efisiensi. FMEA mengidentifikasi besi pengapit tali bengkok sebagai kegagalan kritis dengan risiko tertinggi yang bernilai RPN 280. Root Cause Analysis (RCA) menunjukkan akar permasalahan downtime sehingga alternatif usulan perbaikan yang direkomendasikan meliputi pelatihan rutin, penerapan SOP, inspeksi bahan baku, dan memilih pemasok berkualitas tinggi.*

**Kata Kunci -** *Downtime; FMEA; OEE; Rewinder Machine; RMP*

## I. PENDAHULUAN

RMP merupakan UKM berskala nasional yang bergerak di bidang industri pengepakan tali rafia dengan berat 15gram, 200gram, dan 400gram sehingga dapat memenuhi permintaan pasar lokal yang beragam. Mesin utama yang digunakan pada proses produksi adalah mesin penggulung rafia. Mesin ini dirancang khusus untuk membagi gulungan tali besar menjadi gulungan tali kecil yang dapat dibeli secara eceran untuk memenuhi kebutuhan masyarakat umum [1].

MGTR-RF15 merupakan mesin berkontribusi tinggi dalam produksi dengan jumlah *output* paling tinggi. Dalam beroperasi, mesin ini mengalami *downtime* yang tidak pasti di setiap harinya. Dalam 6 bulan terakhir mesin kerap mengalami *breakdown* seperti mesin mati mendadak dan memerlukan waktu perbaikan cukup lama. Proses produksi dapat berhenti sementara selama 15 menit bahkan hingga beberapa hari ke depan untuk melakukan perbaikan. Perawatan preventif telah dilakukan seperti pembersihan rutin untuk membersihkan sisa rafia dan debu, serta pelumasan secara berkala pada komponen bergerak mesin. Meskipun telah dilakukan perawatan secara berkala, akan tetapi *downtime* mesin masih tetap terjadi. Hal inilah yang menyebabkan ketertarikan untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan pada mesin MGTR-RF15 sehingga dapat diketahui dengan tepat akar penyebab masalah serta tindakan pencegahannya. *Downtime* mesin berdasarkan data perusahaan pada bulan April 2024 sampai September 2024 yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Frekuensi *Downtime* Mesin MGTR-RF15

**Gambar 1** menunjukkan bahwa mesin mengalami *downtime* sebanyak 100 kali dalam rentan waktu selama 6 bulan. *Downtime* mengakibatkan proses produksi tertunda dan membuang waktu produktif sehingga akan menyebabkan kerugian untuk perusahaan [2]. Hal tersebut dapat mengurangi produktivitas dalam proses produksi sehingga permintaan *customer* tidak terpenuhi dan perusahaan harus melakukan pengiriman ulang untuk memenuhi permintaan tersebut. Masalah ini berdampak cukup besar pada efisiensi produksi dan meningkatkan biaya logistik, serta mempengaruhi kepuasan pelanggan. Oleh karena itu perusahaan perlu mengambil langkah-langkah untuk meminimalkan *downtime*.

Penelitian terdahulu yang dilakukan Ummah dalam menganalisis efektivitas mesin *cutting* manual dan otomatis menggunakan metode OEE dan *six big losses* yang bertujuan untuk mengidentifikasi *losses* tertinggi serta mempertahankan kinerja mesin [3]. Wardani mengukur dan menganalisis efektivitas mesin pencetak paving dengan metode OEE dan *six big losses*, yang dilanjutkan dengan mengidentifikasi penyebab akar masalah menggunakan *fishbone diagram* [4]. Kharisma mengatasi permasalahan *downtime* menggunakan OEE untuk mengukur efektivitas mesin SCMD 6 dan FMEA untuk mengidentifikasi komponen mesin kritis yang menyebabkan rendahnya nilai OEE [5].

Pada penelitian ini akan mengintegrasikan metode OEE dan FMEA. Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) digunakan untuk mengukur efektivitas mesin [5]. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang dilakukan untuk mengidentifikasi kegagalan kritis *losses* [6]. Dilanjutkan analisis menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) dengan mengaplikasikan *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi penyebab berdasarkan faktor-faktor terhadap permasalahan dominan, serta 5 *why* untuk mencari akar permasalahan [7]. Penelitian ini mengintegrasikan beberapa metode tersebut dengan tujuan (1) mengetahui tingkat efisiensi mesin MGTR-RF15 pada proses penggulangan tali rafia, (2) mengetahui penyebab risiko tertinggi yang menyebabkan mesin gulung sering mengalami *downtime*, (3) memberikan alternatif usulan perbaikan guna meminimalkan *downtime*.

## II. METODE

### A. Waktu dan Tempat Penelitian

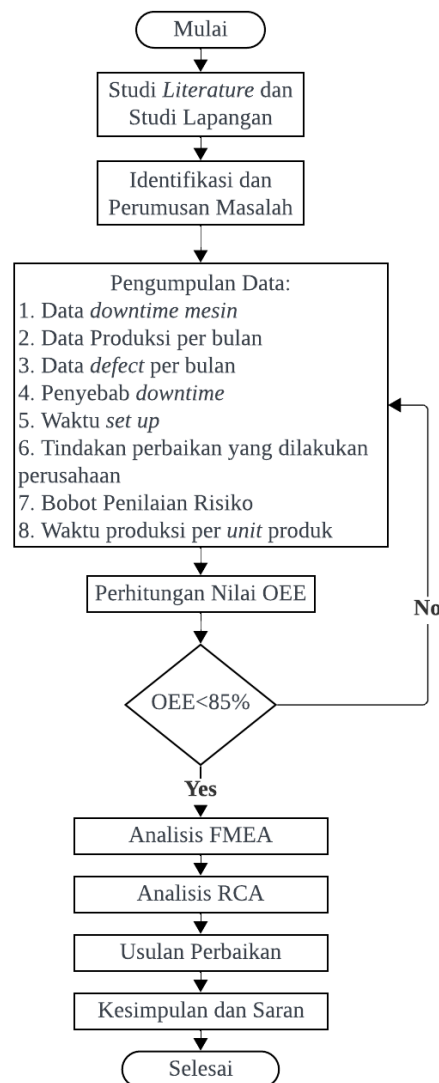
Kegiatan penelitian ini berlangsung pada UKM RMP yang berlokasi di Jawa Timur. Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 6 bulan, yaitu mulai bulan September 2024 – Februari 2025.

### B. Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan wawancara dan observasi. Wawancara dengan operator dan teknisi, sementara observasi dilakukan pengamatan secara langsung di UKM RMP. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari wawancara operator dan teknisi mesin untuk mendapatkan informasi mengenai masalah yang terjadi, tindakan perbaikan yang dilakukan, perspektif penyebab *downtime*, bobot kepentingan untuk melakukan olah data pada metode FMEA serta observasi secara langsung untuk memahami operasional produksi, waktu produksi per *unit* rafia, waktu *set up* mesin, dan faktor lain yang mempengaruhi efisiensi mesin. Sedangkan data sekunder didapatkan dari informasi yang ada pada perusahaan.

### C. Alur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian digambarkan melalui *flowchart* pada **Gambar 2** berikut.



**Gambar 2.** Diagram Alur Penelitian

**Gambar 2** menunjukkan dengan jelas tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Langkah pertama penelitian dengan melakukan studi lapangan untuk mengetahui proses penggulangan tali rafia serta mesin yang terlibat dan studi literatur dengan mengkaji jurnal terdahulu maupun buku untuk menentukan topik. Kedua, mengidentifikasi permasalahan pada mesin serta merumuskan masalah sesuai dengan permasalahan yang terjadi. Ketiga, melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian yaitu data primer meliputi penyebab mesin *downtime*, tindakan perbaikan yang dilakukan perusahaan, waktu produksi per *unit* rafia, waktu *set up* mesin, dan bobot kepentingan untuk melakukan olah data pada metode FMEA, serta data sekunder didapatkan dari informasi yang ada pada perusahaan seperti data *downtime* mesin, data produksi per bulan, dan data *defect* per bulan. Keempat, melakukan perhitungan nilai OEE untuk mengukur efisiensi mesin guna mengetahui *downtime* masih berada dalam batas wajar atau tidak. Kelima, melakukan analisis FMEA untuk memprioritaskan *failure* kritis *losses*. Dilanjutkan dengan analisis RCA dengan mengaplikasikan *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi penyebab berdasarkan faktor (*man, method, material, machine, environmet*) dan *5 why* untuk mencari akar permasalahan. Selanjutnya, memberikan alternatif usulan perbaikan berdasarkan akar permasalahan dari *failure* tertinggi.

#### A. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah sebuah metrik yang berfokus pada seberapa efisien operasi mesin dalam melakukan produksi [8]. OEE bertujuan untuk membantu mengidentifikasi area yang bisa meningkatkan efisiensi dan produktivitas peralatan [9]. Persentase OEE menunjukkan kemampuan mesin berjalan sesuai dengan kapasitas terbaik atau tidak [10]. Perhitungan yang digunakan dalam OEE adalah sebagai berikut:

##### 1. Availability

*Availability* adalah pengukuran waktu ketersediaan mesin dalam berproses produksi [10]. Rumus untuk menghitung nilai *availability* sebagai berikut.

$$Availability = \frac{Loading\ time - Downtime}{Loading\ time} \times 100\% \quad (1)$$

Sumber: [11], [12]

$$Breakdown\ Losses = \frac{Breakdown\ time}{Loading\ time} \times 100\% \quad (2)$$

Sumber: [13], [3]

$$Set\ up\ losses = \frac{Set\ up\ time}{Loading\ time} \times 100\% \quad (3)$$

Sumber: [13], [3]

## 2. Performance

*Performance* adalah pengukuran kecepatan maksimal mesin yang seharusnya digunakan selama proses produksi [10]. Rumus untuk menghitung nilai *performance* sebagai berikut.

$$Performance = \frac{Processed\ amount \times Ideal\ cycle\ time}{Operation\ time} \times 100\% \quad (4)$$

Sumber: [14], [15]

## 3. Quality

*Quality* adalah pengukuran tingkat produk yang sesuai standar dengan jumlah total produk yang dihasilkan [10]. Rumus untuk menghitung nilai *quality* sebagai berikut.

$$Quality = \frac{Processed\ amount - Defect\ amount}{Processed\ amount} \times 100\% \quad (5)$$

Sumber: [11], [12]

## 4. OEE

Standar OEE yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JPIM) sebesar  $\geq 85\%$  [11], [16] dengan rincian sebagai berikut.

a) *Availability*  $\geq 90\%$

b) *Performance*  $\geq 95\%$

c) *Quality*  $\geq 99\%$

Jika nilai OEE berada dibawah standar ideal maka mesin tidak efektif. Rumus untuk mengukur nilai OEE sebagai berikut.

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

Sumber: [17]

## B. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

*Failure Mode and Effect* (FMEA) adalah metode sistematis untuk menemukan dan mengurangi kegagalan dalam proses produksi yang dapat menyebabkan kerusakan atau cacat produk [18]. Metode FMEA menggunakan skala kuantitatif dengan beberapa kriteria untuk menilai setiap peristiwa pada masing-masing komponen [19]. Rumus untuk melakukan perhitungan FMEA adalah sebagai berikut.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (7)$$

Sumber: [20]

1. *Severity* (S), merupakan ukuran yang mengukur keparahan ketika sistem bekerja serta akibat yang ditimbulkannya pada mesin dan lingkungan sekitar [21].

**Tabel 1.** Tingkat Keparahahan Kegagalan atau *Severity* (S) [19]

Tingkat bahaya	Kriteria	Tingkat
Sangat Berbahaya Sekali	Kegagalan menyebabkan kerusakan yang signifikan dan membahayakan keselamatan kerja	10
Sangat Berbahaya	Kegagalan menyebabkan kerusakan yang signifikan dan membahayakan secara tiba-tiba namun masih ada peringatan dan pendeteksian	9
Sangat Tinggi	Kegagalan komponen menyebabkan mesin mati dan tidak dapat melakukan fungsi utamanya	8
Tinggi	Kegagalan komponen tapi mesin masih tetap beroperasi	7
Menengah	Kegagalan komponen mengurangi kinerja sistem tetapi tetap dapat berfungsi	6
Rendah	Kegagalan komponen mengurangi kinerja sistem secara bertahap tetapi mesin tetap berfungsi	5
Sangat Rendah	Kegagalan komponen dapat mempengaruhi sedikit kinerja sistem dan mesin masih berjalan sempurna	4
Kecil	Komponen mengalami penurunan kinerja, sistem dan mesin tetap beroperasi	3
Sangat Kecil	Komponen terlihat buruk tetapi masih tetap berfungsi dengan baik, sistem dan mesin tetap berjalan dengan baik	2
Tidak Ada	Tidak ada dampak	1

2. *Occurance* (O), merupakan peluang penyebab akan terjadi tingkat kegagalan pada komponen tertentu selama sistem beroperasi [21]

**Tabel 2.** Tingkat Keseringan Kegagalan atau *Occurrence* (O) [19]

Tingkat terjadi	Jumlah kejadian	Tingkat
Sangat sering terjadi hingga kerusakan tidak bisa dihindari	Hampir selalu terjadi dalam waktu kurang dari 1-2 kali operasi	10
Sangat sering terjadi	Sangat tinggi terjadi dalam waktu kurang dari 3-4 kali operasi	9
Sering terjadi (1)	Tinggi terjadi dalam waktu kurang dari 5-8 kali operasi	8
Sering terjadi (2)	Cukup tinggi dalam waktu kurang dari 9-20 kali operasi	7
Jarang terjadi (1)	Menengah terjadi dalam waktu kurang dari 21-80 kali operasi	6
Jarang terjadi (2)	Rendah terjadi dalam waktu kurang dari 81-400 kali operasi	5
Jarang terjadi (3)	Jarang terjadi dalam waktu kurang dari 401-2000 kali operasi	4
Sangat jarang terjadi (1)	Sangat jarang dalam waktu kurang dari 2001-15000 kali operasi	3
Sangat jarang terjadi (2)	Hampir tidak pernah dalam waktu lebih dari 15001 kali operasi	2
Tidak pernah terjadi	Tidak pernah terjadi	1

3. *Detection*, merupakan metrik yang menunjukkan tingkat kesulitan dalam mengidentifikasi atau mendeteksi kegagalan yang akan terjadi [21].

**Tabel 3.** Tingkat Deteksi Kegagalan atau *Detection* (D) [19]

Deteksi	Kriteria	Tingkat
Mustahil untuk terdeteksi	Tidak akan terkontrol dan /atau terdeteksi sumber kegagalan berikutnya	10
Sangat sulit untuk terdeteksi	Sangat sulit untuk mengontrol perubahan untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya	9
Sulit untuk terdeteksi	Sulit untuk mengontrol perubahan untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya	8
Untuk terdeteksi sangat rendah	Sangat rendah untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan terkait	7
Untuk terdeteksi rendah	Rendah untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya	6
Untuk terdeteksi sedang	Hampir tidak mudah untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya	5
Untuk terdeteksi menengah ke atas	Hampir mudah untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya	4
Mudah untuk mendeteksi	Mudah terkontrol untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya	3
Sangat mudah untuk terdeteksi	Sangat mudah terkontrol untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya	2
Deteksi dapat dilakukan dengan mudah/kasat mata	Dapat diduga akan sering terjadi dan menghasilkan identifikasi potensi penyebab dan kejadian	1

### C. *Root Cause Analysis* (RCA)

*Root Cause Analysis* (RCA) adalah metode untuk menemukan dan menganalisis kegagalan sistem dan memperbaikinya [22]. RCA adalah teknik pemecahan masalah yang dirancang untuk menemukan sumber kesalahan atau masalah yang berhubungan dengan kualitas hasil produksi [23]. *Tools* yang dapat diaplikasikan untuk mencari akar permasalahan adalah 5 *Whys*, dan *fishbone diagram* [7]. *Fishbone diagram* adalah diagram untuk mengidentifikasi sebab akibat permasalahan dari beberapa faktor yaitu *man*, *machine*, *material*, *method*, dan

*environment* [24]. 5 whys adalah analisis yang digunakan untuk menyelidiki akar penyebab masalah produksi dengan cara bertanya “mengapa” secara berulang hingga menemukan akar permasalahan [25].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perhitungan Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Dalam perhitungan nilai OEE untuk mengevaluasi efisiensi mesin MGTR-RF 15 dilakukan terhadap tiga elemen utama yaitu *availability*, *performance*, dan *quality* [26]. Ketiga faktor ini menunjukkan kinerja mesin dalam beroperasi dari segi waktu ketersediaan, kecepatan produksi, serta *output* produk yang memenuhi standar.

##### 1. Perhitungan *Availability*

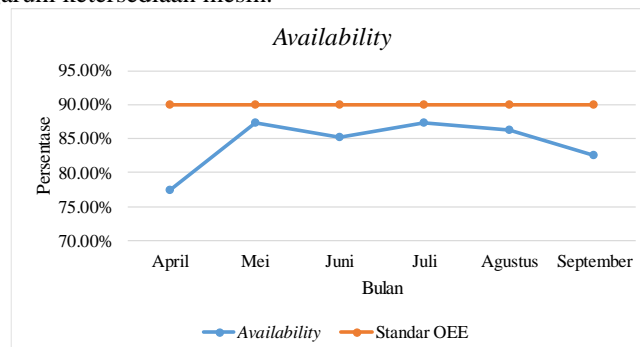
*Availability* dihitung berdasarkan jumlah total waktu yang dihabiskan untuk mengoperasikan mesin, dikurangi waktu kerusakan mesin dan waktu persiapan mesin. Data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan ini adalah data *loading time*, *downtime*, *operation time* mesin. Nilai *availability* dihitung dengan persamaan (1), data nilai *availability* mesin MGTR-RF15 dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut.

$$\begin{aligned} \text{Availability periode April} &= \frac{\text{Loading time} - \text{Downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{149,33 - 33,75}{149,33} \times 100\% \\ &= \frac{115,58}{149,33} \times 100\% \\ &= 77,40\% \end{aligned}$$

**Tabel 4.** Perhitungan Nilai *Availability* Mesin MGTR-RF15

Periode	<i>Loading Time</i>	<i>Downtime</i> (Jam)	<i>Operation Time</i>	<i>Availability</i>
April	149.33	33.75	115.58	77.40%
Mei	187.67	23.67	164.00	87.39%
Juni	179.00	26.50	152.50	85.20%
Juli	203.00	25.67	177.33	87.36%
Agustus	186.67	25.75	160.92	86.21%
September	187.67	32.92	154.75	82.46%
Total				506.01%
Average				84.33%

Berdasarkan perhitungan pada **Tabel 4**, rata-rata nilai *availability* mesin MGTR-RF15 selama periode April – September 2024 sebesar 84,3%. Nilai ini berada dibawah standar *availability* yang ditetapkan oleh *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yaitu 90%. Nilai *availability* terendah sebesar 77,40% terjadi di bulan April dan mengalami peningkatan tertinggi di bulan Mei sebesar 87,39%. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa terdapat kendala operasional yang mempengaruhi ketersediaan mesin.



**Gambar 3.** Grafik Nilai *Availability* Mesin MGTR-RF15

**Gambar 3** memperlihatkan tingkat *availability* masih berada di bawah *availability* ideal sebesar 90%. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan upaya perbaikan untuk meningkatkan kinerja dalam menjaga ketersediaan mesin selama beroperasi.

##### 2. Perhitungan *Performance*

*Performance* dihitung menggunakan persamaan yang melibatkan *processed amount*, *operation time*, dan *ideal cycle time*. Nilai ini menunjukkan kinerja mesin bekerja secara efisien untuk mencapai target produksi. Nilai *performance* dihitung dengan persamaan (4), data nilai *performance* mesin MGTR-RF15 dapat dilihat pada **Tabel 5** berikut.

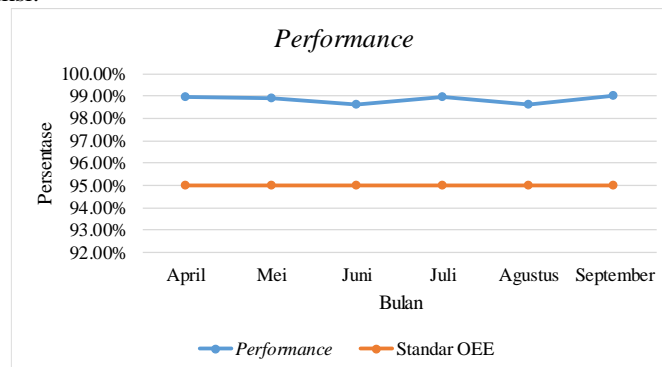
$$\text{Performance periode April} = \frac{\text{Processed amount} \times \text{Ideal cycle time}}{\text{Operation time}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{16100 \times 0,007}{115,58} \times 100\% \\
 &= \frac{112,7}{115,58} \times 100\% \\
 &= 98,96\%
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.** Perhitungan Nilai *Performance* Mesin MGTR-RF 15

Periode	Processed Amount (pcs)	Ideal Cycle Time (Jam/pcs)	Operation Time (Jam)	Performance
April	16100	0.007	115.58	98.96%
Mei	23200	0.007	164.00	98.88%
Juni	21500	0.007	152.50	98.60%
Juli	25200	0.007	177.33	98.96%
Agustus	22700	0.007	160.92	98.62%
September	21800	0.007	154.75	99.02%
		Total		593.04%
		Average		98.84%

Berdasarkan perhitungan pada **Tabel 5**, rata-rata nilai *performance* mesin MGTR-RF15 selama periode April – September 2024 sebesar 98,84%. Nilai ini berada di atas standar *performance* yang ditetapkan oleh *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM) sebesar 95%. Nilai *performance* terendah terjadi di bulan Juni sebesar 98,60% dan tertinggi di bulan September sebesar 99,02%. Perbedaan kecil nilai *performance* menunjukkan bahwa mesin memiliki kestabilan dalam berproduksi.

**Gambar 4.** Grafik Nilai *Performance* Mesin MGTR-RF15

**Gambar 4** memperlihatkan tingkat *performance* berada di atas *performance* ideal sebesar 95%. Hal ini menunjukkan bahwa mesin memiliki kinerja yang sangat baik dalam memanfaatkan waktu operasional untuk mencapai target *output*.

### 3. Perhitungan *Quality*

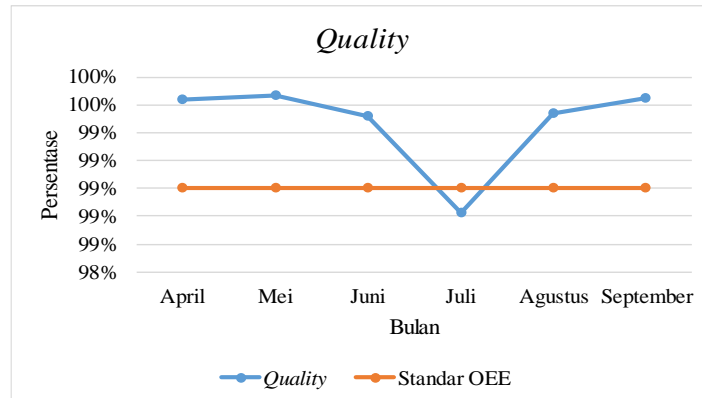
Perhitungan *quality* dilakukan dengan menggunakan data jumlah produk yang memenuhi standar kualitas dan data *defect* produk. Hasil perhitungan ini akan menunjukkan persentase kesesuaian produk yang dihasilkan dengan spesifikasi yang ditetapkan. Nilai *quality* dihitung dengan persamaan (5), data nilai *quality* mesin MGTR-RF15 dapat dilihat pada **Tabel 6** berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Quality periode April} &= \frac{\text{Processed amount} - \text{Defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100\% \\
 &= \frac{16100 - 58}{16100} \times 100\% \\
 &= \frac{16042}{16100} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

**Tabel 6.** Perhitungan Nilai *Quality* Mesin MGTR-RF15

Periode	Process Amount (M3)	Defect Amount (M3)	Quality
April	16100.00	58	100%
Mei	23200.00	77	100%
Juni	21500.00	103	100%
Juli	25200.00	296	99%
Agustus	22700.00	106	100%
September	21800.00	76	100%
	Total		597%
	Average		99%

Berdasarkan perhitungan pada **Tabel 6**, rata-rata nilai *quality* mesin MGTR-RF15 selama periode April - September 2024 sebesar 99%. Nilai ini berada pada standar *quality* yang ditetapkan oleh *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM) sebesar 99%. Sebagian besar nilai bulan memiliki *quality* sebesar 100%, dan nilai terendah terjadi di bulan Juli sebesar 99%. Konsistensi nilai ini menunjukkan kemampuan mesin untuk menghasilkan produk *defect* dengan tingkat yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa mesin mampu menghasilkan produk dengan tingkat kualitas yang sesuai dengan spesifikasi.



**Gambar 5.** Grafik Nilai *Quality* Mesin MGTR-RF15

**Gambar 5** memperlihatkan tingkat *quality* berada pada standar *quality* sebesar 99%. Hal ini menunjukkan bahwa mesin dapat secara konsisten menjaga tingkat *defect* yang terjadi rendah. Kestabilan nilai ini juga berarti bahwa kualitas produk yang dibuat tetap stabil.

#### 4. Perhitungan Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

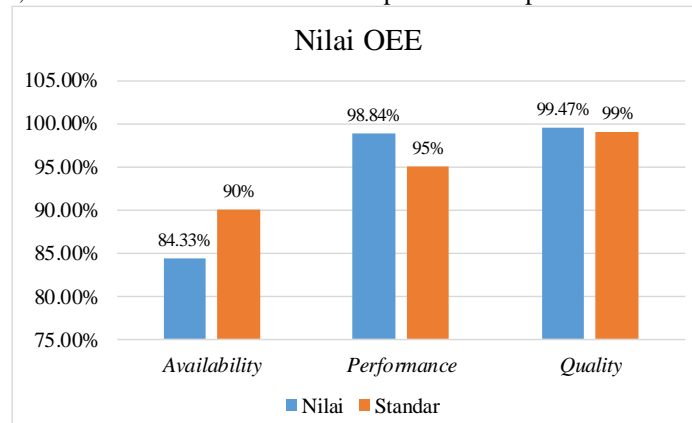
Setelah nilai *availability*, *performance*, dan *quality* dihitung maka untuk melakukan perhitungan nilai OEE menggunakan persamaan (6). Data nilai OEE mesin MGTR-RF15 dapat dilihat pada **Tabel 7** berikut.

$$\begin{aligned} \text{OEE periode April} &= \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \\ &= 77,40\% \times 98,96\% \times 100\% \\ &= 76,32\% \end{aligned}$$

**Tabel 7.** Perhitungan Nilai OEE Mesin MGTR-RF15

Periode	<i>Availability</i>	<i>Performance</i>	<i>Quality</i>	OEE
April	77.40%	98.96%	100%	76.32%
Mei	87.39%	98.88%	100%	86.12%
Juni	85.20%	98.60%	100%	83.60%
Juli	87.36%	98.96%	99%	85.43%
Agustus	86.21%	98.62%	100%	84.62%
September	82.46%	99.02%	100%	81.36%
Total	506.01%	593.04%	596.84%	497.46%
<i>Average</i>	84.33%	98.84%	99.47%	82.91%

Berdasarkan data perhitungan OEE periode April – September 2024, rata-rata nilai OEE mesin MGTR-RF15 sebesar 82,91% yang berada di bawah standar internasional JIPM yaitu sebesar 85%. Nilai OEE tertinggi tercatat pada bulan Mei sebesar 86,12%, sementara nilai terendah tercatat pada bulan April sebesar 76,32%.



**Gambar 6.** Grafik Nilai OEE Mesin MGTR-RF15



**Gambar 6** memperlihatkan nilai OEE yang rendah disebabkan oleh nilai *availability* yang dibawah nilai *availability* ideal dengan rata-rata hanya mencapai 84.33%. Meskipun nilai *performance* dan *quality* berada di atas standar internasional sebesar 98.84% dan 99.47%, rendahnya *availability* mempengaruhi efektivitas keseluruhan mesin. Pada perhitungan *availability* terdapat faktor yang mempengaruhi yaitu *breakdown failure* dan *set up adjustment* [14]. Data perhitungan nilai *breakdown failure* dan *set up adjustment* menggunakan persamaan (2) dan persamaan (3) ditunjukkan pada **Tabel 8** berikut.

$$\begin{aligned} \text{Breakdown losses periode April} &= \frac{\text{Breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{31,08}{149,33} \times 100\% \\ &= 21\% \\ \text{Set up losses periode April} &= \frac{\text{Set up time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{2,67}{149,33} \times 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

**Tabel 8.** Perhitungan Nilai *Breakdown Failure* dan *Set Up Adjustment* Mesin MGTR-RF15

Periode	Loading Time	Breakdown (Jam)	Set up and Adjustment (Jam)	Breakdown Losses	Set Up Losses
April	149.33	31.08	2.67	21%	2%
Mei	187.67	21.00	2.67	11%	1%
Juni	179.00	23.17	3.33	13%	2%
Juli	203.00	23.00	2.67	11%	1%
Agustus	186.67	22.42	3.33	12%	2%
September	187.67	30.25	2.67	16%	1%
		Total		84%	10%
		Average		14.1%	1.6%

Berdasarkan perhitungan **Tabel 8** menunjukkan bahwa *breakdown losses* menjadi faktor utama yang mempengaruhi efisiensi mesin dengan rata-rata sebesar 14,1%. Sedangkan nilai *set up losses* dengan rata-rata 1,6% yang menunjukkan bahwa dampak *losses* tersebut tidak terlalu besar pada nilai efisiensi mesin. Upaya perbaikan sebaiknya berfokus pada pengurangan *breakdown failure* dengan melakukan analisis mendalam terhadap penyebab kerusakan.

#### B. Analisis Menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Setelah melakukan perhitungan yang menunjukkan bahwa nilai OEE tidak memenuhi standar dan kerugian (*losses*) terbesar berasal dari *breakdown failure*. Maka diidentifikasi risiko kegagalan kritis yang mempengaruhi *losses* mesin MGTR-RF15 menggunakan metode FMEA. Analisis dilakukan dengan wawancara operator dan teknisi untuk mengidentifikasi jenis risiko kerusakan, gejala awal, durasi, dan dampak terhadap produksi. Informasi ini digunakan untuk menilai risiko berdasarkan *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) kemudian menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan menggunakan rumus (6) untuk mengetahui risiko tertinggi yang dapat dilihat pada perhitungan **Tabel 9** berikut.

$$\begin{aligned} \text{RPN besi pengapit tali bengkok} &= \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection} \\ &= 7 \times 8 \times 5 \\ &= 280 \end{aligned}$$

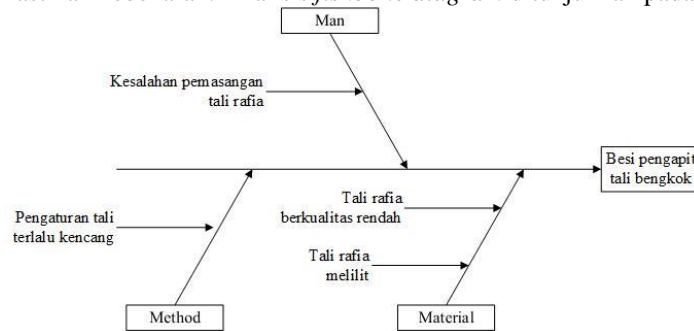
**Tabel 9.** Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode	S	O	D	RPN
Besi pengapit tali bengkok	7	8	5	280
Besi pengapit tali patah	8	2	4	64
Roda atau poros aus	8	1	3	24
Roda atau poros macet	8	1	3	24
Tali rafia melilit	2	3	2	12
Gulungan tali ambrol	3	3	2	18
Vanbelt kendur	6	1	4	24
Vanbelt putus	8	1	4	32
Baut kendur	2	1	4	8
Baut butuh pengelasan	4	1	4	16
Kabel dinamo terbakar	8	1	6	48
Sistem pemutar tersendat	8	1	6	48

Berdasarkan analisis nilai RPN menunjukkan bahwa kegagalan dengan risiko tertinggi adalah besi pengapit tali bengkok sebesar 280 dan besi pengapit patah dengan nilai RPN sebesar 64. Kedua kegagalan ini saling berkaitan karena besi pengapit tali yang bengkok berpotensi patah. Besi pengapit tali bengkok memiliki tingkat keparahan, keseringan, dan deteksi yang kritis sehingga menjadi prioritas utama untuk perbaikan. Langkah perbaikan yang tepat pada permasalahan ini akan sangat berkontribusi pada peningkatan efisiensi mesin. Evaluasi menyeluruh perlu dilakukan terhadap faktor penyebab seperti *material*, *machine*, *man*, *method* untuk meminimalkan kegagalan.

**C. Analisis Menggunakan Root Cause Analysis (RCA)**

Analisis akar permasalahan mesin MGTR-RF15 dilakukan dengan mengaplikasikan *fishbone diagram* dan *5 whys* untuk mencari sumber kerugian yang terjadi serta memberikan dasar yang kuat untuk memberikan alternatif perbaikan. Analisis metode RCA dilakukan dengan mengidentifikasi masalah utama, wawancara dengan operator, serta observasi secara langsung untuk mengetahui penyebab masalah dengan *fishbone diagram* dan mencari akar penyebab dengan *5 why*. Penyebab yang diidentifikasi divalidasi dengan melakukan diskusi antara teknisi dan seluruh operator mesin untuk memastikan kebenaran. Analisis *fishbone diagram* ditunjukkan pada **Gambar 3** berikut.



**Gambar 7.** Analisis *Fishbone Diagram* Besi Pengapit Tali Patah

**Gambar 7** menunjukkan masalah utama besi pengapit tali bengkok disebabkan oleh beberapa faktor yaitu *material*, *man*, dan *method*. Besi pengapit yang bengkok disebabkan oleh kesalahan dalam pemasangan atau kualitas bahan baku yang rendah tanpa keterlibatan signifikan dari mesin dan lingkungan. Faktor *machine* dan *environment* tidak berkontribusi langsung pada masalah sehingga kedua faktor tersebut tidak tepat untuk analisis ini. Pada faktor *man*, penyebab permasalahan adalah kesalahan operator dalam memasang tali rafia pada mesin. Dari sisi *method*, pengaturan tali yang terlalu kencang sehingga memberikan tekanan berlebih pada besi pengapit. Pada faktor material, penyebab permasalahannya pada penggunaan tali rafia berkualitas rendah dan kondisi tali yang melilit. Setelah diketahui penyebab dari kegagalan kritis maka dilakukan analisis menggunakan *5 whys* untuk mencari akar penyebab dari permasalahan tersebut. Analisis *5 whys* ditunjukkan pada **Tabel 10** berikut.

**Tabel 10.** Analisis Akar Permasalahan Metode *5 Whys*

Failure	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Besi pengapit tali bengkok		Pemasangan tali rafia yang terlalu kencang	Operator tidak mengatur tekanan dan posisi tali dengan benar	Operator tidak mendapatkan pelatihan pengaturan tekanan dan pemasangan tali yang sesuai	Tidak ada sistem pelatihan rutin atau panduan standar penggunaan mesin
	Besi pengapit menerima tekanan berlebih saat tali ditarik untuk digulung	Operator melakukan kesalahan saat memasang tali rafia	Operator kurang terlatih dalam memasang tali dengan benar	Tidak ada program pelatihan rutin untuk menggunakan mesin dengan benar	
		Tali rafia memberikan gaya tarik lebih besar dari seharusnya	Tali rafia yang digulung terlalu kaku atau tidak sesuai spesifikasi	Bahan baku rafia berkualitas rendah dan tidak memenuhi standar	Tidak ada kontrol kualitas bahan baku
		Tali rafia melilit	Gulungan besar rafia ambrol	Gulungan besar tali rafia tidak rapat	Proses penggulangan supplier tidak dilakukan dengan optimal

**Tabel 10** menunjukkan bahwa terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kegagalan berupa besi pengapit tali bengkok. Dari sisi *method*, tidak adanya pelatihan sistem rutin atau petunjuk penggunaan mesin menyebabkan operator kurang memahami prosedur operasional mesin dengan benar. Faktor *man*, tidak adanya program pelatihan rutin untuk operator mengakibatkan kurangnya keterampilan operator dalam menggunakan mesin secara efektif. Faktor *material*, tidak adanya *control* kualitas bahan baku serta proses penggulangan yang buruk dari supplier juga berkontribusi pada kegagalan ini. Kombinasi dari beberapa faktor tersebut menunjukkan perlunya perbaikan dalam manajemen pelatihan, penerapan prosedur dan peningkatan *control* terhadap kualitas bahan baku untuk meminimalkan kegagalan.

#### D. Alternatif Usulan Perbaikan

Berdasarkan analisis akar penyebab kegagalan besi pengapit tali bengkok, berikut adalah alternatif usulan perbaikan yang diberikan meliputi mengembangkan program pelatihan rutin untuk semua operator mesin tentang pengaturan tekanan dan posisi tali yang benar [27]. Pelatihan ini harus dilakukan secara berkala untuk memastikan semua operator memahami prosedur terbaru. Membuat *Standard Operating Procedures* (SOP) yang jelas mengenai penggunaan mesin dan pengaturan tali yang sesuai [28]. Mengadopsi sistem inspeksi kualitas bahan baku tali rafia sebelum digunakan dalam proses produksi [27]. Menetapkan spesifikasi standar bahan baku seperti fleksibilitas, kekuatan tarik, dan ukuran tali [28]. Memilih pemasok yang menjamin kualitas bahan baku serta melakukan kontrak kerja sama jangka panjang [29].

### IV. SIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang dilakukan, tingkat efisiensi mesin MGTR-RF15 diukur menggunakan metode OEE dengan hasil rata-rata sebesar 82,91% yang berada di bawah standar internasional sebesar 85%. Penyebab utama *downtime* ditemukan pada nilai *availability* rendah yang dipengaruhi oleh besi pengapit tali yang sering bengkok. Analisis menggunakan metode FMEA menunjukkan bahwa kegagalan ini memiliki nilai risiko tertinggi sebesar 280. Sedangkan analisis RCA mengidentifikasi akar permasalahan yang disebabkan oleh beberapa faktor dominan yaitu tidak adanya sistem pelatihan rutin serta panduan standar penggunaan mesin, kurangnya program pelatihan operator, dan tidak adanya *control* kualitas bahan baku serta penggulangan dari supplier yang tidak optimal. Untuk alternatif usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah pelatihan operator secara rutin, penerapan standar prosedur operasi, peningkatan *control* kualitas bahan baku, serta memilih pemasok bahan baku berkualitas tinggi untuk melakukan kontrak jangka panjang guna meminimalkan *downtime* sehingga meningkatkan efisiensi produksi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas kesempatan dan dukungan yang diberikan selama proses studi, serta kepada UKM RMP yang telah memberikan izin dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini.

### REFERENSI

- [1] Sukarmansyah, R. M. Veranika, M. A. Fauzie, H. Ali, and K. Salman, "Evaluasi Kualitas Ruang Terbuka Publik Menggunakan Good Public Space Index di Kota Palembang," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 9, no. 2, pp. 92–165, 2021.
- [2] Mohamad Faris Rahmadsyah and Moch. Tutuk Safirin, "Analisis Perbaikan Downtime Mesin Injection Molding dengan Pendekatan DMAIC di PT XYZ," *Jupit. Publ. Ilmu Keteknikan Ind. Tek. Elektro Dan Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 25–34, Jan. 2024, doi: 10.61132/jupiter.v2i1.39.
- [3] N. H. Ummah and S. S. Dahda, "Analisis Efektifitas Kinerja Mesin Cutting Manual Dan Otomatis Menggunakan Metode OEE (Overall Equipment Effectiveness ) Di PT. XYZ," *J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 345–354, Dec. 2022, doi: 10.24014/jti.v8i2.19765.
- [4] I. K. Wardani, F. T. Dwi Atmaji, and J. Alhilman, "Pengukuran dan analisa efektivitas mesin pencetak paving menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE)," *J. Ind. Serv.*, vol. 7, no. 1, pp. 125–132, Nov. 2021, doi: 10.36055/jiss.v7i1.12336.
- [5] Y. Kharisma and F. Fitriana, "Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Pada Mesin Smed 6 di PT.X," *J. Ilm. Sains Dan Teknol.*, vol. 2, no. 9, pp. 128–141, 2024.
- [6] Wahyu Adji Sulistiyono and Joumil Aidil Saifuddin, "Pengendalian Kualitas dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Pada Pembongkaran Bahan Baku Impor di PT X," *Sammajiva J. Penelit. Bisnis Dan Manaj.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–38, Jan. 2024, doi: 10.47861/sammajiva.v2i1.752.

- [7] I. S. Haq and M. A. Purba, "Kajian Penyebab Kerusakan Door Packing pada Tabung Sterilizer Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA) di Sungai Kupang Mill," *J. VOKASI Teknol. Ind. JVTI*, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, Dec. 2020, doi: 10.36870/jvti.v2i2.177.
- [8] M. D. Susanto, D. Andesta, and Moh. Jufriyanto, "Analisis Efektivitas Mesin Injection Moulding Menggunakan Metode OEE dan FMEA (Studi Kasus di PT. Cahaya Bintang Plastindo)," *J. Sist. Dan Tek. Ind.*, vol. 2, no. 3, pp. 411–421, Apr. 2022, doi: 10.30587/justicb.v2i3.3685.
- [9] W. Sukmoro, *OEE Demistifikasi*, 1st ed. Bekasi: PT. Mitra Prima Produktivitas, 2023.
- [10] Moh. A. Pradaka and J. Aidil Szs, "Analisis Total Productive Maintenance Menggunakan Metode OEE dan FMEA pada Pabrik Phosporic Acid PT Petrokimia Gresik," *J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 3, pp. 280–289, Dec. 2021, doi: 10.25105/jti.v11i3.13087.
- [11] V. I. Lestari and J. A. Suryadi, "Analisis Efektivitas Mesin Pada Stasiun Ketel Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT. XYZ," *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 16, no. 2, pp. 36–47, Jul. 2021, doi: 10.33005/tekmapro.v16i2.240.
- [12] Z. Arifin, St., Mt, "Implementasi Overall Equipment Effectiveness ( OEE ) Dalam Penerapan Metode Total Productive Maintenance (TPM) di PT. FJT," *PROFISIENSI J. Program Studi Tek. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 55–63, Jul. 2020, doi: 10.33373/profis.v8i1.2579.
- [13] F. M. Taufik, G. N. Puri, M. Meidina, and R. M. Zidan, "Analisa Pengukuran Efektivitas Mesin Pada Proses Filling Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) & Six Big Losses di PT Sanbe Farma Bandung," *J. Ilm. Stat. Dan Ekon.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–37, 2023.
- [14] A. Permana, "Analisis Pengukuran Efektivitas Pengolahan Minyak Bumi dengan Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Studi Kasus: PPSDM Migas Cepu)," *Maj. Ilm. Swara Patra*, vol. 14, no. 1, pp. 21–30, Mar. 2024, doi: 10.37525/sp/2024-1/493.
- [15] J. Jono, "Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Boiler Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)," *Tekinfo J. Ilm. Tek. Ind. Dan Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 47–62, 2015.
- [16] A. Oktafianto and D. P. Sari, "Analisis Efektifitas Mesin Berdasarkan Perhitungan Nilai Overall Equipment Effectiveness pada Mesin Pembuat Rokok ( Single Proccession Unit 02 dan Single Proccession Unit 03 ) di PT Djarum," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 6, no. 4, pp. 1–11, 2018.
- [17] I. D. Pranowo, *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan (Maintenance: System and Management)*, 1st ed. Yogyakarta: Deepublish, 2019.
- [18] A. W. Wicaksono and F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Untuk Meminimumkan Cacat Kaleng Di PT. Maya Food Industries," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. I, pp. 1–6, Mar. 2022, doi: 10.55826/tmit.v1i1.6.
- [19] H. I. Madyantoro, A. Adib, R. I. Yaqin, and J. P. Siahaan, "Penerapan Metode FMEA dalam Perawatan Mesin Pendingin Kapal Penangkap Ikan (Studi Kasus: KM. Sinar Bayu Utama)," *Authentic Res. Glob. Fish. Appl. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 97–106, 2022.
- [20] J. Sidik, W. Andalia, and T. Tamalika, "Identifikasi Perawatan Mesin Press Hidrolik Dengan Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus di Bengkel Cahaya Ilahi)," *Jambura Ind. Rev. JIREV*, vol. 2, no. 2, pp. 57–64, Jan. 2023, doi: 10.37905/jirev.v2i2.16629.
- [21] S. Kurniawan, I. Apriliana Sari Wulandari, and T. Sukmono, "Optimalisasi Preventive Maintenance Ground Power Unit pada Perawatan Pesawat Udara di PT. IAA AMO Menggunakan Metode FMEA," *JATI UNIK J. Ilm. Tek. Dan Manaj. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, Oct. 2024, doi: 10.30737/jatiunik.v8i1.5535.
- [22] W. Widhianingsih and H. C. Wahyuni, "Strategi Peningkatan Kualitas Sepatu dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis, Grey Relational Analysis, dan Root Cause Analysis," *Innov. Technol. Methodical Res. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 1–17, 2024.
- [23] P. B. Sugiharto, "Analisis Perbaikan Defect Pada Produk Bata Ringan dengan Menggunakan Metode RCA (Root Cause Analysis) Pada Salah Satu Perusahaan Bata Ringan di Serang Timur," *J. Ilm. Tek. Dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 157–170, 2023.
- [24] M. I. Monoarfa, Y. Hariyanto, and A. Rasyid, "Analisis Penyebab Bottleneck pada Aliran Produksi Briquette Charcoal dengan Menggunakan Diagram Tulang Ikan," *Jambura Ind. Rev.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, 2021.
- [25] D. Rusdiana and O. A. Fitra, "Artikel Penelitian Analisa Manajemen Resiko Laboratorium Farmasetika Untuk Persyaratan ISO 9001:2015 Menggunakan Metode 5 Why Analysis," *J. Farm. Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 41–47, 2023.
- [26] H. Ardy and W. Widiasih, "Analysis of Bolt Former Machine Effectiveness Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses," *PROZIMA Product. Optim. Manuf. Syst. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 25–34, Jun. 2024, doi: 10.21070/prozima.v8i1.1688.
- [27] I. M. Fahturizal, I. Zulkarnaen, Y. Fauziyah, and H. Kurnia, "Penerapan Metode Soft System Methodology Pada Peningkatan Produktivitas di Industri Manufaktur Indonesia," *J. Kalibr. - Karya Lintas Ilmu Bid. Rekayasa Arsit. Sipil Ind.*, vol. 6, no. 2, pp. 70–81, Sep. 2023, doi: 10.37721/kalibrasi.v6i2.1190.

- [28] P. A. Wibowo and I. Padilah, "Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Pada Mesin Length Adjustment Line 3 Departemen Belt Assy PT XYZ," *J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 439–449, 2023.
- [29] I. Pamungkas, H. Tri Irawan, K. Hadi, and Arhami, "Review Penggunaan Metode Pengendalian Kualitas pada Proses Manufaktur Kapal," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 4, pp. 261–268, Dec. 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i4.284.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*