



**PAPER – OPEN ACCESS**

## Analisis Penerapan Preventive Maintenance pada Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Reliability Centered Maintenance (RCM)

Author : Adam Diocta Temanta Bangun, dkk.  
DOI : 10.32734/ee.v7i1.2269  
Electronic ISSN : 2654-704X  
Print ISSN : 2654-7031

*Volume 7 Issue 1 – 2024 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).  
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



# Analisis Penerapan Preventive Maintenance pada Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Reliability Centered Maintenance (RCM)

Adam Diocta Temanta Bangun\*, Glenn Aldo Natanael Sinaga, Hanif Fadhillah, Hopy Gresia Hutabarat, Rafael Nicholas Sitorus

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Medan 20222, Indonesia*

*adamdiocta@gmail.com, glennsin2002@gmail.com, haniffadhillah52@gmail.com, hopygresia1904@gmail.com, rafaelnicholas87@gmail.com*

## Abstrak

PT XYZ merupakan pabrik kelapa sawit di Sumatera Utara yang bergerak dalam pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) dan kernel. Dalam mengolah TBS tersebut, pabrik ini menggunakan beberapa mesin produksi, salah satunya adalah mesin *sterilizer*. Pabrik ini memiliki enam unit mesin *sterilizer* yang digunakan secara bergantian dengan sistem paralel. Berdasarkan hasil pengamatan, salah satu mesin *sterilizer* kerap mengalami *downtime* sehingga harus dilakukan *corrective maintenance*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan *preventive maintenance* guna menghemat biaya *maintenance* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Hasilnya, pabrik harus menerapkan *preventive maintenance* dengan interval waktu sekitar 288 jam untuk komponen *Exhaust Pipe* untuk dapat menghemat Rp8.994.394 atau sebesar 82,17% dan sekitar 93 jam untuk komponen *Valve Control* untuk dapat menghemat Rp14.118.601 atau sebesar 78,12% setiap bulannya terhadap *downtime* yang disebabkan oleh kedua komponen tersebut.

**Kata Kunci:** *Downtime; Kelapa Sawit; Preventive Maintenance; Reliability; Sterilizer*

## Abstract

*PT XYZ is a palm oil mill in North Sumatra engaged in processing Fresh Fruit Bunches (FFB) into Crude Palm Oil (CPO) and kernels. In processing the FFB, this factory uses several production machines, one of which is a sterilizer machine. This factory has six units of sterilizer machines that are used alternately with a parallel system. Based on observations, one of the sterilizer machines often experiences downtime so that corrective maintenance must be carried out. This study aims to analyze the application of preventive maintenance to save maintenance costs using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Reliability Centered Maintenance (RCM) methods. As a result, the factory must implement preventive maintenance with an interval of about 288 hours for the Exhaust Pipe component to save Rp8,994,394 or 82.17% and about 93 hours for the Valve Control component to save Rp14,118,601 or 78.12% each month against downtime caused by the two components.*

**Keywords:** *Downtime; Palm Oil; Preventive Maintenance; Reliability; Sterilizer*

## 1. Pendahuluan

Dalam era industrialisasi di Indonesia saat ini, diperlukan adanya peningkatan kuantitas maupun kualitas hasil produksi Sumber Daya Alam (SDA). Salah satu caranya adalah dengan menerapkan aktivitas pemeliharaan (*maintenance*) yang baik. Peningkatan produktivitas dan daya saing industri bergantung pada pengoperasian mesin produksi yang efisien dan berkelanjutan dalam

lingkungan industri yang dinamis dan kompetitif, dikarenakan mesin-mesin produksi tersebut bersifat fundamen untuk hampir semua proses produksi, termasuk proses manufaktur hingga konversi energi [1].

PT XYZ merupakan salah pabrik kelapa sawit di Sumatera Utara yang bergerak dalam pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) dan kernel. Dalam mengolah TBS tersebut, pabrik ini menggunakan berbagai mesin produksi, salah satunya adalah mesin *sterilizer*. Mesin *sterilizer* ini memiliki peran yang penting karena proses pengolahan kelapa sawit yang krusial terjadi di dalam mesin *sterilizer* [2]. Pabrik ini memiliki enam unit mesin *sterilizer* yang digunakan secara bergantian dengan sistem paralel. Berdasarkan hasil pengamatan, salah satu mesin *sterilizer* kerap mengalami *downtime* sehingga harus dilakukan *corrective maintenance*. Hal ini menyebabkan munculnya pertanyaan dari pihak pabrik apakah mesin *sterilizer* tersebut masih efektif untuk digunakan atau tidak, mengingat fenomena *downtime* sulit untuk diproduksi, sehingga hal tersebut mempengaruhi produktivitas pabrik.

Sebagai solusi atas fenomena permasalahan yang terjadi, pihak pabrik berupaya menerapkan sistem pemeliharaan *preventive maintenance*. Dalam hal ini, digunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) [3]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan *preventive maintenance* guna menghemat biaya *maintenance* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

Sebagai dasar terhadap perawatan fisik, *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat didefinisikan suatu teknik pengembangan *preventive maintenance* terjadwal, dilandasi gagasan bahwa kualitas perancangan dan pembentukan *preventive maintenance* yang baik memengaruhi kendala peralatan dan struktur kinerja yang akan dicapai, yang akan memastikan bahwa perancangan keandalan terlaksana [4]. Fokus dari RCM adalah fungsionalitas sistem elemen tunggal, sehingga tindakan perawatan hanya difokuskan pada elemen krusial dari fungsi suatu sistem [5]. Sebagai metode dalam penilaian performansi, digunakan FMEA untuk menilai indikator probabilitas risiko dalam *maintenance* berdasarkan tiga parameter yang digunakan, yaitu frekuensi (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*) [6].

## 2. Metode Penelitian

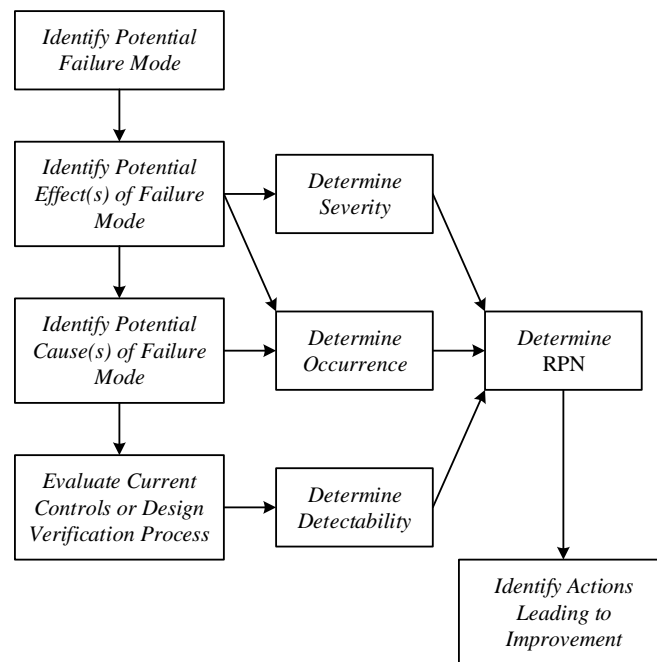
Penelitian ini berlokasi di PT XYZ dan dilaksanakan pada Juli – Agustus 2023, dengan jenis penelitian adalah *action research*, yaitu penelitian guna memperoleh temuan-temuan praktis sebagai pendukung dalam proses pengambilan keputusan operasional pada objek penelitian yang diamati [7]. Data yang diperlukan meliputi data kerusakan dan perbaikan mesin yang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan, data durasi *maintenance* yang diperoleh melalui wawancara terstruktur dengan pihak *maintenance*, serta rincian biaya-biaya yang diperlukan. Adapun pengolahan data ini mengintegrasikan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode terstruktur yang digunakan untuk menganalisis kegagalan, serta umum digunakan sebagai insiasi dalam studi terkait keandalan. Tabel FMEA merupakan unsur yang penting dalam implementasi analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM memiliki gagasan utama mengantisipasi kegagalan dengan mengeliminasi atau mereduksi penyebab kegagalan, sedangkan FMEA mengidentifikasi sumber dan mekanisme kegagalan. Upaya menurunkan *failure rate* dapat dilakukan dengan merencanakan *preventive maintenance* atau *monitoring*, manakala sumber dan mekanisme kegagalan untuk setiap *failure mode* telah diidentifikasi [8]. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Road Map disajikan melalui Gambar 1.

RCM memastikan perancangan suatu sistem keandalan melalui pendefinisian tugas-tugas pemeliharaan. Metode ini digunakan dalam menyelesaikan penyebab major dari kegagalan yang mengarah pada suatu keputusan *maintenance* yang berorientasi pada pencegahan kegagalan. RCM juga dikenal sebagai perawatan berbasis keandalan karena prinsipnya yang menyatakan bahwa tindakan perawatan tidak dimaksudkan untuk menjamin suatu aset mencapai keandalan inherennya secara terus-menerus [9].

Penerapan metode RCM mengikuti tahapan berikut.

- Pemilihan sistem dan pengumpulan data
- Penentuan batasan sistem
- Penentuan mesin dan komponen/*part* kritis
- Penentuan distribusi kegagalan setiap komponen
- Perhitungan nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR)
- Penentuan tingkat keandalan komponen
- Perbandingan selisih biaya sebelum dan setelah tindakan pemeliharaan



Gambar 1. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Road Map

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Data

Adapun sistem tindakan pemeliharaan ini adalah sistem *preventive maintenance*, yaitu aktivitas perawatan sederhana (seperti penyetelan dan penggantian komponen) yang dilaksanakan sesuai jadwal *downtime* yang telah diperkirakan melalui analisis laju kegagalan (*failure rate*) mesin. Biaya yang timbul karena adanya *preventive maintenance* disebut *preventive cost* [10].

Data yang diperoleh meliputi data kerusakan mesin, durasi *maintenance* komponen, dan rincian biaya-biaya yang diperlukan. Data kerusakan mesin disajikan melalui Tabel 1.

Tabel 1. Data Kerusakan Mesin

Komponen	Tanggal	Waktu Kerusakan	Waktu Selesai Diperbaiki
<i>Exhaust Pipe</i>	03 Juli 2023	16.18	18.24
<i>Clutch Door</i>	05 Juli 2023	10.16	10.33
Sensor Tekanan	09 Juli 2023	09.12	17.37
<i>Clutch Door</i>	09 Juli 2023	13.37	13.53
<i>Valve Control</i>	09 Juli 2023	20.03	21.41
<i>Clutch Door</i>	11 Juli 2023	09.35	09.44
<i>Valve Control</i>	16 Juli 2023	16.57	18.16
<i>Exhaust Pipe</i>	17 Juli 2023	08.37	10.14
<i>Tube</i>	19 Juli 2023	11.34	14.02
<i>Clutch Door</i>	19 Juli 2023	21.20	21.49
<i>Valve Control</i>	20 Juli 2023	17.19	18.44
<i>Clutch Door</i>	21 Juli 2023	14.17	14.30
<i>Clutch Door</i>	24 Juli 2023	17.37	18.02
<i>Valve Control</i>	28 Juli 2023	19.11	20.23
<i>Clutch Door</i>	29 Juli 2023	12.24	12.47
<i>Clutch Door</i>	02 Agustus 2023	09.14	09.19

Komponen	Tanggal	Waktu Kerusakan	Waktu Selesai Diperbaiki
<i>Exhaust Pipe</i>	02 Agustus 2023	11.52	13.18
<i>Valve Control</i>	03 Agustus 2023	07.55	09.12

Durasi *maintenance* komponen mesin *sterilizer* disajikan melalui Tabel 2.

Tabel 2. Durasi *Maintenance* Komponen

Komponen	Durasi (jam)
<i>Clutch Door</i>	0,083
<i>Exhaust Pipe</i>	0,167
Sensor Tekanan	0,2
<i>Tube</i>	0,167
<i>Valve Control</i>	0,333

Sedangkan rincian biaya-biaya yang diperlukan disajikan melalui Tabel 3.

Tabel 3. Rincian Biaya

Rincian	Biaya	Satuan
Biaya Tenaga Kerja		
Operator Mesin <i>Sterilizer</i>	Rp100.000,00	orang/shift
Biaya Produksi		
Olahan CPO	Rp3.405,00	kg
Olahan Inti Sawit	Rp1.950,00	kg
Biaya <i>Maintenance</i>	Rp.50.000,00	orang/jam

Dalam hal ini, biaya *maintenance* merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan sebagai upah yang diberikan kepada pihak *maintenance* per jam.

### 3.2. Penentuan Batasan Sistem

Adapun batasan sistem penelitian ini ditentukan sebagai berikut.

- Sistem pemeliharaan yang diamati hanya pada mesin *sterilizer* sebagai mesin yang kerap bermasalah dan menjadi keluhan oleh pihak perusahaan.
- Waktu pengamatan adalah 32 hari, disebabkan karena alasan keterbatasan waktu peneliti dan kecukupan data.

### 3.3. Penentuan Komponen/Part Kritis

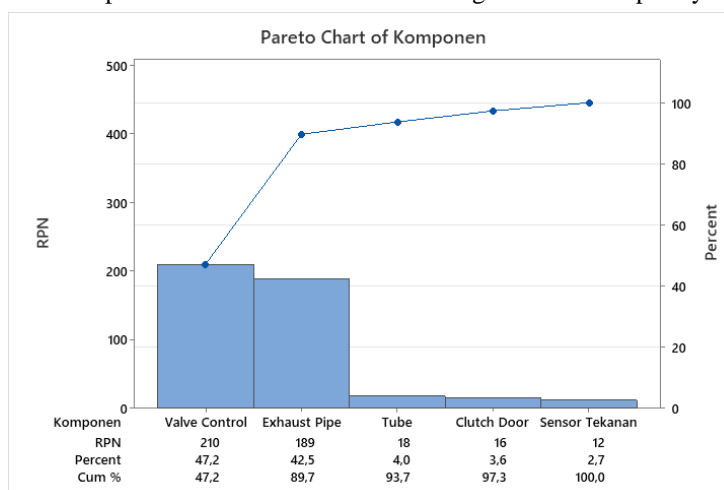
Komponen kritis mesin *sterilizer* yang perlu segera dilakukan perbaikan ditentukan dengan FMEA dengan melihat komponen yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar. Setelah itu, digunakan *tools* diagram *Pareto* untuk mengidentifikasi pengaruh komponen kritis terhadap keseluruhan komponen yang mengalami kerusakan.

Tabel 4. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Komponen	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurence</i>	<i>Detection</i>	RPN	Rank
<i>Clutch Door</i>	<i>Clutch door</i> macet/tidak bisa dibuka	<i>Sterilizer</i> sulit untuk dapat dibuka/ditutup	TBS tersangkut pada engsel pintu	2	8	1	16	4
<i>Exhaust Pipe</i>	<i>Exhaust pipe</i> bocor	Proses perebusan berlangsung lebih lama	<i>Exhaust pipe</i> berkarat	9	3	7	189	2
Sensor Tekanan	Sensor tekanan tidak terkalibrasi ( <i>error</i> )	Tidak dapat mengukur tekanan pada <i>tube</i>	Tidak dikalibrasi secara berkala	4	1	3	12	5

Komponen	Failure Mode	Failure Effect	Failure Causes	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Rank
Tube	Tube bocor	Proses perebusan berlangsung lebih lama	Tekanan yang terlalu tinggi	9	1	2	18	3
Valve Control	Katup valve tidak dapat terbuka	Sisa rebusan (steam) tidak dapat dikeluarkan	Bearing katup kotor	6	5	7	210	1

Hasil dari tabel FMEA tersebut direpresentasikan ke dalam bentuk diagram *Pareto* seperti yang disajikan melalui Gambar 2.



Gambar 2. Diagram *Pareto*

Berdasarkan prinsip *Pareto*, 80% kerusakan komponen mesin *sterilizer* terjadi pada komponen *Valve Control* dan *Exhaust Pipe*. Komponen tersebut merupakan komponen kritis yang perlu dilakukan perbaikan segera untuk meningkatkan tingkat keandalan mesin *sterilizer* tersebut.

Setelah ditentukan *Valve Control* dan *Exhaust Pipe* menjadi komponen kritis, dilakukan perhitungan *Time To Repair* (TTR) dan *Time To Failure* (TTF) untuk kedua komponen seperti yang disajikan melalui Tabel 5.

Tabel 5. *Time To Repair* (TTR) dan *Time To Failure* (TTF)

Komponen	Tanggal	Waktu Kerusakan	Waktu Selesai Diperbaiki	<i>Time To Repair</i> (TTR) (jam)	<i>Time To Failure</i> (TTF) (jam)
<i>Exhaust Pipe</i>	03 Juli 2023	16.18	18.24	2,10	-
	17 Juli 2023	08.37	10.14	1,62	321,22
	02 Agustus 2023	11.52	13.18	1,43	385,63
<i>Valve Control</i>	09 Juli 2023	20.03	21.41	1,63	-
	16 Juli 2023	16.57	18.16	1,57	163,27
	20 Juli 2023	17.19	18.44	0,95	95,05
	28 Juli 2023	19.11	20.23	1,20	192,45
	03 Agustus 2023	07.55	09.12	1,28	131,53

### 3.4. Penentuan Distribusi Kegagalan Setiap Komponen

Sebelum dihitung *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR), dilakukan uji *Index of Fit* (IoF) untuk menentukan jenis distribusi terpilih dan uji *Goodness of Fit* (GoF) untuk melihat apakah jenis distribusi tersebut diterima atau tidak. Dengan jenis distribusi yang dibandingkan adalah distribusi *Weibull*, distribusi normal, distribusi *lognormal*, dan distribusi eksponensial, hasil uji *Index of Fit* (IoF) terhadap *Time To Repair* (TTR) untuk kedua komponen disajikan melalui Tabel 6.

Tabel 6. *Index of Fit* (IoF) terhadap *Time To Repair* (TTR)

Komponen	Distribusi	r
<i>Exhaust Pipe</i>	<i>Weibull</i>	0,9603
	Normal	0,9702
	<i>Lognormal</i>	0,9801
	Ekspensial	0,9979
<i>Valve Control</i>	<i>Weibull</i>	0,9844
	Normal	0,9767
	<i>Lognormal</i>	0,9721
	Ekspensial	0,9186

Distribusi terpilih adalah jenis distribusi dengan nilai r tertinggi. Berdasarkan hasil uji *Index of Fit* (IoF) tersebut, diperoleh distribusi ekspensial untuk komponen *Exhaust Pipe* dan distribusi *Weibull* untuk komponen *Valve Control* sebagai jenis distribusi terpilih. Selanjutnya, dilakukan uji *Index of Fit* (IoF) terhadap *Time To Failure* (TTF) untuk kedua komponen seperti yang disajikan melalui Tabel 7.

Tabel 7. *Index of Fit* (IoF) terhadap *Time To Failure* (TTF)

Komponen	Distribusi	r
<i>Exhaust Pipe</i>	<i>Weibull</i>	1,0000
	Normal	1,0000
	<i>Lognormal</i>	1,0000
	Ekspensial	1,0000
<i>Valve Control</i>	<i>Weibull</i>	0,9988
	Normal	0,9982
	<i>Lognormal</i>	0,9883
	Ekspensial	0,9600

Berdasarkan hasil uji *Index of Fit* (IoF) terhadap *Time To Failure* untuk komponen *Exhaust Pipe*, diperoleh nilai r yang sama untuk seluruh jenis distribusi, sehingga cukup dipilih salah satu jenis distribusi, dalam hal ini dipilih distribusi *Weibull*. Sedangkan untuk komponen *Valve Control*, diperoleh distribusi *Weibull* sebagai jenis distribusi terpilih.

Setelah dilakukan uji *Index of Fit* (IoF), selanjutnya dilakukan uji *Goodness of Fit* (GoF). Karena hanya terdapat dua jenis distribusi (ekspensial dan *Weibull*) sebelumnya, maka hanya dua teknik uji juga yang digunakan, yaitu uji *Bartlett* untuk jenis distribusi ekspensial dan *Mann's Test* untuk jenis distribusi *Weibull*. Hasil uji *Goodness of Fit* (GoF) untuk kedua komponen disajikan melalui Tabel 8.

Tabel 8. *Goodness of Fit* (GoF)

Komponen	TTR/TTF	Jenis Distribusi	<i>Goodness of Fit</i> (GoF)	Kesimpulan
<i>Exhaust Pipe</i>	TTR	Ekspensial	H <sub>0</sub> : Data berdistribusi ekspensial	H <sub>0</sub> diterima
			H <sub>1</sub> : Data tidak berdistribusi ekspensial	
			H <sub>0</sub> diterima jika $x^2_1 < B < x^2_2$	
			$x^2_1 = 0,0050$ $x^2_2 = 11,9829$ B = 0,06401	
<i>Valve Control</i>	TTR	<i>Weibull</i>	H <sub>0</sub> : Data berdistribusi ekspensial	H <sub>0</sub> diterima
			H <sub>1</sub> : Data tidak berdistribusi ekspensial	
	TTF	<i>Weibull</i>	H <sub>0</sub> diterima jika $M < F_{crit}$	H <sub>0</sub> diterima
			M = 0,1454 F <sub>crit</sub> = 18,5128	

Komponen	TTR/TF	Jenis Distribusi	Goodness of Fit (GoF)	Kesimpulan
			$H_0$ diterima jika $M < F_{crit}$	
			$M = 0,8696$	
			$F_{crit} = 18,5128$	

Berdasarkan hasil uji *Goodness of Fit* (GoF) tersebut, diperoleh kesimpulan bahwasanya  $H_0$  diterima, yang artinya data bersifat homogen dan jenis distribusi terpilih dapat digunakan untuk uji distribusi berikutnya. Sebagai catatan, *Time To Failure* komponen *Exhaust Pipe* tidak dilakukan uji *Goodness of Fit* (GoF), karena nilai  $r$  telah mencapai 1 pada uji *Index of Fit* (IoF), yang menandakan jenis distribusi tersebut mutlak dapat digunakan.

### 3.5. Penentuan Nilai Mean Time To Repair (MTTR) dan Mean Time To Failure (MTTF)

Sebelum menganalisis tingkat keandalan untuk kedua komponen, terlebih dahulu dihitung *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Mean Time To Failure* (MTTF) melalui perhitungan parameter masing-masing jenis distribusi seperti yang disajikan melalui Tabel 9.

Tabel 9. Mean Time To Repair (MTTR) dan Mean Time To Failure (MTTF)

Komponen	MTTR (jam)	MTTF (jam)
<i>Exhaust Pipe</i>	1,9028	349,7877
<i>Valve Control</i>	1,3222	145,8691

Setelah itu, dapat dihitung tingkat keandalan (*reliability*) dan *availability* kedua komponen tersebut menggunakan rumus *reliability* dan *availability* secara berurut sebagai berikut.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (1)$$

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTR + MTTF} \quad (2)$$

Melalui rumus fungsi keandalan (*reliability*) terhadap selang waktu tertentu dan *availability* tersebut, dilakukan perhitungan dan diperoleh hasil seperti yang disajikan melalui Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan Keandalan (Reliability) dan Availability

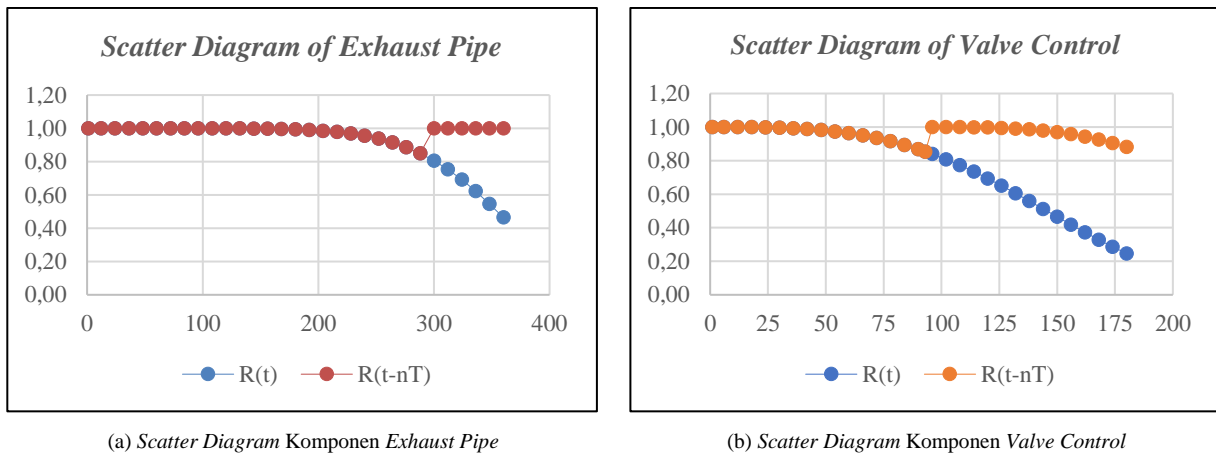
Komponen	Reliability	Availability
<i>Exhaust Pipe</i>	53,42%	99,46%
<i>Valve Control</i>	49,74%	99,10%

Setelah didapat tingkat keandalan (*reliability*) sebelum dilakukan *preventive maintenance*, dilakukan simulasi perhitungan keandalan (*reliability*). Simulasi dilakukan dengan asumsi waktu simulasi sedikit melebihi nilai *Mean Time To Failure* (MTTF), yaitu 360 jam untuk *Exhaust Pipe* dan 160 jam untuk *Valve Control* dengan interval waktu simulasi adalah setiap 12 jam sekali untuk *Exhaust Pipe* dan 6 jam untuk *Valve Control*.

Dalam kasus ini, jika pabrik kelapa sawit ingin mempertahankan tingkat keandalan (*reliability*) kedua komponen sebesar 85%, maka pabrik kelapa sawit harus menerapkan *preventive maintenance* dengan interval waktu sekitar 288 jam ( $R(t) = 0,8506$ ) untuk komponen *Exhaust Pipe* dan sekitar 93 jam ( $R(t) = 0,8539$ ) untuk komponen *Valve Control*.

Simulasi tersebut juga bertujuan untuk melihat laju keandalan kedua komponen yang direpresentasikan ke dalam bentuk *scatter diagram* seperti pada Gambar 3.  $R(t)$  merupakan laju keandalan komponen sebelum menerapkan *preventive maintenance*, sedangkan  $R(t-nT)$  menunjukkan laju keandalan komponen setelah menerapkan *preventive maintenance*.





(a) Scatter Diagram Komponen Exhaust Pipe

(b) Scatter Diagram Komponen Valve Control

Gambar 3. Scatter Diagram untuk Kedua Komponen

3.6. Penentuan Selisih Biaya Sebelum dan Setelah Tindakan Pemeliharaan

Setelah diperoleh interval waktu *preventive maintenance*, dilakukan perbandingan total biaya yang dikeluarkan oleh pabrik kelapa sawit sebelum dan setelah menerapkan *preventive maintenance*. Perbandingan biaya tersebut dihitung per jam dan bulan disajikan melalui Tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan Keandalan (Reliability) dan Availability

Komponen	Sebelum Menerapkan Preventive Maintenance		Setelah Menerapkan Preventive Maintenance		Selisih/Bulan	Persentase Selisih
	Tc/jam	Tc/bulan	Tc/jam	Tc/bulan		
Exhaust Pipe	Rp16.198	Rp10.884.845	Rp2.888	Rp1.940.452	Rp8.944.394	82,17%
Valve Control	Rp26.893	Rp18.072.018	Rp5.883	Rp3.953.417	Rp14.118.601	78,12%

Berdasarkan hasil perhitungan selisih biaya sebelum dan setelah menerapkan *preventive maintenance*, diperoleh penghematan sebesar Rp8.944.394 (82,17%) untuk komponen *Exhaust Pipe* dan Rp14.118.601 (78,12%) untuk komponen *Valve Control* setiap bulannya.

4. Kesimpulan

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan sebagai identifikasi komponen kritis mesin *sterilizer* yang perlu untuk segera dilakukan perbaikan, diintegrasikan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk memberikan opsi penggantian sistem pemeliharaan mesin *sterilizer* kepada pihak pabrik kelapa sawit menjadi *preventive maintenance* berdasarkan tingkat keandalan komponen kritis mesin *sterilizer* tersebut. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) melalui tabel FMEA, dibantu dengan *tools* diagram *Pareto*, memberi hasil terhadap komponen *Exhaust Pipe* dan *Valve Control* sebagai komponen kritis yang perlu segera diperbaiki. Selanjutnya, hasil analisis metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menunjukkan bahwa *preventive maintenance* harus diterapkan pada komponen *Exhaust Pipe* setiap 288 jam dan komponen *Valve Control* setiap 93 jam, untuk memperoleh penghematan berturut-turut sebesar Rp8.944.394 (atau sebesar 82,17%) dan Rp14.118.601 (atau sebesar 78,12%) untuk kedua komponen tersebut setiap bulannya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua yang telah membantu dan memotivasi penulis hingga terpublikasinya karya ilmiah ini, juga kepada dosen, teman-teman penulis, serta seluruh pihak yang turut membantu penulis sehingga karya ilmiah ini dapat dituangkan dalam bentuk tulisan.

Referensi

[1] Ismail dan A. Pusakaningwati, "Manajemen Perawatan Panel Distribution Control dengan Metode Reliability Center (RCM) di PT. Tung Cia Technology Indonesia," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 2, no. 12, pp. 4723–4730, Ags. 2023.  
 [2] A. Muhammad, M. Fitri, M. Farid, R. Imani, dan Nofriadiman, "Perawatan Mesin Sterilizer Menggunakan Metode Age Replacement," *Jurnal Teknik dan Teknologi Tepat Guna*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, Okt. 2023.

- [3] R. M. Simanungkalit, Suliawati, dan T. Hernawati, "Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan," *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 1, pp. 72–83, Jul. 2023.
- [4] M. Alwi, K. Yunus, dan Haslinda, "Analisis Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada CV. Sumber Jaya Makassar," *Journal of Natural Science and Technology Adpertisi (JNSTA)*, vol. 4, no. 1, pp. 19–26, Jan. 2024.
- [5] Fathurohman dan S. Triyono, "RCM (Reliability Centered Maintenance): the Implementation in Preventive Maintenance (Case Study in an Expedition Company)," *EKOMABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis*, vol. 1, no. 2, pp. 197–212, Des. 2020.
- [6] F. Suryani, T. Tamalika, R. A. N. Moulita, dan D. Maryadi, "Aplikasi *Failure Mode and Effect Analysis* dan *Reliability Centered Maintenance* pada *Preventive Maintenance* Kendaraan," *JiEtri: Journal of Industrial Engineering Tridinanti*, vol. 1, no. 2, pp. 15–23, Des. 2023.
- [7] F. Gustian dan A. E. Nurhidayat, "Optimalisasi dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Reliability Centered Spares* (RCS)," *Jurnal Indonesia Sosial Sains (JISS)*, vol. 3, no. 9, pp. 1249–1262, Sep. 2022.
- [8] R. T. Sulistiyono, A. I. Juniani, dan I. Setyana, "Implementation of RCM II (Reliability Centered Maintenance) and RPN (Risk Priority Number) in Risk Assessment and Scheduling Maintenance Task at HPB (High Pressure Boiler) Base on JSA (Job Safety Analysis)," *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 7, no. 2, pp. 46–60, Sep. 2009.
- [9] A. Rasyid, A. Mokodompit, N. I. Aprilia, "Perencanaan Pemeliharaan Mesin First Press Expeller P03 dengan Menggunakan Metode RCM di PT. Multi Nabati Sulawesi," *INTELEKTIVA: JURNAL EKONOMI, SOSIAL DAN HUMANIORA*, vol. 2, no. 5, pp. 104–110, Des. 2020.
- [10] I. Soesetyo dan L. Y. Bendatu, "Penjadwalan *Predictive Maintenance* dan Biaya Perawatan Mesin *Pellet* di PT Charoen Pokphand Indonesia – Sepanjang," *Jurnal Titra*, vol. 2, no. 2, pp. 147–153, Jun. 2014.