

# PENENTUAN PENJADWALAN PERAWATAN DAN PENGGANTIAN KOMPONEN MESIN *BELT CONVEYOR* COAL ASH HANDLING PT ABC

Bagus Setyawan

Wiwin Widiasih

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email : [bagusse145@gmail.com](mailto:bagusse145@gmail.com)

## ABSTRACT

Power plant department of PT ABC is a steam power plant that supplies electricity and steam for organizing the activity of the whole company. Electricity supply from department to department will remain stable if the power plant continues to operate. Power plant of PT ABC consists of boiler machine, turbine machine, water treatment plant, and coal ash handling. In order to keep the machining will operate well so that maintenance is needed. *Belt conveyor* which is part of coal ash handling machine is critical component, therefore internal of maintenance optimum will be needed. In this research has intention to determine what is the component of *belt conveyor* that frequently broken. Then, chi square test is needed to generate the distribution for determining interval of age replacement. The critical component is carrier roll which has scheduling of age replacement in 9 days. The reliability of component is 63,68% and has 40 frequency in one year. The total cost of maintenance is Rp. 611.712,00.

Keywords: Maintenance machine, Maintenance scheduling, Age Replacement, total cost of maintenance

## ABSTRAK

PT ABC memiliki Departemen *Power Plant* yang merupakan unit pembangkit listrik tenaga uap yang bertugas untuk menyuplai listrik dan *steam* untuk operasional perusahaan. Suplai listrik dari departemen satu ke departemen yang lain akan tetap stabil apabila PLTU PT ABC tetap beroperasi. PLTU PT ABC terdiri atas mesin *boiler*, turbin, *Water Treatment Plant* (WTP), dan *coal ash handling*. Untuk menjaga mesin-mesin tersebut dapat beroperasi dengan baik maka diperlukan perawatan mesin. Mesin *belt conveyor* dalam mesin *coal ash handling* merupakan komponen kritis sehingga diperlukan interval perawatan yang optimal. Pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan komponen *belt conveyor* yang paling sering mengalami kerusakan, untuk selanjutnya akan dilakukan uji distribusi *chi square* untuk menentukan distribusi apa yang digunakan

untuk menentukan interval penggantian komponen. Komponen yang paling sering mengalami kerusakan adalah *carrier roll* dengan jadwal penggantian komponen interval waktu 9 hari dan tingkat keandalan 63,68% dengan frekuensi 40 dalam satu tahun. Total biaya perawatan yang dikeluarkan adalah Rp. 611.712,00.

Kata kunci: Perawatan mesin, Penjadwalan komponen, Penggantian komponen, Biaya perawatan

## PENDAHULUAN

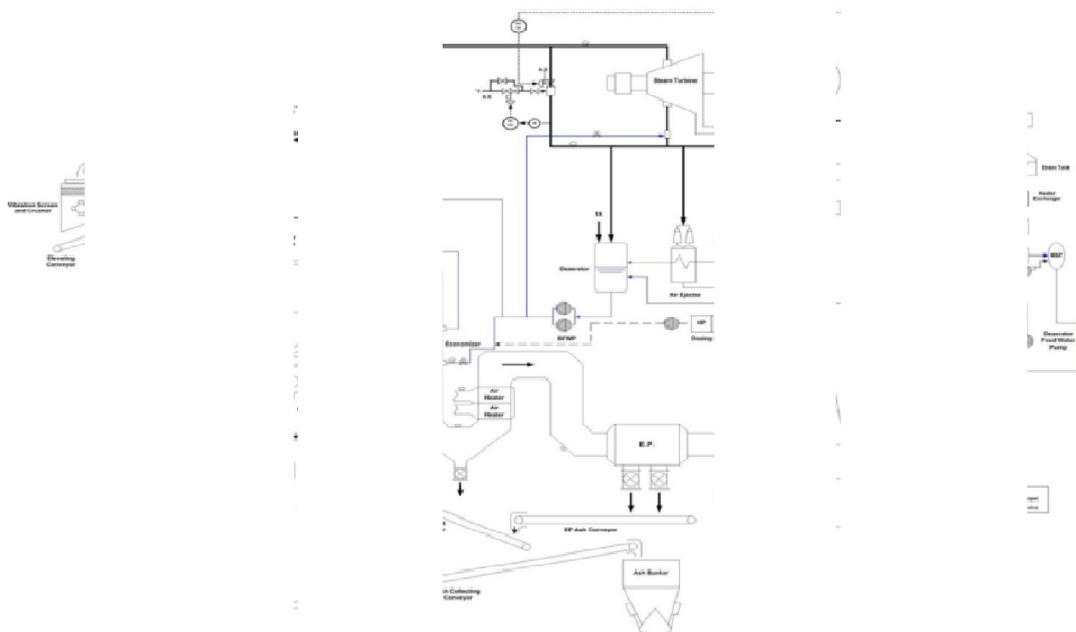
PT ABC adalah perusahaan yang bergerak dibidang kertas diIndonesia yang memproduksi tisu, *hand towel*, *laminating craf*, *duplek* dan beberapa macam produk lainnya. Produk-produk tersebut telah banyak dijual di dalam dan luar negeri. PT ABC terdiri atas beberapa departemen salah satunya departemen *power plant* yang merupakan berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di perusahaan. Pembangkit tersebut merupakan pembangkit *turbo generator* yang berbahan bakar batu bara, Kapasitas pembangkit tersebut adalah 1x24 Megawatt. Produk utama yang dihasilkan berupa listrik, *steam* dan produk samping yaitu air bersih dan air demin. Listrik tersebut digunakan untuk menjalankan mesin-mesin dan penerangan diperusahaan setiap harinya. Sedangkan steam berfungsi untuk menjalankan turbin dan menyuplai mesin-mesin yang membutuhkan *steam* dalam proses produksi. Sedangkan air bersih digunakan untuk menyuplai *cooling tower* dan *soda plant*. Sedangkan air demin digunakan untuk menyuplai *boiler* dan isi ulang air radiator.

Mesin *belt conveyor coal ash handling* adalah menangani batu bara untuk bahan bakar PLTU dan pembuangan abu batu bara dari suatu tempat ketempat lain. Merupakan mesin paling kritis pada sebuah unit pembangkit listrik tenaga uap. Karena secara umum berfungsi untuk melakukan penimbangan batu bara, pemindahan batu bara, pemindahan abu batu bara ke *ash bunker*, pemisahan antara batu bara dan logam, dan memindahkan batu bara sebagai suplai *coal bunker*. Pemakaian batu bara per hari 500 ton untuk bahan bakar *boiler*. Komponen-komponen dalam mesin *belt conveyor* antara lain *drive (motor) head drum*, *tail drum*, *snub drum*, *return roll*, *carrier roll*, *bend pully*, *rubber skirt*, *tension roller*, *belt cleaner*, *scapper*, *tension guide*, *support*, dan *bracket*.

Tabel 1 Data Kerusakan pada Komponen *Belt Conveyor Ash Handling*

No	Bulan	Jumlah Data Kerusakan								
		Return Roll	Carrier Roll	Bend Pulley	Rubber Skirt	Belt Cleaner	Scraper	Support	Bracket	Guide Roll
1	Januari	5	7	1			1		2	
2	Februari	5	10		1					2
3	Maret	3	5				1			
4	April	7	6		1				2	1
5	Mei	5	3							
6	Juni	3	6			1	1			1
7	Juli	4	2						4	
8	Agustus	4	7		1		1	3		2
9	September	2	9							
10	Oktober	6	4			1			3	1
11	November	4	6	1	1		1	2		
12	Desember	6	5		1		1		2	1

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa komponen mesin *belt conveyor* di PT ABC yang digunakan untuk proses produksi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang kerusakan komponen paling banyak ada pada *carrier roll* sebanyak 70 kali, *return roll* sebanyak 54 kali, *Bracket* dan yang lainnya kurang dari 10 kali kerusakan komponen acak. Semakin banyak komponen yang rusak maka *belt conveyor* cepat rusak. Gambar 1 adalah penjelasan Proses produksi pembangkit listrik tenaga uap ( PLTU ) di PT ABC.



Gambar 1 Proses produksi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di PT ABC

Untuk dapat menjamin agar mesin-mesin dapat berfungsi dengan baik maka perlu adanya suatu jadwal perawatan dan penggantian komponen secara teratur dan terencana (Aziza, Prastiyo, dan Widiasih, 2019). Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) adalah konsep dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas atau mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya (Ansori dan Mustajib, 2013). Selain bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan mesin, perawatan juga merupakan salah satu upaya dalam menjaga kualitas produk melalui *tools-tools* yang dimiliki (Widiasih dan Aziza, 2019). Agar menjaga pembangkit dapat menghasilkan listrik dan steam sesuai dengan kapasitasnya maka perlu dilakukan perawatan dan pemeliharaan secara berkala.

Selama ini PT ABC Departemen *Power Plant* telah menerapkan metode *Preventive maintenance* pada motor, *Gearbox* saja. Penentuan penjadwalan perawatan pencegahan mesin *belt conveyor* belum dilakukan perhitungan secara optimal. Apabila mesin mendadak mengalami kerusakan pada saat proses produksi maka terjadi penumpukan abu pada furnace dan menyebabkan cerobong asap menjadi hitam yang akan mencemari lingkungan dan beban *conveyor* menjadi berat yang lebih fatal lagi kalau sampai *belt conveyor* putus semua proses produksi perusahaan akan berhenti. Oleh karena itu penelitian ini akan melakukan penjadwalan perawatan dan penggantian komponen yang optimal. Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat disimpulkan rumusan masalah yaitu bagaimana penentuan penjadwalan perawatan dan penggantian komponen mesin *belt conveyor coal ash handling* secara optimal.

## MATERI DAN METODE

### 1. Konsep Manajemen Perawatan

Menurut Kurniawan (2013) definisi perawatan adalah kegiatan meliputi pemeliharaan, perbaikan, penggantian pembersihan, penyetelan, dan pemeriksaan terhadap objek yang dirawat. Konsep ini berawal dari keinginan manusia untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan terhadap objek yang dimilikinya, sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia, dapat berfungsi dengan baik dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang diinginkan.

Konsep perawatan yang dilakukan akan menjadi efisien jika konsep manajemen masuk ke dalam aktivitas tersebut. Efisiensi adalah penggunaan sumber daya yang sekecil mungkin untuk memperoleh output yang semaksimal mungkin. Sumber daya perawatan yang berupa manusia mesin, dan bahan baku, akan berfungsi dengan baik apabila konsep manajemen diterapkan.

Secara umum manajemen perawatan industri memiliki tujuan (Kurniawan, 2013):

1. Mengatasi segala permasalahan, yang berkenaan dengan kontinuitas aktivitas produksi
2. Memperpanjang umur pengoperasian peralatan dan fasilitas industri
3. Meminimasi *downtime*, yaitu waktu selama proses produksi terhenti (waktu menunggu) yang dapat mengganggu kontinuitas proses

## 2. Konsep *Preventive Maintenance*

Perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah inspeksi secara periodik untuk mendeteksi kondisi yang dapat menyebabkan mesin rusak (*breakdown*) atau terhentinya proses sehingga dapat mengembalikan kondisi peralatan seperti pada saat awal peralatan tersebut ada. *Preventive maintenance* merupakan proses deteksi dan perawatan dari ketidak normalan peralatan sebelum timbul kerusakan yang menyebabkan kerugian. Perawatan terencana memiliki rumus sebagai berikut :

$$C(tp) = \frac{(C_p \cdot R(tp) + C_f(1 - R(tp)))}{tp \cdot R(tp) + T_f(1 - R(tp))} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- $C_p$  = biaya pemeliharaan pencegahan
- $C_f$  = biaya perbaikan kerusakan
- $T_p$  = interval ( ke-1,2,3)
- $T_f$  = Rata-rata selang waktu kerusakan =  $\mu$

## 3. Keandalan

Menurut Kurniawan (2013) *reliability* atau keandalan menunjukkan keberadaan atau kondisi suatu fasilitas. Kondisi tersebut dapat dikatakan positif maupun negatif. Konsep *reliability* melibatkan metode statistik. Melalui pengukuran ini, perusahaan memiliki gambaran terhadap kondisi peralatan yang dimiliki, sehingga mampu memprediksi perlakuan terhadap peralatan tersebut. *Reliability* juga dapat dikuantifikasi dengan menggunakan rata – rata banyaknya kegagalan dalam ragka waktu tertentu (*failure rate*). Dapat pula dinyatakan sebagai lamanya waktu rata – rata antar kegagalan (*mean time between failure*, MTBF).

### A. Distribusi Eksponensial

Menurut Lewis dan Mayangsari (2012) persamaan yang digunakan pada distribusi ini adalah sebagai berikut:

1. *Probabilitas density function (PDF)*  $\rightarrow f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$  ..... (2)
2. Fungsi keandalan  $\rightarrow R(t) = e^{-\lambda t}$  ..... (3)
3.  $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$  ..... (4)
4. Laju kerusakan  $\rightarrow h(t) = \lambda$  ..... (5)
5.  $MTTF = \frac{1}{\lambda}$  ..... (6)

Keterangan :

- R(t) : Fungsi keandalan
- h(t) : Fungsi laju kerusakan
- f(t) : *Probability Density Function*
- t : interval waktu (hari)
- $\lambda$  : *Hazard Rate Function*
- e : Scale parameter
- MTTF : Waktu antar kerusakan (hari)

## B. Distribusi Normal

Distribusi normal (*Gaussian*) adalah distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Model distribusi ini digunakan jika pengaruh suatu kerandoman diakibatkan oleh sejumlah besar variasi random yang tidak bergantung (saling bebas/*independent*) yang kecil atau sedikit. Persamaan yang digunakan pada distribusi ini adalah sebagai berikut :

$$1. \text{PDF} \rightarrow f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^1 \exp \left[ -\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dx \dots\dots\dots (7)$$

$$2. \text{Fungsi keandalan } R(t) = 1 - \left( \Phi \left( \frac{t-\mu}{\sigma} \right) \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$3. F(t) = \Phi \left( \frac{t-\mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots (9)$$

$$4. \text{Laju kerusakan} \rightarrow \lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi \left( \frac{t-\mu}{\sigma} \right)} \dots\dots\dots (10)$$

$$5. \text{MTTF} = \mu \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

- R(t) : Fungsi keandalan
- $\lambda(t)$  : Fungsi laju kerusakan
- f(t) : *Probability Density Function*
- t : interval waktu (hari)
- $\mu$  : mean
- MTTF : Waktu antar kerusakan (hari)

### C. Distribusi Lognormal

*Time to Failure* (t) dari suatu komponen diasumsikan memiliki distribusi lognormal apabila  $y = \ln(t)$ , mengikuti distribusi normal dengan rata – rata  $t_0$  dan variannya adalah  $s$ . Menurut Lewis dan Mayangsari (2012) persamaan yang digunakan untuk distribusi ini adalah sebagai berikut:

$$1. \text{PDF} \rightarrow f(t) = \frac{1}{t \cdot s \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2s^2} [\ln t - t_{med}]^2\right\} \dots\dots\dots (12)$$

$$2. \text{Fungsi keandalan } R(t) = 1 - \Phi\left[\frac{1}{s} \ln\left(\frac{t}{t_{med}}\right)\right] \dots\dots\dots (13)$$

$$3. F(t) = \Phi\left[\frac{1}{s} \ln\left(\frac{t}{t_{med}}\right)\right] \dots\dots\dots (14)$$

$$4. \text{Laju kerusakan} \rightarrow \lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (15)$$

$$5. \text{MTTF} = \exp(t_0 + 0,5 s^2) \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan :

- R(t) : Fungsi keandalan
- $\lambda(t)$  : Fungsi laju kerusakan
- f(t) : *Probability Density Function*
- t : interval waktu (hari)
- tmed : median
- s : parameter skala
- MTTF : Waktu antar kerusakan (hari)

Menurut Ansori dan Mustajib (2013) model *Age Replacement* dalam manajemen perawatan adalah kegiatan penggantian di interval waktu penggantian komponen yang dilakukan dengan mempertimbangkan umur pemakaian, sehingga dapat mengantisipasi terjadinya penggantian peralatan dalam waktu yang relatif singkat. Pendekatan *age replacement* mempunyai dua jenis siklus penggantian pencegahan, yaitu (Jardine, 2006):

- a. Siklus pertama itu siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian yang ditentukan melalui komponen yang telah mencapai umur penggantian sesuai dengan rencana.
- b. Siklus kedua yaitu siklus kerusakan yang diakhiri dengan aktivitas kerusakan, ditentukan melalui komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum mencapai waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya.

#### 4. Pengujian Distribusi dan laju kerusakan dengan metode *chi-square goodness of fit*

Uji *Chi-Square Goodness Of Fit* meliputi perhitungan distribusi frekuensi kumulatif yang dihitung secara teoritis akan dibandingkan dengan distribusi frekuensi kumulatif hasil observasi dibawah  $H_0$ . Sedangkan distribusi sampling menunjukkan apakah

perbedaan yang diamati mungkin terjadi apabila observasi benar-benar suatu sampel random dari teoritis tersebut. rumus yang akan digunakan:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

$O_i$  = Frekuensi hasil pengamatan pada klasifikasi ke - i

$E_i$  = Frekuensi yang diharapkan pada klasifikasi ke - i

$X^2$  = Nilai Chi Square

Kemudian menyusun data tersebut kedalam distribusi frekuensi karena data berskala rasio (untuk mengelompokkan data kedalam interval/kelas) dan standar deviasi, maka akan dilakukan perhitungan *Chi Square*. Rumus rata-rata dan standart deviasi:

$$X = \frac{\sum O_i X_i}{\sum O_i} \dots\dots\dots(18)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum O_i (X_i - X)^2}{\sum O_i}} \dots\dots\dots(19)$$

Dimana :

$X$  = Rata -rata

$S$  = Standar deviasi

$O_i$  = Frekuensi hasil pengamatan pada klasifikasi ke - i

$E_i$  = Frekuensi yang diharapkan pada klasifikasi ke - i

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Menentukan Data Pengujian Distribusi Kerusakan

Dari data waktu kerusakan dapat diketahui komponen paling banyak mengalami kerusakan dalam rentang satu tahun adalah komponen *Carrier Roll* yang mengalami kerusakan 34 kali.

Tabel 2 Distribusi Antar Kerusakan Komponen Carrier Roll

No	Waktu Antar Kerusakan ( Hari )	No	Waktu Antar Kerusakan ( Hari )	No	Waktu Antar Kerusakan ( Hari )
1	4	12	7	23	14
2	4	13	8	24	14
3	5	14	9	25	15
4	5	15	9	26	15
5	5	16	10	27	16
6	5	17	11	28	17
7	5	18	12	29	17
8	6	19	12	30	18
9	6	20	12	31	19
10	6	21	13	32	20
11	7	22	13	33	20

$H_0$  = Pola kerusakan komponen adalah berdistribusi normal

$H_1$  = Pola kerusakan komponen tidak berdistribusi normal

Pengelompokan data antar kerusakan dengan urutan sebagai berikut:

1. Menghitung range dari data kerusakan

$$\begin{aligned} R &= \text{Waktu maks} - \text{Waktu min} \\ &= 20 - 4 \\ &= 16 \end{aligned}$$

Jadi range dari data kerusakan = 16 Hari

2. Menentukan kelas interval

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,32 \log n \\ &= 1 + 3,32 \log 20 \\ &= 5,31 \text{ dibulatkan keatas} = 6 \end{aligned}$$

Jadi terdapat 6 kelas interval

3. Menentukan lebar kelas

$$\begin{aligned} L &= R/K \\ &= 16/6 \\ &= 2,6 \text{ dibulatkan } 3 \end{aligned}$$

Jadi lebar kelas = 3

Tabel 3 Pengelompokan kelas data frekuensi waktu antar kerusakan

kelas	batas kelas bawah	batas kelas atas	titik tengah (Xi)	Frekuensi (Oi)	OiXi	(Xi - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Oi (Xi - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
3-5	3	5	4	7	28	46.49	325.413
6-8	6	8	7	6	42	14.58	87.471
9-11	9	11	10	4	40	0.669	2.67767
12-14	12	14	13	7	91	4.76	33.3224
15-17	15	17	16	5	80	26.85	134.256
18-20	18	20	19	4	76	66.94	267.769
$\Sigma$				33	357	160.3	850.909

Mencari X ( Rata-rata sampel ) dan S ( Standar deviasi )

$$\begin{aligned} X &= \sum \frac{O_i \cdot X_i}{O_i} \\ &= \frac{357}{33} \\ &= 10,818 \end{aligned}$$

Jadi nilai rata-rata untuk sampel = 10,818

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\sum \frac{O_i (X_i - X)^2}{O_i}} \\ &= \sqrt{\frac{850,9093}{33}} \\ &= 5,077 \end{aligned}$$

**B. Menentukan Fungsi Padat Probabilitas**

$$F(tp) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(tp - \mu)^2}{2\sigma^2} \right]$$

Diketahui bahwa besarnya  $X = 10,818$  dan  $S = 5,077$  Atau dapat disimpulkan  $\mu = 10,818$  dan  $\sigma = 5,077$  sedangkan  $tp = 1$  hari.

$$\begin{aligned} F(1) &= \frac{1}{5,077\sqrt{2} \times 3,14} \exp \left[ \frac{-(1-10,818)^2}{2(5,077)^2} \right] \\ &= \frac{1}{12,722926} \exp \frac{-96,393124}{51,551858} \\ &= 0,078598 \exp [-1,869828] \\ &= 0,012150 \end{aligned}$$

Tabel 4 Fungsi Padat Probabilitas Kerusakan Komponen Carrier Roll

No	Fungsi Padat Probabilitas	No	Fungsi Padat Probabilitas
1	0.012116	18	0.028979
2	0.017333	19	0.021519
3	0.023943	20	0.015371
4	0.031816	21	0.010562
5	0.04067	22	0.006981
6	0.050008	23	0.004439
7	0.059151	24	0.002715
8	0.067303	25	0.001597
9	0.073665	26	0.000904
10	0.07756	27	0.000492
11	0.078553	28	0.000258
12	0.076531	29	0.00013
13	0.071725	30	0.000063
14	0.064662	31	0.000029
15	0.056076	32	0.000013
16	0.04678	33	0.000006
17	0.03754		

### C. Menentukan Tingkat Keandalan Komponen

$$R(tp) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{tp}^{\infty} \exp\left[-\frac{tp-\mu}{2\sigma^2}\right] R(tp) = 1 - \phi\left[\frac{tp-\mu}{\sigma}\right]$$

Dimana nilai  $\phi$  (tp) dapat dilihat pada tabel distribusi normal pada lampiran. Diketahui bahwa besarnya  $X = 10,818$  dan  $S = 5,077$  atau dapat disimpulkan  $\mu = 10,818$  dan  $\sigma = 5,077$  sedangkan  $tp = 1$  hari

$$\begin{aligned} R(1) &= 1 - \phi\left[\frac{1-10,818}{5,077}\right] \\ &= 1 - \phi[-1,9338] \\ &= 1 - 0,0268 \\ &= 0,9732 \end{aligned}$$

Tabel 5 Tingkat Keandalan Komponen *Carrier roll*

No	Fungsi Keandalan R (tp)	No	Fungsi Keandalan R (tp)
1	0.97320	18	0.07930
2	0.95820	19	0.05370
3	0.93700	20	0.03590
4	0.90990	21	0.02280
5	0.87290	22	0.01390
6	0.82640	23	0.00840
7	0.77340	24	0.00480
8	0.70880	25	0.00260
9	<b>0.63680</b>	26	0.00140
10	0.55960	27	0.00074
11	0.48800	28	0.00036
12	0.40900	29	0.00017
13	0.33720	30	0.00008
14	0.26760	31	0.00004
15	0.20610	32	0.00003
16	0.15390	33	0.00003
17	0.11310		

Dapat diketahui bahwa tingkat keandalan komponen *carrier roll* semakin menurun sesuai bertambahnya waktu. Dan pada interval ke 9 dengan nilai fungsi keandalan sebesar

0.63680 (63,680%) merupakan batas keandalan minimal yang telah ditetapkan yaitu sebesar 60%.

#### D. Menentukan Total Biaya Pencegahan

Tabel 7 Biaya Pemeliharaan Pencegahan

Biaya Mekanik	Rp 1,419,000
Biaya Material	Rp 4,000,000
Total	Rp 5,419,000

#### E. Biaya Perbaikan Kerusakan

Tabel 8 Biaya Perbaikan Kerusakan

Biaya Mekanik	Rp 1,419,000
Biaya Material	Rp 4,000,000
Biaya Komponen	Rp 1,350,000
Total	Rp 6,769,000

#### F. Total Biaya Pencegahan

Selanjutnya menentukan biaya perawatan pencegahan, biaya perbaikan kerusakan dan nilai umur komponen maka selanjutnya akan dihitung total biaya pemeliharaan sebagai berikut :

Sebagai contoh perhitungan :

Bila  $(tp) = 1$  maka

$$C(tp) = \frac{(Cp \cdot R(tp) + Cf(1 - R(tp)))}{tp \cdot R(tp) + Tf(1 - R(tp))}$$

$$C(1) = \frac{(Rp.5.419.000 \cdot 0,9723) + Rp.6.769.000[1 - 0,9723]}{1 \cdot 0,9723 + 10,818[1 - 0,9723]}$$

$$= \frac{5.273.770,8 + 181409,2}{0,9732 + 0,28992}$$

$$= \frac{5.455.180}{1,271959}$$

$$= Rp 4.318.805,505$$

Hasil berikutnya bisa dilihat pada tabel dibawah dan pada lampiran

Tabel 9 Total Cost Pemeliharaan Pencegahan Komponen *Carrier Roll*

No	Total Cost (tp) dalam Rupiah	No	Total Cost (tp) dalam Rupiah
1	Rp.4.318.805,525	18	Rp.585.020,9377
2	Rp.2.311.680,98	19	Rp.594.855,013
3	Rp.1.575.947,435	20	Rp.602.866,5025
4	Rp.1.200.752,625	21	Rp.609.785,4096
5	Rp.974.059,8248	22	Rp.615.143,5898
6	Rp.826.949,276	23	Rp.618.814,7009
7	Rp.727882,3156	24	Rp.621.482,3971
8	Rp.658.925,5771	25	Rp.623.267,5293
9	Rp.611.712,0036	26	Rp.624.315,059
10	Rp.580.443,679	27	Rp.624.932,3013
11	Rp.560.218,4909	28	Rp.625.313,9312
12	Rp.550.093,7137	29	Rp.625.516,4602
13	Rp.546.469,2288	30	Rp.625.617,6698
14	Rp.549.101,3533	31	Rp.625.664,7175
15	Rp.555.720,4541	32	Rp.625.673,6343
16	Rp.564.868,4486	33	Rp.625.671,8022
17	Rp.574.473,3161	34	

Bersarkan tabel diatas dengan memperhatikan tingkat keandalan komponen yang telah ditetapkan 60% = 0.63680 (63,680%) Dengan total cost Rp. 611.712,0036 pada interval hari yang ke-9.

#### G. Biaya Pemeliharaan Metode Perusahaan

- a) Pemeliharaan pencegahan yang dilakukan oleh perusahaan dalam 1 tahun sebanyak 11 kali , maka biaya pemeliharaan pencegahan yaitu:

$$\text{Rp } 5.419.000 \times 11 \text{ kali} = \text{Rp. } 59.609.000$$

- b) Biaya kerugian yang timbul setiap kali melakukan pemeliharaan sebesar Rp 6.220.000, maka biaya kerugian :

$$\text{Rp } 6.220.000 \times 11 \text{ kali} = \text{Rp. } 68.420.000$$

- c) Pemeliharaan perbaikan yang dilakukan oleh perusahaan selama tahun 2018 adalah 31 kali, maka jumlah perbaikan sebesar :

$$\text{Rp. } 6.769.000 \times 31 = \text{Rp. } 20.939.000$$

- d) Biaya kerugian yang timbul setiap kali melakukan pemeliharaan sebesar Rp 6.220.000, maka biaya kerugian :

$$\text{Rp } 6.220.000 \times 31 = \text{Rp } 192.820.000$$

Total biaya perusahaan yang harus di keluarkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & \text{Biaya pencegahan} + \text{Biaya kerugian} + \text{Biaya Perbaikan} + \text{biaya kerugian perbaikan} \\ & = \text{Rp. } 59.609.000 + \text{Rp. } 68.420.000 + \text{Rp. } 20.939.000 + \text{Rp } 192.820.000 \\ & = \text{Rp } 530.688.000 \end{aligned}$$

#### H. Biaya Metode Usulan

Perhitungan biaya optimal setiap kali melakukan kegiatan pemeliharaan yaitu sebesar Rp.611.712 dengan interval waktu setiap 9 hari. Dengan interval pemeliharaan pencegahan setiap 9 hari sekali maka diketahui frekuensi dalam 1 tahun jumlah perawatan yaitu 40 kali.

- Biaya pemeliharaan dalam satu tahun ialah  
 $\text{Rp. } 611.712 \times 40 \text{ kali} = \text{Rp. } 24.468.480$
- Biaya yang timbul setiap kali melakukan pemeliharaan ialah  
 $\text{Rp } 6.220.000 \times 40 \text{ kali} = \text{Rp. } 248.800.000$

Dengan interval waktu 9 hari maka diharapkan kerusakan yang terjadi diharapkan dapat dihindari karena sudah dilakukan perhitungan perawatan pencegahan secara optimal. Dengan demikian jumlah kerusakan pada interval dibawah 9 hari yang terjadi pada tahun 2018 adalah 14 kali.

- Biaya perbaikan yang masih mungkin terjadi  
 $\text{Rp. } 6.769.000 \times 14 \text{ kali} = \text{Rp. } 94.766.000$
- Biaya yang timbul setiap melakukan pemeliharaan  
 $\text{Rp. } 6.220.000 \times 14 \text{ kali} = \text{Rp } 87.080.000$

Total biaya perawatan dalam 1 tahun yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & \text{Biaya pencegahan} + \text{Biaya kerugian} + \text{Biaya Perbaikan} + \text{biaya kerugian perbaikan} \\ & \text{Rp. } 24.468.480 + \text{Rp. } 248.800.000 + \text{Rp. } 94.766.000 + \text{Rp } 87.080.000 = \text{Rp. } 455.114.480 \end{aligned}$$

Jumlah biaya pemeliharaan perusahaan – jumlah usulan pemeliharaan Tc pemeliharaan perusahaan – Tc pemeliharaan metode usulan

$$\begin{aligned} & = \text{Rp. } 530.688.000 - \text{Rp } 455.114.480 \\ & = \text{Rp. } 75.573.520 \end{aligned}$$

Prosentase jumlah penghematan biaya sebesar:

$$\frac{\text{Rp. } 75.573.520}{\text{Rp. } 530.688.000} \times 100\% = 14\%$$

Jadi prosentase efisiensi biaya pemeliharaan dalam 1 tahun adalah 14% atau lebih efisien sebesar Rp. 75.573.520.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan antara lain:

- a. Waktu yang optimal untuk melakukan perawatan dalam 1 tahun adalah 40 kali dalam setiap interval waktu perawatan 9 hari sekali. Adapun presentase penghematan dalam satu tahun adalah sebesar 14% atau efisien sebesar Rp. 75.573.520.
- b. Penjadwalan perawatan mesin yang harus dilakukan PT ABC agar tercapai minimal biaya yaitu setiap waktu interval 9 hari dengan tingkat keandalan komponen 63,68%. Biaya yang optimal dalam pemeliharaan atau perawatan pencegahan adalah sebesar Rp. 611.712

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N., & Mustajib, M. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Aziza, Nur., Prastiyo, Wahyu Aji., Widiasih, Wiwin. (2019). Penjadwalan Penggantian Komponen Mesin Selang Hidrolik di CV. Rhoda Jaya. Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2019, hal 54-59.
- Kurniawan, F. (2013). *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mochamad, F. F. (2012). *Penentuan Kebijakan Perawatan Dan Optimasi Persediaan Suku Cadang Pada Coal handling System PLTU Paiton*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Oloni, T. F. (2015). *Studi Keandalan (Reliability) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin Sibolga*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Riky, K. Putra, F. F. Evi, F. (2017). *Usulan Penjadwalan Preventive maintenance Pada Komponen Kritis Mesin Stone Crusher Menggunakan Model Age Replacement*. Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Rizqi, F. F. (2018). *Penentuan interval waktu perawatan Preventive maintenance dan biaya perawatan mesin bandsaw di CV Bening Sisi Jati dengan metode age replacement*
- Sudja, M. A. (1996). *Metode Statistika edisi ke -6* penerbit starsito, Bandung.
- Warga, B. P. (2012). *Penentuan Waktu Perawatan Dan Pergantian Komponen Kritis Mesin Pulverizer Berdasarkan Nilai Keandalan di PT. pjb up paiton*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Widiasih, Wiwin., dan Aziza, Nur. (2019). Perhitungan Biaya Penggantian dengan Mempertimbangkan Penjadwalan Perawatan pada Mesin Bucket Raw Material. Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management Vol. 14 No. 02 UPN Jatim, hal 68-76.