

# Penerapan Metode FMEA dan RCM untuk Penjadwalan *Preventive Maintenance* Mesin CNC Laser Cutting

Muhammad Rizky Nafiuddin<sup>1</sup>, M. Nushron Ali Mukhtar<sup>2,\*</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Adi Buana University, Surabaya

## Article Info

### Article history:

Received May 31, 2025

Accepted June 11, 2025

Published July 1, 2025

### Keywords:

Keandalan

RCM

FMEA

Laser Cutting

Preventive Maintenance

## ABSTRAK

Mesin CNC *Laser Cutting* berperan penting dalam industri kreatif, namun kerusakan berulang menurunkan efisiensi operasional. Penelitian ini merancang penjadwalan *preventive maintenance* dengan metode FMEA dan RCM. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi risiko kerusakan melalui nilai RPN, sedangkan RCM menentukan jadwal PM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen prioritas meliputi Lensa Fokus (197,1), Cermin Sumbu X (228,7), Y (212,8), Z1 (150,5), Z2 (130,8), dan Water Chiller (165,8). Berdasarkan data historis, MTBF Lensa Fokus sebesar 544,6 jam, Cermin Sumbu X, Y, Z 810,9 jam, dan Water Chiller 1532,5 jam. Jadwal PM ditetapkan berdasarkan jam kerja mesin, dimulai pada minggu ke-6 hingga ke-20. Implementasi jadwal ini diharapkan meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi *downtime*.



## Corresponding Author:

M. Nushron Ali Mukhtar,

Faculty of Engineering

PGRI Adi Buana University, Surabaya

Jl. Dukuh Menanggal XII, Dukuh Menanggal, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60234.

Email: [nushron@unipasby.ac.id](mailto:nushron@unipasby.ac.id)

## 1. PENGANTAR

Industri yang berada di Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat, tercatat sebanyak 5.337 perusahaan terdaftar dalam data induk Kementerian Perindustrian pada bulan November 2024 yang mana data ini mencakup industri kecil, menengah, dan besar. Persaingan bisnis tentu akan menjadi lebih kompetitif, sebanding dengan tingginya permintaan pelanggan terhadap hasil produksi. Kegiatan usaha yang tinggi juga harus didukung dengan tenaga kerja dan peralatan dan mesin yang memadai karena aspek tersebut sangat erat kaitannya dengan peningkatan produktivitas [1]. Perusahaan perlu untuk mempertimbangkan penggunaan mesin dengan teknologi yang lebih mutakhir, seperti mesin CNC. Mesin dengan teknologi CNC terbukti efektif untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas hasil produksi [2]. Pada industri yang bergerak di bidang produk kreasi, penggunaan mesin CNC, khususnya mesin CNC *Laser Cutting* lebih baik jika dibandingkan dengan metode konvensional lainnya karena hasilnya akan berdampak pada efisiensi proses produksi serta kualitas produk yang dihasilkan [3].

Namun, kinerja mesin tersebut harus dijaga secara optimal dengan harapan keandalan dari kinerja mesin dapat meningkat [4]. Inilah pentingnya pemeliharaan mesin yang dikelola dengan baik untuk mendapatkan produk akhir yang dapat memuaskan keinginan pelanggan. Sistem pemeliharaan adalah serangkaian kegiatan yang dipadukan untuk menjaga dan memelihara suatu sistem serta memperbaikinya hingga pada kondisi yang dapat diterima [5]. Pemeliharaan mesin yang dimaksud tidak hanya dilakukan saat terjadi kerusakan saja. Perusahaan perlu untuk mempertimbangan adanya pemeliharaan secara berkala dengan jadwal yang tetap, untuk menghindari biaya-biaya pemeliharaan yang dapat membengkak dan menghindari risiko bertambahnya waktu *downtime* akibat kegagalan kerja mesin. Tidak hanya dari biaya pemeliharaan saja, perusahaan juga berpeluang untuk mengalami kerugian secara materil akibat dari mesin yang berhenti secara tiba-tiba.

Pada mesin CNC *Laser Cutting* yang dimiliki oleh sebuah industri kreatif di Sidoarjo, pemeliharaan yang dilakukan hanya sebatas perawatan sederhana yang tidak terjadwal. Sebagai contoh kasus, saat terjadi kerusakan yang diakibatkan oleh *laser tube* yang tidak berfungsi, waktu tunggu untuk pembelian komponen pengganti *laser tube* memakan waktu hingga 1 minggu yang diakibatkan oleh lokasi penyedia komponen yang

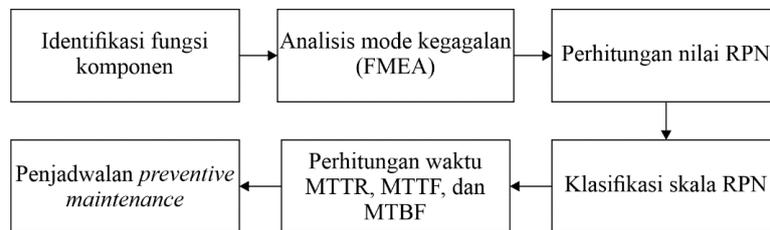
jauh. Sangat penting bagi perusahaan di bidang kreatif untuk memiliki langkah mitigasi yang tepat terhadap pemeliharaan mesin yang dimiliki.

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan salah satu bentuk program pemeliharaan preventif yang terorganisasi dan sistematis yang ditetapkan berdasarkan penyusunan sasaran keandalan dari sebuah sistem/peralatan [6]. RCM bertujuan untuk memaksimalkan kinerja mesin dan menemukan kemungkinan kerusakan sebelum terjadi kegagalan sepenuhnya [7]. RCM dapat memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan probabilitas bahwa aset akan melakukan fungsi yang direncanakan sepanjang masa desainnya tanpa membutuhkan banyak perawatan[8]. Selain itu, metode RCM juga didukung oleh analisis risiko yang membantu dalam menentukan prioritas pemeliharaan. Pendekatan ini dinilai lebih populer karena industri saat ini mencari pendekatan yang rasional, efisien, dan fleksibel untuk mengelola mesin dan peralatan [9]. Kerangka kerja dari metode RCM mampu untuk menganalisis fungsi dan kegagalan dari suatu peralatan/sistem, menilai dampak kegagalan terhadap operasional peralatan serta mengembangkan strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien berdasarkan komponen kritis untuk mengurangi biaya pemeliharaan/perawatan [10].

Penggunaan metode RCM didukung berdasarkan hasil penelitian pada tahun 2021 yang dilakukan oleh Raharja dan rekan-rekan yang berfokus pada perawatan Mesin Bubut di CV. Jaya Perkasa Teknik. Penelitian yang dilakukan memberikan hasil interval waktu pergantian komponen paling optimal adalah 23 hari untuk komponen *v-belt*, 29 hari untuk *Electric system*, 28 hari untuk komponen *bearing*, 31 hari untuk komponen *Gear*[11]. Metode Failure Model and Effect Analysis(FMEA) disinggung pada penelitian yang dilakukan oleh Nayoga pada tahun 2024 yang meneliti tentang pengendalian kualitas produk pintu laminasi. Hasil menunjukkan bahwa metode FMEA dapat menunjukkan tingkat RPN tertinggi dari kecacatan produk antara lain: 1. Lem tidak rekat sebanyak 294, keretakan produk sebanyak 252, sambungan tidak presisi sebanyak 120, ukuran alur tidak sesuai sebanyak 245, cat terlepas sebanyak 180, dan goresan pada permukaan laminasi sebanyak 175 [12]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keandalan dari komponen mesin CNC Laser Cutting dan perencanaan Penjadwalan guna penerapan *preventive maintenance* yang lebih terstruktur dan efektif.

**2. METODE PENELITIAN**

Objek dari penelitian mengarah pada persoalan mesin CNC *Laser Cutting* milik salah satu industri kreatif yang belum memiliki jadwal *preventive maintenance*. Identifikasi masalah dilakukan dengan pengamatan pada mesin yang beroperasi secara langsung melalui studi lapangan yang berlanjut hingga tujuan penelitian terpenuhi secara jelas dan terperinci. Masalah yang terjadi berkaitan dengan penjadwalan *preventive maintenance* pada mesin CNC *Laser Cutting* diharapkan dapat berpengaruh terhadap alur dan proses produksi serta mengurangi waktu dan siklus downtime.



Gambar 1. Langkah metode RCM

Dalam melakukan analisis penjadwalan pemeliharaan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*, langkah awal yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi sistem mesin/peralatan dan menentukan fungsi dari setiap komponen mesin. Setelah mengetahui fungsi dari masing-masing komponen, metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dilakukan untuk mencari tingkat prioritas dari perawatan dan perbaikan mesin dan mengidentifikasi resiko kegagalan dari masing-masing komponen.

Tabel 1. Kriteria *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*

Severity Ranking	Deskripsi	Definisi
10	Sangat tinggi (Berbahaya)	Mengakibatkan kecelakaan kerja/kematian
8	Sangat tinggi	Mesin tidak dapat digunakan
6	Sedang	Mesin rusak pada sebagian komponen
4	Cukup rendah	Mesin tidak berjalan dengan seharusnya (performa menurun)
2	Sangat rendah	Kerusakan kecil yang tidak memengaruhi performa
1	Tidak ada	Kerusakan mesin yang hampir tidak berimbas apapun
Occurrence Rating	Deskripsi	Kemungkinan kejadian
10	Sangat sering	Kerusakan terjadi 1 kali setiap bulan

8	Sering	Kerusakan terjadi antara 5-10 kali dalam satu tahun
6	Sedang	Kerusakan terjadi antara 1-5 kali dalam satu tahun.
4	Jarang	Kerusakan terjadi 1 kali dalam waktu satu tahun
2	Sangat jarang	Kerusakan terjadi 1 kali dalam waktu 5 tahun
1	Terlampau jarang	Kerusakan terjadi 1 kali dalam kurun waktu 5-30 tahun
Detection Rating	Deskripsi	Definisi
10	Sangat sulit	Deteksi kerusakan dapat dilihat pada kurang dari 50% inspeksi
7	Sulit	Deteksi kerusakan dapat dilihat pada sekitar 50% inspeksi
4	Cukup mudah	Deteksi kerusakan dapat dilihat pada 70% inspeksi
1	Sangat mudah	Deteksi kerusakan dapat dilihat lebih dari 90% inspeksi

Tabel 2. Pengelompokan RPN

RPN	Klasifikasi	Task Selection
<100	N	No maintenance (RTF)
100-200	L	Low maintenance (or RTF)
200-400	M	Adequate maintenance
400-600	MH	Aggressive maintenance
600-800	H	Aggressive maintenance (+maybe redesign)
800-1000	E	Aggressive maintenance + redesign

Nilai *severity* akan menunjukkan seberapa tinggi tingkat keparahan dari kerusakan pada masing-masing komponen. Nilai *occurrence* akan menunjukkan seberapa sering kerusakan terjadi pada sebuah komponen dan nilai *Detection* akan menunjukkan seberapa sulit untuk mendeteksi kerusakan terjadi [11]. Proses selanjutnya adalah menganalisis komponen-komponen menggunakan FMEA *worksheet* untuk mengetahui *potential failure*, *potential effect*, dan *potential cause*. Ketiga parameter ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada komponen mesin. Untuk mengetahui kerusakan yang memiliki urgensi tertinggi dalam penanganan dibutuhkan adanya tabel *Task Selection*, di mana tabel ini akan membagi nilai RPN dengan rentang nilai tertentu untuk menentukan tindakan apa yang perlu dilakukan. Untuk mencari waktu interval pemeliharaan komponen mesin, perlu untuk mengetahui pola sebaran data dari data empiris yang berasal dari kerusakan komponen-komponen mesin. Distribusi ini akan berkaitan untuk mencari nilai *Mean Time To Repair* (MTTR), *Mean Time To Failure* (MTTF), dan *Mean Time Between Failure* (MTBF). Selanjutnya, riwayat kerusakan dari masing-masing komponen kritis akan diolah dan dianalisis untuk menentukan waktu interval kegiatan pemeliharaan yang harus dilakukan.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengolahan data kerusakan mesin untuk mencari nilai MTTR, MTTF, dan MTBF. Perlu untuk diperhatikan bahwa distribusi dari data kerusakan mesin penting untuk dianalisis sebaran distribusinya. Untuk menentukan hasil penjadwalan, terdapat beberapa jenis distribusi yang diketahui antara lain:

1. Distribusi normal

$$MTTF = \mu \tag{1}$$

$$MTTR = \mu \tag{2}$$

$$MTBF = MTTF + MTTR \tag{3}$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \tag{4}$$

Di mana:

$R(t)$  = Nilai *index of fit* distribusi normal

$\Phi$  = fungsi distribusi kumulatif

$\mu$  = rata-rata waktu kegagalan

$\sigma$  = standar deviasi

$t$  = waktu kegagalan

2. Distribusi lognormal

$$MTTF = e^{(\mu + \frac{\sigma^2}{2})} \tag{5}$$

$$MTTR = e^{(\mu + \frac{\sigma^2}{2})} \tag{6}$$

$$MTBF = MTTF + MTTR \tag{7}$$

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] dt \tag{8}$$

Di mana:

$R(t)$  = Nilai *index of fit* distribusi lognormal

$\sigma$  = standar deviasi

$\mu$  = rata-rata waktu kegagalan

$t$  = waktu kegagalan

### 3. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \tag{9}$$

$$MTTR = \theta \cdot \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \tag{10}$$

$$MTBF = MTTF + MTTR \tag{11}$$

$$R(t) = e \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \tag{12}$$

Di mana:

$R(t)$  = Nilai *index of fit* distribusi weibull

$\alpha$  = rata-rata waktu kegagalan

$\beta$  = pola tingkat kegagalan

$t$  = waktu kegagalan

$\Gamma$  = fungsi gamma

### 4. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = 1/\lambda \tag{13}$$

$$MTTR = 1/\lambda \tag{14}$$

$$MTBF = MTTF + MTTR \tag{15}$$

$$R(t) = e^{-\lambda(t\gamma)} \tag{16}$$

Di mana:

$R(t)$  = Nilai *index of fit* distribusi eksponensial

$\lambda$  = tingkat kegagalan

$t$  = waktu kegagalan

$\gamma$  = batas waktu kegagalan

Tahapan terakhir yang dilakukan adalah membuat perencanaan untuk penjadwalan berdasarkan interval dari kegiatan pemeliharaan yang dilakukan. Nilai MTBF akan menjadi tolak ukur dalam melakukan penjadwalan. Semakin tinggi nilai MTBF maka semakin baik kualitas perbaikan yang dilakukan, dibuktikan dengan besarnya rentang waktu dari perbaikan yang dilakukan.

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1. Perhitungan RPN

Setelah dilakukan wawancara kepada 3 responden untuk mencari nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, didapatkan hasil pada tabel 5. Pada tabel 3, Nilai rata-rata RPN yang tergolong dalam tindakan *Adequate maintenance* adalah komponen Lensa fokus dengan nilai RPN 236, Cermin X dengan nilai RPN 230, Cermin Y dengan nilai RPN 218, Cermin Y dengan nilai RPN 218, dan Water Chiller dengan RPN 204. Sedangkan

Tabel 3. FMEA komponen mesin *Laser Cutting*

No	Part	Potential Failure	Penyebab	Penanganan	S	O	D	RPN
1	Sensor jarak sumbu X	Sensor malfungsi	Head mesin menabrak batas sumbu X/material	Pemeriksaan visual dan fungsi harian	7,5	4,5	1,75	59
2	Sensor jarak sumbu Y	Sensor malfungsi	Head mesin menabrak batas sumbu y/material	Pemeriksaan visual dan fungsi harian	7,5	4,5	1,75	59
3	Sensor jarak sumbu Z	Sensor malfungsi	Kepala mesin mogok pada batas sumbu Z	Pemeriksaan visual dan fungsi harian	6	4,5	1,75	50
4	Interface panel	Tampilan parameter salah	Pengaturan yang salah diterapkan	Pengujian perangkat lunak sebelum operasi	8	1,75	3,25	50
5	Kontrol PLC	Penafsiran desain yang salah	Gerakan yang salah selama pengoperasian	Pengujian dan diagnostik PLC rutin	7,5	1	6,25	49,5
6	Kabel	Kabel longgar atau terputus	Kehilangan sinyal antar komponen	Pemeriksaan kabel rutin	7	2,25	3,25	57
7	Tabung laser	Tabung laser tidak memancarkan sinar	Laser tidak menyala	Pemeriksaan emisi laser sebelum operasi	8	2,5	4,75	104
8	Cermin Z1	Cermin tidak sejajar atau kotor	Jalur sinar terputus oleh debu	Jadwal pemeriksaan keselarasan cermin	5,5	6,5	5,5	191
9	Cermin Z2	Cermin tidak sejajar atau kotor	Jalur sinar terputus oleh debu	Jadwal pemeriksaan keselarasan cermin	5,5	6,5	4,75	164
10	Cermin Y	Cermin tidak sejajar atau kotor	Jalur sinar terputus oleh debu	Jadwal pemeriksaan keselarasan cermin	5,5	6,5	6,25	218
11	Cermin X	Cermin tidak sejajar atau kotor	Jalur sinar terputus oleh debu	Jadwal pemeriksaan keselarasan cermin	5,5	7	6,25	230
12	Cermin Z3	Cermin tidak sejajar atau kotor	Jalur sinar terputus oleh debu	Jadwal pemeriksaan keselarasan cermin	5,5	7	4	158
13	Lensa fokus	Lensa retak/pecah/kotor	Kinerja pemotongan yang buruk	Pembersihan lensa terjadwal	7,5	8	4	236
14	Selang pneumatik	Kebocoran atau penyumbatan	Tekanan udara tidak cukup untuk memotong	Pemeriksaan sistem udara rutin	5	6	1,75	54
15	Nozzle	Penyumbatan lubang	Kualitas sinar/gas buruk, masalah pemotongan	Inspeksi visual dan uji penyalarsan	3	2,25	2,5	15,5
16	Motor stepper sumbu X	Kegagalan motor stepper	Unit kepala tidak bergerak sepanjang sumbu X	Perawatan motor terjadwal	7	2,25	4,75	74
17	Motor stepper sumbu Y	Kegagalan motor stepper	Unit kepala tidak bergerak sepanjang sumbu Y	Perawatan motor terjadwal	7	3,75	4,75	116
18	Motor stepper sumbu Z	Kegagalan motor stepper	Unit kepala tidak bergerak sepanjang sumbu Z	Perawatan motor terjadwal	6,5	3,25	4	110

No	Part	Potential Failure	Penyebab	Penanganan	S	O	D	RPN
19	Guide rail sumbu X	Rel pemandu aus atau tidak sejajar	Pergerakan tidak akurat sepanjang sumbu X	Inspeksi visual dan penyelarasan	4	5	3,25	63
20	Guide rail sumbu Y	Rel pemandu aus atau tidak sejajar	Pergerakan tidak akurat sepanjang sumbu Y	Inspeksi visual dan penyelarasan	4	3,25	3,25	25
21	Guide rail sumbu Z	Rel pemandu aus atau tidak sejajar	Pergerakan tidak akurat sepanjang sumbu Z	Inspeksi visual dan penyelarasan	3,5	3,25	3,25	22
22	Timing belt sumbu X	Timing belt V selip atau putus	Sumbu X tidak bergerak atau tergelincir	Rutinitas pemeriksaan dan pengencangan sabuk	8	4,5	1	36
23	Timing belt sumbu Y1	Timing belt selip atau putus	Pergerakan sumbu Y terganggu	Rutinitas pemeriksaan dan pengencangan sabuk	8	4	1	32
24	Timing belt sumbu Y2	Timing belt selip atau putus	Pergerakan sumbu Y terganggu	Rutinitas pemeriksaan dan pengencangan sabuk	8	3,5	1	28
25	Water chiller	Aliran air terganggu	Tabung laser terlalu panas	Pemeriksaan sistem pendingin	8	7,5	3,25	204
26	Kipas pembuangan	Kipas tidak beroperasi	Penumpukan debu, mengurangi efisiensi pemotongan	Jadwal pembersihan filter dan kipas	3	8	1,75	36

Berdasarkan Tabel 3 diatas kemudian peneliti membuat urutan nilai RPN yang terbesar hingga yang terkecil. Tabel 4 menunjukkan terdapat 3 komponen yang memiliki nilai terbesar untuk selanjutnya dilakukan pengamatan lebih dalam dan menentukan penjadwalan preventive maintenance.

Tabel 4. Keputusan tindakan berdasarkan RPN

No	Komponen	RPN	Task Selection
1	Lensa fokus	236	Adequate maintenance
2	Cermin X	230	Adequate maintenance
3	Cermin Y	218	Adequate maintenance

### 3.2. Analysis of Goodness of Fit

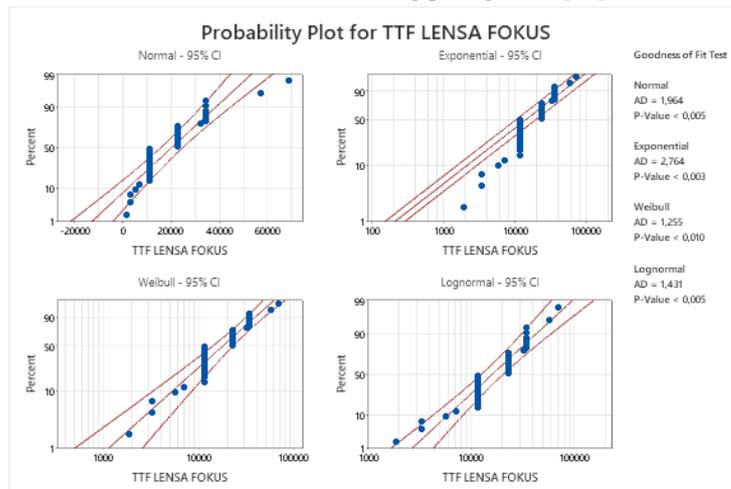
Analisis *Goodness of Fit* digunakan untuk mencari distribusi yang cocok untuk mencari nilai MTTF, MTTR, dan MTBF dari masing-masing komponen. Pemilihan ditentukan dengan mencari nilai A-D terkecil [12].

Tabel 5. Hasil pengujian *Goodness of Fit*

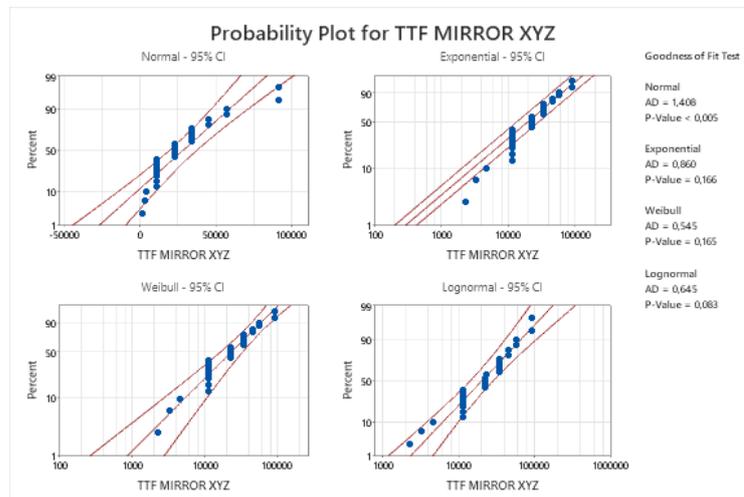
Distribusi	Lensa Fokus		Cermin x,y,z		Water Chiller	
	AD	P-value	AD	P-value	AD	P-value
Normal	1,964	<0,005	1,408	<0,005	4,252	<0,005
Exponensial	2,764	<0,003	0,86	0,166	8,148	<0,003
Weibull	1,255	<0,010	0,545	0,165	4,051	<0,010
Lognormal	1,431	<0,005	0,645	0,083	4,865	<0,005

Berdasarkan hasil uji Goodness of Fit Tabel 5, keempat distribusi yang diujikan pada masing-masing komponen (Normal, Exponential, Weibull, dan Lognormal) menunjukkan p-value<0,05, yang

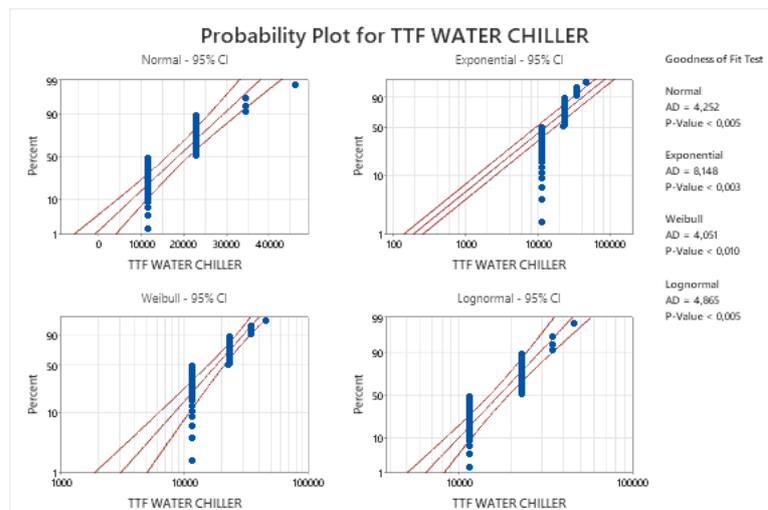
mengindikasikan bahwa tidak ada distribusi yang benar-benar sesuai secara statistik dengan data kerusakan mesin. Namun, dengan melihat nilai statistik Anderson-Darling paling kecil [13].



Gambar 2. Probability Plot TTF (Time To Failure) Lensa Fokus



Gambar 3. Probability Plot TTF (Time To Failure) Cermin sumbu X, Y, dan Z



Gambar 4. Probability Plot component of Water Chiller

Gambar 2 menunjukkan *probability plot* TTF komponen Lensa fokus. Nilai Anderson-Darling terendah terletak pada distribusi Weibull sehingga pengolahan MTTF ditentukan menggunakan Weibull. Pada Gambar 3, TTF komponen Cermin sumbu x,y,z menunjukkan nilai Anderson Darling terendah pada distribusi Weibull, sehingga metode yg dipilih adalah Weibull. Gambar 4 menunjukkan *Probability Plot* data TTF untuk komponen Water Chiller dimana metode Weibull dipilih karena memberikan nilai Anderson Darling terendah dibandingkan distribusi lainnya

**3.3. Perhitungan MTTF, MTTR, dan MTBF**

Setelah diketahui pola distribusi dari masing-masing data kerusakan, perhitungan nilai MTTF, MTTR, dan MTBF dilakukan untuk menentukan kebijakan dalam pengambilan tindakan untuk melakukan perawatan dan jangka waktu yang ditentukan.

Tabel 6. Hasil perhitungan MTTR, MTTF, MTBF

Nama Komponen	Kerusakan	MTTF(Jam)	MTTR (Jam)	MTBF(Jam)
Lensa Fokus	38	543,5	1,1	544,6
Cermin sumbu x, y, z	27	809,7	1,2	810,9
Water Chiller	42	1532,3	0,2	1532,5

Tabel 7. Nilai keandalan sesuai waktu kerusakan

Nama Komponen	Kerusakan	Downtime (jam)	MTTF(Jam)	Parameter		Reliability
				$\beta$	$\eta$	
Lensa Fokus	38	41.9	543,5	1,6293	22523,300	0,999969638
Cermin sumbu x, y, z	27	33.08	809,7	1,3153	30827,000	0,999904827
Water Chiller	42	7.83	1532,3	3,5732	19920,900	1

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 7, masing-masing komponen memiliki nilai MTBF sebesar 544,6 jam pada komponen Lensa fokus, 810,9 jam pada komponen Cermin sumbu x,y, dan z, dan 1532,5 jam pada komponen *Water Chiller*.

**3.4. Penjadwalan Preventive Maintenance**

Nilai MTBF diperlukan untuk menentukan interval waktu penjadwalan dari masing-masing komponen. Tabel 8 merupakan jadwal preventive maintenance berdasarkan komponen dan aktivitas yang dilakukan dalam tindakan *preventive maintenance*.

Tabel 8. Interval dan aktivitas preventive maintenance

No	Nama Komponen	MTBF (jam)	Interval PM (jam)	Aktivitas PM	Catatan
1	Lensa Fokus	544,6	400	Permembersihan lensa	Lensa rentan terkena debu
2	Cermin Sumbu x, y, z	810,9	600	Pemeriksaan jalur sinar dan pembersihan cermin	Cermin rentan bergeser dan kotor
3	Water Chiller	1532,5	1200	Pengecekan air & filter udara	Pastikan air tidak turun di bawah level norma/tidak bocor

Tindakan PM pada lensa fokus diutamakan pada kebersihan lensa sebelum beroperasi. Lensa yang kotor dapat mengganggu jalur tembakan sinar laser, sehingga terjadi gangguan seperti bahan tidak terpotong atau tekstur hasil potongan kasar. Tindakan pada cermin sumbu x,y,z mengutamakan pada kalibrasi pantulan sinar dan kebersihan dari cermin. Tindakan pada komponen Water Chiller berfokus pada permasalahan volume air untuk sirkulasi pendinginan *lasertube*. Volume air yang menurun dapat mengganggu kinerja *lasertube* sehingga *lasertube* rentan mengalami *overheat*.

Tabel 9 menunjukkan jadwal masing-masing tindakan PM dalam 1 tahun ke depan dengan mengasumsikan bahwa jam kerja dalam 1 hari sebanyak 10 jam dan total hari kerja adalah 6 hari. Perhitungan dilakukan. Tindakan PM pertama pada lensa fokus terjadi di minggu ke 6 dimana masa kerja mesin sudah mendekati 400 jam. Pada komponen Cermin sumbu x,y,z, PM jatuh pada minggu ke 10 dimana masa kerja

mesin sudah berjalan selama 600 jam. Tindakan PM pada komponenn Water Chiller dimulai pada minggu 20 dimana masa kerja mesin menempuh 1200 jam.

Tabel 9. Jadwal *preventive maintenance* selama 1 tahun

Minggu	Total Jam	Lensa Fokus	Cermin Sumbu x, y, z	Water Chiller	Minggu	Total Jam	Lensa Fokus	Cermin Sumbu x, y, z	Water Chiller
1	60				27	1620			
2	120				28	1680			
3	180				29	1740			
4	240				30	1800		PM	
5	300				31	1860			
6	360	PM			32	1920			
7	420				33	1980	PM		
8	480				34	2040			
9	540				35	2100			
10	600		PM		36	2160			
11	660				37	2220			
12	720				38	2280			
13	780	PM			39	2340	PM		
14	840				40	2400		PM	PM
15	900				41	2460			
16	960				42	2520			
17	1020				43	2580			
18	1080				44	2640			
19	1140	PM			45	2700			
20	1200		PM	PM	46	2760	PM		
21	1260				47	2820			
22	1320				48	2880			
23	1380				49	2940			
24	1440				50	3000		PM	
25	1500				51	3060			
26	1560	PM			52	3120	PM		

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode FMEA dan RCM mesin Laser Cutting di perusahaan industri kreatif, komponen yang memerlukan tindakan PM adalah Lensa Fokus dengan nilai RPN sebesar 197.10, Cermin sumbu X sebesar 228.7, Cermin sumbu Y sebesar 212.8, Cermin sumbu Z1 dan Z2 sebesar 150,5 dan 130,8, dan komponen Water chiller sebesar 165.8. Hasil analisis perencanaan penjadwalan *preventive maintenance* yang di untuk masing-masing komponen yaitu: komponen Lensa Fokus sebesar 544,6 jam, komponen Cermin sumbu x,y,z sebesar 810,9, dan komponen Water Chiller sebesar 1532,5 jam. Aktivitas PM yang dilakukan pada masing-masing komponen disesuaikan dengan jumlah jam kerja mesin yang dimulai pada minggu ke 6, 10, dan 20 untuk masing-masing komponen Lensa fokus, Cermin sumbu x,y,z, dan Water chiller. Penelitian ini masih dapat di kembangkan lagi kedepannya untuk menganalisis dampak implementasi dari penjadwalan *preventive maintenance*, sehingga dapat di bandingkan apakah dengan penjadwalan tersebut dapat mengurangi kerusakan atau bahkan memerlukan tidakan lebih lanjut untuk mencegah kerisakan yang lebih parah dari sebelumnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] M. Saefullah, F. A. Yusuf, and U. W. Nuryanto, "Peningkatan Produktivitas Melalui Downtime Reducing Pada Industri Food & Beverage di Kabupaten Tangerang," *MES Manag. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 81–105, 2024, doi: 10.56709/mesman.v3i1.151.

- [2] D. Irawan, D. Z. Lubis, E. K. Mindarta, and N. Insani, "Implementasi Mesin CNC Purus Kayu dalam Meningkatkan Efisiensi Produksi di UD. Barokah Mebel Pakis Mojokerto Kata," *J.A.I J. Abdimas Indones.*, vol. 3, no. 4, pp. 1448–1458, 2024, [Online]. Available: <https://dmi-journals.org/jai/article/view/226>
- [3] B. Umroh, A. Ginting, and M. N. A. Rahman, "CO2 laser machining on alumina ceramic: A review," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1003, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/1003/1/012131.
- [4] M. Syaripudin, B. Budiharjo, and D. A. Rostikawati, "Usulan Perawatan Mesin Bending 90° Dengan Pendekatan Preventive Maintenance Berdasar Metode Keandalan Dan Fmea Di Pt. Rinnai Indonesia-Cikupa," *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 175–184, 2022, doi: 10.46306/tgc.v2i2.36.
- [5] G. Sihombing, "Analisis Penentuan Target Objektif Pemeliharaan Mesin Berdasarkan Kriteria Downtime," *IMTechno J. Ind. Manag. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 78–83, 2023, doi: 10.31294/imtechno.v4i2.1950.
- [6] F. Keynia, M. Mirhosseini, A. Heydari, and A. Fekih, "A budget allocation and programming-based RCM approach to improve the reliability of power distribution networks," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 5591–5602, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.04.029.
- [7] I. Rizkya, I. Siregar, K. Siregar, R. Matondang, and E. W. Henri, "Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode," *E3S Web Conf.*, vol. 125, pp. 3–6, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201912522005.
- [8] J. Geisbush and S. T. Ariaratnam, "Developing a Reliability Centered Maintenance Model for Large Diameter Pipeline Maintenance," in *Pipelines 2022*, 2022, pp. 150–160. doi: 10.1061/9780784484289.018.
- [9] A. Jamshidi, F. Jamshidi, D. Ait-Kadi, and A. Ramudhin, "Applied risk analysis approaches for maintenance of offshore wind turbines; a literature review," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 1075–1078, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.338.
- [10] S. Supriyadi, R. M. Jannah, and R. Syarifuddin, "Perencanaan Pemeliharaan Mesin Centrifugal dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance pada Perusahaan Gula Rafinasi," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 139–147, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi/article/view/3285>
- [11] M. N. Ali M and A. Kusuma, "Analisa Kinerja Mesin Wtp Menggunakan Metode Fmea Dan Penjadwalan Preventif Maintenance," *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 17, no. 1, pp. 15–25, 2019, doi: 10.36456/waktu.v17i1.1829.
- [12] A. Soedira, G. Dwi Haryadi, and K. Rozi, "Analisis Reliability Komponen Kritis Electric Submersible Axial Flow Pump Berkapasitas 2000 Liter Per Detik Menggunakan Probability Plot Dan Root Cause Analysis," *J. Tek. Mesin S-I*, vol. 10, no. 2, pp. 151–160, 2022.
- [13] M. Berlinger, S. Kolling, and J. Schneider, "A generalized Anderson–Darling test for the goodness-of-fit evaluation of the fracture strain distribution of acrylic glass," *Glas. Struct. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 195–208, 2021, doi: 10.1007/s40940-021-00149-7.