

Perencanaan Penjadwalan Perawatan Preventif Pada Mesin Duplex di Pabrik Kertas

Ganjar Setiaji¹, Johan K. Runtuk²

^{2,3)} Faculty of Engineering, Industrial Engineering Department, President University
Jl. Ki Hajar Dewantara

Kota Jababeka, Cikarang, Bekasi - Indonesia 17550

Email: ²⁾johan.runtuk@president.ac.id

¹⁾ PT Fajar Surya Wisesa

Cikarang, Bekasi - Indonesia 17520

Email: ¹⁾ganjarsetiaji@gmail.com

ABSTRAK

Maintenance merupakan aktivitas penting di perusahaan dalam menjamin operasional mesin. Jika aktivitas perawatan dilakukan dengan terencana, maka kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar. Penelitian ini dilakukan di perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pembuatan kertas kemasan. Berdasarkan data, mesin Duplex memiliki frekuensi kerusakan yang lebih tinggi dibanding dengan mesin lain, yaitu 125 kali dalam 22 bulan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *preventive maintenance* pada mesin Duplex. Analisis dimulai dengan menentukan komponen kritis pada mesin Duplex. Selanjutnya dilakukan perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF), *Cost of Failure* (Cf), dan tingkat keandalan. Akhirnya, dilakukan perhitungan biaya perawatan preventif (Cp) untuk mengetahui selang waktu dalam penggantian komponen dengan biaya yang rendah. Setelah dilakukan penerapan *preventive maintenance*, terdapat tiga komponen yang mengalami penurunan biaya perawatan. Komponen *bearing* mengalami penurunan biaya sebesar 8,30% dengan tingkat keandalan 61%, komponen rantai mengalami penurunan biaya sebesar 15,60% dengan tingkat keandalan 62% dan komponen *unwinder* mengalami penurunan biaya sebesar 10,70% dengan tingkat keandalan 61%.

Kata kunci: mesin Duplex, *preventive maintenance*, MTTF, tingkat keandalan

ABSTRACT

Maintenance is an important activity in ensuring the machine *operation* in a company. If maintenance activities are carried out in a planned manner, production activities can run smoothly. This research was conducted in a manufacturing company engaged in the manufacture of paper packaging. Based on the data, Duplex machines have a higher frequency of breakdown compared to other machines, which is 125 times in 22 months. This study aims to implement preventive maintenance of Duplex machines. The analysis starts with determining the critical components on a Duplex machine. Furthermore, the calculation of Mean Time to Failure (MTTF), Cost of Failure (Cf), and reliability. Finally, a preventive maintenance cost calculation (Cp) was carried out to determine the time interval for replacing components at a low cost. After the implementation of preventive maintenance, there were three components that experienced a decrease in maintenance costs. Bearing components experience a cost reduction of 8.30% with a reliability of 61%, chain components have decreased costs by 15.60% with a reliability of 62% and unwinder components have decreased costs by 10.70% with a reliability of 61%.

Keywords: Duplex machine, *preventive maintenance*, MTTF, reliability

1. Pendahuluan

Aktivitas *maintenance* umumnya dianggap sebagai aktivitas pendukung dalam proses produksi. Namun demikian, aktivitas ini sangat penting karena berkontribusi langsung pada lancarnya kegiatan proses produksi dan produktivitas. Oleh karena itu, jika *maintenance* direncanakan secara benar, maka kondisi mesin akan selalu bagus dan menjamin lancarnya proses produksi di perusahaan. Selain itu, kondisi mesin yang bagus juga akan berpengaruh terhadap kualitas keluaran produknya.

Penelitian ini dilakukan pada salah satu pabrik kertas di Bekasi. Berdasarkan data mesin Duplex pada bulan Agustus 2015 sampai dengan Mei 2017, telah terjadi *breakdown* selama 1.627 jam dengan jumlah jam operasi selama 14.421 jam atau sekitar 11,28 persen. Total frekuensi terjadinya kerusakan sebanyak 125 kali kerusakan selama 22 bulan. Beberapa penyebab adanya *breakdown* adalah kurangnya kontrol terhadap mesin seperti jadwal pengecekan maupun penggantian komponen yang belum terstruktur. Beberapa komponen sering mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan produktivitas mesin menurun dan mengeluarkan biaya *maintenance* untuk perbaikan.

Untuk meminimalkan kerusakan yang sering terjadi maka perlu adanya *preventive maintenance*. Menurut Ebelling (1997), *preventive maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan secara terjadwal dan umumnya dilakukan secara periodik. *Preventive maintenance* bertujuan untuk meningkatkan *reliability*, mencegah timbulnya kerusakan mesin secara mendadak, serta dapat mengurangi *downtime* mesin (Assauri, 2004).

2. Kajian Pustaka

2.1 Perawatan

Merupakan tindakan yang diperlukan untuk mempertahankan atau mengembalikan peralatan, mesin, atau sistem ke kondisi pengoperasian yang sesuai untuk mencapai masa keandalan yang maksimal. Perawatan tersebut dapat dilakukan sesuai jadwal yang sudah diatur oleh perusahaan (Antony, 1988).

2.1.1 Distribusi Kerusakan

Variabel acak digunakan untuk menentukan reliabilitas dalam sistem. Distribusi yang sering digunakan dalam menentukan tingkat keandalan dalam suatu sistem adalah distribusi normal, distribusi weibull, distribusi lognormal dan distribusi eksponensial. Berikut rumus yang sering dipakai dalam masing-masing distribusi:

a) Distribusi Lognormal

1. Probability Density Function (PDF)

$$f(t) = \frac{1}{st\sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{1}{2s^2}\left(\ln\frac{t}{tmed}\right)^2\right]} \quad (1)$$

For $t \geq 0$

Dimana :

- t : Interval Waktu
- $tmed$: Waktu Median dari data
- s : Scale Parameter
- π : Mean of the Data
- e : Natural Logarithm ($e = 2.71828$)

2. Cumulative Distribution Function (CDF)

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s}\ln\frac{t}{tmed}\right) \quad (2)$$

3. Reliability Function (keandalan)

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (3)$$

4. Failure Rate Function

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{stR(t)} \quad (4)$$

5. Mean Time To Failure (MTTF)

$$MTTF = tmed \cdot e^{\left(\frac{s^2}{2}\right)} \quad (5)$$

b) Distribusi Normal

1. *Probability Density Function (PDF)*

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} \quad (6)$$

Dimana,

- t : Waktu
- μ : Mean of Data
- σ : Standar Deviasi
- e : Natural Logarithm ($e = 2,71828$)

2. *Cumulative Distribution Function (CDF)*

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (7)$$

3. *Reliability Function (keandalan)*

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (8)$$

4. *Failure Rate Function*

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{\sigma R(t)} \quad (9)$$

5. *Mean Time To Failure (MTTF)*

$$MTTF = \mu \quad (10)$$

c) Distribusi Weibull

Probability Density Function (PDF)

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (11)$$

Dimana,

- t : Waktu
- θ : Scale Parameter
- β : Shape Parameter
- e : Natural Logarithm ($e = 2,71828$)

Cumulative Distribution Function (CDF)

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (12)$$

Reliability Function (keandalan)

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (13)$$

Failure Rate Function

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \quad (14)$$

Mean Time To Failure in Weibull Distribution

$$MTTF = (\theta)(\Gamma)\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (15)$$

$$\Gamma(x) = (x-1)\Gamma(x-1) \quad (16)$$

Dimana: $\Gamma(x)$ = Gamma Function

d) Distribusi Exponensial

Probability Density Function (PDF)

$$f(t) = \lambda e^{(-\lambda.t)} \tag{17}$$

Dimana,

t : Waktu

e : *Natural Logarithm* (e = 2,71828)

λ : *Rate Parameter*

Cumulative Distribution Function (CDF)

$$F(t) = 1 - e^{(-\lambda.t)} \tag{18}$$

Reliability Function (keandalan)

$$R(t) = e^{(-\lambda.t)} \tag{19}$$

Failure Rate Function

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda \tag{20}$$

Mean Time To Failure in Exponential Distribution

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \tag{21}$$

2.1.2 Mean Time to Repair (MTTR) dan Mean Time to Failure (MTTF)

Waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan mulai dari komponen tersebut mengalami kerusakan sampai dengan perbaikan dan mesin tersebut jalan kembali itulah yang disebut dengan *Mean Time to Repair (MTTR)*. *Mean Time to Failure (MTTF)* mempunyai arti rata-rata waktu kerusakan dari sejak mesin berjalan sampai terjadinya mesin rusak kembali. Berbanding terbalik dengan MTTR, di sini nilai penting yang harus dilihat adalah semakin besar nilai MTTF yang didapat maka kualitas pekerjaan terlihat bagus, dibuktikan dengan tingkat kerusakan dan jarak waktu sejak mesin berjalan sampai mesin tersebut rusak kembali memiliki jarak waktu yang lama.

2.1.3 Keandalan (Reliability)

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas bahwa perangkat, mesin atau sistem akan melakukan fungsi tertentu dalam batas yang diberikan, di bawah lingkungan yang diberikan kondisi, untuk waktu tertentu (Stapelberg, 2009). Keandalan adalah salah satu karakteristik yang menentukan kualitas.

2.1.4 Maintenance Interval Time

Dalam menentukan interval waktu perawatan, data kegagalan berikut harus sesuai distribusi tertentu. Kemudian, semua fungsi yang berhubungan dengan distribusi digunakan untuk menentukan interval waktu perawatan. *Probability density function, cumulative density function, reliability function and hazard or failure rate* harus dihitung. Biaya per unit waktu juga harus dihitung. Persamaan (1) itu digunakan dalam menghitung biaya pemeliharaan:

$$C(t) = \frac{C_p + C_f.H(t)}{t} \tag{22}$$

Dimana,

C(t) = *Cost per unit of time*

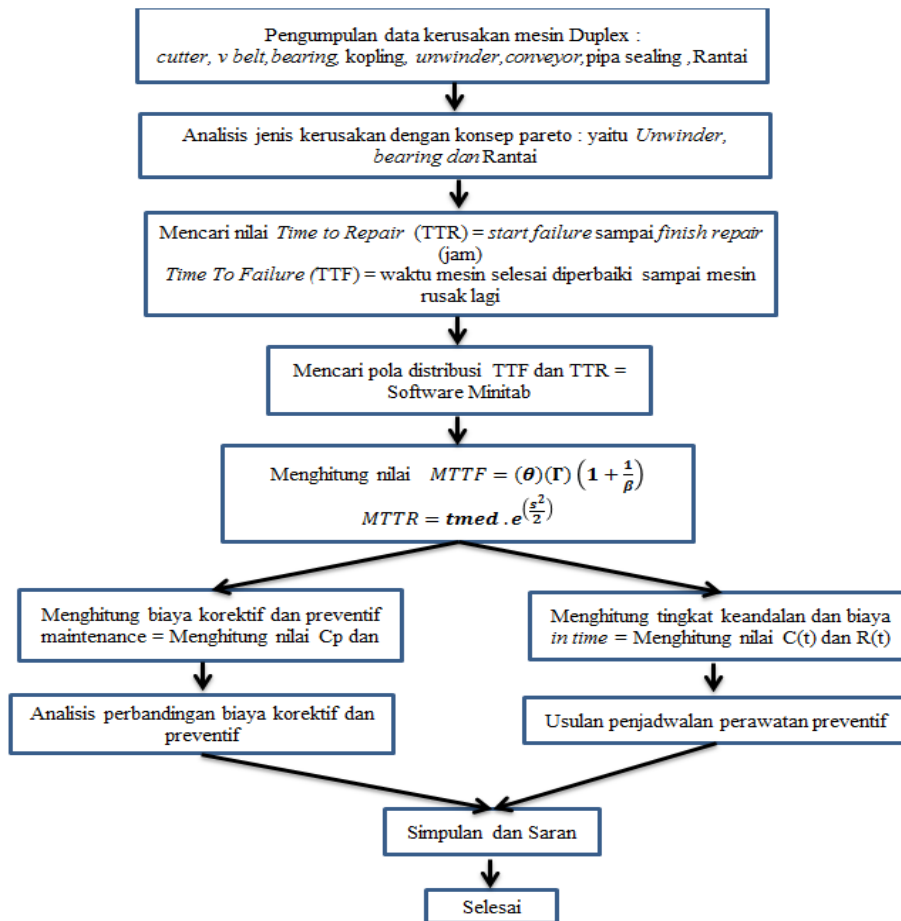
C_p = Harga komponen + (waktu penggantian (jam) x gaji operator per jam) + (kapasitas produksi x waktu penggantian x *production loss*)

C_f = harga komponen + (downtime (hours) x salary of mechanic per hours) + (production capacity x downtime x loss of production)

H(t) = *Cumulative hazard function in the interval of t*

3. Metodologi Penelitian

Data kerusakan yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Agustus 2015 sampai Mei 2017. Setelah mendapatkan semua data yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah menentukan waktu untuk gagal (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Kemudian, mencari pola distribusi yang sesuai dengan data ditentukan. Setelah mengetahui distribusi yang digunakan, maka parameter distribusi diperlukan untuk menghitung, *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Interval perawatan digunakan untuk mengatur interval jadwal perawatan. Pada interval kegagalan jenis distribusi harus diketahui sebelumnya untuk menentukan interval waktu perawatan. Jadwal perawatan yang diusulkan adalah berdasarkan target realibilitas untuk mesin yang ditetapkan oleh perusahaan. Di akhir penelitian, akan ada perbandingan yang berkaitan dengan realibilitas dan biaya untuk mengetahui dampak dari perbaikan. Setelah itu buat jadwal untuk perawatan sesuai dengan tingkat realibilitas yang ditentukan. Metodologi penelitian pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Research Framework penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data kerusakan komponen mesin duplex. Data dan jenis kerusakan komponen dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa komponen yang paling sering rusak adalah komponen *Bearing*, Rantai, dan *Unwinder*. Setelah didapatkan komponen kritis maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai *Time to Repair* (TTR) dan *Time to Failure* (TTF). Setelah didapatkan angka TTR dan TTF maka mencari pola distribusi yang cocok untuk melakukan penelitian. Distribusi yang digunakan adalah distribusi normal, eksponensial, lognormal dan weibull dengan dibantu dengan *software Minitab*. Hasil penentuan distribusi dapat dilihat pada Tabel 2. Untuk penentuan distribusi yang digunakan dalam penelitian akan dicek nilai *Anderson Darling* (AD) terkecil dan P-value dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Data fit untuk distribusi tertentu
 H_1 : Data tidak fit untuk distribusi tertentu

α : 0,05

Teori sebagai acuan pengambilan keputusan:

Terima H_0 : jika P-Value > α

Tolak H_1 : jika P-Value < α

Tabel 1. Frekuensi Jenis Kerusakan Mesin Duplex

No	Jenis Kerusakan	Jumlah Kerusakan	Persentase (%)	(%) kumulatif
1	Bearing	30	24	24
2	Rantai	26	20,8	44,8
3	Unwinder	20	16	60,8
4	V-Belt	12	9,6	70,4
5	Cutter	10	8	78,4
6	Conveyor	12	9,6	88
7	Pipa Sealing	5	4	92
8	Kopling	10	8	100
	Total	125	100	

Tabel 2 merupakan hasil dari perhitungan pola distribusi TTR menggunakan *software statistika*.

Tabel 2. Pola Distribusi dan Nilai Anderson Darling (AD) TTR

No	Komponen	Distribusi	Nilai AD	P-Value	Result
1	Bearing	Normal	0,52	0,172	OK
		Eksponensial	9,705	<0,003	NOT OK
		Weibull	0,766	0,042	NOT OK
		Lognormal	0,351	0,446	OK
2	Rantai	Normal	0,272	0,641	OK
		Eksponensial	7,915	<0,003	NOT OK
		Weibull	0,405	>0,250	NOT OK
		Lognormal	0,238	0,759	OK
3	Unwinder	Normal	0,314	0,518	OK
		Eksponensial	6,032	<0,003	NOT OK
		Weibull	0,213	>0,250	OK
		Lognormal	0,691	0,06	OK

Dari tabel di atas maka untuk komponen *Bearing* menggunakan distribusi Lognormal, komponen Rantai menggunakan distribusi Lognormal dan komponen *Unwinder* menggunakan distribusi Weibull. Sedangkan Tabel 3 merupakan pola distribusi dari *Time to Failure* (TTF).

Tabel 3. Pola Distribusi dan Nilai Anderson Darling (AD) TTF

No	Komponen	Distribusi	Nilai AD	P-Value	Result
1	Bearing	Normal	1,928	<0,005	NOT OK
		Eksponensial	0,419	0,594	OK
		Weibull	0,39	>0,250	OK
		Lognormal	0,88	0,021	NOT OK
2	Rantai	Normal	0,933	0,015	NOT OK
		Eksponensial	0,385	0,655	OK
		Weibull	0,345	>0,250	OK
3	Unwinder	Normal	1,321	<0,005	NOT OK
		Eksponensial	0,247	0,888	OK
		Weibull	0,17	>0,250	OK
		Lognormal	0,32	0,508	OK

Dari Tabel 3 maka untuk komponen *Bearing* menggunakan distribusi Weibull, komponen Rantai menggunakan distribusi Weibull dan komponen *Unwinder* menggunakan distribusi Weibull. Dengan mengetahui distribusi yang terpilih, dapat dihitung parameter-parameter pada komponen kritis sesuai dengan distribusi yang terpilih. Setelah menghitung parameter dapat dicari *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR) pada tiap komponen kritis dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil Perhitungan MTTR pada Komponen Kritis

Komponen	Distribusi	Scale (θ)	Shape (β)	T_{med}	Γ (Gamma)	MTTR
Bearing	Lognormal	0,17175	6,15267	4,4	-	4,465
Rantai	Lognormal	0,19612	5,48878	1,75	-	1,784
Unwinder	Weibull	3,65451	6,07537	3,44167	0,92980	3,398

Rumus yang digunakan:

Distribusi Lognormal: $MTTR = t_{med} \cdot e^{((s^2/2))}$ (23)

Distribusi Weibull : $MTTR = (\theta)(\Gamma)(1 + 1/\beta)$ (24)

Untuk tabel di bawah ini merupakan perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF).

Tabel 5. Hasil Perhitungan MTTF pada Komponen Kritis

Komponen	Distribusi	Scale (θ)	Shape (β)	Γ (Gamma)	MTTF
Bearing	Weibull	564,0592	1,06112	0,97610	550,578
Rantai	Weibull	396,1011	0,96247	1,01758	403,064
Unwinder	Weibull	718,0463	0,92534	1,03650	744,255

Rumus yang digunakan :

Distribusi Weibull : $MTTF = (\theta)(\Gamma)(1 + 1/\beta)$ (25)

Setelah mendapatkan nilai MTTR dan MTTF maka selanjutnya adalah menghitung biaya antara perbaikan secara *corrective* dan *Preventive*. Tabel 6 merupakan data dan asumsi dalam melakukan perhitungan biaya perawatan.

Tabel 6. Repair Time Data (Tf) dan Preventive Maintenance Time Data (Tp)

Komponen	Mean Time To Repair (hours)	Mean time To Preventive Maintenance (hours)
Bearing	4,465	4
Rantai	1,784	1,5
Unwinder	3,398	3

Untuk menghitung biaya perbaikan komponen diperlukan beberapa data yang dapat mendukung untuk digunakan dalam perhitungan. Berikut data pendukung yang digunakan.

1. Aktual *output* produksi mesin duplex yaitu 16,43 ton/jam
2. *Production loss* jika terjadi kerusakan pada komponen Rp 10.000/ton
3. Harga untuk komponen *Bearing* Rp 201.700/pcs
4. Harga untuk komponen Rantai (*connecting link*) adalah Rp 5.000/pcs
5. Harga untuk komponen *Unwinder* adalah Rp 54.700/pcs
6. Gaji untuk mekanik Rp 3.950.000/bulan (UMK Kab. Bekasi). Diasumsikan bahwa mekanik kerja 26 hari dalam sebulan yang mana 8 jam/hari. Jadi gaji *maintenance* untuk 1 jam kerja adalah Rp 18.990/jam.

Rumus menghitung *Corrective Maintenance* sebagai berikut:

$C_f = \text{Harga Komponen} + (\text{waktu downtime} \times \text{gaji per jam}) + (\text{kapasitas produksi} \times \text{downtime} \times \text{production loss})$ (26)

Sedangkan untuk menghitung biaya *Preventive Maintenance* adalah:

$C_p = \text{Harga Komponen} + (\text{waktu penggantian} \times \text{gaji per jam}) + (\text{kapasitas produksi} \times \text{waktu penggantian} \times \text{production loss})$ (27)

Berikut hasil perhitungan biaya korektif dan preventif dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Biaya Perawatan Korektif dan Preventif

Komponen	(Cf) Corrective Maintenance	(Cp) Preventive Maintenance	Costdown	
Bearing	Rp. 1.020.089,82	Rp. 934.860	Rp. 85.229,82	8,3%
Rantai	Rp. 331.989,36	Rp. 279.935	Rp. 52.054,36	15,6%
Unwinder	Rp. 677.519,42	Rp. 604.570	Rp. 72.949,42	10,7%

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa biaya perawatan lebih sedikit menggunakan preventif sebagai strategi perawatan.

4.1 Menghitung Interval Perawatan

Dalam perhitungan interval penggantian komponen sangat penting untuk mengetahui distribusi yang digunakan. Pada kasus ini distribusi yang didapat melalui *software statistika* yaitu dari ketiga komponen *bearing*, rantai, dan *unwinder* menggunakan distribusi weibull.

Penggantian komponen dilakukan untuk menghindari kerusakan secara mendadak yang tidak diharapkan yang berpengaruh terhadap proses produksi yang sedang berjalan. Interval komponen pengganti akan menunjukkan waktu yang tepat untuk mengurangi risiko dimana kegagalan dapat terjadi dengan mempertimbangkan biaya dan keandalan yang dipakai 60% dan 75% yang akan dikeluarkan. Rumus-rumus yang dipakai sebagai perhitungan menggunakan distribusi weibull antara lain:

- *Probability Density Function (PDF)*

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \tag{28}$$

- *Cumulative Distribution Function (CDF)*

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \tag{29}$$

- *Reliability Function (keandalan)*

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \tag{30}$$

- *Commulative Hazard Function*

$$H(t) = \left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta \tag{31}$$

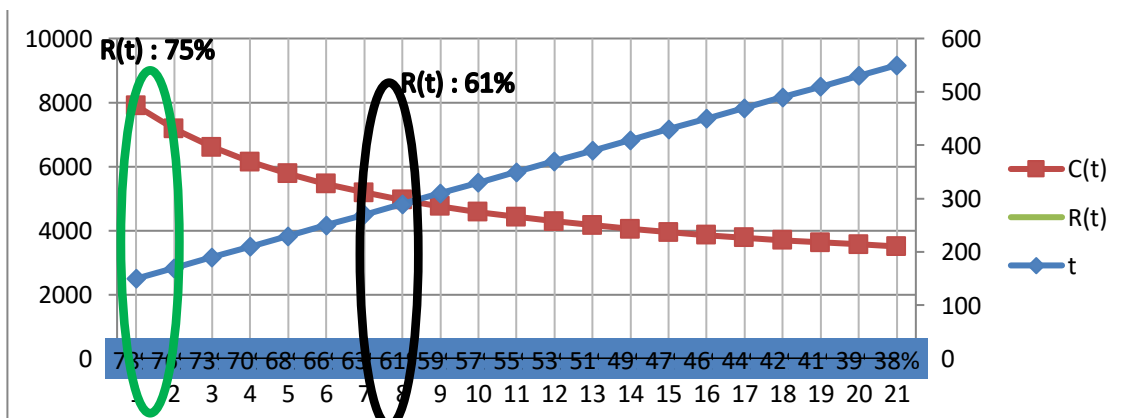
- *Cost per unit of time Ct*

$$C(t) = \frac{cp + (cf \times H(t))}{t} \tag{32}$$

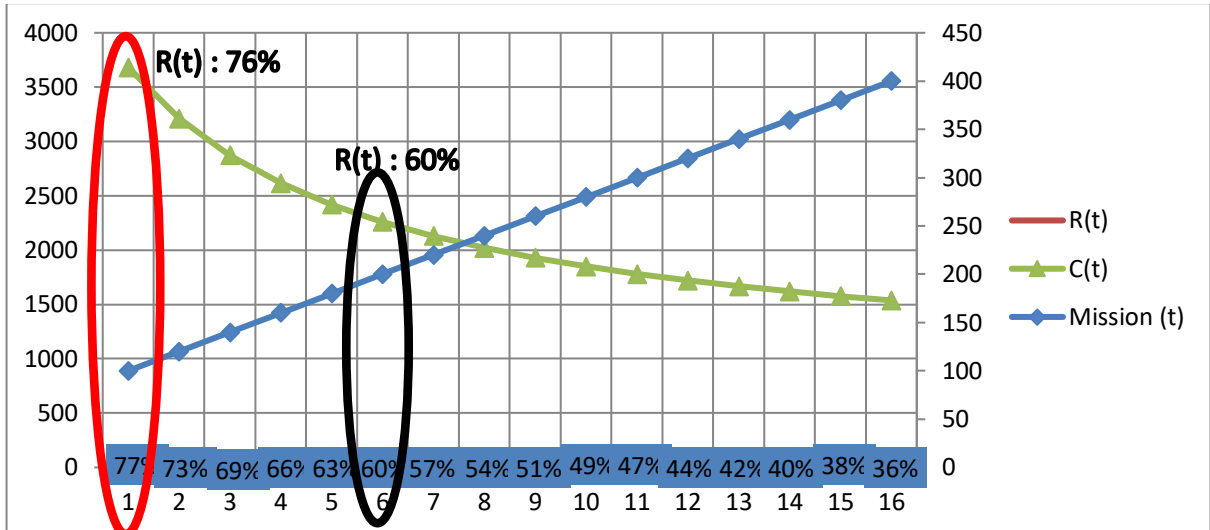
Tabel 8. Perbandingan Interval Perawatan Secara MTTF, Keandalan 60%, dan Keandalan 75%

Komponen	Interval Perawatan (MTTF)	Keandalan	Interval Perawatan 60%	Keandalan	Interval Perawatan 75%	Keandalan
Bearing	550 jam	37%	290 jam	61 %	170 jam	75 %
Rantai	400 jam	36%	180 jam	62 %	100 jam	76%
Unwinder	745 jam	35%	330 jam	61 %	210 jam	73 %

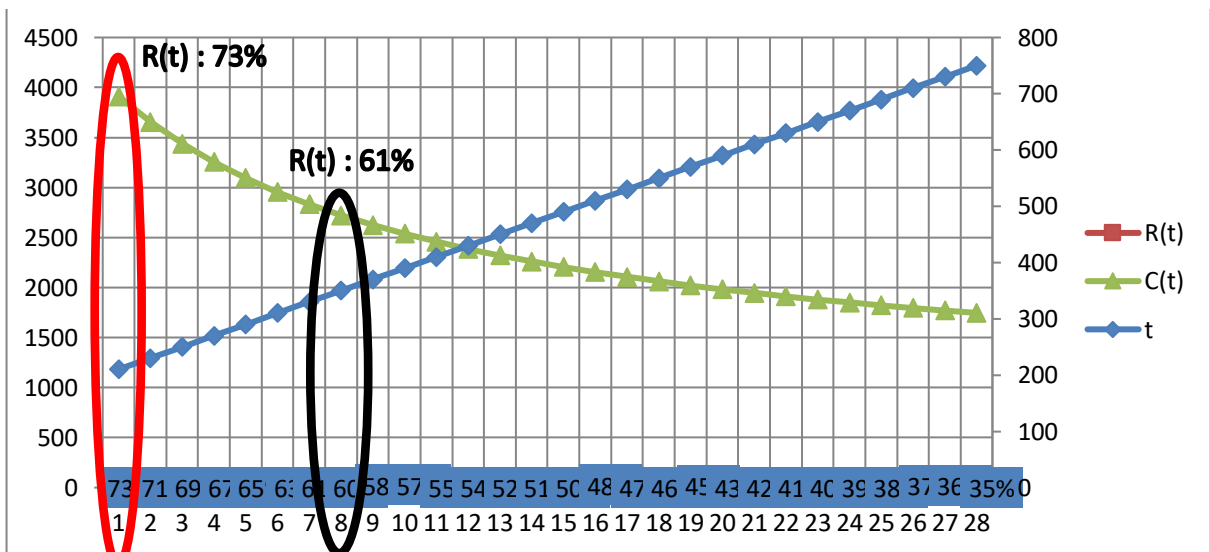
Hasil perhitungan MTTF dengan distribusi weibull dapat dilihat pada Tabel 8. Tabel 8 juga menampilkan perbandingan antara interval perawatan MTTF, keandalan 60% dan keandalan 75%. Semakin besar nilai keandalan maka semakin kecil jarak/interval untuk melakukan perawatan akan tetapi biaya yang dikeluarkan lebih besar. Gambar 2, 3, 4 merupakan komparasi R(t), C(t), dan t masing-masing komponen yaitu *Bearing*, Rantai, dan *Unwinder*.



Gambar 2. Komparasi antara R(t), C(t), dan t pada Komponen Bearing



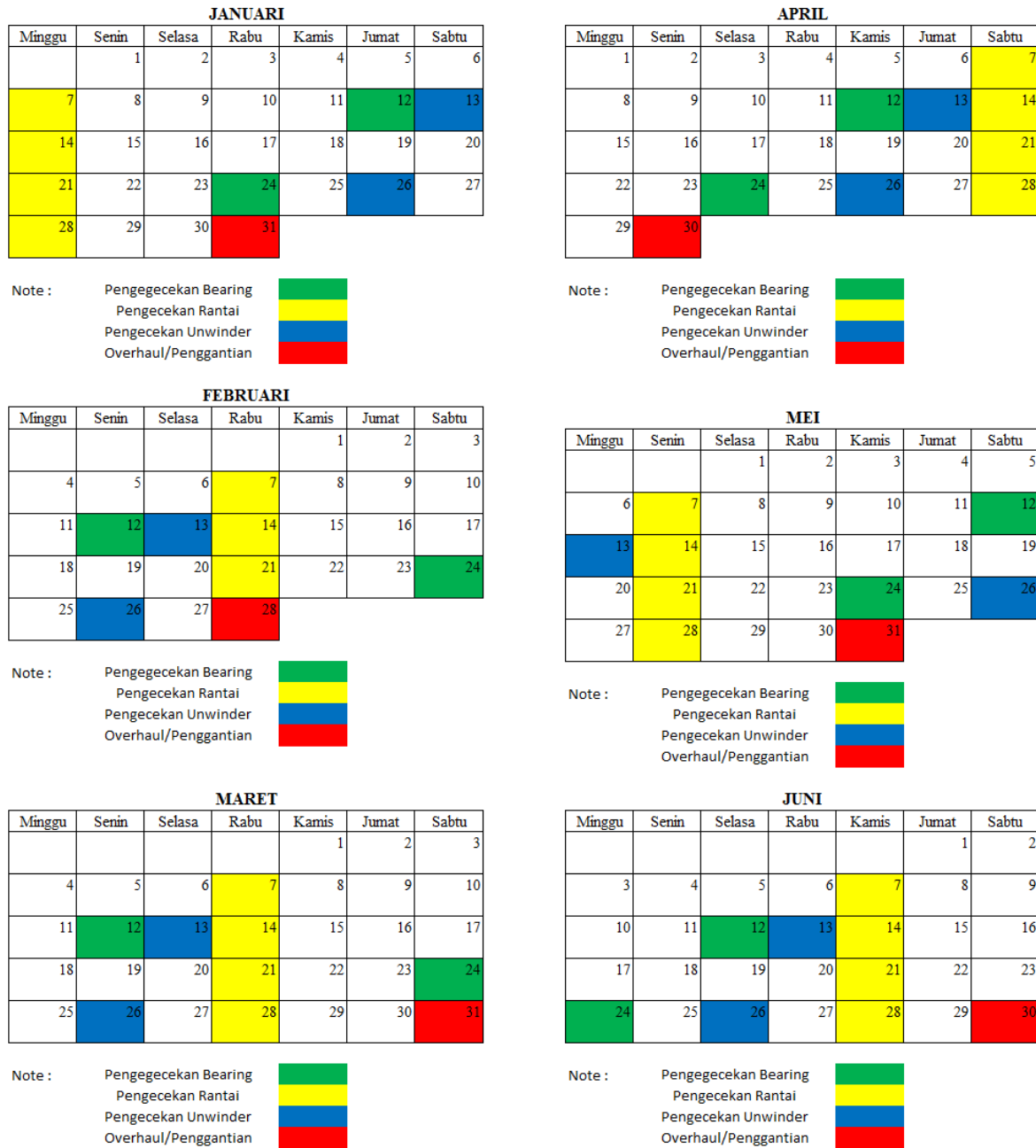
Gambar 3. Komparasi antara R(t), C(t), dan t pada Komponen Rantai



Gambar 4. Komparasi antara R(t), C(t), dan t pada Komponen Unwinder

4.2 Penjadwalan dengan Keandalan 60%

Setelah mendapatkan nilai perhitungan interval penggantian komponen dengan biaya yang terendah maka untuk menekan *cost* yang dikeluarkan akibat kerusakan yang terjadi secara mendadak akan dibuatkan usulan jadwal penggantian komponen sesuai dengan waktu optimal yang sudah didapat. Untuk komponen *Bearing* penggantian perawatan secara berkala dilakukan sesuai interval 290 jam, untuk komponen rantai 180 jam dan untuk komponen *unwinder* 330 jam. Interval dari masing-masing komponen tersebut sebagai acuan untuk pengecekan secara visual dan penggantian komponen akan dilakukan saat overhaul bulanan yang akan disediakan waktu 1 hari dalam 1 bulan. Berikut gambar 5 merupakan rencana usulan jadwal dalam kurun waktu percobaan selama 6 bulan dari Januari 2018 sampai Juni 2018.



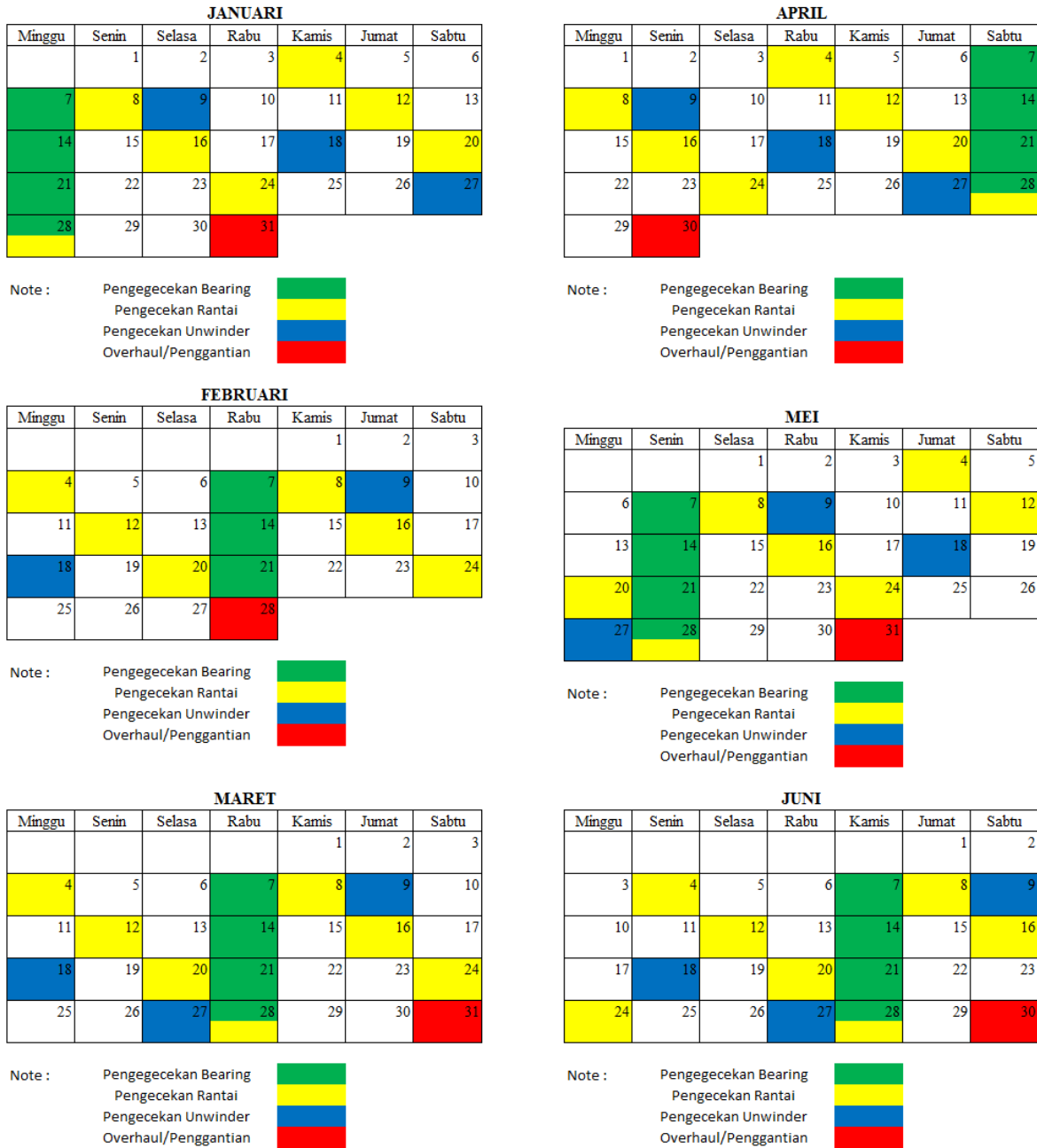
Gambar 5. Perencanaan Jadwal Perawatan dengan Keandalan 60% untuk Tahun 2018

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa jadwal perawatan sesuai jadwal yaitu dengan tingkat keandalan minimal sebesar 60%. Untuk komponen *Bearing* interval perawatan 12 hari, untuk komponen Rantai interval perawatan 7 hari dan untuk komponen *Unwinder* interval perawatan 13 hari. Dan untuk penggantian setiap komponen setiap di tanggal akhir bulan (overhaul).

4.3 Penjadwalan dengan Keandalan 75%

Setelah mendapatkan nilai perhitungan interval penggantian komponen dengan biaya yang terendah maka untuk menekan *cost* yang dikeluarkan akibat kerusakan yang terjadi secara mendadak akan dibuatkan usulan jadwal penggantian komponen sesuai dengan waktu optimal yang sudah didapat. Untuk komponen *Bearing* penggantian perawatan secara berkala dilakukan sesuai interval 170 jam, untuk komponen rantai 100 jam dan untuk komponen *unwinder* 210 jam. Interval dari masing-masing komponen tersebut sebagai acuan untuk pengecekan secara visual dan penggantian komponen akan dilakukan saat *overhaul* bulanan yang akan disediakan waktu 1 hari

dalam 1 bulan. Berikut Gambar 6 merupakan rencana usulan jadwal dalam kurun waktu percobaan selama 6 bulan dari Januari 2018 sampai Juni 2018.



Gambar 6. Perencanaan Jadwal Perawatan dengan Keandalan 75% untuk Tahun 2018

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa jadwal perawatan sesuai jadwal yaitu dengan tingkat keandalan minimal sebesar 75%. Untuk komponen *Bearing* interval perawatan 7 hari, untuk komponen rantai interval perawatan 4 hari dan untuk komponen *Unwinder* interval perawatan 9 hari. Dan untuk penggantian setiap komponen setiap di tanggal akhir bulan (*overhaul*).

4.4 Analisis Predictive Maintenance

Setelah dilakukan perhitungan interval secara *predictive*, maka hasil yang didapat dapat dilihat dalam Tabel 9 berikut.

Tabel 9. *Predictive Maintenance Interval*

Komponen	Interval Perawatan (MTTF)	Interval Perawatan 60%	Interval Perawatan 75%
<i>Bearing</i>	184 hari	84 hari	28 hari
Rantai	187 hari	84 hari	28 hari
<i>Unwinder</i>	186 hari	84 hari	27 hari

Jika dilihat dari tabel di atas maka dapat disimpulkan bahwa perawatan secara prediktif tidak dapat dilakukan untuk mesin Duplex karena umur mesin tersebut sudah tidak lagi muda yaitu lebih dari 25 tahun. Penjadwalan perawatan secara prediktif akan efektif jika kondisi mesin masih baru di bawah 5 tahun, maka dari itu penelitian ini akan menentukan bahwa perawatan secara *Preventive* menjadi alternatif untuk diaplikasikan sebagai strategi untuk menjaga kondisi mesin agar tetap berjalan dengan baik.

5. Simpulan

Perbaikan secara *corrective* pada mesin Duplex ternyata menimbulkan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan perawatan secara *preventive* dikarenakan oleh penambahan biaya waktu tunggu baik waktu tunggu kedatangan komponen maupun waktu administrasi perbaikan. Maka dari itu perlu adanya penjadwalan penggantian dan perawatan yang baik agar menekan *cost* untuk biaya perawatan. Berdasarkan penelitian di atas didapatkan penurunan biaya yang cukup signifikan setelah adanya perubahan dari metode perawatan *corrective* menjadi *preventive*. Terjadi penurunan biaya sebesar 8,30% untuk komponen *bearing* dari Rp 1.020.089,82 menjadi Rp 934.860. Untuk komponen rantai terjadi penurunan sebesar 15,60 % dari Rp 331.989,36 menjadi Rp 279.635. Sedangkan untuk komponen *unwinder* terjadi penurunan biaya sebesar 10,70 % dari Rp 677.519,42 menjadi Rp 604.570. Tingkat keandalan dari tiap komponen akan menentukan interval penggantian/perawatan sebagai berikut.

6. Daftar Pustaka

1. Assauri, S. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
2. Corder, Antony S. (1988). *Maintenance Management Techniques*, McGraw Hill Ltd, England.
3. Ebellling, Charles E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, McGraw-Hill, New York.
4. Stapelberg, R.F. (2009). *Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design*, 1st ed, Springer-Verlag London.