

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1 PENGUMPULAN DATA**

Data-data yang dikumpulkan terdiri dari data umum dan data khusus atau data teknis. Data umum merupakan data yang tidak berhubungan langsung dengan pengolahan data, sedangkan data khusus atau data teknis adalah data yang berhubungan langsung dengan pengolahan data.

##### **4.1.1 Data Umum**

Data-data umum yang dikumpulkan terdiri dari gambaran umum perusahaan, struktur organisasi, jenis produksi, proses produksi, hasil produksi, bahan baku serta kegiatan pemeliharaan.

##### **4.1.1.1 Gambaran Umum Perusahaan**

PT. Braja Mukti Cakra (BMC) didirikan pada tahun 1986 dengan inisiatif bersama antara PT. Krama Yudha Tiga Berlian Motors dan merek pemilik tunggal Mitsubishi Indonesia dan PT. Bakrie Tosanjaya yaitu pabrik pengecoran pertama di Indonesia.

Dengan dukungan penuh dari PT. Bakrie Tosanjaya yang menguasai teknologi pengecoran dan PT. Krama Yudha Tiga Berlian Motors dengan akses ke teknologi komponen otomotif, BMC memasang target untuk memproduksi komponen dengan nilai presisi

tinggi dalam bentuk bagian dari standar kualitas OEM untuk industri otomotif dan industri hampir tidak otomotif di Indonesia.

Saat ini BMC memiliki 2,3 hektar lahan yang terdiri dari bangunan pabrik, gudang, gedung serbaguna termasuk Laboratorium Quality Control dan kantor Mutu.

Daerah pemasaran:

- Domestik
- Ekspor

OEM kualitas Asli dicapai melalui kerjasama antara BMC dan Mitsubishi Motors Corporation dalam bentuk bimbingan teknis terpadu. Sebuah dukungan teknis penuh juga datang dari TAMAKI dan Ibara SEIKI, keduanya perusahaan Jepang sendiri yang memproduksi komponen mesin modern. Manajemen produksi perusahaan mereka telah memberikan dengan standar Jepang yang menjamin kualitas kinerja BMC.

PT Braja Mukti Cakra (BMC) dikenal produsen komponen presisi yang mengkhususkan diri dalam pembuat suku cadang untuk otomotif Original Equipment untuk Manufacturer (OEM), Penggantian Pasar (REM) bagi pelanggan seperti Mitsubishi, Isuzu, Daihatsu, Toyota, Proton, Hino, Nissan, dll dan juga untuk Heavy Industry, Agribisnis Industri dan General Machining Industri. Bisnis kami telah berkembang dengan pesat di Indonesia dan juga mengekspor seluruh dunia, memberikan kontribusi untuk memenuhi permintaan pasar bukan hanya domestik, tetapi dalam skala global pasar termasuk Jepang, Malaysia, Taiwan, Filipina, Australia, dan lain-lain

Dengan pengalaman lebih dari 25 tahun dalam komponen presisi, PT BMC terus memberikan kualitas produk terbaik kepada pelanggan, terus meningkatkan dan menyempurnakan proses yang, teknik dan teknologi, memberikan keuntungan di harga yang kompetitif, dan memprioritaskan pengiriman tepat waktu untuk memastikan efektif kami kepuasan pelanggan secara keseluruhan.

#### **4.1.1.2 Visi dan Misi Perusahaan**

##### **- *Visi Perusahaan***

PT Braja Mukti Cakra Mempunyai visi yang berbunyi “TO BE A GLOBAL PARTS MAKER”. Dimana bercita-cita untuk menjadi pembuat Parts yang diakui dunia.

##### **- *Misi Perusahaan***

PT Braja Mukti Cakra mempunyai misi “Being a good partner for stakeholders with excelent qsv (quality, service, value)”. Yaitu menjadi rekan kerja yang baik untuk para pemegang saham dengan kualitas produk, pelayanan, dan nilai yang terbaik.

#### **4.1.1.3 Struktur Organisasi**

Secara umum, pengorganisasian ialah hal yang sangat penting dalam menetapkan kerangka dasar kerja dimana aktivitas-aktivitas yang dibutuhkan harus dilaksanakan dan penentuan orang yang tepat sangat menentukan untuk melakukan aktivitas-aktivitas tersebut.

Struktur organisasi PT. BMC adalah sebagai berikut :



□ **Presiden Direktur**

Tugas daripada presiden direktur adalah memimpin suatu perusahaan dan bertanggung jawab untuk kestabilan perusahaan. Presdir ini membawahi lima bagian antara lain :

- ***Production & Engineering Departement Head***

Tugasnya adalah bertanggung jawab untuk mengatur kegiatan sehari-hari dalam perusahaan dan juga membuat laporan kepada Presdir. P&E Dept. Head membawahi lima bagian yaitu :

a. **Production Group Head**

Tugasnya adalah untuk menjalankan aktivitas produksi sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Production Group Head ini juga membawahi dua bagian yaitu Production Section Head dan PPIC Section Head.

b. **QA / QC Group Head**

Tugasnya adalah untuk menjaga kualitas dan memeriksa produk sebelum dan sesudah dikirim. QA & QC Group Head ini juga membawahi 3 bagian yaitu Cost Control Production Section Head, QA Section Head, dan QC Section Head.

c. **Maintenance & Engineering Group Head**

Tugasnya adalah melakukan pemeliharaan mesin-mesin produksi serta melakukan perbaikan-perbaikan pada mesin-mesin yang rusak dan development terhadap design dan karakteristik produk. MTC & Engineering Group Head ini membawahi tiga bagian yaitu Maintenance Section Head,

Engineering & Development Section Head, dan Workshop Section Head.

- ***Sales & Marketing Departement Head***

Tugasnya adalah memimpin dalam pelaksanaan strategi pemasaran produk dan juga memberikan forecasting berapa yang harus dipesan. Sales & Marketing Departemen Head ini membawahi dua bagian yaitu Sales Group Head dan Marketing Analyst Group Head.

- ***Coorperate Planning Departement Head***

Tugasnya adalah bertanggung jawab atas pelaksanaan sistem mamajemen mutu secara efektif dan efisien; mengevaluasi dan merubah sistem manajemen mutu apabila diperlukan; mengevaluasi dan melaporkan pencapaian hasil atas sistem manajemen yang diterapkan; mengkoordinir pertemuan sistem mutu secara periodik. Coorperate Planning Departement Head ini membawahi dua bagian yaitu Planning Section Head dan Internal Audit Section Head.

- ***Finance & Accounting Departement Head***

Tugasnya adalah memimpin dan mengkoordinasi usaha administratif, rancana bisnis, akuntansi, dan anggaran perusahaan, F&A Departement Head ini membawahi tiga bagian yaitu :

a. Finance Section Head

Tugasnya adalah membuat, mengkoordinir, dan mengevaluasi program kauangan dan sistem informasi yang mendukung perusahaan termasuk anggaran kemudian juga

mengkoordinasikan persiapan pernyataan keuangan, laporan keuangan, analisa khusus, dan laporan informasi.

b. Accounting Section Head

Tugasnya adalah membuat laporan keuangan baik bulanan maupun tahunan dan juga mengatur anggaran rencana pajak.

c. Procurement Section Head

Tugasnya adalah melaksanakan sasaran dan sistem mutu, bertanggung jawab atas administrasi pembelian, pengawasan anggaran serta pelaksanaan strategi procurement, menganalisis, mengatur, dan melakukan pengadaan barang yang dibutuhkan oleh perusahaan tersebut.

- ***Human Capital & General Services Departement Head***

Tugasnya adalah memimpin dalam pelaksanaan yang berhubungan dengan administrasi, fasilitas gedung dan juga menetapkan dan menyetujui gaji. Dan membawahi dua bagian yaitu Human Capital Section Head dan General Service Section Head.

#### **4.1.1.4 Kegiatan Produksi**

##### **1. Jenis Proses Produksi**

PT Braja Mukti Cakra memiliki 2 jenis sistem produksi, yaitu make to order yang sering disebut dengan job order dan make to stock yang sering disebut dengan General Market. Barang make to stock adalah barang-barang yang umum yang memiliki standar tertentu sehingga dapat memenuhi kebutuhan konsumen secara umum.

Untuk barang make to stock, proses produksi dimulai ketika divisi commercial memberikan forecasting berapa yang harus dipesan. Kemudian bagian PPIC memesan bahan mentah lalu membuat jadwal produksi untuk bahan mentah yang dipesan. PT BMC memiliki beberapa supplier diantaranya yaitu PT Bakrie Tosanjaya, PT BUMM, PT PARIN, PT ASAMA, dll.

## 2. Proses Produksi

PT Braja Mukti Cakra menggunakan 4 mesin untuk memproses Exhaust Manifold ini. Mesin-mesin tersebut adalah

1. Victor VC 70 CNC Milling (OP. 01)

Mesin buatan Taiwan ini memproses Rafling dengan cycle time 6 menit dengan kapasitas 40KVA 380V 50Hz.



Gambar 4.1 Mesin Victor VC 70 OP.1



2. Victor VC 70 CNC Milling (OP. 02)

Mesin ini sama persis dengan OP.1, hanya mesin ini memproses Rafling untuk sisi sebelah dari casting Exhaust Manifold dengan cycle time 5 menit. Mesin ini berkapasitas 40KVA 380VAC 50Hz.



Gambar 4.2. Mesin Victor VC 70 OP.2

3. OKUMA MB 46 Milling Center (OP. 03)

Mesin Buatan Okuma dari Jepang ini memproses pembentukan kontur lanjutan seperti pembuatan lubang, spot dan finishing dari OP.1 dengan waktu cycle time 4 menit. Mesin ini berkapasitas 22KVA 380VAC 50Hz.



Gambar 4.3. Mesin Okuma MB 46 OP.3

#### 4. Okuma MX 45 (OP. 04)

Mesin buatan Okuma dari Jepang ini memproses pembentukan lanjutan seperti pembuatan lubang, spot dan juga finishing dengan waktu 4 menit. Mesin ini berkapasitas 30KVA 220VAC



50Hz.

Gambar 4.4. Mesin Okuma MX 45 OP.4

### 3. Hasil Produksi

PT. Braja Mukti Cakra mengandalkan kualitas, pelayanan, serta harga yang bersaing. Produk yang dihasilkan dapat dipertanggung jawabkan kualitasnya karena sebagian besar PT.BMC memproduksi par-part safety/critical dimana part-part tersebut tidak boleh terdapat kesalahan sedikitpun didalamnya. Apabila terjadi suatu kesalahan pada komponen tersebut maka akan mengancam keselamatan ataupun nyawa manusia yang mengendarai mobil yang memakai part/komponen tersebut.

Berikut ini adalah beberapa part yang diproduksi oleh PT. Braja Mukti Cakra :

1. Fly Wheel
2. Brake Drum
3. Disc Brake
4. HUB
5. Injection Pump
6. Case Bearing
7. Level Ancor
8. Knuckle
9. Bracket
10. Disc Rotor
11. Balancer Shaft
12. Hook
13. Pressure Plate
14. Exhaust Manifold
15. Manifold Pipe

Dari berbagai macam part diatas terdapat beberapa part yang diekspor, maupun part yang di delivery ke lokal.

Gambar dibawah ini adalah produk Exhaust Manifold yang mana di produksi pada line Exhaust Manifold yang akan diteliti.



Gambar 4.5. Exhaust Manifold Finish Produk

#### 4. Bahan Baku

PT. BMC adalah perusahaan machining yang hanya memproses bahan casting yang sudah jadi. Dalam artian tidak membuat bahan baku sehingga bahan baku yang digunakan adalah casting yang di supply dari beberapa supplier casting yang telah ditentukan. Bahan baku atau casting yang digunakan sebagian besar menggunakan besi S43C, yaitu besi tuang kelabu.



Gambar 4.6. Casting Exhaust Manifold

##### 4.1.1.5 Kegiatan Perawatan

Kegiatan pemeliharaan bagi suatu perusahaan adalah untuk mencegah terjadinya kerusakan dan perbaikan atas kerusakan tersebut. Besar kecilnya bagian pemeliharaan ini tergantung besar kecilnya perusahaan dan teknologi dari mesin-mesin yang digunakan. Pelaksanaan bagian pemeliharaan tidak hanya meliputi pemeliharaan peralatan atau mesin mesin produksi saja, tetapi juga mencakup fasilitas seperti bangunan pabrik dan peralatan lainnya. Dalam hal ini yang diuraikan hanyalah :

- 1). Pemeliharaan pada mesin CNC line Exhaust Manifold dan
- 2). Komponen kritis dari mesin tersebut.

Secara umum Perawatan yang dilakukan di PT.BMC adalah sebagai berikut:

### ***1. Pemeliharaan Preventif Rutin***

#### **a. Pembersihan**

Pembersihan dilakukan untuk membersihkan mesin-mesin dari kotoran geram yang melekat atau berserakan pada filter coolant maupun area dalam mesin akibat terbawa dalam proses produksi. Pembersihan ini bertujuan untuk menjaga kebersihan mesin juga hasil permesinan pada proses berikutnya. Kegiatan ini dilakukan setiap hari secara rutin selama 1 jam.

#### **b. Pelumasan**

Pelumasan dilakukan setelah pembersihan, karena selama pembersihan minyak pelumas dari mesin-mesin sedikit banyak terbawa coolant yang digunakan untuk membersihkan, mesin-mesin diberi minyak pelumas pada bagian-bagian yang sering terjadi gesekan. Kegiatan ini dilakukan setiap hari sebelum menjalankan mesin. Sebelum proses permesinan, mesin-mesin terlebih dahulu di warming up (dipanaskan), kegiatan ini selama 15 menit. Mulanya mesin dihidupkan secara perlahan-lahan selama 5 menit pertama setelah itu mesin dipercepat sampai batas maksimum, pada 5 menit terakhir mesin kembali diturunkan pada batas normal. Kegiatan ini dilakukan setiap pagi secara rutin sebelum melakukan proses produksi.

d. Pengisian Cairan Coolant

Pengisian cairan coolant Cimcoal ini dilakukan sebelum menjalankan menghidupkan mesin karena cairan ini menjaga supaya panas yang timbul pada kontak pemotongan benda kerja pahat tidak berlebihan yang dapat mempengaruhi hasil akhir pemakanan dan umur tools.

**2. Pemeliharaan Preventif Periodik**

a. Penggantian oli

Penggantian oli mesin dilakukan sekali dalam seminggu. Sebelum oli diisi, oli yang lama dibuang seluruhnya sampai tidak ada sisa, sehingga oli yang baru tidak tercampur dengan oli lama.

b. Memeriksa kondisi Jig

Mesin CNC dalam kerjanya banyak membutuhkan jig yang akan melakukan proses pekerjaan permesinan, sehingga apabila kondisi jig yang sudah tidak bagus sebaiknya harus di setting ulang atau diganti bila perlu

c. Servis

Untuk mengecek keadaan komponen-komponen mesin, bagik bagian luar maupun bagian dalam, dilakukan setiap 90 hari sekali. Pada kegiatan servis ini komponen yang sudah tidak layak diganti dengan yang baru. Kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan di PT.BMC didasari oleh Maintenance Manual Instruction yang merupakan buku petunjuk perawatan mesin, berisikan tata cara perawatan, item yang menjadi sasaran

perawatan, jenis peralatan yang digunakan serta waktu pelaksanaan perawatan pencegahan tersebut. Penentuan waktu pelaksanaan perawatan didasari oleh buku manual mesin yang diperoleh pabrik pembuat mesin serta pengalaman team perawatan. Pelaksanaan kegiatan servis akan ditinjau kembali apabila terdapat jadwal produksi yang padat.

### ***3. Pemeliharaan Perbaikan***

Walaupun pemeliharaan preventif telah dilakukan namun mesin-mesin tidak luput dari kerusakan sehingga perlu perbaikan atas kerusakan tersebut. Dengan demikian PT.BMC melakukan kegiatan pemeliharaan perbaikan.

Secara khusus perawatan yang dilakukan Pada Mesin CNC Line Exhaust Manifold adalah sebagai berikut:

Tindakan perawatan pencegahan ini didasari oleh pemakaian mesin tidak ditentukan karena periode perawatan seringkali dihubungkan dengan penggunaan actual mesin, jadwal perawatan berupa frekuensi perawatan dinyatakan dalam jam operasi penggunaan mesin.

Buku petunjuk perawatan mesin CNC berisikan petunjuk umum tentang apa yang diperiksa dan berapa sering pemeriksaan tersebut. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan juga dilengkapi dengan tindakan penggantian.

Tindakan perawatan pada mesin ini dilakukan oleh bagian Maintenance PT.BMC. Tenaga pelaksana perawatan yang khusus menangani mesin CNC tidak ada, apabila mesin mengalami kerusakan dan membutuhkan penggantian komponen dapat dilakukan oleh siapa saja personil Maintenance.

#### 4.1.2 Data Khusus

Kumpulan daripada data-data teknis yang berhubungan langsung dengan pengolahan. Dalam kata lain, data ini dibutuhkan untuk melakukan tahap selanjutnya yaitu pengolahan data.

##### 1. Data Jenis, Jumlah, Harga, dan Frekuensi Kerusakan Komponen

Tabel 4.1 Jenis, Jumlah, Harga, dan Frekuensi Kerusakan  
Komponen

Komponen	Jumlah	Harga/unit (Rp)	Frekuensi Breakdown
Sensor	31	397000	19
Door Interlock	16	373000	15
Solenoid Valve	7	844000	16
Push Button	2	89000	4
Lamp	13	50000	4
Spring Clamp	31	233900	6
Key pad	16	79500	5
Door Bearing	3	49000	3
Bearing Ballscrew	7	325000	3
Power Supply	3	145000	4

##### 2. Data Selang Waktu Antar Kerusakan

Jarak waktu antar kerusakan adalah selang waktu mesin beroperasi normal atau selesai diperbaiki sampai mesin mengalami kerusakan kembali. Perhitungan selang antar waktu kerusakan ini



dipengaruhi oleh jam kerja produksi, dimana perusahaan memproduksi setiap hari. Contoh perhitungan selang waktu antar kerusakan untuk komponen *sensor* adalah sebagai berikut:

- Terjadi kerusakan pada tanggal 13 Januari 2013
- Kerusakan kembali terjadi pada tanggal 16 Maret 2013
- Maka selang waktu antar kerusakan adalah 62 hari

Tabel 4.2 Data Selang Waktu Antar Kerusakan Komponen

*Sensor dan Solenoid Valve* Periode 2013 – 2015

No.	Selang Waktu Antar Kerusakan (Hari)			
	<i>Sensor</i>		<i>Solenoid Valve</i>	
1	13-Jan-13	62	21-Feb-13	112
2	16-Mar-13	55	13-Jun-13	114
3	10-Mei-13	47	05-Okt-13	47
4	26-Jun-13	28	21-Nop-13	27
5	24-Jul-13	64	18-Des-13	32
6	26-Sep-13	40	19-Jan-14	18
7	05-Nop-13	43	06-Feb-14	22
8	18-Des-13	53	28-Feb-14	34
9	09-Feb-14	22	03-Apr-14	30
10	03-Mar-14	33	03-Mei-14	54
11	05-Apr-14	24	26-Jun-14	83
12	29-Apr-14	22	17-Sep-14	105
13	21-Mei-14	17	31-Des-14	29
14	07-Jun-14	14	29-Jan-15	44
15	21-Jun-14	23	14-Mar-15	33
16	14-Jul-14	105	16-Apr-15	
17	27-Okt-14	38		
18	04-Des-14	30		
19	03-Jan-15			

### 3. Data waktu yang diperlukan untuk perbaikan

Tabel 4.3 Data Lama Waktu Perbaikan Komponen Mesin CNC

Okuma TTR (*Time to Repair*)

Komponen	Lama Perbaikan (menit)
Sensor	60
Solenoid Valve	120
Push Button	90
Door Interlock	40
Axis Amplifier	65
Spring Clamp	80
Motor Coolant	50
Spindle Unit	45
Bearing Ballscrew	90
Power Supply	45

### 4. Data biaya-biaya yang diperlukan

Tabel 4.4 Data Biaya-biaya

Bahan Wawancara	Hasil
Output Produksi Exh Manifold	340pcs/hari
Laba Exh Manifold	Rp. 124.000,-/pcs
Harga Komponen	
Sensor	Rp. 397.000,-
Solenoid Valve	Rp. 844.000,-

## 4.2 PENGOLAHAN DATA

Setelah data-data yang dibutuhkan untuk pengolahan telah mencukupi, tahap pengolahan data barulah dilakukan. Pertama-tama yaitu menentukan komponen kritis yang nantinya akan dianalisa.

#### 4.2.1 Penentuan Komponen Kritis

Setelah kita mengumpulkan data diatas, lalu dilakukan analisa untuk menentukan komponen kritis yaitu menggunakan metode ABC yang dilakukan pada Mesin CNC Okuma seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Analisa Komponen

Komponen	Jumlah	Harga/unit (Rp)	Frekuensi Breakdown	Total Biaya
Sensor	31	397000	19	233833000
Solenoid Valve	7	844000	16	94528000
Door Interlock	16	373000	15	89520000
Push Button	2	89000	4	712000
Lamp	13	50000	4	2600000
Spring Clamp	31	233900	6	43505400
Key pad	16	79500	5	6360000
Door Bearing	3	49000	3	441000
Bearing Ballscrew	7	325000	3	6825000
Power Supply	3	145000	4	1740000
Total	129	2585400	79	480064400

Setelah itu menghitung persentase konsumsi biaya setiap komponen dan diurutkan dari jumlah terbesar hingga terkecil lalu komponen diklasifikasikan dengan metode ABC seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Klasifikasi Komponen dengan Metode ABC

Komponen	Total Biaya	Persentase Nilai Tiap Barang (%)	Persentase Jumlah Barang	Kategori
Sensor	233833000	48,71	2/10x100% = 20%	A
Solenoid valve	94528000	19,69		
Door Interlock	89520000	18,65	3/10x100% = 30%	B
Spring Clamp	43505400	9,06		
Bearing Ballscrew	6825000	1,42		
Key pad	6360000	1,32	5/10x100% = 50%	C
Lamp	2600000	0,54		
Power Supply	1740000	0,36		
Push Button	712000	0,15		
Door Bearing	441000	0,09		

#### 4.2.2. Pemilihan Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan dipilih dengan melakukan pengujian terhadap distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Pengujian pola distribusi dilakukan dengan menggunakan data selang waktu antar kerusakan (TTF) tiap-tiap komponen. Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan nilai *index of fit* yang terbesar dengan menggunakan metode *least Square* (kuadrat terkecil) secara manual.

##### 4.2.2.1 Distribusi Kerusakan Komponen *Sensor*

Perhitungan secara manual dilakukan dengan menghitung *index of fit*. Pemilihan pola distribusi dilakukan dengan cara memilih *index of fit* yang terbesar. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan distribusi kerusakan komponen *sensor*.

### 1. Distribusi Normal

Langkah awal adalah menghitung nilai tengah kerusakan (*median rank*). Nilai ini dapat dihitung dengan rumus :

$$\left( \right) = \frac{i - n}{n} \quad \left( \right) = \frac{1 - n}{n} = 0.0946$$

Dan nilai  $Y_i = Z_i = \Phi^{-1} (F(t_i))$  diperoleh dari tabel Standardized Normal Probabilities. Perhitungan *index of fit* menggunakan distribusi normal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Perhitungan *Index of Fit* dengan Distribusi Normal pada  
Komponen Sensor

I	(Xi)=ti	F (ti)	Yi	Xi.Yi	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
1	14	0,0380	-2	-24,78	196	3,1329
2	17	0,0924	-1,33	-22,61	289	1,7689
3	22	0,1467	-1,05	-23,1	484	1,1025
4	22	0,2011	-1	-18,48	484	0,7056
5	23	0,2554	-0,66	-15,18	529	0,4356
6	24	0,3098	-0,5	-12	576	0,25
7	28	0,3641	-0,35	-9,8	784	0,1225
8	30	0,4185	-0,21	-6,3	900	0,0441
9	33	0,4728	-0,07	-2,31	1089	0,0049
10	38	0,5272	0,07	2,66	1444	0,0049
11	40	0,5815	0,21	8,4	1600	0,0441
12	43	0,6359	0,35	15,05	1849	0,1225
13	47	0,6902	0,5	23,5	2209	0,25
14	53	0,7446	0,66	34,98	2809	0,4356
15	55	0,7989	0,84	46,2	3025	0,7056
16	62	0,8533	1,05	65,1	3844	1,1025
17	64	0,9076	1,33	85,12	4096	1,7689
18	105	0,9620	1,77	185,85	11025	3,1329
<b>Total</b>	<b>720</b>	<b>9,0000</b>	<b>0</b>	<b>332,3</b>	<b>37232</b>	<b>15,134</b>

$$S_{xy} = \left( \sum^n X_i Y_i \right) - \left( \sum^n X_i \right) \left( \sum^n Y_i \right) = (18 \times 323.3) - (38232 \times 0) \\ = 5981,4$$

$$S_{xx} = (\sum^n Xi^2) - (\sum^n Xi)^2 = (18 \times 37232) - (720)^2$$

$$= 151776$$

$$S_{yy} = (\sum^n Yi^2) - (\sum^n Yi)^2 = (18 \times 15.134) - (0)^2 = 272,412$$

$$Index \ of \ Fit \ adalah = \frac{S_{yy}}{S_{yy} + S_{xx}} = \frac{272,412}{272,412 + 151776} = 0,930225$$

## 2. Distribusi Lognormal

Perhitungan *Index of Fit* distribusi lognormal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8. Perhitungan *Index of Fit* dengan Distribusi Lognormal pada Komponen Sensor

I	Ti	(Xi)-in ti	F (ti)	Yi	Xi.Yi	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
1	14	2,639	0,0380	-2	-4,67103	6,964321	3,1329
2	17	2,8332	0,0924	-1,33	-3,76816	8,027022	1,7689
3	22	3,091	0,1467	-1,05	-3,24555	9,554281	1,1025
4	22	3,091	0,2011	-1	-2,59644	9,554281	0,7056
5	23	3,1354	0,2554	-0,66	-2,06936	9,830733	0,4356
6	24	3,178	0,3098	-0,5	-1,589	10,09968	0,25
7	28	3,3322	0,3641	-0,35	-1,16627	11,10356	0,1225
8	30	3,4011	0,4185	-0,21	-0,71423	11,56748	0,0441
9	33	3,4965	0,4728	-0,07	-0,24476	12,22551	0,0049
10	38	3,6375	0,5272	0,07	0,254625	13,23141	0,0049
11	40	3,6888	0,5815	0,21	0,774648	13,60725	0,0441
12	43	3,7612	0,6359	0,35	1,31642	14,14663	0,1225
13	47	3,8501	0,6902	0,5	1,92505	14,82327	0,25
14	53	3,97	0,7446	0,66	2,6202	15,7609	0,4356
15	55	4,0073	0,7989	0,84	3,366132	16,05845	0,7056
16	62	4,1271	0,8533	1,05	4,333455	17,03295	1,1025
17	64	4,1588	0,9076	1,33	5,531204	17,29562	1,7689
18	105	4,6539	0,9620	1,77	8,237403	21,65879	3,1329
<b>Total</b>	<b>720</b>	<b>64,0521</b>	<b>9,0000</b>	<b>0</b>	<b>8,294341</b>	<b>232,5421</b>	<b>15,134</b>

$$S_{xy} = (\sum^n X_i Y_i) - (\sum^n X_i) (\sum^n Y_i) = (18 \times 8.294341) - (64.0521 \times 0) \\ = 149,2981$$

$$S_{xx} = (\sum^n X_i^2) - (\sum^n X_i)^2 = (18 \times 232.5421) - (64.0521)^2 \\ = 83,08683$$

$$S_{yy} = (\sum^n Y_i^2) - (\sum^n Y_i)^2 = (18 \times 15.134) - (0)^2 = 272,412$$

$$\text{Index of Fit adalah} = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx} S_{yy}} = \frac{149,2981^2}{83,08683 \times 272,412} = 0,992374$$

### 3. Distribusi Eksponensial

Perhitungan *index of fit* dengan distribusi eksponensial dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.9. Perhitungan *Index of Fit* dengan Distribusi Eksponensial pada Komponen Sensor

I	(X <sub>i</sub> )=t <sub>i</sub>	F (t <sub>i</sub> )	Y <sub>i</sub> =ln(1/1-F(t <sub>i</sub> ))	X <sub>i</sub> .Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	14	0,0380	0,0387	0,5418	196	0,0015
2	17	0,0924	0,0969	1,6473	289	0,0094
3	22	0,1467	0,1586	3,4892	484	0,0252
4	22	0,2011	0,2245	4,939	484	0,0504
5	23	0,2554	0,295	6,785	529	0,0870
6	24	0,3098	0,3707	8,8968	576	0,1374
7	28	0,3641	0,4528	12,6784	784	0,2050
8	30	0,4185	0,5421	16,263	900	0,2939
9	33	0,4728	0,6402	21,1266	1089	0,4099
10	38	0,5272	0,749	28,462	1444	0,5610
11	40	0,5815	0,8711	34,844	1600	0,7588
12	43	0,6359	1,0102	43,4386	1849	1,0205
13	47	0,6902	1,1719	55,0793	2209	1,3733
14	53	0,7446	1,3648	72,3344	2809	1,8627
15	55	0,7989	1,604	88,22	3025	2,5728
16	62	0,8533	1,9191	118,9842	3844	3,6829
17	64	0,9076	2,3817	152,4288	4096	5,6725
18	105	0,9620	3,269	343,245	11025	10,6864
<b>Total</b>	<b>720</b>	<b>9,0000</b>	<b>17,1603</b>	<b>1013,403</b>	<b>37232</b>	<b>29,4106</b>

$$S_{xy} = (\sum^n X_i Y_i) - (\sum^n X_i) (\sum^n Y_i) = (18 \times 1013.403) - (720 \times 17.1603) = 5885,845$$

$$S_{xx} = (\sum^n X_i^2) - (\sum^n X_i)^2 = (18 \times 37232) - (720)^2 = 151776$$

$$S_{yy} = (\sum^n Y_i^2) - (\sum^n Y_i)^2 = (18 \times 29.4106) - (17.1603)^2 = 234,915$$

$$\text{Index of Fit adalah} = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx} \cdot S_{yy}} = \frac{5885,845^2}{151776 \cdot 234,915} = 0,985716$$

#### 4. Distribusi Weibull

Perhitungan *index of fit* dengan distribusi weibull dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10. Perhitungan *Index of Fit* dengan Distribusi Weibull pada Komponen *Sensor*

I	t <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> =ln(t <sub>i</sub> )	F (t <sub>i</sub> )	Y <sub>i</sub> =ln ln(1/(1-F(t <sub>i</sub> )))	X <sub>i</sub> .Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	14	2,639	0,0380	-3,2519	-8,58176	6,964321	10,57485
2	17	2,8332	0,0924	-2,334	-6,61269	8,027022	5,447556
3	22	3,091	0,1467	-1,8413	-5,69146	9,554281	3,390386
4	22	3,091	0,2011	-1,4938	-4,61734	9,554281	2,231438
5	23	3,1354	0,2554	-1,2207	-3,82738	9,830733	1,490108
6	24	3,178	0,3098	-0,9923	-3,15353	10,09968	0,984659
7	28	3,3322	0,3641	-0,7923	-2,6401	11,10356	0,627739
8	30	3,4011	0,4185	-0,6123	-2,08249	11,56748	0,374911
9	33	3,4965	0,4728	-0,4459	-1,55909	12,22551	0,198827
10	38	3,6375	0,5272	-0,289	-1,05124	13,23141	0,083521
11	40	3,6888	0,5815	-0,1379	-0,50869	13,60725	0,019016
12	43	3,7612	0,6359	0,0101	0,037988	14,14663	0,000102
13	47	3,8501	0,6902	0,1586	0,610626	14,82327	0,025154
14	53	3,97	0,7446	0,311	1,23467	15,7609	0,096721
15	55	4,0073	0,7989	0,4725	1,893449	16,05845	0,223256
16	62	4,1271	0,8533	0,6518	2,690044	17,03295	0,424843
17	64	4,1588	0,9076	0,8678	3,609007	17,29562	0,753077
18	105	4,6539	0,9620	1,1844	5,512079	21,65879	1,402803
<b>Total</b>	<b>720</b>	<b>64,0521</b>	<b>9</b>	<b>-9,7552</b>	<b>-24,7379</b>	<b>232,5421</b>	<b>28,34897</b>



$$S_{xy} = (\sum^n X_i Y_i) - (\sum^n X_i) (\sum^n Y_i) = (18 \times 24.7378) - (64.0521 \times 9.7552) = 179,5588$$

$$S_{xx} = (\sum^n X_i^2) - (\sum^n X_i)^2 = (18 \times 232.5421) - (64.0521)^2 = 83,08683$$

$$S_{yy} = (\sum^n Y_i^2) - (\sum^n Y_i)^2 = (18 \times 28.34897) - (9.7552)^2 = 415,1176$$

$$Index\ of\ Fit\ adalah = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx} \cdot S_{yy}} = \frac{(179,5588)^2}{83,08683 \cdot 415,1176} = 0,966841$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pola distribusi waktu selang waktu kerusakan komponen *Sensor* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.11. Rekapitulasi Perhitungan Manual Distribusi Selang Waktu Antar Kerusakan pada Komponen *Sensor*

Distribusi	<i>Index Of Fit</i>
Normal	0,9302
Lognormal	0,9924
Eksponensial	0,9857
Weibull	0,9668

Setelah dilakukanya perhitungan secara manual, dapat kita ketahui hasil dimana *index of fit* yang paling besar adalah 0.9924 yang terdapat pada distribusi lognormal. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa data selang waktu antar kerusakan komponen *Sensor* adalah berdistribusi lognormal.

#### 4.2.2.2 Distribusi Kerusakan Komponen *Solenoid Valve*

Penentuan distribusi pada komponen *solenoid valve* ini dilakukan dengan mencari *index of fit* yang paling besar. Dan perhitungan *index of fit* dilakukan secara manual. Berikut adalah beberapa perhitungan *index of fit* dari beberapa distribusi.

##### 1. Distribusi Normal

Langkah awal adalah menghitung nilai tengah kerusakan (*median rank*). Nilai ini dapat dihitung dengan rumus :

$$\left( \frac{1}{2} \right) = \frac{i - n}{n} \quad \left( \frac{1}{2} \right) = \frac{i - 154}{154} = 0.0455$$

Dan nilai  $Y_i = Z_i = \Phi^{-1}(F(t_i))$  diperoleh dari tabel Standardized Normal Probabilities. Perhitungan *index of fit* menggunakan distribusi normal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12. Perhitungan *Index of Fit* dengan Distribusi Normal pada Komponen Sol Valve

I	(Xi)=ti	F (ti)	Yi	Xi.Yi	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
1	18	0,0455	-2	-30,6	324	2,89
2	22	0,1104	-1,22	-26,84	484	1,4884
3	27	0,1753	-0,94	-25,38	729	0,8836
4	29	0,2403	-1	-20,3	841	0,49
5	30	0,3052	-0,51	-15,3	900	0,2601
6	32	0,3701	-0,33	-10,56	1024	0,1089
7	33	0,4351	-0,16	-5,28	1089	0,0256
8	34	0,5000	0	0	1156	0
9	44	0,5649	0,16	7,04	1936	0,0256
10	47	0,6299	0,33	15,51	2209	0,1089
11	54	0,6948	0,51	27,54	2916	0,2601
12	83	0,7597	0,7	58,1	6889	0,49
13	105	0,8247	0,94	98,7	11025	0,8836
14	112	0,8896	1,22	136,64	12544	1,4884
15	114	0,9545	1,7	193,8	12996	2,89
<b>Total</b>	<b>784</b>	<b>7,5000</b>	<b>0</b>	<b>403,07</b>	<b>57062</b>	<b>12,2932</b>

$$S_{xy} = (\sum^n X_i Y_i) - (\sum^n X_i) (\sum^n Y_i) = (15 \times 403,07) - (784 \times 0) \\ = 6046,05$$

$$S_{xx} = (\sum^n X_i^2) - (\sum^n X_i)^2 = (15 \times 57062) - (784)^2 \\ = 241274$$

$$S_{yy} = (\sum^n Y_i^2) - (\sum^n Y_i)^2 = (15 \times 12.2932) - (0)^2 = 184,398$$

$$\text{Index of Fit adalah} = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx} S_{yy}} = 0,906439$$

## 2. Distribusi Lognormal

Perhitungan *Index of Fit* distribusi lognormal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.13. Perhitungan *Index of Fit* dengan Distribusi Lognormal pada Komponen *Sol Valve*

I	Ti	(Xi)=ln ti	F (ti)	Yi	Xi.Yi	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
1	18	2,8903	0,0455	-2	-4,91351	8,353834	2,89
2	22	3,091	0,1104	-1,22	-3,77102	9,554281	1,4884
3	27	3,2958	0,1753	-0,94	-3,09805	10,8623	0,8836
4	29	3,3672	0,2403	-1	-2,35704	11,33804	0,49
5	30	3,4011	0,3052	-0,51	-1,73456	11,56748	0,2601
6	32	3,4657	0,3701	-0,33	-1,14368	12,01108	0,1089
7	33	3,4965	0,4351	-0,16	-0,55944	12,22551	0,0256
8	34	3,5263	0,5000	0	0	12,43479	0
9	44	3,7841	0,5649	0,16	0,605456	14,31941	0,0256
10	47	3,8501	0,6299	0,33	1,270533	14,82327	0,1089
11	54	3,9889	0,6948	0,51	2,034339	15,91132	0,2601
12	83	4,4188	0,7597	0,7	3,09316	19,52579	0,49
13	105	4,6539	0,8247	0,94	4,374666	21,65879	0,8836
14	112	4,7184	0,8896	1,22	5,756448	22,2633	1,4884
15	114	4,7361	0,9545	1,7	8,05137	22,43064	2,89
<b>Total</b>	<b>784</b>	<b>56,6842</b>	<b>7,5000</b>	<b>0</b>	<b>7,608668</b>	<b>219,2798</b>	<b>12,2932</b>

$$S_{xy} = (\sum^n X_i Y_i) - (\sum^n X_i) (\sum^n Y_i) = (15 \times 7,60866) - (56,6842 \times 0) \\ = 114,13$$

$$S_{xx} = (\sum^n X_i^2) - (\sum^n X_i)^2 = (15 \times 219,2798) - (56,6842)^2 \\ = 76,09902$$

$$S_{yy} = (\sum^n Y_i^2) - (\sum^n Y_i)^2 = (15 \times 12,2932) - (0)^2 = 184,398$$

$$\text{Index of Fit adalah} = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx} S_{yy}} = \frac{114,13^2}{76,09902 \times 184,398} = 0,963457$$

### 3. Distribusi Eksponensial

Perhitungan *index of fit* dengan distribusi eksponensial dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.14. Perhitungan *Index of Fit* dengan Distribusi Eksponensial pada Komponen Sol Valve

I	(X <sub>i</sub> )=t <sub>i</sub>	F (t <sub>i</sub> )	Y <sub>i</sub> =ln(1/1-F(t <sub>i</sub> ))	X <sub>i</sub> .Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	18	0,0455	0,0465	0,837	324	0,0022
2	22	0,1104	0,1169	2,5718	484	0,0137
3	27	0,1753	0,2037	5,4999	729	0,0415
4	29	0,2403	0,2747	7,9663	841	0,0755
5	30	0,3052	0,3641	10,923	900	0,1326
6	32	0,3701	0,4622	14,7904	1024	0,2136
7	33	0,4351	0,571	18,843	1089	0,3260
8	34	0,5000	0,6931	23,5654	1156	0,4804
9	44	0,5649	0,8322	36,6168	1936	0,6926
10	47	0,6299	0,9939	46,7133	2209	0,9878
11	54	0,6948	1,1868	64,0872	2916	1,4085
12	83	0,7597	1,426	118,358	6889	2,0335
13	105	0,8247	1,7411	182,8155	11025	3,0314
14	112	0,8896	2,2037	246,8144	12544	4,8563
15	114	0,9545	3,091	352,374	12996	9,5543
<b>Total</b>	<b>784</b>	<b>7,5000</b>	<b>14,2069</b>	<b>1132,776</b>	<b>57062</b>	<b>23,8498</b>

$$S_{xy} = (\sum^n X_i Y_i) - (\sum^n X_i) (\sum^n Y_i) = (15 \times 1132,776) - (784 \times 14,2069) \\ = 5853,43$$

$$S_{xx} = (\sum^n X_i^2) - (\sum^n X_i)^2 = (15 \times 57062) - (784)^2 \\ = 241274$$

$$S_{yy} = (\sum^n Y_i^2) - (\sum^n Y_i)^2 = (15 \times 23,8498) - (14,2069)^2 \\ = 155,9106$$

$$\text{Index of Fit adalah} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}} = \frac{5853,43}{\sqrt{241274 \cdot 155,9106}} = 0,954371$$

#### 4. Distribusi Weibull

Perhitungan *index of fit* dengan distribusi weibull dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.15. Perhitungan *Index of Fit* dengan Distribusi Weibull pada Komponen *Sol Valve*

I	t <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> =ln(t <sub>i</sub> )	F (t <sub>i</sub> )	Y <sub>i</sub> =ln ln(1/1-F(t <sub>i</sub> ))	X <sub>i</sub> .Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	18	2,8903	0,0455	-3,0683	-8,86832	8,353834	9,414483
2	22	3,091	0,1104	-2,1464	-6,63463	9,554281	4,607189
3	27	3,2958	0,1753	-1,5911	-5,24397	10,8623	2,531621
4	29	3,3672	0,2403	-1,2921	-4,35068	11,33804	1,66946
5	30	3,4011	0,3052	-1,0103	-3,43622	11,56748	1,02076
6	32	3,4657	0,3701	-0,7718	-2,67468	12,01108	0,59561
7	33	3,4965	0,4351	-0,5604	-1,95932	12,22551	0,31401
8	34	3,5263	0,5000	-0,3666	-1,29267	12,43479	0,134382
9	44	3,7841	0,5649	-0,1837	-0,69507	14,31941	0,033739
10	47	3,8501	0,6299	-0,0061	-0,02356	14,82327	3,74E-05
11	54	3,9889	0,6948	0,1713	0,683141	15,91132	0,02933
12	83	4,4188	0,7597	0,3549	1,568114	19,52579	0,125935
13	105	4,6539	0,8247	0,5545	2,580667	21,65879	0,307489
14	112	4,7184	0,8896	0,7901	3,728186	22,2633	0,624318
15	114	4,7361	0,9545	1,1285	5,344664	22,43064	1,2735
<b>Total</b>	<b>784</b>	<b>56,6842</b>	<b>7,5</b>	<b>-7,9975</b>	<b>-21,2744</b>	<b>219,2798</b>	<b>22,68186</b>

$$\begin{aligned}
 S_{xy} &= (\sum^n X_i Y_i) - (\sum^n X_i) (\sum^n Y_i) = (15 \times 21,2744) - \\
 &\quad (56,6842 \times 7,9975) = 134,2149 \\
 S_{xx} &= (\sum^n X_i^2) - (\sum^n X_i)^2 = (15 \times 219,2798) - (56,6842)^2 \\
 &= 76,09902 \\
 S_{yy} &= (\sum^n Y_i^2) - (\sum^n Y_i)^2 = (15 \times 22,68186) - (-7,9975)^2 \\
 &= 276,2684
 \end{aligned}$$

$$\text{Index of Fit adalah} = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx} S_{yy}} = \frac{134,2149^2}{76,09902 \times 276,2684} = 0,925648$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pola distribusi waktu selang waktu kerusakan komponen *Solenoid Valve* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.16. Rekapitulasi Perhitungan Manual Distribusi Selang Waktu Antar Kerusakan pada Komponen *Solenoid Valve*

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9064
Lognormal	0,9635
Eksponensial	0,9544
Weibull	0,9256

Setelah dilakukanya perhitungan secara manual, dapat kita ketahui hasil dimana *index of fit* yang paling besar adalah 0.9635 yang terdapat pada distribusi lognormal. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa data selang waktu antar kerusakan komponen *Solenoid Valve* adalah berdistribusi normal.

### 4.2.3 Perhitungan MTTF Komponen *Sensor*

Didasari oleh hasil perhitungan *index of fit*, selang waktu antara kerusakan pada komponen *Sensor* adalah berdistribusi lognormal. Sehingga parameter yang digunakan yaitu  $s$  dan  $t_{med}$  dengan rumus antara lain sebagai berikut :

$$= x = \frac{\sum^n i}{n}$$

$$s = \frac{\sum \frac{n \cdot i^2}{n}}{n} \quad (\text{parameter bentuk})$$

$$t_{med} = e^{\mu} \quad (\text{parameter lokasi})$$

Perhitungan MTTF dapat dilakukan secara manual. Hasil perhitungan secara manual dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.17. Perhitungan MTTF Komponen *Sensor*

i	Ti	ln(ti)	$\mu$	$(\ln(ti)-\mu)^2$
1	14	2,6391	3,5585	0,8454
2	17	2,8332	3,5585	0,5261
3	22	3,0910	3,5585	0,2185
4	22	3,0910	3,5585	0,2185
5	23	3,1355	3,5585	0,1789
6	24	3,1781	3,5585	0,1447
7	28	3,3322	3,5585	0,0512
8	30	3,4012	3,5585	0,0247
9	33	3,4965	3,5585	0,0038
10	38	3,6376	3,5585	0,0063
11	40	3,6889	3,5585	0,0170
12	43	3,7612	3,5585	0,0411
13	47	3,8501	3,5585	0,0851
14	53	3,9703	3,5585	0,1696
15	55	4,0073	3,5585	0,2014
16	62	4,1271	3,5585	0,3233
17	64	4,1589	3,5585	0,3604
18	105	4,6540	3,5585	1,2000
<b>Total</b>	<b>720</b>	<b>64,0532</b>		<b>4,6162</b>

$$\mu = \frac{\sum n}{n} = 3,5585$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{3,5585} = 35,1104$$

$$s^2 = \frac{\sum (n_i - \bar{n})^2}{n} = 0,2564$$

$$s = \sqrt{0,2564} = 0,5063$$

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} = 35,1104 e^{0,2564/2} = 39,9128$$

Setelah melakukan perhitungan diatas, maka diperoleh MTTF komponen *sensor* senilai 39,9128

#### 4.2.4 Perhitungan MTTF Komponen *Solenoid Valve*

Didasari oleh hasil perhitungan *index of fit*, selang waktu antara kerusakan pada komponen *sol valve* adalah berdistribusi lognormal. Perhitungan MTTF dapat dilakukan secara manual. Hasil perhitungan secara manual dapat dilihat pada tabel berikut.



Tabel 4.18. Perhitungan MTTF Komponen *Sol Valve*

i	Ti	ln(ti)	$\mu$	$(\ln(ti)-\mu)^2$
1	18	2,8904	3,7790	0,7897
2	22	3,0910	3,7790	0,4733
3	27	3,2958	3,7790	0,2335
4	29	3,3673	3,7790	0,1695
5	30	3,4012	3,7790	0,1427
6	32	3,4657	3,7790	0,0981
7	33	3,4965	3,7790	0,0798
8	34	3,5264	3,7790	0,0638
9	44	3,7842	3,7790	0,0000
10	47	3,8501	3,7790	0,0051
11	54	3,9890	3,7790	0,0441
12	83	4,4188	3,7790	0,4094
13	105	4,6540	3,7790	0,7655
14	112	4,7185	3,7790	0,8826
15	114	4,7362	3,7790	0,9162
<b>Total</b>	<b>784</b>	<b>56,6852</b>		<b>5,0734</b>

$$\mu = \frac{\sum n}{n} = \frac{56,6852}{15} = 3,7790$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{3,7790} = 43,7722$$

$$s^2 = \frac{\sum (n_i - \mu)^2}{n} = \frac{5,0734}{15} = 0,3382$$

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{0,3382} = 0,5815$$

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} = 43,7722 e^{0,3382/2} = 51,8367$$

Setelah melakukan perhitungan diatas, maka diperoleh hasil

MTTF dari komponen *sol valve* adalah 51,8367

#### 4.2.5 Perhitungan Biaya Kerusakan dan Biaya Pencegahan

##### 4.2.5.1 Perhitungan Biaya Kerusakan (*cost of failure*)

Biaya ini terdiri dari biaya komponen dan biaya kehilangan produksi.

##### 1. Biaya komponen

- a. Komponen *sensor* terdiri dari 31 unit. Jika salah satu unit mengalami kerusakan, maka semua *sensor* akan diganti karena dalam waktu dekat komponen tersebut akan rusak.

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

Harga/unit : Rp. 397.000,-

Total biaya komponen *sensor* : Rp. 12.307.000,-

- b. Komponen *sol valve* terdiri dari 7 unit.

Harga/unit : Rp. 844.000,-

Total biaya komponen *sol valve* : Rp. 5.908.000,-

2. Biaya kehilangan produksi didasarkan atas *output* dan laba yang seharusnya diperoleh.

Output/hari : 340pcs/hari

Laba/pcs : Rp. 124.000,-/pcs

Biaya kehilangan produksi = Rp. 124.000,-/pcs x 340pcs/hari

= Rp. 42.160.000,-/hari

Karena kerusakan *sensor* hanya membutuhkan waktu 1 jam dalam sehari dan kerusakan *sol valve* 2 jam dalam sehari maka biaya kehilangan produksi menjadi:

a. Sensor = 0.416 hari x Rp.42.160.000,-

= Rp. 17.538.560,-

$$\begin{aligned} \text{b. Solenoid valve} &= 0,083 \text{ hari} \times \text{Rp.}42.160.000,- \\ &= \text{Rp. } 3.499.280,- \end{aligned}$$

#### 4.2.5.2. Perhitungan Biaya Pencegahan (*cost of preventive*)

Biaya ini terdiri dari biaya pembelian komponen.

$$C_p \text{ (cost of preventive)} = \text{Rp.}12.307.000$$

#### 4.2.6. Penentuan Selang Waktu Penggantian Pencegahan

Perhitungan ini dilakukan kepada kedua komponen kritis yang telah ditentukan yaitu *sensor* dan *sol valve* daripada mesin OKUMA CNC. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan distribusi yang telah terpilih yakni distribusi lognormal untuk kedua komponen tersebut dengan cara trial error.

##### 4.2.6.1. Selang Waktu Penggantian Komponen *Sensor* dengan Metode *Age Replacement*

Untuk mendapatkan selang waktu antar kerusakan ( $t_p$ ), maka dibutuhkan data-data yang telah diperoleh sebelumnya. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan selang waktu penggantian adalah:

1. Data waktu kerusakan komponen berdistribusi lognormal dengan parameter :

$$\text{MTTF} = 39,9128$$

$$T_{\text{med}} = 35,1104$$

$$s = 0,5063$$

2. Data waktu perbaikan adalah 1 jam. Maka  $T_f = T_p = 1 \text{ jam} = 0.0416$  hari.

3. Data  $C_f$  (*cost of failure*) dan data  $C_p$  (*cost of preventive*)

$$\begin{aligned} C_f \text{ (cost of failure)} &= \text{biaya komponen} + \text{biaya kehilangan} \\ &\text{produksi} \\ &= \text{Rp.12.307.000} + \text{Rp.17.538.560} \\ &= \text{Rp.29.845.560,-} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_p \text{ (cost of preventive)} &= \text{biaya komponen} \\ &= \text{Rp. 12.307.000,-} \end{aligned}$$

Dibawah ini adalah contoh perhitungan untuk  $t_p = 24$  hari:

$$\begin{aligned} 1. R(t) &= 1 - \frac{-i}{e} \left( \frac{t}{T_p} \right) = (24) = 1 - \left( \frac{-0,7515}{e} \right) \\ &= 1 - (-0,7515) \\ &= 1 - 0,2266 = 0,7734 \end{aligned}$$

$$2. F(t_p) = 1 - R(t_p) = 1 - 0,7734 = 0,2266$$

$$3. (t_p + T_p) \times R(t_p) = (24 + 0.0416) \times 0,7734 = 18,5937$$

$$4. M(t_p) = \frac{C_f \times F(t_p)}{C_p} = M(24) = \frac{29.845.560 \times 0,2266}{12.307.000} = 176,1376$$

$$\begin{aligned} 5. C(t_p) &= \frac{C_p \times (t_p + T_p) \times R(t_p) + C_f \times F(t_p)}{C_p} \\ &= \frac{12.307.000 \times (24 + 0,0416) \times 0,7734 + 29.845.560 \times 0,2266}{12.307.000} = 292876 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selang waktu penggantian yang lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.19. Perhitungan Selang Waktu Penggantian Komponen *Sensor* dengan Metode *Age Replacement*

<b> Tp </b>	<b> R(tp) </b>	<b> F(tp) </b>	<b> (tp+Tp)R(tp) </b>	<b> M(tp) </b>	<b> C(tp) </b>
10	0,9934	0,0066	9,9753	6047,3939	249010,9
11	0,989	0,011	10,9201	3628,4346	245899,8
12	0,983	0,017	11,8369	2347,8118	243576,0
13	0,975	0,025	12,7156	1596,512	242173,8
<b>14</b>	<b>0,9649</b>	<b>0,0351</b>	<b>13,5487</b>	<b>1137,1168</b>	<b>241711,2</b>
15	0,9525	0,0475	14,3271	840,2659	242249,7
16	0,9394	0,0606	15,0695	658,6271	243155,1
17	0,9236	0,0764	15,4209	522,4188	245203,5
18	0,9041	0,0951	16,3258	419,693	248475,7
19	0,8869	0,1131	16,888	352,8983	251570,9
20	0,8665	0,1335	17,366	298,9723	263860,1
21	0,8438	0,1562	17,7549	255,523	268979,7
22	0,8212	0,1788	18,1006	223,226	274204,5
23	0,7967	0,2033	18,3572	196,3246	280365,1
24	0,7734	0,2266	18,5938	176,1377	286210,7
25	0,7486	0,2514	18,7461	158,7621	292876,0

Didasari oleh perhitungan pada tabel diatas, diperoleh  $C(tp)$  paling minimum terdapat pada  $Tp$  14 yaitu Rp.241.711,-. Sehingga selang waktu penggantian pencegahan yang optimum dengan kriteria minimasi ongkos adalah 14 hari.

#### 4.2.6.2. Selang Waktu Penggantian Komponen Sol Valve dengan Metode *Age Replacement*

Untuk mendapatkan selang waktu antar kerusakan ( $t_p$ ), maka dibutuhkan data-data yang telah diperoleh sebelumnya. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan selang waktu penggantian adalah:

1. Data waktu kerusakan komponen berdistribusi lognormal dengan parameter :

$$MTTF = 51,8367$$

$$T_{med} = 43,7722$$

$$s = 0,5815$$

2. Data waktu perbaikan adalah 2 jam. Maka  $T_f = T_p = 2 \text{ jam} = 0,0833$  hari.

3. Data  $C_f$  (*cost of failure*) dan data  $C_p$  (*cost of preventive*)

$$C_f \text{ (cost of failure)} = \text{biaya tenaga kerja} + \text{biaya komponen} + \text{biaya kehilangan produksi}$$

$$= \text{Rp.}5.908.000, + \text{Rp.}3.499.280,-$$

$$= \text{Rp.}9.407.280,-$$

$$C_p \text{ (cost of preventive)} = \text{biaya komponen}$$

$$= \text{Rp. } 5.908.000,-$$

Dengan metode yang sama, diperoleh bahwa selang waktu penggantian yang optimum untuk komponen *sol valve* adalah 16 hari dengan  $C(tp)$  Rp.90.024,-

Hasil perhitungan selang waktu penggantian untuk komponen *sol valve* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.20. Perhitungan Selang Waktu Penggantian Komponen

*Sol Valve dengan Metode Age Replacement*

<b>Tp</b>	<b>R(tp)</b>	<b>F(tp)</b>	<b>(tp+Tp)R(tp)</b>	<b>M(tp)</b>	<b>C(tp)</b>
10	0,9943	0,0057	10,0258	9094,1579	95823,77
11	0,9911	0,0089	10,9847	5824,3483	94539,08
12	0,9868	0,0132	11,9238	3927,0227	93382,07
13	0,9812	0,0188	12,8373	2757,2713	92365,38
14	0,975	0,025	13,7312	2073,4680'	91436,36
15	0,9671	0,0329	14,5871	1575,5836	90673,55
<b>16</b>	<b>0,9582</b>	<b>0,0418</b>	<b>15,411</b>	<b>1240,1124</b>	<b>90024,71</b>
17	0,9474	0,0526	16,1847	985,4886	89555,17
18	0,9357	0,0643	16,9205	806,1695	89190,98
19	0,9236	0,0764	17,6253	678,4908	88894,30
20	0,9099	0,0901	18,2738	575,3241	88754,46
21	0,8962	0,1038	18,8949	499,3902	88651,51
22	0,881	0,119	19,4554	435,6025	88698,98
23	0,8643	0,1357	19,9509	381,9948	88899,03
24	0,8485	0,1515	20,4347	342,1564	89067,30
25	0,8315	0,1685	20,8586	307,6362	89366,69

#### 4.2.7. Perhitungan Ongkos Perawatan Saat Ini dan Usulan

##### 4.2.7.1. Perhitungan Ongkos Perawatan Saat Ini

Ongkos perawatan yang dikeluarkan perusahaan saat ini (sebelum adanya penggantian terencana) selama periode tahun 2013 adalah:

*Failure Cost* = biaya komponen + biaya kehilangan produksi.

#### 2. Perhitungan Ongkos Perawatan Saat Ini untuk Komponen

##### *Sensor*

a. *Failure cost* untuk 1 kali kerusakan:

$$= \text{Rp. } 397.000,- + \text{Rp. } 17.538.560,-$$

$$= \text{Rp. } 17.935.560,-$$

b. Frekuensi kerusakan

Selama periode tahun 2013, kerusakan terjadi sebanyak 8 kali.

c. Ongkos perawatan saat ini:

$$= 8 \times \text{Rp. } 17.935.560,-$$

$$= \text{Rp. } 143.484.480,-$$

#### 1. Perhitungan Ongkos Perawatan Saat Ini untuk Komponen

##### *Sol Valve*

a. *Failure cost* untuk 1 kali kerusakan:

$$= \text{Rp. } 844.000,- + \text{Rp. } 3.499.280,-$$

$$= \text{Rp. } 4.343.280,-$$



b. Frekuensi kerusakan

Selama periode tahun 2013, kerusakan terjadi sebanyak 5 kali.

c. Ongkos perawatan saat ini:

= 5 x Rp. 4.343.280,-

= Rp. 21.716.400,-

#### 4.2.7.2. Perhitungan Ongkos Perawatan Usulan

Perhitungan ongkos perawatan usulan meliputi ongkos penggantian terencana (*preventive replacement cost*) yang didasarkan pada selang waktu penggantian yang telah diperoleh sebelumnya.. Perhitungan besarnya ongkos penggantian terencana (*preventive replacement cost*) adalah:

*Preventive Replacement Cost* = biaya tenaga kerja + biaya komponen

##### 1. Perhitungan Ongkos Perawatan Usulan untuk Komponen

###### *Sensor*

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa selang waktu penggantian komponen *sensor* adalah dengan menggunakan metode *age replacement* yaitu 14 hari. Perhitungan dilakukan untuk periode tahun 2013.

a. *Preventive replacement cost* untuk 1 kali penggantian:

= Rp. 241.711,-

b. Jumlah penggantian

Jumlah operasi mesin periode tahun 2013:

= 12 bulan x 30 hari = 360 hari

- Jumlah penggantian:

=  $\frac{360}{14} = 25.7 \sim 26$  kali

c. Ongkos perawatan usulan:

= 26 x Rp. 241.711,-

= Rp. 6.284.486,-

## 2. **Perhitungan Ongkos Perawatan Usulan untuk Sol Valve**

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa selang waktu penggantian komponen Sol Valve adalah dengan menggunakan metode *age replacement* yaitu 16 hari. Perhitungan dilakukan untuk periode tahun 2013.

a. *Preventive replacement cost* untuk 1 kali penggantian:

= Rp. 90.024,-

b. Jumlah penggantian

- Jumlah operasi mesin periode tahun 2013:

= 12 bulan x 30 hari = 360 hari

- Jumlah penggantian:

=  $\frac{360}{16} = 22,5 \sim 23$  kali

c. Ongkos perawatan usulan

= 23 x Rp. 90.024 = Rp. 2.070.552,-

