

## **Bab 4**

### **Pengumpulan dan Pengolahan data**

#### **4.1. Gambaran Umum Perusahaan**

##### **4.1.1. Sejarah Perusahaan**

PT Waskita Beton Precast, Tbk adalah salah satu anak perusahaan dari PT Waskita Karya (Persero), Tbk yang bergerak sebagai industri manufaktur dengan memproduksi produk beton *precast* dan *readymix*. Perkembangan yang pesat yang terjadi pada PT Waskita Beton Precast yakni dapat memproduksi *precast* sebanyak 800.000 Ton per tahun pada 2014. Pada tahun 2016 sampai saat ini, PT Waskita Beton Precast memiliki kapasitas produksi yang sangat besar yakni sebesar 2.650.000 Ton per tahun. PT Waskita Beton Precast mengoperasikan sepuluh pabrik *precast* yang tersebar diseluruh Indonesia yakni *Precast Plant Karawang, Precast Plant Cibitung, Precast Plant Sadang, Precast Plant Sidoarjo, Precast Plant Subang, Precast Plant Kalijati, dan Precast Plant Bojanegara, Precast Plant Klaten, dan 2 Precast Plant di Palembang* serta 41 *batching plant* yang tersebar di Jawa, Sumatra dan Sulawesi.

##### **4.1.2. Visi, Misi dan Budaya Perusahaan**

Berikut ini adalah Visi, Misi, dan Motto PT. Waskita Beton Precast Tbk :

1. Visi

Mejadi perusahaan yang terdepan di Indonesia di bidang manufaktur *precast, ready mix, quarry, jasa kontruksi dan postension precast concrete.*

2. Misi

- a. Membuat produk secara teru menurus, memenuhi persyaratan yang di tetapkan oleh pelanggan serta melakukan inovasi dalam pengembangan produk dan mendapatkan pengakuan dari pelanggan.
- b. Menjadikan SDM yang kompeten dan ahli di industri *precast, ready mix, quarry, jasa konstruksi dan postension precast concrete.*

- c. Menjalin hubungan saling menguntungkan dengan pihak-pihak yang berkontribusi terhadap kemajuan perusahaan.
- d. Memanfaatkan teknologi informasi dalam mencapai daya saing

### 3. Moto

IPTEX (*Integrity, professionalism, teamwork, excellence*)

#### 4.1.3. Struktur Organisasi

Setiap perusahaan mempunyai susunan atau struktur organisasi. Dengan adanya struktur organisasi inilah setiap kegiatan dapat dilaksanakan oleh masing-masing bagian dengan tanggungjawab yang berbeda-beda dalam setiap bagiannya. Pengorganisasian dalam sebuah perusahaan dapat berjalan dengan baik apabila dalam penempatan pada setiap bidang dilakukan oleh para ahlinya, agar tujuan yang diinginkan perusahaan dapat terwujud dan kesejahteraan karyawannya juga terjamin.



Gambar 4.1. Struktur Organisasi

#### 4.1.4. Produk Perusahaan

PT Waskita Beton Precast memproduksi berbagai beton pracetak yang di buat dengan cetakan menyesuaikan ukuran yang sudah ditentukan atau disesuaikan

dengan aplikasi kerja sehingga bisa menghemat biaya dan efisien waktu. Berikut adalah beberapa produk yang dihasilkan oleh PT Waskita Beton Precast Plant Subang :

a. Spun Pile

Merupakan tiang pancang bulat yang merupakan tiang yang paling sederhana digunakan sebagai pondasi atau paku bumi. Spun Pile ini dibuat melalui proses *spinning* atau pemutaran agar terciptanya kepadatan dan homogenitas pada materialnya.

b. *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)*

CCSP atau sheet pile merupakan dinding tipis yang berbentuk vertical dengan fungsinya sebagai penahan tanah dan air agar tidak masuk ke lubang galian. Sheet pile digunakan untuk struktur pelabuhan, dinding sungai dan penahan tanah.

c. *Flate Concrete Sheet Pile (FCSP)*

Tiang pancang yang berbentuk kotak yang terisi penuh sehingga luas penampang pada tiang akan selalu sama pada panjang tiang.

d. Girder

Merupakan balok yang memiliki dua penyangga yang digunakan [ada jembatan atau *fly over*. Girder yang diproduksi merupakan girder yang menyerupai huruf I atau PCI Girder.

#### **4.1.5. Data Spesifikasi Mesin Divisi Forming**

Divisi Forming merupakan sebuah work station yang didalamnya terdapat tiga buah mesin yaitu mesin Cutting, mesin Heading, dan mesin Wirecaging. Mesin pada divisi ini berfungsi untuk membuat kerangka tulangan beton. Berikut spesifikasi dari ketiga mesin:

## 1. Mesin Cutting

Mesin Cutting yang digunakan oleh PT Waskita Beton Precast adalah mesin Cutting tipe QDJ. Mesin cutting ini memotong baja beton untuk kebutuhan konstruksi sangkar. Mesin ini bisa memotong baja berdiameter 7-14mm. Panjang maksimum 15M. Mesin ini adalah produk terbaru yang menggunakan preasure dan listrik. Sudah menggunakan sistem otomatis. deteksi panjang dan kecepatannya dapat diatur, mudah dioperasikan, sensitive tinggi, suara mesin tidak bising dan ramah lingkungan. Mesin ini telah digunakan semenjak tahun 2016 hingga sekarang. Jumlah mesin Cutting pada Divisi Forming adalah 1 buah mesin, mesin ini berfungsi untuk memotong PC Bar sebelum masuk pada mesin Heading. Bentuk mesin Cutting dapat dilihat pada Gambar 4.2. dibawah ini:



**Gambar 4.2. Mesin Cutting**

## 2. Mesin Heading

Mesin Heading yang digunakan oleh PT Waskita Beton precast adalah mesin Heading tipe DHSR (DTJ-III) Mesin Heading produk tipe ini di kontrol menggunakan mini komputer, komputer mini dapat menyeting arus penghantar suhu terhadap baja (PC Bar) dengan otomatis dan stabil, kemampuan anti-overload kuat dan handal. Mesin ini telah digunakan semenjak tahun 2016 hingga sekarang. Jumlah mesin Heading pada Divisi Forming adalah 1 buah mesin, mesin ini berfungsi untuk pembuatan kepala pada ujung PC Bar yang telah dipotong menggunakan Mesin Cutting. Bentuk mesin Heading dapat dilihat pada Gambar 4.3. dibawah ini:



**Gambar 4.3. Mesin Heading**

### 3. Mesin Wirecaging

Mesin Wirecaging berguna untuk membentuk tulangan beton menjadi bentuk bujur sangkar. Mesin ini telah digunakan semenjak tahun 2016 hingga sekarang. Jumlah mesin Heading pada Divisi Forming adalah 1 buah mesin. Bentuk mesin Wirecaging dapat dilihat pada Gambar 4.4. dibawah ini:



**Gambar 4.4. Mesin Wirecaging**

## 4.2. Pengumpulan Data

### 4.2.1. Data Penggantian Komponen Mesin

#### 4.2.1.1. Penggantian Komponen Mesin Cutting

Berikut merupakan data komponen mesin yang diganti selama periode Januari 2017 sampai dengan Maret 2018, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1. Data Penggantian Komponen Mesin Cutting

Tanggal	Mesin	Komponen	Penyelesaian
16/01/2017	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
16/01/2017	Cutting	Solenoid Valve	Ganti
01/04/2017	Cutting	Solenoid Valve	Ganti
13/04/17	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
26/05/2017	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
10/06/2017	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
20/06/2017	Cutting	Solenoid Valve	Ganti
08/07/2017	Cutting	Ragum	Ganti
24/07/2017	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
29/07/2017	Cutting	Selang Angin	Ganti
12/09/2017	Cutting	Solenoid Valve	Ganti
26/09/2017	Cutting	Ragum	Ganti
26/09/2017	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
02/11/2017	Cutting	Solenoid Valve	Ganti
18/11/2017	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
05/12/2017	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
07/01/2018	Cutting	Solenoid Valve	Ganti
22/01/2018	Cutting	Solenoid Valve	Ganti
03/02/2018	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
09/03/2018	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
05/04/2018	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti
10/04/2018	Cutting	Solenoid Valve	Ganti
12/04/2018	Cutting	Ragum	Ganti
29/04/2018	Cutting	Pisau <i>Cutting</i>	Ganti

#### 4.2.1.2. Penggantian Komponen Mesin Heading

Berikut merupakan data komponen mesin Heading yang diganti selama periode Januari 2017 sampai dengan April 2017, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.2. Data Penggantian Komponen Mesin Heading

<b>Tanggal</b>	<b>Mesin</b>	<b>Komponen</b>	<b>Penyelesaian</b>
04/01/2017	Heading	Relay	Ganti
04/04/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
06/01/2017	Heading	Switch Limit	Ganti
23/01/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
07/02/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
20/02/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
07/03/2017	Heading	<i>Ragum</i>	Ganti
09/03/2017	Heading	Relay	Ganti
09/03/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
20/03/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
01/04/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
12/04/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
21/04/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
02/05/2017	Heading	Relay	Ganti
08/03/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
15/05/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
30/05/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
22/06/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
05/07/2017	Heading	Relay	Ganti
08/07/2017	Heading	Ragum	Ganti
11/07/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
24/07/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
11/08/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
26/08/017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
08/09/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
13/09/2017	Heading	Relay	Ganti
14/09/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
22/09/2017	Heading	PCB	Ganti

Tabel 4.2. Data Penggantian Komponen Mesin Heading (Lanjutan)

<b>Tanggal</b>	<b>Mesin</b>	<b>Komponen</b>	<b>Penyelesaian</b>
25/09/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
26/09/2017	Heading	Ragum	Ganti
16/10/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
01/11/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
02/11/2017	Heading	Relay	Ganti
10/11/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
21/11/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
06/12/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
23/06/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
27/12/2017	Heading	Relay	Ganti
29/06/2017	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
12/06/2018	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
9/06/2018	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
18/02/2018	Heading	PCB	Ganti
18/02/2018	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
02/03/2018	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
10/03/2018	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
12/04/2018	Heading	Ragum	Ganti
26/03/2018	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
13/04/2018	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti
27/04/2018	Heading	<i>Hammer</i>	Ganti

#### 4.2.1.3. Penggantian Komponen Mesin Wirecaging

Berikut merupakan data komponen mesin Wirecaging yang diganti selama periode Januari 2017 sampai dengan April 2017, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.



Tabel 4.3. Data Penggantian Komponen Wirecaging

Tanggal	Mesin	Komponen	Tindakan
07/01/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
09/01/2017	Wirecaging	Vent Belt A-46	Ganti
16/01/2017	Wirecaging	Piringan Caging	Ganti
20/01/2017	Wirecaging	Selang Angin	Ganti
05/02/2017	Wirecaging	Bearing Roll Spiral	Ganti
19/02/2017	Wirecaging	Piringan Caging	Ganti
26/02/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
01/03/2017	Wirecaging	Vent Belt A-46	Ganti
17/03/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
19/03/2017	Wirecaging	Baut Kuningan 17 mm	Ganti
21/03/2017	Wirecaging	Bearing Roll Spiral	Ganti
04/04/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
17/04/2017	Wirecaging	Selang Angin	Ganti
23/04/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
05/05/2017	Wirecaging	Plat Tembaga	Ganti
24/05/2017	Wirecaging	Bearing Roll Spiral	Ganti
01/06/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
03/06/2017	Wirecaging	Piringan Caging	Ganti
07/06/2017	Wirecaging	Vent Belt A-46	Ganti
24/07/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
24/07/2017	Wirecaging	Bearing Roll Spiral	Ganti
26/07/2017	Wirecaging	Vent Belt A-46	Ganti
28/08/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
04/09/2017	Wirecaging	Selang Angin	Ganti
10/09/2017	Wirecaging	Vent Belt A-46	Ganti
14/09/2017	Wirecaging	Selang Angin	Ganti
17/09/2017	Wirecaging	Selang Angin	Ganti
25/09/2017	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti

**Tabel 4.3. Data Penggantian Komponen Wirecaging (Lanjutan)**

<b>Tanggal</b>	<b>Mesin</b>	<b>Komponen</b>	<b>Tindakan</b>
25/09/2017	Wirecaging	Bearing Roll Spiral	Ganti
29/10/2017	Wirecaging	Vent Belt A-46	Ganti
14/11/2017	Wirecaging	Selang Angin	Ganti
21/11/2017	Wirecaging	Piringan Caging	Ganti
22/11/2017	Wirecaging	Per	Ganti
17/12/2017	Wirecaging	Selang Angin	Ganti
30/12/2017	Wirecaging	Piringan Caging	Ganti
09/01/2018	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
11/02/2018	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
15/03/2018	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti
03/04/2018	Wirecaging	Carbon Brush	Ganti

#### 4.2.2. Upah Tenaga Kerja

Upah didapat berdasarkan besar gaji yang dibagi dalam jumlah hari kerja dalam satu bulan. Berikut merupakan data upah dan jumlah tenaga kerja teknisi pada Divisi Forming PT Waskita Beton Precast Tbk.

**Tabel 4.4. Upah Tenaga Kerja**

Jumlah Teknisi/ Mesin	1
Hari Kerja	25
Gaji	Rp 3200.000
Upah	Rp 133.333

#### 4.2.3. Data Waktu Perawatan (Tp) dan Penggantian (Tf)

Tabel 4.4 dibawah ini merupakan waktu perawatan dan penggantian komponen pada mesin Divisi Forming. Data waktu perawatan dan penggantian dalam hari didapatkan berdasarkan waktu perawatan dan penggantian dalam menit yang dibagi oleh jumlah jam kerja dalam menit.

**Tabel 4.5. Data Waktu Perawatan dan Penggantian**

Mesin	Komponen	Tp (Menit)	Tp (Hari)	Tf (Menit)	Tf (Hari)
Cutting	Pisau Cutting	30	0.045	45	0.068
	Solenoid Valve	10	0.015	30	0.045
	Ragum	10	0.015	60	0.090
	Selang Angin	10	0.015	30	0.045
	Switch Limit	20	0.030	60	0.090
Heading	Hammer Heading	15	0.027	30	0.045
	Ragum	10	0.015	60	0.090
	PCB	30	0.045	65	0.098
	Switch Limit	20	0.030	60	0.090
	Relay	15	0.027	30	0.045
Wirecaging	Carbon Brush	45	0.68	60	0.90
	Selang Angin	10	0.015	30	0.045
	Bearing Roll Spiral	15	0.027	30	0.045
	Vent Belt A-46	15	0.027	30	0.045
	Piringan Caging	15	0.027	30	0.045
	Baut Kuningan	5	0.0075	10	0.015
	Plat Tembaga	15	0.027	30	0.045
	Per	5	0.0075	10	0.015

#### 4.2.4. Data Harga komponen

Tabel 4.5 dibawah ini merupakan harga komponen pada mesin Divisi Forming PT Waskita Beton Precast Tbk

**Tabel 4.6. Data Harga Komponen**

Mesin	Komponen	Harga Komponen
Cutting	Pisau Cutting	Rp 2.180.000
	Solenoid Valve	Rp 595.000
	Ragum	Rp 1.450.000
	Selang Angin	Rp 32.000
	Switch Limit	Rp 175.000
Heading	Hammer Heading	Rp 1.500.000
	Ragum	Rp 1.450.000
	PCB	Rp 890.000
	Switch Limit	Rp 175.000
	Relay	Rp 375.500

Tabel 4.6. Data Harga Komponen

Mesin	Komponen	Harga Komponen
Wirecaging	Carbon Brush	Rp 1.825.500
	Selang Angin	Rp 32.000
	Bearing Roll Spiral	Rp 895.000
	Vent Belt A-46	Rp 25.000
	Piringan Caging	Rp 1.270.000
	Baut Kuningan	Rp 15.000
	Plat Tembaga	Rp 70.000
	Per	Rp 13.000

### 4.3. Pengolahan Data

#### 4.3.1 Penentuan Komponen Yang Dianggap Kritis

Penelitian ini dilakukan pada mesin di Divisi Forming Plant 1 yang berfungsi sebagai pembuat tulangan kerangka beton. Terdapat tiga mesin di departemen forming yang terdiri dari mesin cutting heading dan wirecaging yang tiap mesinnya terdiri dari beberapa komponen. Dibawah ini merupakan cara perhitungan untuk mengetahui nilai presentase kerusakan untuk komponen pisau cutting

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{\text{Jumlah penggantian}}{\text{Total penggantian}} \times 100 \% & (4.1) \\
 &= \frac{15}{28} \times 100\% \\
 &= 53.57 \%
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan komponen mesin dan jumlah penggantian yang terjadi di setiap komponennya:

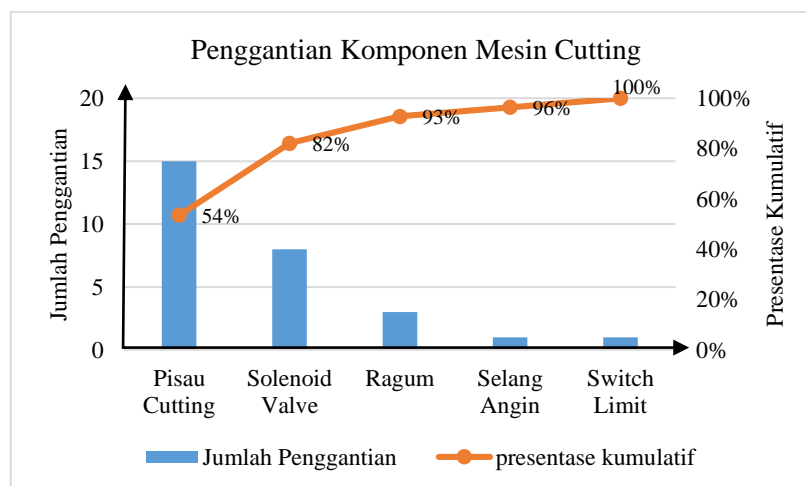
#### 1. Mesin Cutting

Berikut ini merupakan pengolahan data komponen yang dianggap kritis pada mesin Cutting menggunakan diagram pareto.

Tabel 4.7 Komponen Mesin Cutting

Jenis Komponen	Penggantian	Kum. Penggantian	Presentase	Kum. Presentase
Pisau Cutting	15	15	53.57%	53.57%
Solenoid Valve	8	23	28.57%	82.14%
Ragum	3	26	10.70%	92.84%
Selang Angin	1	27	3.58%	96.42%
Switch Limit	1	28	3.58%	100%
$\Sigma$	28			

Berikut merupakan diagram pareto penggantian komponen mesin cutting departemen forming PT Waskita Beton Precast yang dapat dilihat pada gambar 4.5. di bawah ini.



Gambar 4.5. Pareto Mesin Cutting

Dari Gambar 4.5. dapat diketahui bahwa komponen yang sering mengalami penggantian adalah komponen pisau cutting. Dari hasil tersebut maka komponen yang terpilih akan diolah menggunakan metode *age replacement*

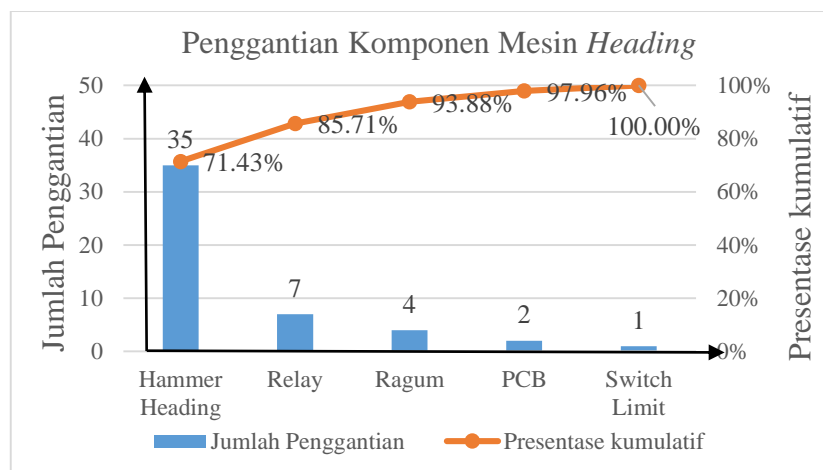
## 2. Mesin Heading

Berikut ini merupakan pengolahan data komponen yang dianggap kritis pada mesin Heading menggunakan diagram pareto yang dapat dilihat pada Tabel 4.8. dibawah ini.

Tabel 4.8 Komponen Mesin Heading

Jenis Komponen	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase kumulatif
Hammer Heading	35	35	71.43%	71.43%
Relay	7	42	14.29%	85.71%
Ragum	4	46	8.16%	93.88%
PCB	2	48	4.08%	97.96%
Switch Limit	1	49	2.04%	100.00%
$\Sigma$	49			

Berikut merupakan diagram pareto penggantian komponen mesin Heading departemen forming PT Waskita Beton Precast yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.6. Pareto Mesin Heading

Dari gambar tersebut diketahui bahwa komponen yang paling sering mengalami penggantian adalah komponen Hammer, maka komponen yang terpilih akan diolah menggunakan metode *age replacement*. Berikut merupakan Gambar 4.6. Pareto penggantian mesin heading.

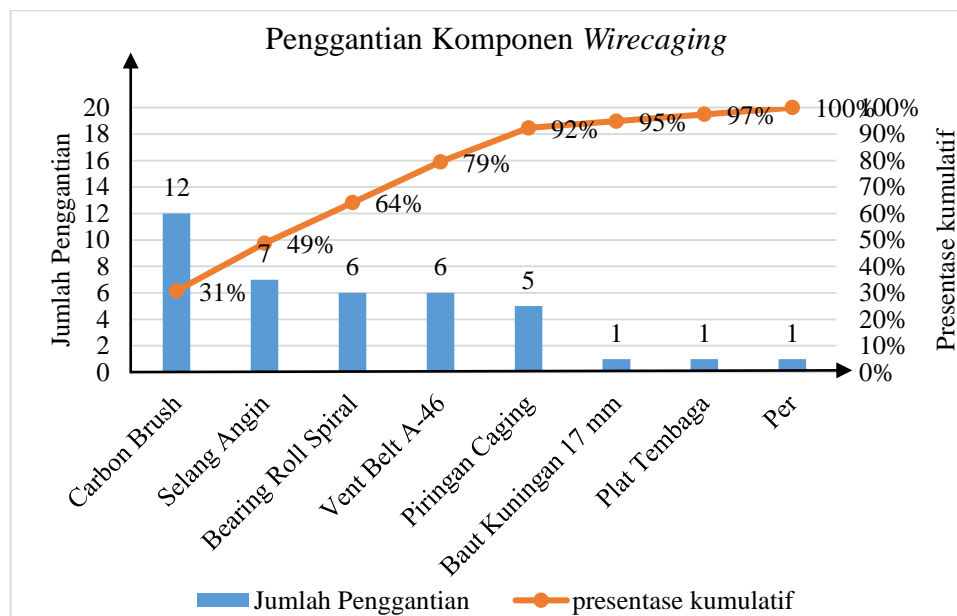
### 3. Mesin Wirecaging

Berikut ini merupakan pengolahan data komponen yang dianggap kritis pada mesin Wirecaging menggunakan diagram pareto yang dapat dilihat pada Tabel 4.9. dibawah ini.

Tabel 4.10 Komponen Mesin Wirecaging

Jenis Komponen	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase kumulatif
Carbon Brush	12	12	30.77%	30.77%
Selang Angin	7	19	17.95%	48.72%
Bearing Roll Spiral	6	25	15.38%	64.10%
Vent Belt A-46	6	31	15.38%	79.49%
Piringan Caging	5	36	12.82%	92.31%
Baut Kuningan 17 mm	1	37	2.56%	94.87%
Plat Tembaga	1	38	2.56%	97.44%
Per	1	39	2.56%	100.00%
$\Sigma$	39			

Berikut merupakan diagram pareto penggantian komponen mesin Wirecaging departemen forming PT Waskita Beton Precast yang dapat dilihat pada gambar 4.7. Dari gambar tersebut diketahui bahwa komponen yang paling sering mengalami penggantian adalah komponen Carbon Brush



Gambar 4.7. Pareto Mesin Wirecaging

### 4.3.2. Distribusi Kerusakan Komponen

Pengujian distribusi data dilakukan dengan menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov untuk dapat membuktikan bahwa data kerusakan berdistribusi weibull atau tidak. Pengujian data dilakukan sebagai berikut:

#### 1. Pisau Cutting

Berikut ini merupakan frekuensi antar kerusakan yang menunjukkan selang waktu kerusakan mesin dari setelah komponen mesin tersebut diganti hingga kembali rusak dan diganti. Contoh perhitungan selang waktu antar kerusakan untuk komponen Pisau cutting adalah sebagai berikut:

- Terjadi kerusakan pada tanggal 16 Januari 2017
- Kerusakan kembali terjadi pada tanggal 13 Maret 2017
- Maka selang waktu antar kerusakan adalah 56 Hari

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.10 Waktu antar kerusakan komponen mesin.

**Tabel 4.10. Data antar kerusakan komponen *Cutting***

No	Tanggal	Hari	No	Tanggal	Hari
1	16/01/2017	0	7	18/11/2017	53
2	13/03/2017	56	8	5/12/2017	17
3	26/05/2017	74	9	03/02/2018	60
4	10/06/2017	15	10	09/03/2018	34
5	24/07/2017	44	11	05/04/2018	27
6	26/09/2017	64	12	29/04/2018	24

Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

#### a. Menentukan hipotesis

$H_0$  : Waktu antar kerusakan pisau *cutting* berdistribusi Weibull

$H_1$  : Waktu antar kerusakan komponen pisau *cutting* tidak berdistribusi Weibull



b. Kriteria penerimaan

$H_0$  diterima jika  $K-S < D_{n(0,05)}$  (didapat dari tabel Kolmogorov-Smirnov)

c. Uji statistic menggunakan SPSS

Tabel 4.11 memperlihatkan hasil dari uji statistic dengan menggunakan software SPSS

**Tabel 4.11 Uji Kolmogorov-Smirnov Pisau Cutting**

		VAR00001
N		11
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	42,5455
	Std. Deviation	20,28972
Most Extreme Differences	Absolute	,151
	Positive	,142
	Negative	-,151
Test Statistic		,151
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 <sup>c,d</sup>

d. Analisis perbandingan

Nilai uji pada tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5% menghasilkan nilai 0.151, sedangkan nilai menggunakan tabel Kolmogorov tabel Kolmogorv-Smirnov adalah 0.391.

e. Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima karena nilai uji statistik  $0.151 < 0.391$  dari tabel Kolmogorov-Smirnov, maka data waktu pergantian komponen pisau *cutting* mengikuti distribusi Weibull

2. Hammer Heading

Berikut ini merupakan frekuensi antar kerusakan yang menunjukkan selang waktu kerusakan mesin dari setelah komponen mesin tersebut diganti hingga kembali rusak dan diganti. Berikut Tabel 4.12 Waktu antar kerusakan komponen Pisau Cutting

Tabel 4.12 Data Waktu antar Kerusakan Komponen Hammer Heading

No	Tanggal	Hari	No	Tanggal	Hari
1	04/01/2017	0	19	14-Sep-17	6
2	21/01/2017	19	20	25-Sep-17	11
3	07/02/2017	15	21	16/10/2017	21
4	20/02/2017	13	22	01/10/2017	16
5	09/03/2017	17	23	10/11/2017	9
6	20/03/2017	11	24	21/11/2017	11
7	01/04/2017	12	25	06/12/2017	15
8	12/04/2017	11	26	23/12/2017	17
9	21/04/2017	9	27	29/12/2017	6
10	08/05/2017	17	28	12/01/2018	14
11	15/05/2017	7	29	23/01/2017	11
12	30/05/2017	15	30	09/02/2017	17
13	22/06/2017	23	31	18/02/2017	9
14	11/07/2017	19	32	02/03/2017	12
15	24/07/2017	13	33	10/03/2017	8
16	11/08/2017	18	34	26/03/2017	16
17	26/08/2017	15	35	13/04/2018	18
18	08/08/2017	13	36	27/04/2018	14

Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesis

$H_0$  : Waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull

$H_1$  : Waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull

- b. Kriteria penerimaan

$H_0$  diterima jika  $K-S > D_{n(0.05)}$  (Tabel Kolmogorov-Smirnov)

- c. Uji statistic menggunakan SPSS

Tabel 4.13 memperlihatkan hasil dari uji statistik dengan menggunakan *software* SPSS.

Tabel 4.13 Uji Kolmogorov-Smirnov Hammer Heading

		<u>cekdata</u>
N		35
Normal <u>Parameters<sup>a,b</sup></u>	Mean	13.6571
	Std. Deviation	4.20044
Most Extreme Differences	Absolute	.083
	Positive	.079
	Negative	-.083
Test Statistic		.083
<u>Asymp. Sig. (2-tailed)</u>		.200 <sup>c,d</sup>

## d. Analisis perbandingan

Nilai uji pada tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5% menghasilkan nilai 0.083, sedangkan nilai menggunakan tabel Kolmogorov tabel Kolmogorv-Smirnov adalah 0.224.

## e. Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima karena nilai uji statistik  $0.083 < 0.224$  dari tabel Kolmogorov-Smirnov, maka data waktu pergantian komponen Hammer Heading mengikuti distribusi Weibull

## 3. Carbon Brush

Berikut ini merupakan frekuensi antar kerusakan yang menunjukkan selang waktu kerusakan mesin dari setelah komponen mesin tersebut diganti hingga kembali rusak dan diganti. Berikut Tabel 4.14 Waktu antar kerusakan komponen Carbon Brush

Tabel 4.14 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Carbon Brush

No	Tanggal	Hari	No	Tanggal	Hari
1	07/01/2017	0	9	25/09/2017	31
2	26/02/2017	50	10	02/10/2017	7
3	17/03/2017	19	11	24/11/2017	53

Tabel 4.14 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Carbon Brush (Lanjutan)

No	Tanggal	Hari	No	Tanggal	Hari
4	04/04/2017	18	12	01/12/2017	7
5	23/04/2017	19	13	09/01/2018	39
6	01/06/2017	39	14	11/02/2018	33
7	24/07/2017	53	15	15/03/2018	32
8	25/08/2017	32			

Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesis

$H_0$  : Waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull

$H_1$  : Waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull

- b. Kriteria penerimaan

$H_0$  diterima jika  $K-S > D_{n(0.05)}$  (Tabel Kolmogorov-Smirnov)

- c. Uji statistic menggunakan SPSS

Tabel 4.15 memperlihatkan hasil dari uji statistik dengan menggunakan *software* SPSS.

Tabel 4.15 Uji Kolmogorov-Smirnov Carbon Brush

		VAR00001
N		14
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	30,8571
	Std. Deviation	15,37159
Most Extreme Differences	Absolute	,147
	Positive	,137
	Negative	-,147
Test Statistic		,147
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 <sup>c,d</sup>

- d. Analisis perbandingan

Nilai uji pada tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5% menghasilkan nilai 0.147, sedangkan nilai menggunakan tabel Kolmogorov tabel Kolmogorv-Smirnov adalah 0.390.

e. Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima karena nilai uji statistik  $0.147 < 0.390$  dari tabel Kolmogorov-Smirnov, maka data waktu pergantian komponen Carbon Brush mengikuti distribusi Weibull

#### 4.3.3. Penentuan Parameter Distribusi Waktu Antar Kerusakan

Perhitungan parameter distribusi waktu antar kerusakan berbeda di setiap jenis distribusi, Sebelumnya telah didapat pengujian data menggunakan software SPSS bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull, Parameter yang digunakan dalam distribusi Weibull adalah parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ . Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  :

1. Pisau *Cutting*

Tabel 4.16 menunjukkan data yang digunakan untuk menentukan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$

**Tabel 4.16. Parameter Distribusi Weibull Komponen Pisau Cutting**

I	Ti	Rank	R(Ti-1)	Xi ln (ln Rti)	Yi (ln Ti)	Xi.Yi	Xi^2	Yi^2
1	56	15	1.06542	-2.75877	2.70805	-7.47089	7.61082	7.33354
2	74	17	1.17526	-1.82333	2.83321	-5.16588	3.32452	8.02710
3	15	24	1.31034	-1.30826	3.17805	-4.15772	1.71154	10.10003
4	44	27	1.48052	-0.93549	3.29584	-3.08323	0.87514	10.86254
5	64	34	1.70149	-0.63204	3.52636	-2.22880	0.39948	12.43522
6	53	44	2.00000	-0.36651	3.78419	-1.38695	0.13433	14.32009
7	17	53	2.42553	-0.12098	3.97029	-0.48033	0.01464	15.76322
8	60	56	3.08108	0.11803	4.02535	0.47512	0.01393	16.20346
9	34	60	4.22222	0.36489	4.09434	1.49400	0.13315	16.76366
10	27	64	6.70588	0.64342	4.15888	2.67592	0.41399	17.29631
11	24	74	16.28571	1.02614	4.30407	4.41659	1.05297	18.52498
<b>Jumlah</b>			70.73228	-9.18455	51.06864	-15.1059	26.49873	161.0911

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ , sebagai berikut:

$$1. R_{(ti-1)} = \frac{(N+0.4)}{(n-1+0.7)} \quad (4.2)$$

$$= \frac{(11+0.4)}{(11-1+0.7)} = 1.06542$$

$$2. X_i = \text{Ln}(\text{Ln}(R_{(ti)})) \quad (4.3)$$

$$= \text{Ln}(\text{Ln} 1.06542) = -2.75877$$

$$3. Y_i = \text{Ln}(t_i) = \text{Ln} 15 = 2.70805 \quad (4.4)$$

$$4. X_i * Y_i = -2.75877 \times 2.70805 = -7.47089 \quad (4.5)$$

$$5. X_i^2 = (-2.75877)^2 = 7.61082 \quad (4.6)$$

$$6. Y_i^2 = (2.70805)^2 = 7.33354 \quad (4.7)$$

Tabel 4.16 dibawah ini merupakan nilai parameter yang didapat setelah melakukan perhitungan pada Tabel 4.17 diatas :

**Tabel 4.17. Parameter  $\alpha$  dan  $\beta$**

a	3.879	$\alpha$	48.382
b	0.481	$\beta$	2.074

Berikut adalah contoh perhitungannya :

$$1. b = \frac{(N\sum X_i Y_i) - (\sum X_i \times \sum Y_i)}{(N\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (4.8)$$

$$b = \frac{(11 \times (-14.9122)) - (-5.7928 \times 39.8786)}{(11 \times 15.6845) - (-5.7928)^2} = 0.481$$

$$2. a = \frac{\sum Y_i}{N} - [b \left( \frac{\sum X_i}{N} \right)] \quad (4.9)$$

$$a = \frac{39.8786}{11} - \left[ 0.481 \left( \frac{-5.7928}{11} \right) \right] = 3.879$$

$$3. \alpha = \exp(3.879) = 48.382 \quad (4.10)$$

$$4. \beta = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.557} = 2.074 \quad (4.11)$$

## 2. Hammer Heading

Tabel 4.18 menunjukkan data yang digunakan untuk menentukan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$

**Tabel 4.18. Parameter Distribusi Weibull Komponen Hammer Heading**

I	Ti	Rank	R(Ti-1)	Xi ln (ln Rti)	Yi (ln Ti)	Xi.Yi	Xi^2	Yi^2
1	19	6	1.020173	-3.91342	1.791759	-7.0119	15.31484	3.210402
2	15	6	1.050445	-3.01158	1.791759	-5.39602	9.069599	3.210402
3	13	7	1.082569	-2.53405	1.94591	-4.93104	6.421429	3.786566
4	17	8	1.116719	-2.20369	2.079442	-4.58244	4.856246	4.324077
5	11	9	1.153094	-1.94877	2.197225	-4.28189	3.797705	4.827796
6	12	9	1.191919	-1.73975	2.197225	-3.82262	3.02672	4.827796
7	11	9	1.233449	-1.56153	2.197225	-3.43103	2.438378	4.827796
8	9	11	1.277978	-1.40536	2.397895	-3.3699	1.975029	5.749902
9	17	11	1.325843	-1.26568	2.397895	-3.03496	1.601939	5.749902
10	7	11	1.377432	-1.13874	2.397895	-2.73059	1.296739	5.749902
11	15	11	1.433198	-1.02191	2.397895	-2.45042	1.04429	5.749902
12	23	11	1.493671	-0.9132	2.397895	-2.18977	0.833941	5.749902
13	19	12	1.559471	-0.81115	2.484907	-2.01563	0.657964	6.174761
14	13	12	1.631336	-0.71458	2.484907	-1.77565	0.510619	6.174761
15	18	13	1.710145	-0.62254	2.564949	-1.59679	0.38756	6.578965
16	15	13	1.796954	-0.53428	2.564949	-1.37039	0.285451	6.578965
17	13	13	1.893048	-0.44912	2.564949	-1.15197	0.20171	6.578965
18	6	14	2	-0.36651	2.639057	-0.96725	0.134332	6.964624
19	11	14	2.11976	-0.28595	2.639057	-0.75463	0.081765	6.964624
20	21	15	2.254777	-0.20696	2.70805	-0.56046	0.042833	7.333536

**Tabel 4.18. Parameter Distribusi Weibull Komponen Hammer Heading**

I	Ti	Rank	R(Ti-1)	$X_i \ln$ ( $\ln R_{ti}$ )	$Y_i$ ( $\ln T_i$ )	$X_i.Y_i$	$X_i^2$	$Y_i^2$
21	16	15	2.408163	-0.12912	2.70805	-0.34968	0.016673	7.333536
22	9	15	2.583942	-0.05201	2.70805	-0.14086	0.002705	7.333536
23	11	15	2.787402	0.0248	2.70805	0.067159	0.000615	7.333536
24	15	16	3.025641	0.101765	2.772589	0.282152	0.010356	7.687248
25	17	16	3.308411	0.179374	2.772589	0.49733	0.032175	7.687248
T26	6	17	3.649485	0.258191	2.833213	0.73151	0.066663	8.027098
27	14	17	4.068966	0.33889	2.833213	0.960147	0.114846	8.027098
28	11	17	4.597403	0.422317	2.833213	1.196513	0.178351	8.027098
29	17	17	5.283582	0.509587	2.833213	1.44377	0.259679	8.027098
30	9	18	6.210526	0.602262	2.890372	1.740762	0.36272	8.354249
31	12	18	7.531915	0.702676	2.890372	2.030996	0.493754	8.354249
32	8	19	9.567568	0.814647	2.944439	2.398679	0.66365	8.669721
33	16	19	13.11111	0.945251	2.944439	2.783235	0.8935	8.669721
34	18	21	20.82353	1.110568	3.044522	3.38115	1.233362	9.269117
35	14	23	50.57143	1.366955	3.135494	4.28608	1.868567	9.831324
<b>Jumlah</b>				169.251	-19.453	89.693	-36.116	60.177

Setelah didapatkan data pada tabel 4.18, kemudian dapat ditentukan nilai parameter dari distribusi Weibull komponen Hammer Heading. Tabel 4.19 memperlihatkan parameter dari distribusi Weibull komponen Hammer Heading

**Tabel 4.19. Parameter  $\alpha$  dan  $\beta$** 

a	2.717	$\theta$	15.13
b	0.278	$\beta$	3.594

### 3. Carbon Brush

Tabel 4.20 menunjukkan data yang digunakan untuk menentukan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$



Tabel 4.20. Parameter Distribusi Weibull Komponen Carbon Brush

I	Ti	Rank	R(Ti-1)	Xi ln (ln Rti)	Yi (ln Ti)	Xi.Yi	Xi^2	Yi^2
1	50	7	1.05109	-2.99909	1.94591	-5.83596	8.99454	3.78657
2	19	7	1.13386	-2.07444	1.94591	-4.03668	4.30332	3.78657
3	18	18	1.23077	-1.57195	2.89037	-4.54353	2.47103	8.35425
4	19	19	1.34579	-1.21408	2.94444	-3.57477	1.47398	8.66972
5	39	19	1.48454	-0.92861	2.94444	-2.73424	0.86232	8.66972
6	53	31	1.65517	-0.68537	3.43399	-2.35354	0.46973	11.79227
7	32	32	1.87013	-0.46839	3.46574	-1.62332	0.21939	12.01133
8	31	32	2.14925	-0.26772	3.46574	-0.92785	0.07167	12.01133
9	7	33	2.52632	-0.07606	3.49651	-0.26594	0.00578	12.22557
10	53	39	3.06383	0.11303	3.66356	0.41409	0.01278	13.42168
11	7	39	3.89189	0.30667	3.66356	1.12351	0.09405	13.42168
12	39	50	5.33333	0.51520	3.91202	2.01548	0.26543	15.30392
13	33	53	8.47059	0.75922	3.97029	3.01431	0.57641	15.76322
14	32	53	20.57143	1.10655	3.97029	4.39332	1.22445	15.76322
<b>Jumlah</b>			55.77800	-7.48504	45.71277	-14.93512	21.04489	154.98103

Setelah didapatkan data pada tabel 4.20, kemudian dapat ditentukan nilai parameter dari distribusi Weibull komponen Carbon Brush. Tabel 4.21 memperlihatkan parameter dari distribusi Weibull komponen Carbon Brush

Tabel 4.21. Parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ 

a	2.717	$\alpha$	15.138
b	0.271	$\beta$	3.594

#### 4.3.4. Perhitungan Nilai MTTF (*Mean Time To Failure*)

Waktu penggantian optimum ditentukan berdasarkan total biaya  $C(tp)$  yang minimum dengan kriteria minimisasi biaya penggantian. Perhitungan dilakukan berulang kali hingga menghasilkan biaya penggantian yang terkecil. Sebelum menghitung nilai  $C(tp)$  yang terendah maka diperlukan perhitungan nilai MTTF dengan persamaan sebagai berikut:

$$MTTF = \alpha \cdot \gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (4.12)$$

Dimana : Nilai  $\gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$  akan didapat melalui tabel gamma.

Berikut Perhitungan nilai MTTF pada komponen yang dianggap kritis pada mesin:

1. Pisau Cutting

$$\begin{aligned} MTTF &= 48.382 * \gamma \left(1 + \frac{1}{2.074}\right) \\ &= 48.382 * \gamma (1.481) \\ &= 48.382 * 0.885 \\ &= 42.856 \end{aligned}$$

2. Hammer

$$\begin{aligned} MTTF &= 15.138 * \gamma \left(1 + \frac{1}{3.594}\right) \\ &= 15.138 * \gamma (1.278) \\ &= 15.138 * 0.901 \\ &= 13.640 \end{aligned}$$

3. Carbon Brush

$$\begin{aligned} MTTF &= 35.285 * \gamma \left(1 + \frac{1}{1.793}\right) \\ &= 35.285 * \gamma (1.557) \\ &= 35.285 * 0.889 \\ &= 31.381 \end{aligned}$$

#### 4.3.5. Perhitungan Biaya Penggantian pencegahan (Cp) dan Kerusakan (Cf)

Berikut merupakan beberapa biaya yang dikeluarkan pada satu kali pergantian komponen yang terpilih:

1. Komponen Pisau Cutting

a. Biaya penggantian Pencegahan (Cp)

Biaya pencegahan diperoleh dari penjumlahan Antara harga komponen dan beban teknisi perawatan. Untuk perhitungan beban teknisi perawatan dan

biaya pencegahan dapat diperoleh menggunakan persamaan (4.13) dan (4.14) dibawah ini :

$$BCp = \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Tenaga Kerja} \times Tp \quad (4.13)$$

$$Cp = \text{Harga Komponen} + \text{Beban Teknisi Pergantian komponen} \quad (4.14)$$

Dimana :

$BCp$  = Beban teknisi perawatan

$Tp$  = Waktu perawatan pencegahan

Berikut adalah hasil perhitungannya :

$$\begin{aligned} BCp &= 1 \times \text{Rp. } 133.333 \times 0.045 \\ &= \text{Rp. } 6.060 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cp &= \text{Rp } 2.180.000 + \text{Rp } 6.000 \\ &= \text{Rp } 2.186.060 \end{aligned}$$

b. Biaya Penggantian Kerusakan

Biaya penggantian kerusakan diperoleh dari penjumlahan antara harga komponen dan beban teknisi pergantian. Untuk perhitungan beban teknisi pergantian dan biaya pergantian kerusakan dapat diperoleh menggunakan persamaan (4.15) dan (4.16) dibawah ini :

$$BCf = \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Tenaga Kerja} \times Tf \quad (4.15)$$

$$Cf = \text{Harga Komponen} + \text{Beban teknisi Pergantian komponen} \quad (4.16)$$

Dimana :

$BCf$  = Beban teknisi penggantian

$Tf$  = Waktu penggantian kerusakan

Berikut adalah hasil perhitungannya :

$$\begin{aligned} BCf &= 1 \times \text{Rp. } 133.333 \times 0.068 \\ &= \text{Rp. } 9.066 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_f &= \text{Rp } 2.180.000 + \text{Rp } 9.066 \\ &= \text{Rp } 2.189.066 \end{aligned}$$

## 2. Komponen Hammer Heading

### a. Biaya penggantian Pencegahan ( $C_p$ )

Biaya pencegahan diperoleh dari penjumlahan Antara harga komponen dan beban teknisi perawatan. Untuk perhitungan beban teknisi perawatan dan biaya pencegahan dapat diperoleh menggunakan persamaan (4.13) dan (4.14) dibawah ini :

$$BC_p = \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Tenaga Kerja} \times T_p \quad (4.13)$$

$$C_p = \text{Harga Komponen} + \text{Beban Teknisi Pergantian komponen} \quad (4.14)$$

Dimana :

$BC_p$  = Beban teknisi perawatan

$T_p$  = Waktu perawatan pencegahan

Berikut adalah hasil perhitungannya :

$$\begin{aligned} BC_p &= 1 \times \text{Rp. } 133.333 \times 0.022 \\ &= \text{Rp. } 2.933 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_p &= \text{Rp } 1,500,000 + \text{Rp } 2.933 \\ &= \text{Rp } 1.502.933 \end{aligned}$$

### b. Biaya Penggantian Kerusakan

Biaya penggantian kerusakan diperoleh dari penjumlahan Antara harga komponen dan beban teknisi pergantian. Untuk perhitungan beban teknisi pergantian dan biaya pergantian kerusakan dapat diperoleh menggunakan persamaan (4.15) dan (4.16) dibawah ini :

$$BC_f = \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Tenaga Kerja} \times T_f \quad (4.15)$$

$$C_f = \text{Harga Komponen} + \text{Beban teknisi Pergantian komponen} \quad (4.16)$$

Dimana :

BCf = Beban teknisi penggantian

Tf = Waktu penggantian kerusakan

Berikut adalah hasil perhitungannya :

$$\begin{aligned} BCf &= 1 \times Rp. 133.333 \times 0.045 \\ &= Rp. 6.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cf &= Rp 1.500.000 + Rp 6.000 \\ &= Rp 1.506.000 \end{aligned}$$

### 3. Komponen Carbon Brush

#### a. Biaya penggantian Pencegahan (Cp)

Biaya pencegahan diperoleh dari penjumlahan Antara harga komponen dan beban teknisi perawatan. Untuk perhitungan beban teknisi perawatan dan biaya pencegahan dapat diperoleh menggunakan persamaan (4.13) dan (4.14) dibawah ini :

$$BCp = \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Tenaga Kerja} \times Tp \quad (4.13)$$

$$Cp = \text{Harga Komponen} + \text{Beban Teknisi Pergantian komponen} \quad (4.14)$$

Dimana :

BCP = Beban teknisi perawatan

Tp = Waktu perawatan pencegahan

Berikut adalah hasil perhitungannya :

$$\begin{aligned} BCp &= 1 \times Rp. 133.333 \times 0.022 \\ &= Rp. 9.090 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cp &= Rp 1.825.500 + Rp 9.090 \\ &= Rp 1.834.590 \end{aligned}$$

b. Biaya Penggantian Kerusakan

Biaya penggantian kerusakan diperoleh dari penjumlahan Antara harga komponen dan beban teknisi pergantian. Untuk perhitungan beban teknisi pergantian dan biaya pergantian kerusakan dapat diperoleh menggunakan persamaan (4.15) dan (4.16) dibawah ini :

$$BCf = \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Tenaga Kerja} \times Tf \quad (4.15)$$

$$Cf = \text{Harga Komponen} + \text{Beban teknisi Pergantian komponen} \quad (4.16)$$

Dimana :

BCf = Beban teknisi penggantian

Tf = Waktu penggantian kerusakan

Berikut adalah hasil perhitungannya :

$$\begin{aligned} BCf &= 1 \times \text{Rp. } 133.333 \times 0.0909 \\ &= \text{Rp. } 12.121 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cf &= \text{Rp } 1,825,500 + \text{Rp } 12.121 \\ &= \text{Rp } 1.837.621 \end{aligned}$$

#### 4.3.6. Perhitungan Age Replacement

Berikut merupakan pengolahan menggunakan model *age replacement*:

##### 1. Pisau *Cutting*

Tabel 4.22 memperlihatkan data yang dibutuhkan untuk menentukan waktu penggantian pencegahan dari komponen Pisau Cutting, data pergantian lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

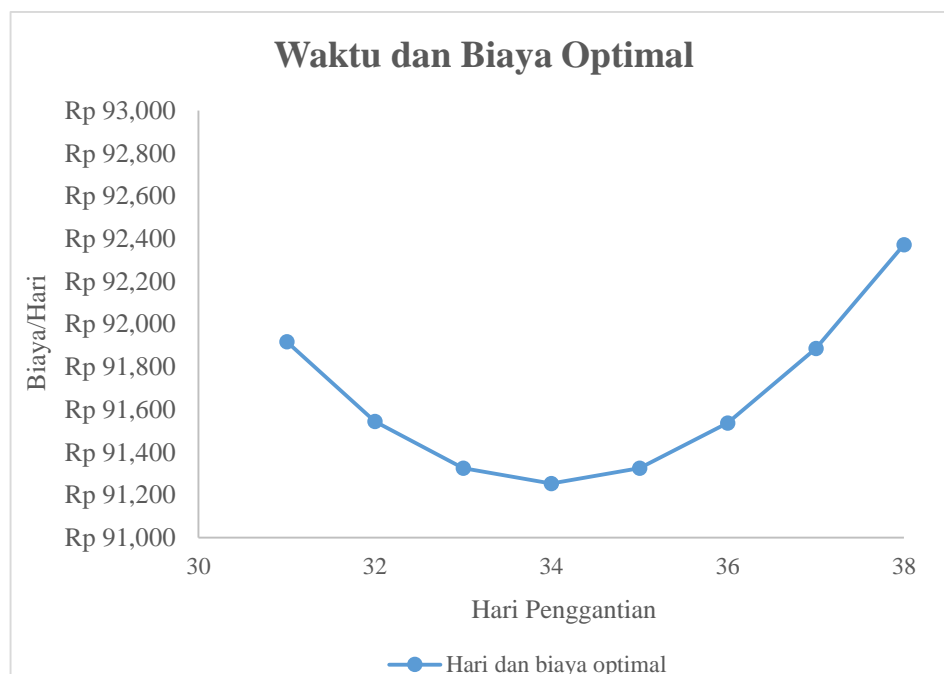
Diketahui

$$\begin{aligned} \alpha &= 48.382 & \beta &= 2.074 \\ Cp &= \text{Rp } 2.186.060 & Cf &= \text{Rp } 2.189.066 \\ Tp &= 0.045 & Tf &= 0.068 \\ \text{MTTF} &= 42.856 \end{aligned}$$

Tabel 4.22. Perhitungan  $C(tp)$  Pada Pisau Cutting

t	$R(Tp)$	$Cp * R(Tp)$	$Ft = 1 - R(tp)$	$Cf * Ft$	$(t + Tp) * R(Tp)$	$M(Tp)$	$M(Tp) * Tf$	$C(Tp)$
32	0,654353	1430454	0,345647	756653,7	20,9690252	123,9888	8,453783	Rp 91.545
33	0,636309	1391011	0,363691	796151,6	21,0271356	117,8376	8,034381	Rp 91.325
34	0,618191	1351404	0,381809	835813,9	21,0466039	112,2458	7,653121	Rp 91.253
35	0,600032	1311706	0,399968	875566,3	21,0283948	107,1496	7,305656	Rp 91.325
36	0,581865	1271992	0,418135	915335,9	20,9735824	102,4942	6,988239	Rp 91.537
37	0,563722	1232331	0,436278	955051,9	20,883343	98,23193	6,697632	Rp 91.886
38	0,545635	1192792	0,454365	994645,4	20,7589471	94,32164	6,431021	Rp 92.371
39	0,527635	1153442	0,472365	1034050	20,6017511	90,72734	6,185955	Rp 92.991
40	0,50975	1114345	0,49025	1073201	20,4131889	87,41755	5,960288	Rp 93.744

Dilihat dari tabel 4.22, maka waktu pergantian pencegahan yang paling optimal adalah selama 34 hari dengan nilai  $C(tp)$  paling rendah. Gambar 4.8 merupakan grafik total biaya perawatan optimal pada komponen Pisau Cutting.



Gambar 4.8. Grafik Waktu pergantian dan Biaya Optimal  
Komponen Pisau Cutting

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk mendapatkan waktu penggantian dan biaya  $C(tp)$  pada periode 34 mesin cutting.

$$1. R(tp) = \exp\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta \quad (4.17)$$

$$R(tp) = \exp\left(\frac{34}{48,382}\right)^{2,074} = 0.618$$

$$2. Cp \times R(tp) = 2.184.848 \times 0.618 = 1350654 \quad (4.18)$$

$$3. ft = (1 - R(tp)) = (1 - 0.618) = 0.381809 \quad (4.19)$$

$$4. (t + Tp).R(t) = (1 + 0.045) \times 0.618 = 21.0466 \quad (4.20)$$

$$5. M(Tp) = \frac{R(tp)}{1-MTTF} = \frac{0.618}{1-42.856} = 112.2458 \quad (4.21)$$

$$6. M(Tp) * Tf = 112.2458 * 0.068 = 7.653121 \quad (4.22)$$

$$7. C_{(tp)} = \frac{(C_p \times R(tp)) + C_f(1-R(tp))}{(t+Tp) \times R(tp) + (M(tp) * Tf) * (1-R(tp))} \quad (4.23)$$

$$C_{(tp)} = \frac{1350654 + 887284,1}{21.0466 + 7.653121 + 0.381809} = \text{Rp } 91,193$$

Dimana =

- a.  $C_f$  adalah ongkos penggantian kerusakan
- b.  $C_p$  adalah ongkos penggantian pencegahan
- c.  $T_f$  adalah waktu penggantian kerusakan
- d.  $T_p$  adalah waktu penggantian pencegahan
- e.  $tp$  adalah interval waktu penggantian

## 2. Hammer Heading

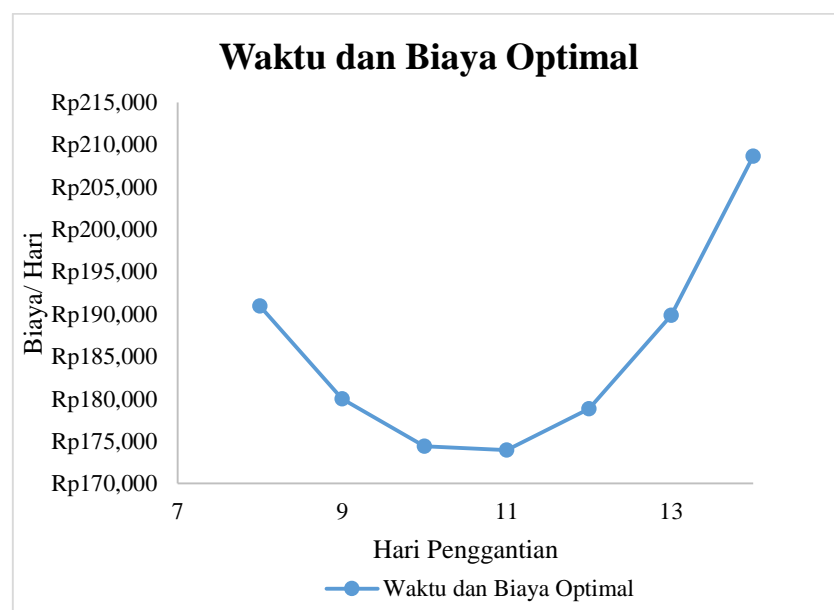
Tabel 4.23 memperlihatkan data yang dibutuhkan untuk menentukan waktu penggantian pencegahan dari komponen Hammer Heading, untuk data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7:



Tabel 4.23. Perhitungan  $C(tp)$  Pada Hammer Heading

t	R(Tp)	Cp*R(Tp)	Ft=1-R(tp)	Cf*Ft	(t+Tp)*R(Tp)	M(Tp)	M(Tp)*Tf	C(Tp)
8	0.903934	1358092	0.096066	144565.5	7.25201223	141.9921	6.454185	Rp190,885
9	0.85707	1287683	0.14293	215087.2	7.73311334	95.43639	4.338018	Rp179,905
10	0.798321	1199416	0.201679	303497.1	8.00134867	67.63541	3.074337	Rp174,324
11	0.728129	1093959	0.271871	409124.6	8.02596775	50.17335	2.280607	Rp173,847
12	0.648056	973655.7	0.351944	529621.7	7.79140591	38.75814	1.761733	Rp178,718
13	0.560803	842564.5	0.439197	660924.4	7.30318887	31.05824	1.411738	Rp189,757
14	0.470047	706209.7	0.529953	797499.3	6.59133804	25.7394	1.169973	Rp208,519
15	0,38007	571260,0	0,619927	933648,8	5,70972072	22,0036	1,000166	Rp237.752
16	0,29523	443751,1	0,704762	1061414,8	4,730512889	19,3550	0,879772	Rp281.311
17	0,21936	329715,0	0,780633	1175680,8	3,734222782	17,4738	0,794266	Rp345.730
18	0,15520	233277,6	0,844795	1272312,7	2,797215057	16,1467	0,733942	Rp440.586

Dilihat dari tabel 4.23, maka waktu pergantian pencegahan yang paling optimal adalah selama 11 hari dengan nilai  $C(tp)$  paling rendah. Gambar 4.9 merupakan grafik total biaya perawatan optimal pada komponen Hammer Heading.



Gambar 4.9. Grafik Waktu pergantian dan Biaya Optimal  
Komponen Hammer Heading

### 3. Carbon Brush

Tabel 4.24 memperlihatkan data yang dibutuhkan dan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Age Replacemeent*, untuk data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 8:

**Tabel 4.24. Perhitungan C(tp) Pada Carbon Brush**

t	R(Tp)	Cp*R(Tp)	Ft=1-R(tp)	Cf*Ft	(t+Tp)*R(Tp)	M(Tp)	M(Tp)*Ft	C(Tp)
21	0.674068176	1236639.348	0.3259318	598939.233	14.2013909	96.2833	8.753027	Rp107.632
22	0.651332382	1192165.239	0.3486676	639028.5008	14.35891843	90.00489	6.136697	Rp106.559
23	0.628571153	1150504.258	0.3714288	680744.6608	14.48570794	84.48937	5.760639	Rp105.787
24	0.605848675	1108914.204	0.3941513	722389.7991	14.56790677	79.61863	5.428543	Rp105.296
25	0.583225594	1067506.082	0.4167744	763852.7648	14.6071501	75.29683	5.133875	Rp105.066
26	0.560758936	1026384.268	0.4392411	805029.0432	14.60522137	71.44548	4.871283	Rp105.085
27	0.538502045	985646.402	0.461498	845820.8658	14.56403258	67.99985	4.636353	Rp105.340
28	0.516504546	945383.3139	0.4834955	886137.2812	14.48560478	64.90607	4.425414	Rp105.823
29	0.494812327	907778.1976	0.5051877	928343.5833	14.3832947	62.11907	5.647188	Rp106.527

Dilihat dari tabel 4.22, maka waktu pergantian pencegahan yang paling optimal adalah selama 25 hari dengan nilai C(tp) paling rendah. Gambar 4.10 merupakan grafik total biaya perawatan optimal pada komponen Carbon Brush.



**Gambar 4.10. Grafik Waktu pergantian dan Biaya Optimal  
Komponen Carbon Brush**

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka berikut merupakan waktu dan biaya optimum pada penggantian pencegahan komponen mesin terpilih yang dapat dilihat pada tabel 4.25

**Tabel 4.25. Waktu penggantian dan biaya optimal komponen mesin**

<b>Komponen yang dianggap kritis</b>	<b>Mesin</b>	<b>Interval waktu Penggantian</b>	<b>Biaya Optimal</b>
Pisau cutting	Cutting	34	Rp 91.253
Hammer Heading	Heading	11	Rp 173.936
Carbon Brush	Wirecaging	25	Rp 105.066