

## Usulan Perawatan Mesin Air Screw Compressor Secara Preventive Maintenance Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Modularity Design di PT XYZ

Dave Dee Susilo<sup>a\*</sup>, Endang Pudji Widjajati<sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60294

\* Corresponding author: [davedds16@gmail.com](mailto:davedds16@gmail.com)

### ABSTRAK

Perkembangan dunia industri saat ini membuat persaingan antar perusahaan semakin ketat. Hal tersebut membuat perusahaan harus meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses produksinya, salah satunya dengan menerapkan perawatan mesin yang tepat agar mesin yang digunakan dapat beroperasi secara baik dan optimal. PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur yang bergerak dalam pembuatan cairan kimia hidrogen peroksida di Indonesia. Perusahaan ini mengalami kendala kerusakan pada mesin air screw compressor karena sistem perawatan dilakukan ketika komponen telah mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan waktu henti yang lama. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan usulan perawatan secara pencegahan dengan metode failure mode and effect analysis (FMEA) untuk mencari komponen kritis dari mesin dan modularity design untuk mengelompokkan komponen mesin sehingga dapat mengurangi waktu henti dan meminimalkan biaya perawatan. Dengan menerapkan perawatan pencegahan dengan FMEA dan modularity design, didapatkan sepuluh sub komponen kritis dengan total biaya perawatan sebesar Rp884.839.695, lebih rendah dari total biaya perawatan perusahaan saat ini yang sebesar Rp1.513.836.000. Sehingga dengan menerapkan metode usulan, perusahaan mendapatkan efisiensi sebesar 41,55%.

**Kata Kunci:** Desain Modularitas, Failure Mode and Effect Analysis, Perawatan Pencegahan

### ABSTRACT

*Current developments in the industrial world made competition between companies increasingly tight. This required companies to increase the effectiveness and efficiency of their production processes, one of which was by implementing proper machine maintenance so that the machines used could operate well and optimally. PT XYZ is a company engaged in the manufacturing industry which is engaged in making hydrogen peroxide chemical liquid in Indonesia. This company experienced problems with damage to its air screw compressor machine because the maintenance system was carried out when components were damaged, resulting in long downtime. Therefore, this research was carried out with the aim of providing preventative maintenance suggestions using the failure mode and effect analysis (FMEA) method to find critical components of the machine and modularity design to group machine components so as to reduce downtime and minimize maintenance costs. By implementing preventative maintenance with FMEA and modularity design, ten critical sub-components were obtained with a total maintenance cost of IDR 884,839,695, lower than the company's current total maintenance cost of IDR 1,513,836,000. So by applying the proposed method, the company gets an efficiency of 41.55%.*

**Keywords:** Modularity Design, Failure Mode and Effect Analysis, Preventive Maintenance



## 1. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri saat ini membuat persaingan antar perusahaan semakin ketat. Hal tersebut membuat perusahaan harus meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses produksinya, salah satunya dengan menerapkan perawatan mesin yang tepat agar mesin yang digunakan dapat beroperasi secara baik dan optimal. Perawatan adalah semua tindakan yang diperlukan untuk mempertahankan barang atau peralatan untuk kembali pada kondisi tertentu. Hal ini dilakukan dengan mengatur dan mengecek fungsi pada sebuah objek saat operasi sehingga meminimalisi pemberhentian kerja yang disebabkan oleh kerusakan [1].

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur yang bergerak dalam pembuatan cairan kimia hidrogen peroksida di Indonesia. Perusahaan menggunakan sistem produksi *make to stock* (MTS) dan menerapkan proses produksi secara terus-menerus (*continuous process*), yakni perusahaan sebagai produsen hidrogen peroksida menyelesaikan produksinya dan menempatkan hasil produksinya sebagai persediaan yang nantinya baru akan dikirim ke konsumen ketika terdapat permintaan.

Saat ini perusahaan mengalami kendala kerusakan pada mesin *air screw compressor* karena sistem perawatan dilakukan ketika komponen telah mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan waktu henti yang lama. Oleh karena itu, dilakukan penelitian agar dapat membantu PT XYZ dalam menentukan sistem perawatan mesin *air screw compressor* yang paling efisien dengan usulan teknik perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dengan menerapkan metode *failure mode and effect analysis* dan *modularity design*.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Perawatan (Maintenance)

Perawatan atau *maintenance* adalah berbagai kegiatan yang ditujukan untuk memelihara maupun menjaga fasilitas, mesin, maupun peralatan pabrik. Hal tersebut diperlukan agar menghasilkan suatu operasi produksi yang sesuai dengan harapan yang ada [2]. Contoh kegiatan-kegiatan perawatan seperti pembersihan, inspeksi, pelumasan (*oiling*), dan pengadaan suku cadang (dari komponen yang terdapat dalam fasilitas dan peralatan industri tersebut [3]. Biasanya perawatan dilaksanakan berfokus pada pencegahan untuk mengurangi bahkan menghindari terjadinya kerusakan dengan memastikan memastikan keandalan dan kesiapan peralatan yang ada [4].

### 2.2 Perawatan Pencegahan (Preventive Maintenance)

Perawatan pencegahan adalah metode perawatan yang dilaksanakan dalam jangka waktu tertentu yang tetap atau dengan kriteria khusus pada setiap tahap proses produksi yang ada [5]. Perawatan pencegahan digunakan untuk menghindari kerusakan komponen selama proses produksi sehingga kegiatan produksi dan operasi menjadi stabil dan membuat biaya perawatan yang dikeluarkan menjadi lebih minimum [6]. Keuntungan dilaksanakannya perawatan ini adalah mengurangi kemungkinan terjadinya perawatan secara darurat dan mengurangi waktu menganggur, baik mesin maupun tenaga kerja [7].

### 2.3 Keandalan (Reliability)

Keandalan merupakan probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem untuk tetap dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam suatu kondisi tertentu. Dalam menyatakan berfungsi atau tidaknya suatu peralatan,

kondisi tersebut dinyatakan dalam nilai keandalan [8]. Strategi keandalan melibatkan peningkatan komponen individual & memberikan redundansi [9].

#### 2.4 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode and Effect Analysis atau FMEA adalah suatu mode sistematis yang digunakan untuk melakukan identifikasi serta mencegah timbulnya masalah atau hambatan pada suatu sistem atau proses [10]. Tujuan utama dari penggunaan metode FMEA adalah untuk dapat mengidentifikasi mode kegagalan potensial dalam unit sistem dan mengevaluasi efek lanjutan pada kinerja sistem [11]. Kegagalan yang dimaksud dalam FMEA adalah segala sesuatu yang menyebabkan cacat maupun kegagalan, seperti cacat hasil kerja, cacat produk, atau kegagalan mesin [12].

Langkah-langkah FMEA adalah mendata kegagalan suatu mesin serta efeknya, menetapkan nilai *severity occurrence detection*, menghitung nilai *risk priority number*, memprioritaskan risiko kegagalan mesin, serta melaksanakan rekomendasi tindakan perawatan yang sesuai [13].

#### 2.5 *Risk Priority Number (RPN)*

*Risk Priority Number* (RPN) adalah sebuah sistem matematis yang mendefinisikan serangkaian efek pada tingkat keparahan bahaya (*severity*) sehingga mampu menghasilkan suatu tingkat terjadinya kegagalan (*occurrence*) serta keahlian dalam mendeteksi kegagalan tersebut (*detection*) [14]. RPN dihitung dengan rumus [15]:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Nilai RPN memiliki rentang mulai dari 1 hingga 1000. Nilai 1 menandakan kemungkinan risiko paling kecil dan nilai 1000 menandakan kemungkinan risiko paling besar [16].

#### 2.6 *Modularisasi Desain (Modularity Design)*

Metode modularity design melakukan pengelompokkan komponen mesin ke dalam beberapa modul sehingga dapat mengurangi biaya perawatan yang ada pada mesin tersebut [17]. Modularity memungkinkan untuk diadakan pengurangan dari biaya servis dengan mengelompokkan komponen berdasarkan *similarity* dan *dependency*, sehingga memudahkan dalam melakukan perbaikan maupun pemeliharaan [18].

#### 2.7 *Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)*

MTTF merupakan nilai yang menyatakan ekspektasi masa pakai suatu sistem atau alat. Sedangkan MTTR merupakan rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan. MTTF dan MTTR pada distribusi *Weibull* dihitung dengan rumus:

$$MTTF \& MTTR = \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2)$$

#### 2.8 *Total Biaya Perawatan*

Total biaya perawatan menggunakan metode *modularity design* dapat dicari dengan distribusi Weibull, dengan rumus:

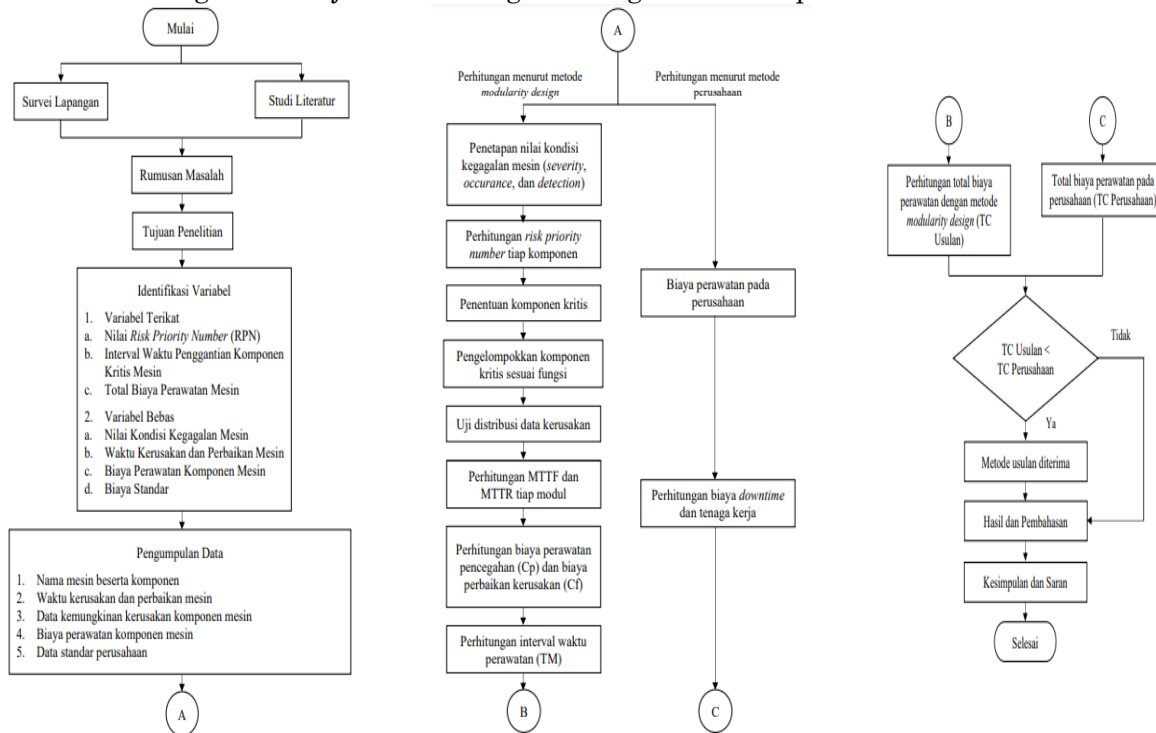
$$TC = \frac{C_f}{\eta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_p}{TM} \quad (3)$$

Sedangkan untuk perhitungan perbandingan biaya perawatan usulan dengan biaya perawatan perusahaan dapat dirumuskan dengan [19]:

$$\text{Efisiensi} = \frac{TC \text{ Perusahaan} - TC \text{ Usulan}}{TC \text{ Perusahaan}} \times 100\% \quad (3)$$

### 3. Metode Penelitian

Pada bagian ini dijabarkan langkah-langkah dalam pemecahan masalah.



Gambar. 1. *Flowchart* Langkah-Langkah Pemecahan Masalah  
Sumber: Data diolah (2023)

### 4. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung nilai *risk priority number* untuk menentukan sub komponen kritis mesin *air screw compressor*. Lalu dilanjutkan dengan menghitung biaya perawatan sub komponen kritis mesin *air screw compressor* dengan metode perusahaan dan dengan metode usulan yaitu *modularity design*.

#### 4.1 Penentuan Sub Komponen Kritis Mesin Air Screw Compressor

Sub komponen mesin *air screw compressor* yang memiliki nilai *risk priority number* di angka 200 hingga 299 maka sub komponen tersebut masuk kategori kritis dan diusulkan untuk perawatan secara preventif [20].

##### 4.1.1 Perhitungan Risk Priority Number

Berikut Tabel 1 nilai *risk priority number* untuk tiap sub komponen kritis mesin *air screw compressor*:

Tabel 1  
Nilai *Risk Priority Number* Tiap Sub Komponen

Sub Komponen	Kerusakan	Severity	Occurance	Detection	RPN
<i>Drive Motor</i>	<i>Drive motor patah</i>	8	2	5	80
<i>V-Belt</i>	<i>V-Belt putus</i>	8	5	6	240
	<i>V-Belt aus</i>	5	5	6	150
<i>Screw Body</i>	<i>Screw body patah</i>	8	2	5	80
<i>Air Filter</i>	<i>Air filter robek</i>	7	5	6	210
<i>Air Tank and Silencer</i>	Bagian <i>silencer</i> berlubang	7	5	6	210
<i>Oil Pump</i>	<i>Oil pump</i> bocor	7	5	6	210
<i>Oil Separator</i>	Bagian <i>separator</i> bocor	7	5	6	210
	<i>Oil separator</i> mampat	8	7	5	280
<i>Oil Tank</i>	<i>Oil tank</i> bocor	8	5	6	240
<i>Oil Cooler</i>	<i>Oil cooler</i> bocor	7	5	6	210
<i>Control Cabinet</i>	<i>Control cabinet</i> terbakar	10	5	5	250
<i>Electric Panel</i>	<i>Electric panel</i> terbakar	10	5	5	250
<i>Communication Module</i>	<i>Communication module</i> terbakar	8	5	6	240

Sumber: Data diolah, 2023

#### 4.1.2 Sub Komponen Kritis Mesin Air Screw Compressor

Berikut sub komponen kritis mesin *air screw compressor*:

Tabel 2  
Nilai *Risk Priority Number* Tiap Sub Komponen

Mesin	Komponen	Sub Komponen	RPN
	<i>Drivetrain</i>	<i>V-Belt</i>	240
		<i>Air Filter</i>	210
	<i>Air System</i>	<i>Air Tank and Silencer</i>	210
		<i>Oil Pump</i>	210
<i>Air Screw Compressor</i>	<i>Oil System</i>	<i>Oil Separator</i>	280
		<i>Oil Tank</i>	240
		<i>Oil Cooler</i>	210
		<i>Control Cabinet</i>	250
	<i>Electric Instrumentation</i>	<i>Electric Panel</i>	250
		<i>Communication Module</i>	240

Sumber: Data Primer diolah, 2023

#### 4.2 Perhitungan Biaya Perawatan dengan Metode Perusahaan

Biaya perawatan dengan metode perusahaan didapatkan melalui hasil penjumlahan antara biaya perawatan sub komponen dengan biaya *downtime* dan biaya tenaga kerja.

##### 4.2.1 Biaya Perawatan Sub Komponen pada Perusahaan

Berdasarkan data informasi dari perusahaan, untuk biaya perawatan sub komponen dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3  
Biaya Perawatan Sub Komponen pada Perusahaan

No	Komponen	Sub Komponen	Biaya Perawatan (April 2022 - Maret 2023)
1	<i>Drivetrain</i>	<i>V-Belt</i>	Rp482.000
2	<i>Air System</i>	<i>Air Filter</i>	Rp4.562.500
		<i>Air Tank and Silencer</i>	Rp34.600.000
3	<i>Oil System</i>	<i>Oil Pump</i>	Rp23.800.000
		<i>Oil Separator</i>	Rp4.542.000
		<i>Oil Tank</i>	Rp5.002.000
		<i>Oil Cooler</i>	Rp17.670.000
4	<i>Electric Instrumentation</i>	<i>Control Cabinet</i>	Rp19.750.000
		<i>Electric Panel</i>	Rp8.500.000
		<i>Communication Module</i>	Rp11.200.000
<b>Total</b>			<b>Rp103.108.500</b>

Sumber: Data Primer diolah, 2023

#### 4.2.2 Perhitungan Biaya Downtime dan Biaya Tenaga Kerja

Berikut biaya *downtime* dan tenaga kerja akibat kerusakan setiap sub komponen:

Tabel 4  
Biaya Downtime dan Tenaga Kerja

No	Sub Komponen	Kerugian Akibat Downtime	Kerugian Akibat Operator Menganggur	Biaya Mekanik
1	<i>V-Belt</i>	Rp106.968.750	Rp2.445.000	Rp3.973.125
2	<i>Air Filter</i>	Rp43.968.750	Rp1.005.000	Rp1.633.125
3	<i>Air Tank and Silencer</i>	Rp253.312.500	Rp5.790.000	Rp9.408.750
4	<i>Oil Pump</i>	Rp45.937.500	Rp1.050.000	Rp1.706.250
5	<i>Oil Separator</i>	Rp126.000.000	Rp2.880.000	Rp4.680.000
6	<i>Oil Tank</i>	Rp254.625.000	Rp5.820.000	Rp9.457.500
7	<i>Oil Cooler</i>	Rp28.875.000	Rp660.000	Rp1.072.500
8	<i>Control Cabinet</i>	Rp186.375.000	Rp4.260.000	Rp6.922.500
9	<i>Electric Panel</i>	Rp154.875.000	Rp3.540.000	Rp5.752.500
10	<i>Communication Module</i>	Rp129.937.500	Rp2.970.000	Rp4.826.250
<b>Total</b>		<b>Rp1.330.875.000</b>	<b>Rp30.420.000</b>	<b>Rp49.432.500</b>

Sumber: Data Primer diolah, 2023

#### 4.2.3 Total Biaya Perawatan pada Perusahaan

Berikut total biaya perawatan pada perusahaan (TC Perusahaan):

$$\begin{aligned}
 \text{TC Perusahaan} &= \text{Total Biaya Perawatan Sub komponen} + \text{Total Kerugian Akibat Downtime} \\
 &+ \text{Total Kerugian Akibat Operator Menganggur} + \text{Total Biaya Mekanik} \\
 &= \text{Rp103.108.500} + \text{Rp1.330.875.000} + \text{Rp30.420.000} + \text{Rp49.432.500} \\
 &= \text{Rp1.513.836.000}
 \end{aligned}$$

#### 4.3 Perhitungan Biaya Perawatan dengan Metode Modularity Design

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan biaya perawatan mesin *air screw compressor* dengan metode *modularity design*.

##### 4.3.1 Pengelompokkan Sub Komponen Kritis Menurut Modularity Design

Pengelompokkan sub komponen kritis mesin *air screw compressor* menurut *modularity design* sesuai dengan keterkaitan fungsi dan struktur tiap sub komponen sebagai berikut:

Tabel 5  
Pengelompokan Modul Sub Komponen Kritis

No	Modul	Sub Komponen	Fungsi
1	Modul 1	<i>Oil Pump</i>	Memompa dan mengalirkan oli ke seluruh bagian mesin
		<i>Oil Separator</i>	Menyaring dan memisahkan oli dengan air
		<i>Oil Tank</i>	Menampung oli
		<i>Oil Cooler</i>	Mendinginkan oli
2	Modul 2	<i>Control Cabinet</i>	Mengendalikan operasi mesin
		<i>Electric Panel</i>	Mengatur kelistrikan mesin
		<i>Communication Module</i>	Mengatur tekanan mesin
3	Modul 3	<i>Air Filter</i>	Menyaring udara yang masuk
		<i>Air Tank and Silencer</i>	Menampung udara bertekanan dan mengurangi kebisingan
4	Modul 4	<i>V-Belt</i>	Mentransfer energi gerak

Sumber: Data Primer diolah, 2023

#### 4.3.2 Uji Distribusi Data Kerusakan

Berikut hasil pengujian distribusi dengan menggunakan *software Minitab 19*:

Tabel 6  
Hasil Pengujian Distribusi Berdasarkan *Downtime* dan Selang Waktu Antar Kerusakan

No	Modul	Jenis Distribusi	Parameter	
			Berdasarkan <i>Downtime</i>	Berdasarkan Selang Waktu Antar Kerusakan
1	Modul 1	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,44194	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,0793
			<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 769,51	<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 31839,9
2	Modul 2	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 3,34219	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 0,839476
			<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 1999,45	<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 52525,6
3	Modul 3	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,14791	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,43341
			<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 794,231	<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 58287,6
4	Modul 4	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 5,78105	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,8524
			<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 665,951	<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 166016

Sumber: Data Primer diolah, 2023

#### 4.3.3 Perhitungan Mean Time To Repair dan Mean Time To Failure

Berikut perhitungan MTTR dan MTTF tiap modul:

Tabel 7  
MTTR dan MTTF Tiap Modul

No	Modul	MTTR	MTTF
1	Modul 1	697,78	30961,12
2	Modul 2	1794,45	57560,18
3	Modul 3	755,98	52962,44
4	Modul 4	617,14	147452,09

Sumber: Data Primer diolah, 2023

#### 4.3.4 Perhitungan Biaya Perawatan Pencegahan ( $C_p$ ) dan Biaya Perbaikan Kerusakan ( $C_f$ )

$C_p$  meliputi biaya operator, mekanik, dan harga sub komponen.



Tabel 8  
Biaya Perawatan Pencegahan (Cp)

No	Modul	Sub Komponen	MTTR	Cp	Cp Modul
1	Modul 1	<i>Oil Pump</i>	697,78	Rp7.781.673	Rp21.552.692
		<i>Oil Separator</i>		Rp2.967.173	
		<i>Oil Tank</i>		Rp3.082.173	
		<i>Oil Cooler</i>		Rp7.721.673	
2	Modul 2	<i>Control Cabinet</i>	1794,45	Rp14.585.431	Rp33.856.293
		<i>Electric Panel</i>		Rp8.960.431	
		<i>Communication Module</i>		Rp10.310.431	
3	Modul 3	<i>Air Filter</i>	755,98	Rp2.896.948	Rp13.531.396
		<i>Air Tank and Silencer</i>		Rp10.634.448	
4	Modul 4	<i>V-Belt</i>	617,14	Rp1.740.493	Rp1.740.493

Sumber: Data Primer diolah, 2023

Cf meliputi biaya operator, mekanik, *downtime* dan harga sub komponen.

Tabel 9  
Biaya Perbaikan Kerusakan (Cf)

No	Modul	Sub Komponen	MTTR	Cf	Cf Modul
1	Modul 1	<i>Oil Pump</i>	697,78	Rp38.309.548	Rp143.664.192
		<i>Oil Separator</i>		Rp33.495.048	
		<i>Oil Tank</i>		Rp33.610.048	
		<i>Oil Cooler</i>		Rp38.249.548	
2	Modul 2	<i>Control Cabinet</i>	1794,45	Rp93.092.619	Rp269.377.857
		<i>Electric Panel</i>		Rp87.467.619	
		<i>Communication Module</i>		Rp88.817.619	
3	Modul 3	<i>Air Filter</i>	755,98	Rp35.971.073	Rp79.679.646
		<i>Air Tank and Silencer</i>		Rp43.708.573	
4	Modul 4	<i>V-Belt</i>	617,14	Rp28.740.368	Rp28.740.368

Sumber: Data Primer diolah, 2023

#### 4.3.5 Perhitungan Interval Waktu Perawatan (TM)

Berikut perhitungan interval waktu perawatan yang efisien tiap modul:

Tabel 10  
Hasil Pengujian Distribusi Berdasarkan *Downtime* dan Selang Waktu Antar Kerusakan

No	Modul	Parameter		Cp	Cf	TM (Menit)
		Shape ( $\beta$ )	Scale ( $\eta$ )			
1	Modul 1	1,0793	31839,9	Rp21.552.692	Rp143.664.192	57.479
2	Modul 2	0,839476	52525,6	Rp33.856.293	Rp269.377.857	39.246
3	Modul 3	1,43341	58287,6	Rp13.531.396	Rp79.679.646	30.319
4	Modul 4	1,8524	166016	Rp1.740.493	Rp28.740.368	39.826

Sumber: Data Primer diolah, 2023

#### 4.3.6 Total Biaya Perawatan (TC) dengan Metode Modularity Design

Berikut perhitungan TC per menit untuk tiap modul:

TC Per Menit Tiap Modul		
No	Modul	TC (Rp/Menit)
1	Modul 1	5.104
2	Modul 2	6.237
3	Modul 3	1.476
4	Modul 4	95

Sumber: Data Primer diolah, 2023



Untuk perhitungan selanjutnya, menghitung biaya perawatan total per tahunnya pada setiap modul.

Tabel 12  
TC Per Tahun Tiap Modul Menggunakan Modularity Design

No	Modul	TC (Rp/Tahun)
1	Modul 1	182.491.994
2	Modul 2	661.490.969
3	Modul 3	37.369.188
4	Modul 4	3.487.544
<b>Total</b>		<b>884.839.695</b>

Sumber: Data Primer diolah, 2023

Dari tabel diatas didapatkan total biaya perawatan mesin *air screw compressor* yang dihitung dengan menggunakan metode *modularity design* sebesar Rp884.839.695,- per tahun.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan biaya perawatan mesin *air screw compressor* di PT XYZ, didapatkan total biaya perawatan Rp1.513.836.000 per tahun. Sedangkan dengan metode usulan, yaitu perawatan preventif dengan modularity design menghasilkan total biaya perawatan Rp884.839.695 per tahun. Sehingga jika menggunakan metode usulan, perusahaan mendapatkan efisiensi sebesar 41,55% yang berarti metode perawatan usulan dapat diterima.

## Pustaka

- [1] H. Yulius and F. T. Susanto, "Usulan Biaya Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Modularity Design Pada Mesin Ripple Mill Di Pt. Incasi Raya Pom," *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 20, no. 2, p. 221, 2020, doi: 10.36275/stsp.v20i2.304.
- [2] E. N. Arinta, "Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin dengan Metode RCM pada Mesin Submerged Scraper Chain Conveyor," Universitas Islam Indonesia, 2020.
- [3] I. D. Pranowo, *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan*, 1st ed. Yogyakarta: Budi Utama, 2019.
- [4] A. Sudrajat and G. M. Rahmatulloh, *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*, 2nd ed. Bandung: Refika Aditama, 2020.
- [5] R. A. Mentari and T. P. Hidayat, "Analisis Performansi Mesin pada Corrective Maintenance dan Preventive Maintenance dengan Menggunakan Metode Modularity Design," *J. Ilm. Tek. Ind. (Jurnal Keilmuan Tek. dan Manaj. Ind.)*, pp. 847–856, 2021.
- [6] W. Handayani and M. K. Harada, "Preventive Batching Plant Maintenance with Modularity Design Method at PT . RAJA Beton Indonesia," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 237–244, 2021.
- [7] Syahrizan, "Analisis Tindakan Preventive Maintenance pada Isolasi Transformator Daya Berdasarkan Indeks Polarisasi dan Tangen Delta (Studi Kasus: PT. PLN Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru)," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2023.
- [8] S. N. Hidayah and E. P. Widjajati, "Penentuan Interval Perawatan Mesin Wood Pallet Secara Preventif Dengan Metode Modularity Design Dan Age Replacement Pada PT Yale Woodpallet Indonesia," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Inform.*, vol. 2, no. 2, 2023.

- [9] T. N. Sari and E. P. W., “Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin Filling Secara Preventive Dengan Modularity Design Dan LCC Di PT. Petrosida,” *J. Kendali Tek. dan Sains*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [10] S. S. Islam, T. Lestari, A. Fitriani, and D. A. Wardani, “Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 8, no. 1, pp. 13–20, 2020, doi: 10.32487/jtt.v8i1.766.
- [11] H.-W. Lo and J. J. H. Liou, “A novel multiple-criteria decision-making-based FMEA model for risk assessment,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 73, no. 7, pp. 684–696, 2018, doi: 10.1016/j.asoc.2018.09.020.
- [12] A. Suwandi, T. Y. Zagloel, and A. Hidayatno, “Minimization of pipe production defects using the fmea method and dynamic system,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 13, no. 5, pp. 953–961, 2020, doi: 10.37624/ijert/13.5.2020.953-961.
- [13] A. Manik, “Usulan Perbaikan Kualitas Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) dan Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Seng di PT. Intan Nasional Iron Industri,” Universitas Sumatera Utara, 2020.
- [14] R. I. Yaqin, Z. Z. Zamri, J. P. Siahaan, Y. E. Priharanto, M. S. Alirejo, and M. L. Umar, “Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 9, no. 3, pp. 189–200, 2020, doi: 10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200.
- [15] I. W. Sukania and C. Wijaya, “Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi Menggunakan Metode FMEA di PT . X,” vol. 15, no. 2, pp. 103–111, 2022.
- [16] M. I. Prakasa, “Analisis Perbaikan Kualitas CPO dengan Metode SQC dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Usaha Gunung Bayu,” Universitas Sumatera Utara, 2020.
- [17] A. B. P. Amanda and W. Widiasih, “Analisis Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Spraybooth Guna Meminimasi Biaya Pada Divisi Painting Pt . Istana Tiara,” *J. Optimasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–16, 2021.
- [18] A. Z. Z. Suwondo, “Perawatan Mesin Mixer secara Preventive Maintenance dengan Metode Modularity Design di PT. CIPTA Mortar Utama Gresik,” Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, 2020.
- [19] R. Rosyidi, “Usulan Perawatan Preventif Mesin Web Rotary Offset Printing dengan Menggunakan Metode Modularity Design di PT. XYZ,” Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, 2020.
- [20] H. I. Madyantoro, A. Adib, R. I. Yaqin, J. P. Siahaan, and Barokah, “Penerapan Metode Fmea dalam Perawatan Mesin Pendingin Kapal Penangkap Ikan (Studi Kasus: KM. Sinar Bayu Utama),” *Aurelia J. (Authentic Res. Glob. Fish. Appl. Journal)*, vol. 4, no. 1, pp. 97–106, 2022.