

# USULAN PERAWATAN PREVENTIF MESIN *WEB ROTARY OFFSET PRINTING* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MODULARITY DESIGN* DI PT. XYZ

Rifana Rosyidi <sup>1)</sup>, Endang Pudji Widjajati <sup>2)</sup>

<sup>1, 2)</sup> Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
e-mail: rifana.rosyidi@yahoo.com<sup>1)</sup>, endang.ti@upnjatim.ac.id<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

*PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa layanan percetakan, yang menghasilkan produk utamanya koran dan produk komersial seperti tabloid, majalah, buku, Al-Quran dan produk media cetak lainnya. PT. XYZ menggunakan sistem produksi continuous process, dalam sistem produksi ini, perusahaan menuntut agar semua mesin berada dalam kondisi yang baik, sehingga proses produksi tidak mengalami keterlambatan ataupun kerugian. Dari pengecekan terhadap semua mesin yang ada didalam perusahaan setiap harinya, didapatkan mesin yang banyak mengalami kerusakan dan data downtime terbesar adalah web rotary offset printing. Jenis perawatan yang digunakan saat ini adalah perawatan korektif (corrective maintenance), dimana perbaikan akan dilakukan ketika telah terjadi kerusakan. Oleh karena itu tujuan dilakukan penelitian untuk memberikan usulan perawatan secara preventive maintenance dengan metode modularity design dengan cara pengelompokan mesin berdasarkan fungsi, dengan harapan dapat mempermudah dalam proses penggantian komponen, mengurangi waktu downtime pada mesin produksi dan meminimalkan kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan mesin. Dengan menerapkan preventive maintenance dengan metode modularity design didapatkan hasil total biaya perawatan sebesar Rp. 39.504.127, Hasil ini memiliki selisih Rp. 8.801.062,- lebih kecil dari total biaya perawatan corrective maintenance yang digunakan perusahaan saat ini yaitu Rp. 48.305.189,-. Sesuai perhitungan, tingkat efisiensinya adalah sebesar 18,21 % dan dapat disimpulkan bahwa metode yang diusulkan layak untuk diterapkan oleh perusahaan.*

**Kata Kunci:** *Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Modularity Design.*

## ABSTRACT

*PT. XYZ is a company engaged in printing services, which produces its main products are newspapers and commercial products such as tabloids, magazines, books, Al-Quran, and other print media products. PT. XYZ uses a continuous production process system, in this production system, the company demands that all machines are in good condition, so that the production process does not experience delays or losses. From checking all the machines that are in the company every day, it is found that the machine that suffered a lot of damage, and the biggest downtime data is web rotary offset printing. The type of treatment currently used is corrective maintenance, where repairs will be carried out when damage has occurred. Therefore, the research aims to provide a proposal for preventive maintenance with a modularity design method by grouping machines based on functions, with the hope that it can simplify the process of component replacement, reducing downtime on production machines and minimizing losses caused by engine damage. By applying preventive maintenance with the modularity design method, the total maintenance cost is Rp. 39.504.127,-. This result has a difference of Rp. 8.801.062, - smaller than the total cost of corrective maintenance used by the company today, which is Rp. 48.305.189,-. According to the calculation, the efficiency level is 18,21% and it can be concluded that the proposed method is feasible to be applied by the company.*

**Keywords:** *Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Modularity.*

## I. PENDAHULUAN

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa layanan percetakan. Perusahaan ini memiliki beberapa mesin yang diklasifikasikan menjadi dua tahapan yaitu tahap cetak yang terdiri dari mesin *web rotary offset printing* atau cetak menggunakan *paper roll* dan *Sheetfed Printing* atau cetak menggunakan *paper sheet* sedangkan pada tahap *finshing* terdiri dari mesin potong, mesin lipat, mesin stitching, mesin UV dan mesin binding. PT. XYZ menggunakan sistem produksi *continous process* atau sistem produksi berkesinambungan untuk menghasilkan produknya. Dalam sistem produksi ini, perusahaan menuntut agar semua mesin berada dalam kondisi yang baik, sehingga proses produksi tidak mengalami keterlambat ataupun kerugian. (Mital et.al, 2008) Untuk itulah perusahaan harus memiliki sistem perawatan yang baik untuk menghindari terjadinya kerusakan pada mesin dan sekaligus untuk mengurangi waktu *breakdown*. Selain melakukan sistem perawatan perusahaan perlu melakukan proses pengecekan terhadap semua mesin yang ada di dalam perusahaan setiap harinya. Dari pengecekan terhadap semua mesin yang ada didalam perusahaan setiap harinya, didapatkan mesin yang banyak mengalami kerusakan dan data *downtime* terbesar adalah *web rotary offset printing* dengan biaya perawatan sebesar Rp. 39.470.000 dalam periode bulan Februari 2019 sampai bulan Februari 2020.

Tingginya frekuensi kerusakan yang dialami oleh mesin dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena menyebabkan terhambatnya proses produksi dan biaya perbaikan pada mesin yang rusak. Jenis perawatan yang digunakan oleh perusahaan saat ini adalah perawatan korektif (*corrective maintenance*), dimana perawatan dilakukan dengan cara mengidentifikasi penyebab kerusakan saat mesin terjadi kerusakan. Sehingga, pada saat terjadi kerusakan mesin, operasional mesin tersebut akan berhenti dan menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Dari permasalahan diatas, tujuan dilakukannya penelitian untuk dapat membantu perusahaan dalam memperbaiki sistem perawatan sekaligus dilakukan perbaikan terhadap teknik perawatan yang telah dilakukan perusahaan, seperti perawatan korektif (*corrective maintenance*) ke teknik perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dengan menerapkan metode *modularity design*. Metode *modularity design* merupakan pengelompokan mesin berdasarkan fungsi dan proses dengan harapan dapat mempermudah dalam proses pergantian komponen-komponen mesin, dan mempersingkat waktu *downtime* sehingga dapat meminimumkan biaya *maintenance*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Perawatan

Pemakaian istilah *mainteance* seringkali di terjemahkan sebagai tindakan perawatan atau pemeliharaan. Kata “perawatan” atau yang disebut pemeliharaan, mulai populer sejak perang dunia II. Disini arti perawatan merujuk kepada perlunya perhatian terhadap pemeliharaan asset yang kompleks dan mahal yang telah mampu kita buat sebelumnya (Ansori dan Mustajib, 2013). Hal ini merujuk pada kenyataan bahwa secara ilmiah tidak ada barang yang dibuat oleh manusia yang tidak bisa rusak, tetapi usia kegunaannya dapat diperpanjang dengan dilakukannya perbaikan secara berkala dengan suatu aktivitas yang dikenal dengan perawatan. Perawatan adalah suatu proses yang dilakukan untuk mengembalikan mesin dalam keadaan lebih baik dari pada keadaan sebelumnya, dengan tujuan utama dilakukan perawatan adalah untuk mengoptimalkan daya mesin dalam memproses atau menghasilkan sebuah produk (Jardine, 2013).

Proses perawatan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah pecegahan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan biaya perawatan. Tujuan sistem produksi tersebut adalah:

1. Memaksimalkan profit dari peluang pasar yang tersedia.
2. Memperhatikan aspek teknis dan ekonomis pada proses konversi material menjadi produk (Murtadlo, 2020).

Secara umum perawatan terhadap fasilitas industri diklasifikasikan menjadi 2, yaitu perawatan terprogram dan perawatan tidak terprogram (Kurniawan, 2014). Perawatan terprogram merupakan aktivitas perawatan yang dilakukan secara terencana, sehingga mekanismenya dapat terlaksana sebelum terjadinya kerusakan dan frekuensi perawatannya sudah terjadwal, perawatan ini dapat meminimasi waktu tunggu dan meminimasi kerugian yang dialami oleh perusahaan karena proses produksi terhenti (Wasono, 2008). Perawatan tidak terprogram adalah aktivitas perawatan yang dilakukan setelah kerusakan terjadi, dan kerusakan tersebut biasanya tidak dapat diduga sebelumnya, sehingga perusahaan mengalami kerugian dikarenakan adanya gangguan terhadap kontinuitas proses produksi, perawatan ini memiliki frekuensi perawatan yang tidak interval (Putra dan Febrinalza, 2015).

#### B. *Preventive Maintenance (Perawatan Pencegahan)*

Sistem perawatan yang efektif dalam pemeliharaan peralatan industri adalah *preventive maintenance* (perawatan pencegahan). Salah satu contoh aktivitas ini adalah perawatan berkala (Hariyanto et al., 2017). Perawatan secara berkala adalah perawatan yang paling baik, dimana hal tersebut dapat mengantisipasi potensi kerusakan atau kegagalan sistem. Kegiatan perawatan preventif merupakan kegiatan yang terdiri dari tiap-tiap kegiatan yang berhubungan dengan tindakan pencegahan (Yicong et al., 2015). Yang termasuk dalam kategori ini seperti, pembongkaran, pencegahan preventif (perawatan dan penggantian alat) atau proses pemasangan. *Preventive maintenance* adalah pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan (preventif) (Yanti, 2015). Ruang lingkup pekerjaan preventif termasuk: inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan.

Banyak sekali keuntungan yang diperoleh dengan mengikuti program perawatan ini, keuntungan utamanya adalah meminimasi kerusakan peralatan, meminimumkan nilai *downtime* dan memaksimalkan masa pakai mesin (Razak, 2017). Tanpa disadari banyak perusahaan kehilangan efisiensi, waktu, bahkan kehilangan pelanggan yang berujung pada "*financial loss*" hanya karena alat yang tidak dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

*Preventive maintenance* dibedakan atas dua kegiatan (Assauri, 2004), yaitu:

1. *Routine maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin, sebagai contoh adalah kegiatan pembersihan fasilitas dan peralatan, pemberian minyak pelumas atau pengecekan oli, serta pengecekan bahan bakar dan sebagainya.
2. *Periode maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara berkala. Perawatan berkala dilakukan berdasarkan lamanya jam kerja mesin tersebut sebagai jadwal kegiatan, misalnya setiap seratus jam sekali.

Tujuan *preventive maintenance* yakni menekan *downtime* (mesin jarang rusak), meningkatkan *life expectancy* peralatan, menekan *overtime cost*, menekan jumlah "*large scale repair*". Memperkecil *repair cost*, memperkecil jumlah produk yang cacat, serta meningkatkan kondisi keselamatan kerja. Terdapat tiga keputusan dalam penerapan *preventive maintenance*, yakni penentuan jumlah *sparepart* yang harus tersedia, penentuan seberapa sering harus dilakukan *preventive maintenance* pada sekelompok mesin, serta perencanaan dan pengendalian *preventive maintenance project* dalam skala integrasi (Witonohadi et al., 2015).

#### C. *Modularity Design (Modularisasi Desain)*

Setelah dilakukan perhitungan total awal biaya perusahaan, dilakukan perhitungan biaya perawatan dengan menggunakan metode *Modularity Design* atau biasa disebut Modularisasi desain, Modularisasi desain telah banyak diterapkan di negara-negara Eropa terutama dalam hal perakitan dan manufaktur di bidang industri (Anggono et al., 2005). Dengan

adanya *modularity design* maka pada proses manufaktur dan perakitannya akan lebih sederhana dan lebih murah. Sedangkan di Indonesia sendiri perakitan dan manufaktur jarang dilakukan dan memilih lebih banyak kegiatan *maintenance* (Subagja, 2018).

*Modularity Design* adalah konsep yang akan diadaptasikan pada sistem maintenance dengan mendesain proses perawatan. Modularisasi merupakan usaha untuk memudahkan pemindahan dan penggantian dengan melakukan pengelompokan produk dan pengelompokan unit yang berbeda berdasarkan fungsinya. Dengan sistem yang modular, sistem dapat menghasilkan teknik yang menguntungkan dan solusi dalam perekonomian pabrik (Tarigan et.al, 2013).

*Modularity* adalah sebuah pengelompokan komponen-komponen yang berbeda, tetapi memiliki kesamaan berdasarkan struktur fungsinya sehingga dapat memudahkan proses perbaikan dan penggantian komponen-komponen tersebut (Balbir, 2006). Desain modular dilakukan dengan cara memecah-belah suatu masalah yang rumit yang akan diprogramkan kedalam beberapa elemen yang nantinya akan diintegrasikan kembali menjadi suatu kesatuan untuk memenuhi kebutuhan sistem. Tiap-tiap elemen inilah yang disebut modul (Nakagawa, 2005).

Pembandingan antara *component tree* dan *process graph* dari sebuah produk serta memastikan pada setiap level atribut produk bersifat *independence* dalam penyusunan produk modular memungkinkan untuk setiap detail level dari *life cycle process* (Anggono et al., 2005).

#### D. Penjadwalan Perawatan Mesin

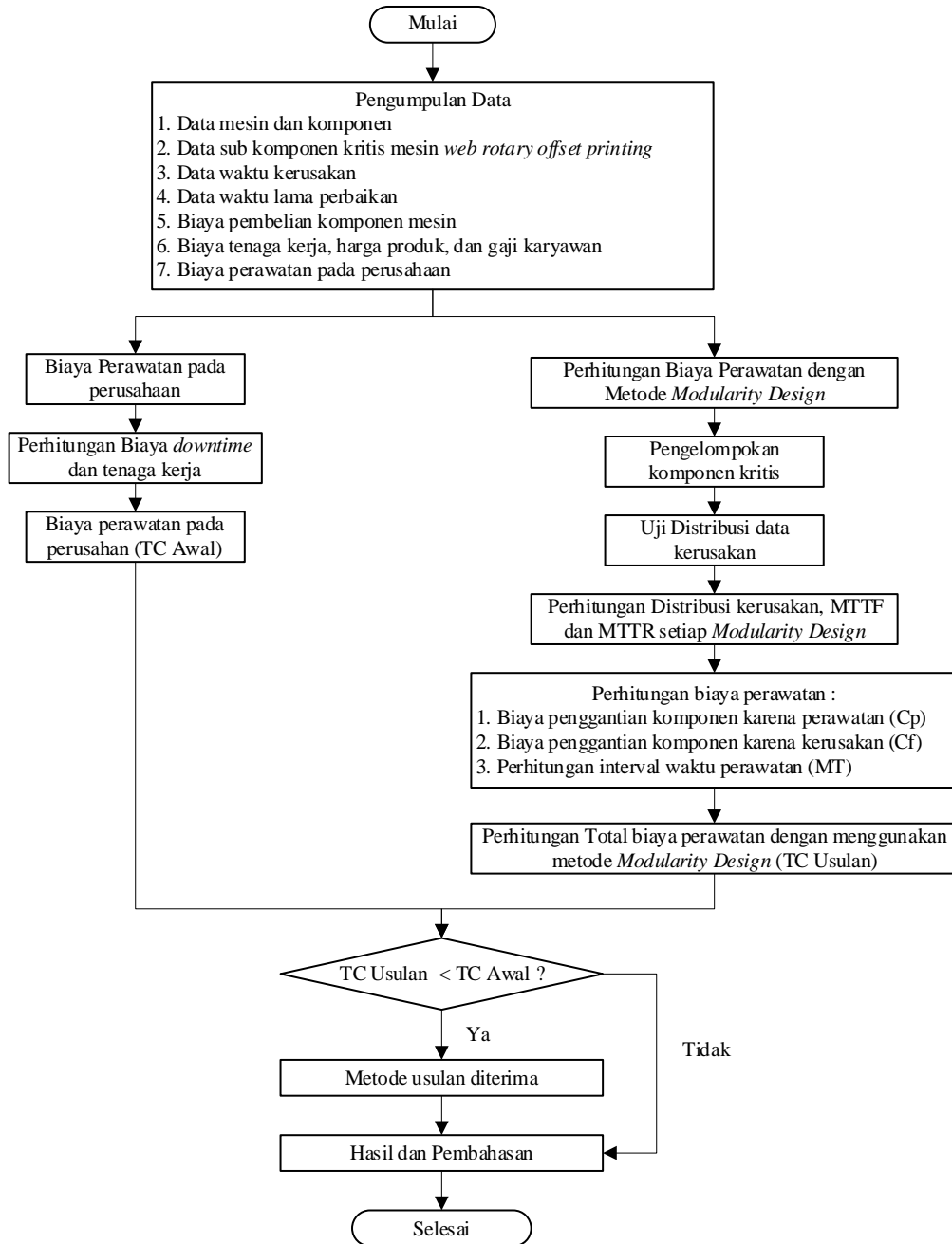
Penjadwalan merupakan usaha untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu sebagai proses pengalokasian sumber daya yang terlibat (Sudradjat, 2011). Jadi penjadwalan dapat menetapkan jadwal kerja yang berfungsi sebagai alat pengambil keputusan. Kegiatan menjadwalkan perawatan biasa dilaksanakan sebelum terjadi kerusakan mesin, dengan demikian penjadwalan perawatan dilaksanakan dengan tujuan untuk mencegah timbulnya gangguan yang dapat menyebabkan mesin berhenti tanpa direncanakan (Djunaidi dan Sufa, 2007). Pencegahan perawatan pencegahan biasa disusun secara lengkap dalam program perawatan didalam suatu instansi. Empat bagian utama dari perawatan pencegahan adalah sebagai berikut :

1. Daftar perawatan utama, adalah daftar perawatan berdasarkan kegiatan perawatan pencegahan pada perusahaan.
2. Daftar perawatan secara rutin, adalah daftar perawatan tanpa perencanaan khusus pada seluruh kegiatan perawatan rutin dari mesin.
3. Kartu-kartu perawatan pencegahan, berisikan daftar perawatan dengan penambahan perencanaan khusus pada seluruh kegiatan perawatan mesin.
4. Instruksi, merupakan petunjuk pelaksanaan dan tindakan perawatan mesin yang lebih spesifik.

Penjadwalan perawatan memiliki tujuan utama untuk mengevaluasi hasil kegiatan perawatan dan alat kontrol dengan merencanakan lingkup, jenis dan jadwal pelaksanaan perawatan rutin. Jadwal ini menggunakan bantuan dokumen penting seperti kartu perawatan yang digunakan pada strategi perawatan pencegahan (Taufik dan Septyani, 2015).

### III. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian, perlu dilakukan langkah-langkah pemecahan masalah. Berikut langkah-langkah pemecahan masalah penelitian ini,



Gambar 1. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung biaya perawatan pada perusahaan/*Total cost* awal dan menghitung biaya perawatan dengan metode usulan yaitu *Modularity design/Total Cost* usulan.

1. Biaya Perawatan Pada Perusahaan
  - a. Biaya Perawatan Pada Perusahaan  
Berdasarkan data informasi dari perusahaan, untuk biaya perawatan komponen dapat dilihat pada tabel I berikut.

TABEL I  
DATA BIAYA PERAWATAN PADA PERUSAHAAN

No	Komponen	Sub-Komponen	Biaya perawatan (Februari 2019-Februari 2020)
1.	Arm	Kampas Break Membran	Rp. 8.320.000 Rp. 800.000
2.	Roll Molton	Bearing Molton Kain Molton Karet Molton	Rp. 250.000 Rp. 1.125.000 Rp. 500.000
3.	Blanket	Karet Blanket	Rp. 24.000.000
4.	Folder	Cutting Knife Cutting Rubber Blade Folder	Rp. 3.000.000 Rp. 225.000 Rp. 1.250.000
<b>Total</b>			<b>Rp. 39.470.000</b>

Sumber: Data Perusahaan

Data tersebut diperoleh dari pihak perusahaan yang merupakan data riil dari biaya perawatan perusahaan selama periode Februari 2019 sampai dengan Februari 2020.

- b. Perhitungan Biaya *Downtime* dan Biaya Tenaga Kerja  
Berdasarkan data yang dihimpun perhitungan biaya tenaga kerja dan biaya *downtime* dapat dilihat pada tabel II di bawah ini.

TABEL II  
KERUGIAN MASING-MASING KOMPONEN

No	Komponen	Kerugian Akibat <i>Downtime</i>	Kerugian Akibat Operator Mengganggu	Biaya Mekanik
1.	Arm	135.000	32.250	16.875
2.	Silinder Blanket	150.000	35.833	18.750
3.	Folder	195.000	46.583	24.375
4.	Roll Molton	225.500	53.750	28.125
5.	Roll Molton	187.500	44.791	23.437
6.	Roll Molton	150.000	35.833	18.750
7.	Arm	187.500	44.791	23.437
8.	Arm	172.500	41.208	21.562
9.	Folder	337.500	80.625	41.187
10.	Roll Molton	165.000	39.416	20.625
11.	Arm	225.000	53.750	28.125
12.	Folder	172.500	41.208	21.562
13.	Roll Molton	90.000	21.500	11.250
14.	Folder	210.000	50.166	26.250
15.	Silinder Blanket	165.000	39.416	20.625
16.	Folder	112.500	26.875	14.062
17.	Silinder Blanket	187.500	44.791	23.437
18.	Silinder Blanket	150.000	35.833	18.750
19.	Folder	157.500	37.625	19.687
20.	Roll Molton	150.000	35.833	18.750
21.	Silinder Blanket	262.500	62.708	32.812
22.	Folder	135.000	32.250	16.875
23.	Folder	187.500	44.791	23.437
24.	Folder	210.000	50.166	26.250
25.	Arm	262.500	62.708	32.812
26.	Silinder Blanket	225.000	53.750	28.125
27.	Roll Molton	172.500	41.208	21.562
28.	Folder	285.000	68.083	35.625
29.	Roll Molton	112.500	26.875	14.062
30.	Folder	187.500	44.791	23.437
31.	Arm	250.000	35.833	18.750

No	Komponen	Kerugian Akibat Downtime	Kerugian Akibat Operator Mengganggu	Biaya Mekanik
32.	Roll Molton	127.500	30.458	15.937
33.	Arm	187.500	44.791	23.437
34.	Folder	225.000	53.750	28.125
35.	Roll Molton	150.000	35.833	18.750
<b>Total</b>		<b>Rp. 6.505.500</b>	<b>Rp. 1.530.072</b>	<b>Rp. 799.617</b>

Sumber: Data Diolah.

Pada tabel 2 di atas diketahui kerugian akibat *downtime* yang dialami perusahaan selama periode Februari 2019-Februari 2020 adalah sebesar Rp. 6.505.500,-. Sedangkan dalam periode yang sama, perusahaan juga mengalami kerugian akibat operator mengganggu sebesar Rp. 1.540.072 dan biaya mekanik sebesar Rp. 799.617.

c. Total Biaya Perawatan Pada Perusahaan

Adapun hasil perhitungan total biaya perawatan perusahaan (TC awal) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{TC Awal} &= \text{Total Biaya Perawatan} + \text{Kerugian Akibat Downtime} + \text{Kerugian Akibat Operator Mengganggu} + \text{Biaya Mekanik} \\ &= \text{Rp. 39.470.000} + \text{Rp. 6.505.500} + \text{Rp. 1.530.072} + \text{Rp. 799.617,-} \\ &= \text{Rp. 48.305.189,-} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Biaya Perawatan dengan Metode *Modularity Design*

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan biaya perawatan dengan metode yang diusulkan, yaitu metode *modularity design*.

a. Pengelompokan Komponen Kritis Menurut *Modularity Design*

Berikut adalah pengelompokan komponen kritis menjadi beberapa modul sesuai dengan struktur dan fungsinya. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel III di bawah ini.

TABEL III  
MODUL KOMPONEN MESIN *WEB ROTARY OFFSET PRINTING*

Modul	Komponen
Modul 1	Kampas Break (Arm)
	Membran (Arm)
Modul 2	Kain Molton (Roll Molton)
	Karet Molton (Roll Molton)
Modul 3	Karet Blanket (Silinder Blanket)
	Cutting Knife (Folder)
Modul 4.	Cutting Rubber (Folder)
	Bearing Molton (Roll Molton)
Modul 5	Blade Folder (Folder)

Sumber: Data Diolah

b. Uji Kesesuaian Distribusi Data Kerusakan

Berikut adalah Tabel IV yang berisi data pengelompokan modul.

TABEL IV  
PENGELOMPOKKAN DATA BERDASARKAN MODUL

Modul	Komponen	Waktu Downtime (Menit)	Waktu Antar Kerusakan (Menit)
Modul 1	Kampas Break (Arm)	18	53.280
		25	25.920
		23	67.680
		30	187.200
		35	152.640
	Membran (Arm)	20	34.560
		25	
		18	53.280
		25	25.920
		23	67.680
Modul 2	Kain Molton (Roll Molton)	30	187.200
		35	152.640
		20	34.560
		25	
		30	21.600
		25	11.520
		20	76.320

Modul	Komponen	Waktu <i>Downtime</i> (Menit)	Waktu Antar Kerusakan (Menit)
		22	50.400
		12	118.080
		20	53.280
		23	73.440
		15	82.080
		17	37.440
		20	
		30	21.600
		25	11.520
		20	76.320
		22	50.400
	Karet Molton (Roll Molton)	12	118.080
		20	53.280
		23	73.440
		15	82.080
		17	37.440
		20	
		20	216.000
		22	27.360
	Karet Blanket	25	17.280
		20	25.920
		35	51.840
		30	
		26	100.800
		45	48.960
		23	53.280
		28	36.000
		15	24.480
	Cutting Knife (Folder)	21	28.800
		18	10.080
		25	23.040
		28	27.360
		38	95.040
		25	77.760
		30	
Modul 3		26	100.800
		45	48.960
		23	53.280
		28	36.000
		15	24.480
	Cutting Rubber (Folder)	21	28.800
		18	10.080
		25	23.040
		28	27.360
		38	95.040
		25	77.760
		30	
		30	21.600
		25	11.520
		20	76.320
		22	50.400
Modul 4.	Bearing Molton (Roll Molton)	12	118.080
		20	53.280
		23	73.440
		15	82.080
		17	37.440
		20	
		26	100.800
		45	48.960
		23	53.280
		28	36.000
		15	24.480
Modul 5	Blade Folder (Folder)	21	28.800
		18	10.080
		25	23.040
		28	27.360
		38	95.040
		25	77.760
		30	

Sumber: Data Diolah



Selanjutnya dilakukan uji distribusi dengan menggunakan *software Minitab 17*. Berikut tabel V merupakan hasil pengujian distribusi pada masing-masing modul.

TABEL V  
HASIL PENGUJIAN DISTRIBUSI BERDASARKAN DATA *DOWNTIME*

Komponen	Jenis Distribusi	Parameter
Modul 1	<i>Lognormal</i>	<i>Loc</i> ( $\mu$ ) = 3,20227
		<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 0,21065
		$t_{med}$ = 24,5883
Modul 2	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 4,19585
		<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 23,6436
		<i>Loc</i> ( $\mu$ ) = 3,24868
Modul 3	<i>Lognormal</i>	<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 0,285311
		$t_{med}$ = 25,7563
		<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 4,58656
Modul 4	<i>Weibull</i>	<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 22,3041
		<i>Loc</i> ( $\mu$ ) = 3,24868
		<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 0,285311
Modul 5	<i>Lognormal</i>	$t_{med}$ = 25,7563

Sumber: Data Diolah

Nilai parameter diperoleh dengan melihat nilai *estimate* pada pengujian distribusi tersebut dan dapat dilihat pada lampiran G. Parameter bentuk/*shape* ( $\beta$ ) dan skala/*scale* ( $\eta$ ) menggambarkan bentuk distribusi pada distribusi *Weibull*. Sedangkan parameter *Loc* ( $\mu$ ), skala *Scale* ( $\eta$ ) dan median ( $t_{med}$ ) menggambarkan sebaran data pada distribusi *Lognormal* sehingga data dapat ditampilkan pada tabel VI berikut.

TABEL VI  
HASIL PENGUJIAN DISTRIBUSI BERDASARKAN WAKTU ANTAR KERUSAKAN

Komponen	Jenis Distribusi	Parameter
Modul 1	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,49922
		<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 96938,7
Modul 2	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,46438
		<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 67029,5
Modul 3	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,72052
		<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 53876,2
Modul 4	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,93486
		<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 65613,7
Modul 5	<i>Weibull</i>	<i>Shape</i> ( $\beta$ ) = 1,72052
		<i>Scale</i> ( $\eta$ ) = 53876,2

Sumber: Data Diolah

c. Perhitungan MTTR dan MTTF

Setelah diperoleh distribusi serta parameter masing-masing distribusi, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Mean Time To Failure* (MTTF). Hasil perhitungan manual pada lampiran H dapat dilihat pada tabel VII berikut.

TABEL VII  
PERHITUNGAN MTTF DAN MTTR

Komponen	MTTR (Menit)	MTTF (Menit)
Modul 1	25,1373	87.406,71
Modul 2	21,5334	60.661,69
Modul 3	26,8262	48.026,32
Modul 4	20,4211	58.172,45
Modul 5	26,8262	48.026,32

Sumber: Data Diolah

d. Perhitungan Biaya Penggantian Komponen Karena Perawatan (Cp) dan Biaya Penggantian Komponen Karena Kerusakan (Cf)

1. Biaya penggantian komponen karena perawatan (Cp)

Biaya ini meliputi tenaga kerja operator dan harga komponen. Perhitungan Cp untuk setiap modul dapat dilihat pada tabel VIII di bawah ini.

TABEL VIII  
BIAYA PENGGANTIAN KOMPONEN KARENA PERAWATAN (CP)

Modul	Komponen	MTTR (Menit)	Cp	Cp Modul
Modul 1	Kampas Break ( Arm)	25,1373	Rp. 1.108.603	Rp. 2.417.206

Modul	Komponen	MTTR (Menit)	Cp	Cp Modul
	Membran (Arm)		Rp. 262.603	
Modul 2	Kain Molton (Roll Molton)	21,5334	RP. 171.268	Rp. 4.388.794
	Karet Molton (Roll Molton)		Rp. 158.768	
	Karet Blanket (Silinder Blanket)		Rp. 4.058.758	
Modul 3	Cutting Knife (Folder)	26,8262	Rp.537.213	Rp. 691.426
	Cutting Rubber (Folder)		Rp. 118.213	
Modul 4.	Bearing Molton (Roll Molton)	20,4211	Rp. 105.732	Rp. 105.732
Modul 5	Blade Folder (Folder)	26,8262	Rp. 323.213	Rp 323.213

Sumber: Data Diolah

2. Biaya penggantian komponen karena kerusakan (Cf)

Biaya penggantian komponen karena kerusakan mengandung biaya operator, biaya mekanik, biaya kehilangan produksi, dan harga komponen dimana keseluruhan biaya tersebut merupakan kerugian yang diakibatkan karena kerusakan komponen. Perhitungan (Cf) untuk setiap modul dapat dilihat pada tabel IX di bawah ini.

TABEL IX  
BIAYA PENGGANTIAN KOMPONEN KARENA KERUSAKAN (CF)

Modul	Komponen	MTTF (Menit)	Cf	Cf Modul
Modul 1	Kampas Break ( Arm)	87.406,71	Rp. 1.297.133	Rp. 2.794.266
	Membran (Arm)		Rp. 457.133	
Modul 2	Kain Molton (Roll Molton)	61.311,33	Rp. 332.768	Rp. 4.873.304
	Karet Molton (Roll Molton)		Rp. 320.268	
	Karet Blanket (Silinder Blanket)		Rp. 4.220.268	
Modul 3	Cutting Knife (Folder)	48.292,7	Rp. 774.409	Rp. 1.093.818
	Cutting Rubber (Folder)		Rp. 319.409	
Modul 4.	Bearing Molton (Roll Molton)	58.171,45	Rp. 259.890	Rp. 259.890
Modul 5	Blade Folder (Folder)	48.292,7	Rp. 524.409	Rp. 524.409

Sumber: Data Diolah

e. Menghitung Interval Waktu Perawatan (TM)

Perhitungan untuk interval waktu perawatan ini meliputi biaya penggantian karena perawatan (Cp), biaya penggantian komponen karena kerusakan (Cf), nilai *scale*, dan nilai *shape* pada waktu antar perawatan. Nilai TM pada masing-masing modul dapat dilihat pada table X di bawah.

TABEL X  
INTERVAL WAKTU PERAWATAN

Komponen	Parameter		Cp	Cf	TM (Menit)
	Shape ( $\beta$ )	Scale ( $\eta$ )			
Modul 1	1,4992	96938,7	Rp. 1.377.206	Rp. 1.754.266	139.877
Modul 2	1,46438	67029,5	Rp. 4.388.749	Rp. 4.873.304	105.364
Modul 3	1,72052	53876,2	Rp. 691.426	Rp. 1.093.818	49.929
Modul 4	1,93486	65613,7	Rp. 105.732	Rp. 259.890	42.682
Modul 5	1,72052	53876,2	Rp. 323.123	Rp. 524.409	49.201

Sumber: Data Diolah

f. Total Biaya Perawatan Menggunakan Metode *Modularity Design*

Total biaya perawatan dihitung menurut satuan waktu yang digunakan. Karena pada data di atas menggunakan satuan menit, maka berdasarkan data yang berdistribusi *weibull* maka total biaya perawatannya ditampilkan pada tabel XI sebagai berikut :

TABEL XI  
REKAPITULASI PERHITUNGAN TC

Komponen	TC (Rp/Menit)
Modul 1	Rp. 51,89/menit
Modul 2	Rp. 131,34/menit
Modul 3	Rp. 33,06/menit
Modul 4	Rp. 5,127/menit
Modul 5	Rp. 15,68/menit

Sumber: Data Diolah

Sehingga didapatkan total biaya perawatan per tahunnya yang ditunjukkan pada tabel XII berikut :

TABEL XII  
PERHITUNGAN TOTAL BIAYA PER-TAHUN MENGGUNAKAN *MODULARITY DESIGN*

Modul	Total Biaya (Rupiah/Tahun)
Modul 1	Rp. 9.124.901
Modul 2	Rp. 25.639.108
Modul 3	Rp. 3.234.336
Modul 4	Rp. 251.289
Modul 5	Rp. 1.254.493
<b>Total</b>	<b>Rp. 39.504.127</b>

Sumber: Data Diolah

Dari tabel diatas dapat disimpulkan, total biaya perawatan mesin *web rotary offset printing* yang dihitung dengan menggunakan metode *modularity design* sebesar Rp. 39.504.127,- per tahun.

### 3. Memilih Metode Perawatan dengan Biaya Minimum

Berdasarkan hasil perhitungan maka selanjutnya dapat dihitung perbandingan perawatan pada tabel XIII sebagai berikut:

TABEL XIII  
PERBANDINGAN TOTAL BIAYA PERAWATAN PERUSAHAAN DAN *MODULARITY DESIGN*

Total Biaya Perawatan Perusahaan	Total Biaya Perawatan dengan <i>Modularity Design</i>
Rp. 48.305.189,-	Rp. 39.504.127,-

Sumber: Data Diolah

Dari tabel 13 menunjukkan perbandingan total biaya perawatan perusahaan sejumlah Rp. 48.305.189,- pertahun dengan total biaya perawatan yang dihasilkan metode *modularity design* sebesar Rp. 39.504.127,- pertahun. Tahapan selanjutnya menghitung efisiensi antara biaya perawatan metode usulan terhadap metode perusahaan. Perhitungan efisiensi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{TC \text{ Perusahaan} - TC \text{ Usulan}}{TC \text{ Perusahaan}} \times 100\% \\ &= \frac{Rp.48.305.189 - Rp.39.504.127}{Rp.48.305.189} \times 100\% \\ &= 18,21 \%. \end{aligned}$$

### C. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang didapatkan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan data perawatan pada perusahaan menjelaskan jenis perawatan yang digunakan oleh perusahaan adalah *corrective maintenance* yaitu perawatan akan menunggu komponen mesin rusak. Sehingga didapatkan total biaya perawatan per tahunnya sebesar Rp. 48.305.189,- per tahun. Pada metode *modularity design* penggantian komponen dilakukan per kelompok atau per modul, dimana setiap modul berisi komponen-komponen yang memiliki kesamaan fungsi. Perawatan dan penggantian komponen per modulnya dilakukan berdasarkan interval waktu penggantian komponen yang telah dihitung. Berdasarkan interval waktu penggantian komponen yang optimal didapatkan :

- Modul 1 : 139.877 Menit
- Modul 2 : 105.364 Menit
- Modul 3 : 49.929 Menit
- Modul 4 : 42.682 Menit
- Modul 5 : 49.201 Menit

Dengan melakukan perawatan/penggantian komponen secara modular maka akan mengurangi jumlah *downtime* yang dialami mesin. Yang artinya pemberhentian mesin akibat perawatan akan lebih sedikit sehingga dapat meminimalkan kerugian akibat kehilangan waktu produksi. Dari hasil perhitungan, penerapan metode *modularity design* menghasilkan biaya perawatan per tahunnya sebesar Rp. 39.504.127,-. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan total biaya perawatan yang dibutuhkan oleh perusahaan sejumlah Rp. 48.305.189,- pertahun sedangkan total biaya perawatan usulan sebesar Rp.

39.504.127,- pertahun, hal ini menjelaskan bahwa efisiensi teknik perawatan awal sebesar 18,21 % dengan metode usulan/*modularity design* dapat diterima.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan interval waktu penggantian komponen yang optimal didapat modul 1 sebesar 139.877 menit, modul 2 sebesar 105.364 menit, modul 3 sebesar 49.929 menit, modul 4 sebesar 42.682 menit dan modul 5 sebesar 49.201 menit. Sehingga total biaya perawatan dengan metode *modularity design*, pada mesin *web rotary offset printing* per tahunnya adalah sebesar Rp. 39.504.127,- per tahun. Sedangkan biaya perawatan perusahaan memiliki nilai sebesar Rp. 48.305.189,- per tahun. Dari angka tersebut dapat diketahui perbandingan dimana biaya yang dikeluarkan oleh metode *modularity design* lebih kecil dibandingkan dengan total biaya perawatan pada perusahaan setiap tahunnya, dengan nilai efisiensi sebesar 18.21%. Hal ini menunjukkan bahwa total biaya usulan (TC usulan) lebih kecil dari total biaya perusahaan (TC Awal), sehingga metode perawatan usulan dengan *modularity design* dapat diterima.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, W. dan Julianingsih, J., (2005). Preventive Maintenance System Dengan Modularity Design Sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintenance (Studi Kasus Di Perusahaan Tepung Ikan). *Jurnal Teknik Industri*, 7(1), 61-75.
- Ansori.N dan Mustajib M.I., (2013), "Sistem Perawatan Terpadu (integrated maintenance system), Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Assauri.S., (2004), "Manajemen Produksi dan Operasi", Jakarta: Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Balbir.S., (2006), "Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers", Prancis: Taylor & Francis Group.
- Djunaidi.M dan Sufa.M.S., (2007) "Usulan Interval Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Pracetak Botol (Mold Gear) Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime" *Jurnal Teknik Gelagar*, Vol 18, No 1.
- Hariyanto, Rahayuningsih, S., & Santoso, H., (2017), "Analisa Preventif Maintenance System dengan Modularity Design pada PT. Surya Pamenang", *Jurnal Jati Unik*, Vol.1, No.1.
- Jardine.A.K.S., (2013), "Maintenance, Replacement, Reliability", New York: Pitman Publishing
- Kurniawan. F., (2013), "Manajemen Perawatan Industri", Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mital.A, Desai, A., Subramanian, A., & Mital, A., (2008), "Product Development: A Structured Approach to Consumer Product Development, Design, and Manufacture". Netherlands: Elsevier Science.
- Murtadlo, M. (2020). analisis efektifitas mesin blowing dengan menggunakan metode overall equipment effectiveness sebagai dasar usulan perbaikan (studi kasus: ud. karunia plastik) (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Gresik).
- Nakagawa.T., (2005). "Maintenance Theory of Reliability". London: Springer.
- Putra.W.P dan Febrinalza.W., (2015). "Laporan Penelitian Operasional Tambang Teori Keandalan". Padang: Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Padang.
- Razak, R. (2017). USULAN PERAWATAN KOMPONEN PADA UNIT OFF-HIGHWAY TRUCK 793C DENGAN METODE RCM (Studi Kasus: PT. Trakindo Utama, Batu Hijau) (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- Subagja,T., (2018). " Analisis Perawatan Mesin Rolling Secara Berkala Dengan Pendekatan Modularisasi Desain", Seminar Nasional Teknologi, P-ISSN: 2615-1561.
- Tarigan, Paulus, Elisabeth Ginting, and Ikhsan Siregar., (2013), "Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada PT.RXZ", *E-Jurnal Teknik Industri*, Vol 3, No 3.
- Taufik dan Septyani.S (2015), " Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di PT. PLN (PERSERO) Sektor Pembangkit Ombilin". *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, ISSN 2088-4842.
- Wasono.A.B, (2008), "Teknik Grafika dan Industri Grafika", Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Witonohadi, A., Amran, T. G., & Herawati, N. (2013). Usulan Perawatan Mesin Secara Preventif Dengan Pendekatan Modularisasi Desain Pada Pt. Bai. *Jurnal Teknik Industri*, 3(1).
- Yanti.Vivi.T., (2015), "Penerapan Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Modularity Design Pada Mesin Goss di PT. ABC", Surabaya: Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November
- Yicong, Gao, Yixiong Feng, and Jianrong Tan. (2016) "Product modular design incorporating preventive maintenance issues." *Chinese Journal of Mechanical Engineering* 29.2: 406-420.