

JADWAL PERAWATAN *PREVENTIVE* PADA MESIN *DYEING* MENGGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT* DI PT. NOBEL INDUSTRIES*

Chintya Ekawati, Kusmaningrum, Fifi Herni Mustofa

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: chintyaekawati@yahoo.com

ABSTRAK

PT. Nobel Industries adalah perusahaan yang memiliki spesialisasi dalam pembuatan benang. Mesin yang digunakan di PT. Nobel Industries antara lain adalah mesin Dyeing, Hydro Dryer, Dryer, Blending, Carding, Spinning, Twister, dan Winding. Namun diantara semua mesin yang digunakan mesin dyeing merupakan mesin dengan biaya produksi yang paling mahal di PT. Nobel Industries. Mesin dyeing sering mengalami kerusakan pada saat proses produksi berlangsung, hal tersebut karena belum terdapat kebijakan perawatan pencegahan bagi mesin dyeing tersebut. Komponen yang sering mengalami kerusakan (kritis) adalah air pressure switch, diapram dan main shaft. Oleh karena itu diperlukan penjadwalan perawatan yang optimal. Metode yang digunakan untuk menghitung interval penggantian pencegahan kerusakan adalah metode age replacement.

Kata kunci: *Mesin dyeing, Perawatan Pencegahan, Komponen kritis, Penjadwalan perawatan, Age replacement.*

ABSTRACT

PT. Nobel Industries is a company that has specialized in the manufacture of yarn. Dyeing, Hydro Dryer, Dryer, Blending, Carding, Spinning, Twister, and Winding are machines used at PT Nobel Industries. Dyeing machine is a machine with a expensive cost at PT. Nobel Industries. Dyeing machines often damaged during the production process, it is because there has been no policy of preventive maintenance for the dyeing machine. Components which are often damaged (critical) are air pressure switch, diapram and main shaft. Therefore, it is necessary to apply optimal scheduling maintenance. The method that used to calculate the damage preventive replacement interval is age replacement method.

Keywords : *Dyeing machine , preventive maintenance, Critical component , Scheduling maintenance , Age replacement.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Dalam proses produksi dibutuhkan kebijakan untuk memperhatikan sumber daya pendukung proses produksi. Sumber daya yang ada pada perusahaan adalah sumber daya manusia dan

sumber daya mesin. Sumber daya mesin diperlukan karena terdapat proses produksi yang tidak dapat dilakukan oleh manusia, seperti proses permesinan yang rumit dengan waktu proses yang telah ditentukan.

Terdapat berbagai macam jenis mesin yang digunakan di PT. Nobel Industries, mesin-mesin tersebut antara lain adalah mesin *Dyeing, Hydro Dryer, Dryer, Bleinding, Carding, Spinning, Twister, dan Winding*. Namun diantara semua mesin yang digunakan mesin *dyeing* merupakan salah satu mesin yang selalu dipakai dalam proses produksi di PT. Nobel Industries. Mesin *dyeing* perlu mendapatkan perhatian karena perusahaan hanya memiliki 1 (satu) unit mesin saja, dan apabila mesin tersebut mengalami kerusakan maka akan berakibat terhambatnya proses produksi di perusahaan.

1.2 Identifikasi Masalah

Mesin *dyeing* merupakan mesin yang sangat vital untuk mendukung proses produksi di perusahaan PT. Nobel Industries karena biayanya yang paling besar dan perusahaan hanya memiliki 1 (satu) unit mesin saja. Saat ini perusahaan belum menggunakan kebijakan *pereventive maintenance* dan masih menggunakan kebijakan *correvtive maintenance*. Dalam penjadwalan perawatan *preventive* terdapat variabel hari kerja mesin sebagai acuan interval waktu untuk melakukan penggantian pencegahan kerusakan. Metode yang digunakan untuk menghitung interval waktu penggunaan komponen untuk mencegah kerusakan adalah metode *age replacement*. Metode *age replacement* merupakan metode penjadwalan penggantian komponen berdasarkan umur komponen yang optimal (Jardine, 1973).

2. STUDI LITERATUR

2.1 Perawatan

Perawatan atau *maintenance* adalah aktivitas agar suatu komponen atau sistem yang rusak dapat dikembalikan atau diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu (Ebeling, 1997). Menurut pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa *maintenance* merupakan suatu tindakan untuk menjaga atau memelihara fasilitas maupun memperbaiki fasilitas yang rusak sehingga saat akan digunakan fasilitas tersebut dapat bekerja sesuai fungsinya dan manajemen perawatan industri adalah upaya pengaturan aktivitas untuk menjaga kontinuitas produksi, sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas dan memiliki daya saing, melalui pemeliharaan fasilitas.

2.2 Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan merupakan informasi dasar mengenai umur pakai suatu fasilitas baik peralatan atau mesin dalam suatu populasi tertentu. Distribusi kerusakan serta karakteristik kerusakan pada setiap alat dapat berbeda-beda. Ada beberapa distribusi yang dapat menggambarkan karakteristik kerusakan suatu alat, baik yang memiliki laju kerusakan konstan maupun yang memiliki laju kerusakan tidak konstan. Untuk yang memiliki laju kerusakan konstan dan tidak berubah terhadap waktu menggunakan distribusi Eksponensial. Sementara untuk yang memiliki laju kerusakan tidak konstan menggunakan distribusi Normal, distribusi Weibull dan distribusi Lognormal.

2.3 Kebijakan Penggantian Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Penggantian pencegahan dilakukan pada waktu yang optimal sebelum kerusakan terjadi. Penentuan waktu penggantian pencegahan optimal tergantung pada tujuan yang ingin dicapai, yaitu meminimasi biaya atau memaksimalkan ketersediaan. Berikut merupakan model kebijakan perawatan, yaitu:

1. *Block Replacement*, waktu penggantian pencegahannya tergantung pada perioda yang telah ditentukan, jika terjadi kerusakan maka waktu penggantian pencegahannya tetappada perioda yang telah ditentukan.
2. *Age Replacement*, waktu penggantian pencegahan tergantung pada umur komponen yang mengalami kerusakan. Jika terjadi kerusakan, maka waktu penggantian pencehannya akan di atur ulang.

2.4 Penggantian Pencegahan Optimal Berdasarkan Umur Komponen, dengan Mempertimbangkan Waktu Penggantian yang Dibutuhkan untuk Efek Kegagalan dan Penggantian Pencegahan

Dalam model ini, kebijakan penggantian yaitu dengan melakukan penggantian pencegahan ketika komponen mencapai umur t_p tertentu, sekaligus penggantian kerusakan jika diperlukan. Tujuan model ini yaitu untuk menentukan interval penggantian pencegahan komponen yang optimal dengan meminimasi ekspektasi total biaya perawatan per satuan waktu. Rumus untuk mengetahui ekspektasi total biaya perawatan per satuan waktu dapat dilihat pada persamaan 1.

$$C(t_p) = \frac{C_p \times R(t_p) + (C_f \times [1 - R(t_p)])}{(t_p + T_p) \times R(t_p) + (M(t_p) + T_f [1 - R(t_p)])} \quad (1)$$

Keterangan:

$C(t_p)$ = Ekspektasi total biaya penggantian per satuan waktu (t_p).

C_f = Ongkos penggantian kerusakan untuk melakukan penggantian pencegahan.

C_p = Ongkos penggantian pencegahan untuk melakukan penggantian pencegahan.

$f(t_p)$ = *Probability dencity function* (t_p).

T_p = Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian pencegahan.

T_f = Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian kerusakan.

$R(t_p)$ = Fungsi keandalan peralatan atau mesin pada waktu t_p .

$M(t_p)$ = Rata-rata waktu terjadinya kerusakan ketika penggantian pencegahan dilakukan pada waktu t_p .

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi perusahaan yaitu sering terjadi kerusakan komponen pada saat mesin sedang beroperasi karena tidak adanya kebijakan penggantian pencegahan. Komponen kritis mesin *dyeing* adalah *air pressure switch*, *diapram* dan *main shaft* dan kerusakan pada komponen kritis dapat menyebabkan kerusakan pada komponen lain. Kerusakan komponen pada saat proses produksi berlangsung menyebabkan kerugian bagi perusahaan, karena proses produksi terhambat. Untuk itu perlu dibuat interval penggantian pencegahan komponen kritis berdasarkan ongkos penggantian terkecil.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan untuk mendukung penelitian ini meliputi data tanggal kerusakan komponen, data harga komponen, data waktu penggantian pencegahan, data waktu penggantian kerusakan, data biaya pencegahan dan data biaya kerusakan.

3.3 Pengolahan Data

Data-data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah sesuai dengan kebutuhannya. Berikut pengolahan data yang dilakukan:

3.3.1 Penentuan Komponen Kritis

Komponen kritis adalah komponen yang memiliki biaya penggantian yang paling berpengaruh terhadap keseluruhan biaya penggantian komponen dan dipilih dengan menggunakan diagram pareto.

3.3.2 Perhitungan Interval Kerusakan

Pada data kerusakan komponen terdapat informasi berupa tanggal kerusakan yang terjadi, dari tanggal kerusakan tersebut dapat dihitung interval antar kerusakannya dalam satuan hari.

3.3.3 Uji *Pearson Product Moment* (Perhitungan *Index Of Fit*)

Data interval kerusakan komponen kritis diuji dengan menggunakan 4 (empat) pola distribusi, yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Dengan pengujian tersebut dapat diketahui kecenderungan data kerusakan komponen kritis mengikuti pola distribusi tertentu

3.3.4 Perhitungan Parameter Distribusi Kerusakan Terpilih

Parameter distribusi kerusakan dihitung berdasarkan pola distribusi terpilih, adapun perhitungan parameter distribusi terpilih bertujuan untuk mengetahui laju kerusakan komponen dan pendukung untuk perhitungan fungsi distribusi.

3.3.5 Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan Komponen

Dalam model *Age Replacement*, interval waktu penggantian tergantung pada umur komponen berdasarkan hari yang menghasilkan ekspektasi total biaya pencegahan dengan nilai terkecil.

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berikut pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini:

4.1 Data Komponen Penyusun

Data jumlah kebutuhan dan frekuensi kerusakan per tahun dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Komponen Penyusun

No	Komponen	Kebutuhan (buah)	Harga/buah (Rp)	Harga/Kebutuhan (Rp)
1	<i>Air Pressure Switch</i>	5	1.400.000	7.000.000
2	<i>Diapram</i>	4	1.500.000	6.000.000
3	<i>Main shaft</i>	2	2.500.000	5.000.000
4	<i>Roto Inject</i>	3	1.200.000	3.600.000
5	<i>V-Belt</i>	3	1.000.000	3.000.000

4.2 Penentuan Komponen Kritis

Perhitungan pemilihan komponen kritis pada mesin *dyeing* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Pemilihan Komponen Kritis

Jadwal Perawatan *Preventive* Pada Mesin *Dyeing* Menggunakan Metode *Age Replacement* Di PT. Nobel Industries

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan/ tahun	Harga/ Kebutuhan (Rp)	Biaya Penggantian (Rp)	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	<i>Air Pressure Switch</i>	3	7.000.000	21.000.000	31	31
2	<i>Diapram</i>	3	6.000.000	18.000.000	27	58
3	<i>Main shaft</i>	3	5.000.000	15.000.000	22	80
4	<i>Roto Inject</i>	2	3.600.000	7.200.000	11	91
5	<i>V-Belt</i>	2	3.000.000	6.000.000	9	100
Total				67.200.000	100	

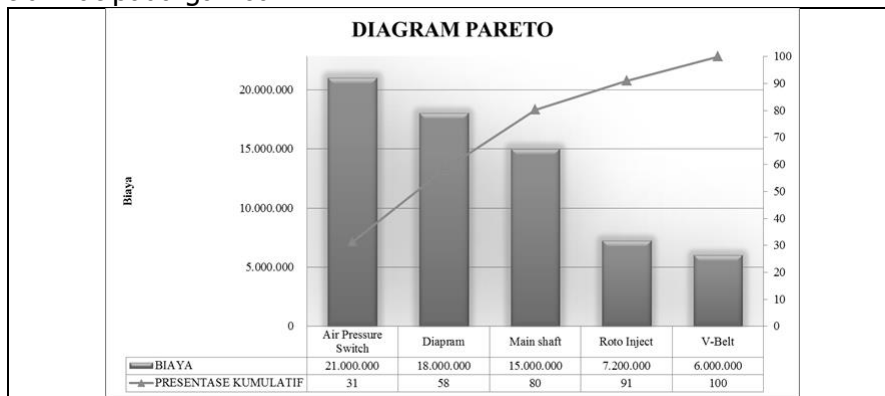
$$\text{Biaya Penggantian} = \text{Frekuensi kerusakan} \times \text{harga/kebutuhan} \quad (2)$$

$$= 3 \times \text{Rp}7.000.000 = \text{Rp}21.000.000$$

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Biaya Penggantian}}{\text{Total Biaya Penggantian}} \times 100\% \quad (3)$$

$$= \frac{\text{Rp}21.000.000}{\text{Rp}67.200.000} \times 100 = 31\%$$

Berikut merupakan gambar diagram pareto untuk pemilihan komponen kritis pada mesin *dyeing* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Pareto Pemilihan Komponen Kritis

Dapat diketahui bahwa komponen kritis yang terpilih *air pressure switch*, *diapram* dan *main shaft*.

4.3 Data Waktu Penggantian Pencegahan dan Kerusakan

Data waktu penggantian pencegahan dan kerusakan setiap komponen penyusun dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Waktu Penggantian Pencegahan dan Kerusakan

Komponen	Waktu Penggantian Pencegahan (Jam)	Waktu Penggantian Kerusakan (Jam)
<i>Air Preassure Switch</i>	3	7
<i>Diapram</i>	4	6
Main Shaft	4	8

4.4 Data Biaya Penggantian Pencegahan dan Kerusakan

Biaya-biaya tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Biaya Teknisi *Maintenance*

Terdapat lebihkan perusahaan dimana jika mesin rusak diperbaiki oleh teknisi dengan sistem perupahan perhari adalah Rp200.000/hari dengan jumlah jam kerja normal dalam 1 (satu) harinya sebanyak 8 jam kerja.

2. Biaya Pembelian

Terdapat biaya pembelian barang penunjang dengan biaya paling besar Rp 50.000/penggantian.

- kerja.
- Biaya Operator Mengganggu
Biaya operator mengganggu merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan karena operator mengganggu ketika mesin mengalami kerusakan, operator tetap dibayar perbulan. Biaya operator yaitu Rp. 10.000/Jam.
 - Biaya Cacat Produk
Cacat ini terjadi karena pewarnaan yang tidak sesuai, bahan baku yang menggumpal dan bahan baku yang putus di mesin *dyeing*. Biaya cacat produk ini sebesar Rp 150.000/kali kegiatan (sumber: bagian produksi PT. Nobel Industries)
 - Biaya Pembelian Komponen Yang Ikut Diganti
Data harga pembelian untuk komponen yang ikut diganti dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Harga Komponen Yang Ikut Diganti

Komponen yang Rusak	Komponen yang Ikut Diganti	Harga (Rp)
<i>Air Preassure Swicth</i>	<i>Water Switch</i>	300.000
<i>Diapram</i>	<i>Oil Filter dan oli</i>	200.000
<i>Main Shaft</i>	<i>Pulley</i>	250.000

4.5 Uji Pearson Product Moment (Perhitungan Index Of Fit)

Pola distribusi yang terpilih adalah pola dengan nilai *index of fit* terbesar, Rekapitulasi pola distribusi kerusakan terpilih dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Pola Distribusi Kerusakan Terpilih

No	Komponen	Pola Distribusi Terpilih
1	<i>Air Preassure Swicth</i>	Weibull
2	<i>Diapram</i>	Lognormal
3	<i>Main Shaft</i>	Weibull

4.6 Perhitungan Parameter Distribusi Kerusakan

Perhitungan parameter distribusi berdasarkan distribusi kerusakan yang terpilih untuk masing-masing komponen adalah:

- Komponen *Air Preassure Switch*

Perhitungan parameter distribusi weibull komponen *air preassure switch* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Parameter Distribusi Weibull Komponen *Air Preassure Switch*

i	Ti	Ft(i)	Xi	Yi	Xi*Yi	Xi^2	b	a	a	B
1	103	0,15909	-1,75289	4,634729	-8,12419	3,072638	0,11546	4,837629	126,1698	8,661381
2	116	0,38636	-0,71672	4,75359	-3,40698	0,513684				
3	126	0,61364	-0,05027	4,836282	-0,2431	0,002527				
4	135	0,84091	0,60883	4,905275	2,986479	0,370674				
Total			-1,91105	19,12988	-8,78779	3,959523				

$$Ft(1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{4+0,4} = 0,159 \quad (4)$$

$$X_1 = \ln \left[\ln \frac{1}{1-F(t_i)} \right] = \ln \left[\ln \frac{1}{1-0,159} \right] = -1,753 \quad (5)$$

$$Y_1 = \ln(t_1) = \ln(103) = 4,635 \quad (6)$$

$$X_1 \cdot Y_1 = -1,753 \times 4,635$$

$$\begin{aligned}
 &= -8,124 \\
 X_1^2 &= -1,753^2 \\
 &= 3,073 \\
 b &= \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \tag{7} \\
 &= \frac{4 \times (-8,788) - (-1,911) \times 19,130}{4 \times (3,960) - (-1,911)^2} \\
 &= 0,115
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \tag{8} \\
 &= \frac{19,130}{4} - 0,115 \frac{(-1,911)}{4} \\
 &= 4,838
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \exp(a) \tag{9} \\
 &= \exp(4,838) \\
 &= 126,170
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= \frac{1}{b} \tag{10} \\
 &= \frac{1}{0,115} = 8,661
 \end{aligned}$$

2. Komponen *Diapram*

Perhitungan parameter distribusi lognormal untuk komponen *diapram* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Parameter Distribusi Lognormal Komponen *Diapram*

i	ti	Xi	μ	$(Xi - \mu)^2$	σ
1	135	4,9053	4,9662	0,0037	0,0512
2	143	4,9628		0	
3	153	5,0304		0,0041	
Total	445	14,8986		0,0078	

$$\begin{aligned}
 X_i &= \ln t_i = \ln 135 = 4,9053 \\
 \mu &= \bar{X}_i = \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n} \tag{11} \\
 &= \frac{14,8986}{3} = 4,9662
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \tag{12} \\
 &= \sqrt{\frac{0,0078}{3}} = 0,0512
 \end{aligned}$$

3. Komponen *Main Shaft*

Perhitungan parameter distribusi weibull untuk komponen *main shaft* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan Parameter Distribusi Weibull Komponen *Main Shaft*

i	Ti	Ft(i)	Xi	Yi	Xi*Yi	Xi^2	b	a	a	β
1	104	0,159091	-1,75289	4,644391	-8,14113	3,072638	0,052435	4,735763	113,9503	19,07131
2	109	0,386364	-0,71672	4,691348	-3,36237	0,513684				
3	115	0,613636	-0,05027	4,744932	-0,23851	0,002527				
4	117	0,840909	0,60883	4,762174	2,899355	0,370674				
Total			-1,91105	18,84284	-8,84265	3,959523				

$$Ft(1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{4+0,4} = 0,159$$

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \ln \left[\ln \frac{1}{1-F(t_i)} \right] &= \frac{4x(-8,141) - (-1,911)x18,843}{4x(3,960) - (-1,911)^2} \\
 &= \ln \left[\ln \frac{1}{1-0,159} \right] = -1,753 &= 0,052 \\
 Y_1 &= \ln(t_1) &a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \\
 &= \ln(104) &= \frac{18,843}{4} - 0,052 \frac{(-1,911)}{4} \\
 &= 4,644 &= 4,736 \\
 X_1 \cdot Y_1 &= -1,753 \times 4,644 &\alpha = \exp(a) \\
 &= -8,141 &= \exp(4,736) \\
 X_1^2 &= -1,753^2 &= 113,950 \\
 &= 3,073 &\beta = \frac{1}{b} \\
 b &= \frac{n \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} &= \frac{1}{0,052} \\
 & &= 19,071
 \end{aligned}$$

4.7 Perhitungan Biaya Penggantian Pencegahan (*Cost Of Preventive*)

Perhitungan untuk *Cost Of Preventive* (C_p) untuk masing-masing komponen kritis adalah:

1. Komponen *Air Preassure Switch*

Biaya C_p meliputi:

Biaya Operator Menganggur = Waktu Pencegahan Penggantian x Biaya Operator Menganggur = 3 jam x Rp. 10.000/jam = Rp 30.000

C_p = Biaya Pembelian Komponen/Kebutuhan + Biaya Teknisi + Biaya Pemasangan + Biaya Operator Menganggur
 = Rp 7.000.000 + Rp 200.000 + Rp 80.000 + Rp 30.000
 = Rp 7.310.000

2. Komponen *Diapram*

Biaya C_p meliputi:

Biaya Operator Menganggur = Waktu Pencegahan Penggantian x Biaya Operator Menganggur = 4 jam x Rp. 10.000/jam = Rp 40.000

C_p = Biaya Pembelian Komponen/Kebutuhan + Biaya Teknisi + Biaya Pemasangan + Biaya Operator Menganggur
 = Rp 6.000.000 + Rp 200.000 + Rp 80.000 + Rp 40.000
 = Rp 6.320.000

3. Komponen *Main Shaft*

Biaya C_p meliputi:

Biaya Operator Menganggur = Waktu Pencegahan Penggantian x Biaya Operator Menganggur = 4 jam x Rp. 10.000/jam = Rp 40.000

C_p = Biaya Pembelian Komponen/Kebutuhan + Biaya Teknisi + Biaya Pemasangan + Biaya Operator Menganggur
 = Rp 5.000.000 + Rp 200.000 + Rp 80.000 + Rp 40.000
 = Rp 5.320.000

4.8 Perhitungan Biaya Penggantian Kerusakan (*Cost Of Failure*)

Perhitungan untuk *Cost Of Failure* (C_f) untuk masing-masing komponen kritis adalah:

1. Komponen *Air Preassure Switch*

Biaya C_f meliputi:

Biaya Operator Menganggur = Waktu Pencegahan Penggantian x Biaya Operator Menganggur = 7 jam x Rp. 10.000/jam = Rp 70.000

C_f = Biaya Pembelian Komponen/Kebutuhan + Biaya Teknisi + Biaya Pemasangan + Biaya Operator Menganggur + Biaya Komponen yang Ikut Diganti
 = Rp 7.000.000 + Rp 200.000 + Rp 80.000 + Rp 70.000 + Rp 4.375.000 + Rp 300.000 = Rp 11.725.000

2. Komponen *Diapram*

Biaya C_f meliputi:

Biaya Operator Menganggur = Waktu Pencegahan Penggantian x Biaya Operator Menganggur = 6 jam x Rp. 10.000/jam = Rp 60.000

C_f = Biaya Pembelian Komponen/Kebutuhan + Biaya Teknisi + Biaya Pemasangan + Biaya Operator Menganggur + Biaya Komponen yang Ikut Diganti
 = Rp 6.000.000 + Rp 200.000 + Rp 80.000 + Rp 70.000 + Rp 4.375.000 + Rp. 200.000 = Rp 10.715.000

3. Komponen *Main Shaft*

Biaya C_f meliputi:

Biaya Operator Menganggur = Waktu Pencegahan Penggantian x Biaya Operator Menganggur = 8 jam x Rp. 10.000/jam = Rp 80.000

C_f = Biaya Pembelian Komponen/Kebutuhan + Biaya Teknisi + Biaya Pemasangan + Biaya Operator Menganggur + Biaya Komponen yang Ikut Diganti
 = Rp 5.000.000 + Rp 200.000 + Rp 80.000 + Rp 80.000 + Rp 5.000.000 + Rp 250.000 = Rp 10.280.000

4.9 Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan Komponen

1. Komponen *Air Preassure Switch*

Didapat nilai $C(tp)$ terus turun hingga 89 hari dan naik kembali di 90 hari. Oleh karena itu, 89 hari merupakan titik optimal karena memiliki nilai $C(tp)$ terkecil yang bernilai Rp37.780/hari. Perhitungan interval penggantian pencegahan komponen *air preassure switch* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan Komponen *Air Preassure Switch*

tp (Hari)	$R_c(tp)$	$F_c(tp)$	$(C_p.R_c(tp)) + C_f.(1-R_c(tp))$	$(M_c(tp)+T_f).(1-R_c(tp))$	$(tp+T_p).R_c(tp) + (M_c(tp)+T_f).(1-R_c(tp))$	$C_c(tp)$
87	0,96081	0,0392	Rp7.483.014	113,903	197,854	Rp37.821
88	0,95682	0,0432	Rp7.500.621	113,906	198,465	Rp37.793
89	0,95249	0,0475	Rp7.519.747	113,910	199,039	Rp37.780
90	0,94779	0,0522	Rp7.540.494	113,914	199,571	Rp37.784
91	0,9427	0,0573	Rp7.562.967	113,918	200,058	Rp37.804

$$R(tp) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \tag{13}$$

$$= \exp \left[- \left(\frac{89}{126,170} \right)^{8,661} \right] = 0,9525$$

$$F(tp) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \tag{14}$$

$$= 1 - \exp \left[- \left(\frac{89}{126,170} \right)^{8,661} \right]$$

$$= 1 - 0,9525 = 0,0475$$

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

$$= 126,170 \Gamma\left(1 + \frac{1}{8,661}\right)$$

$$= 126,170 \times 0,90246 = 113,864$$

$$\begin{aligned} \text{Ekspektasi panjang siklus kerusakan} &= (M^{(tp)} + Tf) \times (1 - R_c(tp)) & (16) \\ &= \left(\frac{MTTF}{1-R_c(tp)} + Tf\right) \times (1 - R_c(tp)) \\ &= \left(\frac{113,864}{1-0,9525} + 0,875\right) \times (1 - 0,9525) = 113,910 \end{aligned}$$

$$C(tp) = \frac{C_p \times R(tp) + C_f (1-R(tp))}{(tp+Tp) \times R(tp) + [M(tp) \times Tf](1-R(tp))} \quad (17)$$

$$C(120) = \frac{7.310.000 \times 0,9525 + 12.025.000 \times 0,0475}{90 + 0,375 \times 0,9525 + 113,914}$$

$$= \frac{7.533,962}{199,417} = \text{Rp}37.780/\text{hari}$$

2. Komponen *Diapram*

Didapat nilai C(tp) terus turun hingga 127 hari dan naik kembali di 128 hari. Oleh karena itu, 127 hari merupakan titik optimal karena memiliki nilai C(tp) terkecil yang bernilai Rp23.539/hari. Perhitungan interval penggantian pencegahan komponen *diapram* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan Komponen *Diapram*

tp (Hari)	R _c (tp)	F _c (tp)	(C _p .R _c (tp) + C _f .(1-R _c (tp))	(M _c (tp)+Tf).(1-R _c (tp))	(tp+Tp).R _c (tp) + (M _c (tp)+Tf).(1-R _c (tp))	C _c (tp)
125	0,0035	0,9965	Rp6.335.488	0,000	125,059	Rp50.660
126	0,0055	0,9945	Rp6.344.446	0,000	125,798	Rp50.434
127	0,0085	0,9915	Rp6.357.616	143,674	270,085	Rp23.539
128	0,0128	0,9872	Rp6.376.463	143,678	270,531	Rp23.570
129	0,0188	0,9812	Rp6.402.742	143,683	270,750	Rp23.648

$$F(tp) = \Phi\left(\frac{\ln(tp)-\mu}{\sigma}\right) \quad (18)$$

$$= \Phi\left(\frac{\ln(130)-4,966}{0,051}\right) = 0,0085$$

$$R(tp) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(tp)-\mu}{\sigma}\right) \quad (19)$$

$$= 1 - \Phi\left(\frac{\ln(127) - 4,966}{0,051}\right)$$

$$= 1 - 0,0085 = 0,9915$$

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (20)$$

$$= \exp\left(4,966 + \frac{0,051^2}{2}\right)$$

$$= 143,673$$

$$\begin{aligned} \text{Ekspektasi panjang siklus kerusakan} &= (M^{(tp)} + Tf) \times (1 - R_c(tp)) \\ &= \left(\frac{MTTF}{1-R_c(tp)} + Tf\right) \times (1 - R_c(tp)) \\ &= \left(\frac{143,673}{1-0,9915} + 0,875\right) \times (1 - 0,9915) = 143,674 \end{aligned}$$

$$C(tp) = \frac{C_p \times R(tp) + C_f (1-R(tp))}{(tp+Tp) \times R(tp) + [M(tp) \times Tf](1-R(tp))}$$

$$C(127) = \frac{6.320.000 \times 0,9915 + 10.725.000 \times 0,0085}{127 + 0,500 \times 0,9731 + 143,674}$$

$$= \frac{6.357.530}{270,085} = \text{Rp}23.539/\text{hari}$$

3. Komponen *Main Shaft*

Didapat nilai $C(tp)$ terus turun hingga 92 hari dan naik kembali di 93 hari. Oleh karena itu, 92 hari merupakan titik optimal karena memiliki nilai $C(tp)$ terkecil yang bernilai Rp27.861/hari. Perhitungan interval penggantian pencegahan komponen *Main Shaft* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan Komponen *Main Shaft*

tp (Hari)	$R_c(tp)$	$F_c(tp)$	$(C_p.R_c(tp)) + C_f.(1-R_c(tp))$	$(M_c(tp)+T_f).(1-R_c(tp))$	$(tp+T_p).R_c(tp) + (M_c(tp)+T_f).(1-R_c(tp))$	$C_c(tp)$
90	0,0110489	0,9890	Rp5.374.803	102,851	192,475	Rp27.925
91	0,0136231	0,9864	Rp5.387.570	102,853	193,230	Rp27.882
92	0,0167536	0,9832	Rp5.403.098	102,857	193,930	Rp27.861
93	0,02055	0,9795	Rp5.421.928	102,860	194,561	Rp27.867
94	0,0251408	0,9749	Rp5.444.699	102,865	195,111	Rp27.906

Perhitungan $C(tp)$ *main shaft* sama dengan komponen *air pressure switch*.

5. ANALISIS

5.1 Analisis Komponen Kritis

Terdapat tiga komponen kritis yang didapat karena telah memenuhi kriteria diagram pareto, yaitu 80% jumlah biaya penggantian komponen dialokasikan untuk ketiga komponen ini, komponen kritis tersebut adalah *air pressure switch*, *diapram* dan *main shaft*.

Air pressure switch merupakan suatu komponen yang digunakan untuk penggantian warna sesuai dengan yang diinginkan. Salah satu penyebab *air pressure switch* cepat mengalami kerusakan adalah frekuensi pemakai dan putaran mesin yang tinggi. Kerusakan *air pressure switch* dapat berimbas pada produk, karena warna produk dapat tidak sesuai dengan yang diinginkan.

Diapram merupakan suatu komponen yang berfungsi menarik benang dalam larutan *caustic soda* agar menambah daya serap dan kekuatan tarik benang proses ini dilakukan pada suhu rendah. Salah satu penyebab *diapram* cepat mengalami kerusakan saat laju putaran mesin yang sangat tinggi mengakibatkan waktu yang tidak sesuai. Kerusakan *diapram* dapat berimbas pada produk yang mengakibatkan warna yang akan diberikan tidak akan timbul.

Main shaft merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai poros penerus putaran yang akan di teruskan oleh v-belt mengikuti laju putaran pada mesin atau alat yang dikaitkan. Salah satu penyebab *main shaft* cepat mengalami kerusakan kurang lebih sama seperti *air pressure switch* yaitu frekuensi pemakai dan putaran mesin yang tinggi yang dapat menyebabkan keausan, fleksibilitas *main shaft* berkurang atau getas, Kerusakan *main shaft* dapat berimbas pada produk yang mengakibatkan penggumpalan benang.

5.2 Analisis Interval Penggantian Optimal

Pada komponen *air pressure switch* perhitungan interval berdasarkan distribusi weibull dan komponen *air pressure switch* harus diganti pada saat mesin sudah beroperasi selama 89 hari, yang berarti terdapat 4 kali penggantian pencegahan yang dilakukan dalam interval satu tahun.

Pada komponen *diapram* perhitungan interval berdasarkan distribusi log normal dan komponen *diapram* harus diganti pada saat mesin sudah beroperasi selama 127 hari, yang

berarti terdapat 2 kali penggantian pencegahan yang dilakukan dalam satu tahun.

Pada komponen *main shaft* perhitungan interval berdasarkan distribusi weibull dan komponen *main shaft* harus diganti pada saat mesin sudah beroperasi selama 92 hari, yang berarti terdapat 4 kali penggantian pencegahan yang dilakukan dalam satu tahun.

6. KESIMPULAN

Hasil perhitungan interval penggantian pencegahan untuk komponen *air pressure switch* yaitu pada titik 89 hari dengan ekspektasi biaya penggantian Rp 37.780/hari, pada komponen *diapram* yaitu pada titik 127 hari dengan ekspektasi biaya penggantian sebesar Rp 23.539/hari sedangkan pada komponen *main shaft* pada titik 92 hari dengan ekspektasi biaya penggantian sebesar Rp 27.861/hari.

REFERENSI

Corder, A.S, 1988, *Teknik Manajemen Pemmeliharaan*, Penerbit Erlangga, Jakarta

Ebeling, Charles., 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, McGraw Hill Companies, Singapore.

Jardine, A.K.S., 1973, *Maintenance, Replacement, and Reliability*, Pitman Publisihing Corporation, Canada.

Kurniawan, Fajar, Ir.,M.Si,.R.Q.P., 2013, *Manajemen Perawatan Industri*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Marulloh, 2013, Diagram Pareto, [online]. Available: marullohteknikindustri.blogspot.co.id/2013/10/diagram-pareto.html[2016,April 15]

O'Connor, Patrick D. T., 1991, *Practical Reliability Engineering*, John Wiley & Sons, New York.

Wignjosoebroto, Sritomo, 2006, *Pengantar Teknik & Manajemen Industri*, Guna Widya, Surabaya.