

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Periode Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 1 (satu) bulan yang dimulai pada bulan 1 April 2019 sampai dengan 30 April 2019, dengan menganalisis data history pada tahun 2018, yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan interval perawatan.

4.1.2 Data Jam Kerja

PT. PIM Pharmaceuticals Indonesia memiliki sistem 5 hari kerja dan tenaga kerja shift yang memiliki 8 jam kerja, yang mana shift pagi jam 07:30 sampai dengan jam 16:00 dan shift sore jam 15:00 sampai dengan 23:00.

4.1.3 Data Produksi

4.1.3.1 Data Produksi Obat Batuk Pimtrakol Syrup 60 ml.

PT. PIM Pharmaceuticals Indonesia dalam memproduksi Obat Batuk Pimtrakol syrup 60 ml sejumlah 2 *batch* (32.000 botol). Dalam satu *batch* obat terdapat 16.000 botol.

4.1.3.1 Data Produksi Mesin Obat Batuk Pimtrakol Syrup 60 ml.

Dalam pembuatan obat batuk Pimtrakol syrup 60 ml mesin obat ini dapat memproduksi 67 botol per menit.

4.1.4 Data Komponen Mesin

Dalam penelitian ini data yang diperlukan adalah data mesin *Filling*. Mesin *Filling* tersebut memiliki komponen sebagai berikut:

1. Pompa Diafragma
2. Pompa Vakum
3. *Electric Motor*
4. *Conveyor*

4.1.5 Data Waktu Perbaikan Mesin Obat Batuk Pimtrakol Syrup 60 ml.

Selain komponen mesin terdapat juga data perbaikan mesin yang dimulai pada bulan Januari tahun 2018 sampai dengan bulan Desember 2018, yang mana data tersebut merupakan data *history*. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Perbaikan Mesin *Filling* Tahun 2018.

Mesin <i>Filling</i>			
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)
1	20 Januari 2018	08:30	10:40
2	10 Februari 2018	09:30	11:40
3	15 Februari 2018	08:57	10:35
4	8 April 2018	14:22	14:30
5	10 Mei 2018	14:21	15:00
6	19 Mei 2018	09:28	11:30
7	7 Juni 2018	12:48	14:15
8	10 Juni 2018	10:32	13:44
9	29 Juni 2018	10:54	13:22
10	23 Juli 2018	12:42	14:20
11	16 Agustus 2018	11:43	14:45
12	22 September 2018	11:24	13:24
13	23 Oktober 2018	13:19	14:25
14	26 Oktober 2018	13:22	14:20
15	22 November 2018	08:03	09:30
16	24 Desember 2018	11:17	13:21
17	29 Maret 2018	09:10	11:12

Sumber: PT. Pharmaceuticals Indonesia.

Tabel 4.2 Data Perbaikan Mesin *Feeder Botlle* Tahun 2018.

Mesin <i>Filling</i>			
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)
1	5 Januari 2018	12:08	14:00
2	5 April 2018	11:23	11:50
3	7 April 2018	13:01	14:22
4	18 Mei 2018	13:58	14:26
5	12 Juni 2018	09:50	11:35
6	4 Juli 2018	13:30	14:19
7	24 Juli 2018	11:10	13:22
8	26 Agustus 2018	11:00	13:15
9	25 September 2018	12:49	14:01
10	27 November 2018	07:50	09:44
11	22 Desember 2018	07:26	09:35

Sumber: PT. Pharmaceuticals Indonesia.

Tabel 4.3 Data Perbaikan Mesin *Crop Caping* Tahun 2018.

Mesin <i>Filling</i>			
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)
1	27 Mei 2018	07:26	09:35
2	13 Juni 2108	13:40	14:18
3	27 Agustus 2018	08:13	10:25
4	25 September 2018	13:56	14:21
5	17 Oktober 2018	09:00	11:00
6	22 Oktober 2018	07:26	09:35
7	5 November 2018	11:53	01:50

Sumber: PT. Pharmaceuticals Indonesia.

Tabel 4.4 Data Perbaikan Mesin *Labelling* Tahun 2018.

Mesin <i>Filling</i>			
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)
1	20 Januari 2018	14:22	14:30
2	10 Maret 2018	14:21	15:00
3	15 Maret 2018	09:28	11:30
4	8 April 2018	12:48	14:15
5	10 April 2018	10:32	13:44
6	19 April 2018	10:54	13:22
7	7 Mei 2018	12:42	14:20
8	10 Mei 2018	11:43	14:45
9	29 Mei 2018	11:24	13:24
10	23 Juli 2018	13:19	14:25
11	16 Agustus 2018	13:22	14:20
12	22 September 2018	08:03	09:30
13	23 November 2018	11:17	13:21

Sumber: PT. Pharmaceuticals Indonesia.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Perhitungan *Downtime* Kerusakan Mesin

Dari data kerusakan mesin diatas dapat diketahui total *downtime* masing-masing mesin, bulan Januari 2018 sampai dengan Desember 2018. Rumus yang digunakan adalah (waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan). Dengan contoh perhitungan pada tanggal 20 Mei 2018 yaitu (waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan) = 10:40 – 8:35 = 130 menit, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Mesin *Filling*.

Mesin <i>Filling</i>				
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jumlah perbaikan (menit)
1	20 Mei 2018	08:30	10:40	130
2	10 Juni 2018	09:30	11:40	130
3	15 Juni 2018	08:57	10:35	130
4	8 September 2018	14:22	14:30	8
5	10 September 2018	14:21	15:00	39
6	19 September 2018	09:28	11:30	122
7	7 Oktober 2018	12:48	14:15	87
8	10 Oktpber 2018	10:32	13:44	192
9	29 Oktober 2018	10:54	13:22	188
10	23 November 2018	12:42	14:20	98
11	16 Desember 2018	11:43	14:45	183
12	22 Desember 2018	11:24	13:24	120
13	23 Januari 2018	13:19	14:25	66
14	26 Januari 2018	13:22	14:20	58
15	22 Februari 2018	08:03	09:30	87
16	24 Maret 2018	11:17	13:21	124
17	29 Maret 2018	09:10	11:12	122
Total <i>Downtime</i>				1884

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Selanjutnya menghitung *downtime* kerusakan mesin *Feeder Botlle* dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 5 Januari 2018, waktu (selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan) = (12:08 – 14:00) = 152 menit, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6 Data Perbaikan Mesin *Feeder Botlle* Tahun 2018.

Mesin <i>Feeder Botlle</i>				
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jumlah perbaikan (menit)
1	5 Januari 2018	12:08	14:00	128
2	5 April 2018	11:23	11:50	27
3	7 April 2018	13:01	14:22	81
4	18 Mei 2018	13:58	14:26	68
5	12 Juni 2018	09:50	11:35	145
6	4 Juli 2018	13:30	14:19	89
7	24 Juli 2018	11:10	13:22	132
8	26 Agustus 2018	11:00	13:15	135
9	25 September 2018	12:49	14:01	112
10	27 November 2018	07:50	09:44	154
11	22 Desember 2018	07:26	08:00	74
Total <i>Downtime</i>				1145

Sumber: PT. Pharmaceuticals Indonesia.

Selanjutnya yaitu menghitung *downtime* kerusakan mesin *Crop Caping* dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 27 Mei 2018, waktu (selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan) = (07:26 – 09:35) = 129 menit, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4.7 Data Perbaikan Mesin *Crop Caping* Tahun 2018.

Mesin <i>Crop Caping</i>				
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jumlah perbaikan (menit)
1	27 Mei 2018	07:26	09:35	129
2	13 Juni 2108	13:40	14:18	78
3	27 Agustus 2018	08:13	10:25	132
4	25 September 2018	13:56	14:21	65
5	17 Oktober 2018	09:00	11:00	120
6	22 Oktober 2018	07:26	09:35	129
7	5 November 2018	11:53	13:50	157
Total <i>Downtime</i>				810

Sumber: PT. Pharmaceuticals Indonesia.

Selanjutnya yaitu menghitung *downtime* kerusakan mesin *Crop Caping* dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 27 Mei 2018, waktu (selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan) = (07:26 – 09:35) = 129 menit, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini:

Tabel 4.8 Data Perbaikan Mesin *Labelling* Tahun 2018.

Mesin <i>Labelling</i>				
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jumlah perbaikan (menit)
1	20 Januari 2018	14:22	15:30	68
2	10 Maret 2018	14:21	15:00	79
3	15 Maret 2018	09:28	11:30	122
4	8 April 2018	12:48	14:15	127
5	10 April 2018	10:32	11:00	68
6	19 April 2018	10:54	11:22	68
7	7 Mei 2018	12:42	13:20	78
8	10 Mei 2018	11:43	12:45	62
9	29 Mei 2018	11:24	12:24	60
10	23 Juli 2018	13:19	14:25	66
11	16 Agustus 2018	13:22	14:20	98
12	22 September 2018	08:03	09:30	87
13	23 November 2018	11:17	12:21	64
Total <i>Downtime</i>				1047

Sumber: PT. Pharmaceuticals Indonesia.

Untuk mengetahui penentuan mesin yang banyak mengalami kerusakan dapat diketahui menggunakan perhitungan pada masing-masing mesin dengan presentase *downtime* kerusakan mesin yang paling tinggi, adapun penjelasan perhitungan presentase *downtime* kerusakan mesin adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Downtime} = \frac{\text{Downtime Mesin}}{\sum \text{Downtime}} \times 100\%$$

Perhitungan presentase *downtime* kerusakan untuk mesin *Filling* adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Downtime} = \frac{1884}{4886} \times 100\% = 38.55 \%$$

Penentuan mesin kritis dapat dilakukan dengan melihat presentase *downtime* mesin yang tinggi. Dapat dilihat bahwa mesin *Filling* merupakan mesin kritis karena memiliki waktu *downtime* yang tinggi diantara mesin-mesin lainnya yaitu sebesar 38.55 %. Berikut hasil perhitungan presentase *downtime* kerusakan mesin dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9 Hasil Presentase *Downtime* Kerusakan Mesin.

No	Nama Mesin	<i>Downtime</i> (jam)	% <i>Downtime</i>	% <i>Downtime</i> Kumulatif
1	<i>Filling</i>	1884	38.55	38.55
2	<i>Feeder Bottle</i>	1145	23.43	61.98
3	<i>Crop Caping</i>	810	16.57	78.55
4	<i>Labelling</i>	1047	21.42	100
Jumlah		4886	100	

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Dari hasil prosentase *downtime* kerusakan mesin di atas diketahui bahwa Mesin *Filling* memiliki *downtime* terbesar yaitu 1884 menit dengan prosentase 38.55 %, sehingga mengalami *losses product* (Obat batuk Pimtrakol) dan tidak bisa memenuhi target produksi. Setelah mengitung masing-masing *downtime* pada setiap mesin, langkah selanjutnya menghitung *losses product*, untuk mengetahui berapa besar akibat dari *downtime* mesin *Filling*.

4.2.2 Waktu Normal Pembuatan Obat batuk Pimtrakol Syrup 60 ml.

Berikut ini merupakan waktu normal untuk membuat obat batuk yang dilakukan oleh pekerja dengan kondisi wajar.

- **Waktu siklus**

Waktu siklus merupakan penyelesaian satu satuan produksi mulai dari bahan baku mulai diproses ditempat kerja.

$X_i = 240$ hari (1920 jam kerja dalam satu tahun)

$N =$ satu kali (data histori penelitian)

Rumus:

$$W_s = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$W_s = \frac{1920}{1} = 1920 \text{ jam}$$

Keterangan:

$X_i =$ Jumlah waktu penyelesaian yang tercemati

$N =$ Jumlah pengamatan yang dilakukan

- **Waktu Normal**

Waktu normal merupakan penyelesaian pekerjaan yang diselesaikan oleh pekerja dalam kondisi WAJAR dan kemampuan rata-rata.

$W_s = 1920$ jam

$p = 1$ bekerja (wajar)

Rumus:

$$W_n = W_s \times p$$

$$= 1920 \times 1$$

$$= 1920 \text{ jam}$$

$W_s =$ Waktu siklus pengamatan.

$p =$ Faktor penyesuaian.

$p = 1$ wajar.

$p < 1$ bekerja terlalu lambat.

$p > 1$ bekerja terlalu cepat.

Berdasarkan perhitungan waktu normal, diperoleh 1920 jam dalam satu tahun pengamatan dengan jumlah jam kerja 8 jam/hari, sehingga

langkah selanjutnya yaitu menentukan *Losses Product* akibat *downtime* pada mesin *Filling* obat batuk Pimtrakol *syrup* 60 ml.

4.2.3 *Losses Pruduct* Obat Batuk Pimtrakol *Syrup* 60 ml.

Berikut ini merupakan perhitung *Losess Product* obat batuk pimtrakol *syrup* 60 ml dengan *output* mesin obat batuk Pimtrakol *syrup* 60 ml, mesin dapat memroduksi 67 botol/menit.

- *Output* mesin obat batuk Pimtrakol *syrup* 60 ml = 67 botol/menit.
- Jumlah produksi per hari = 2 batch (32.000 botol).
- *Downtime* mesin *Filling* = 1884 menit (113.040 botol)
- Prosentase = $\frac{\text{Losses Product}}{\text{Normal Product}} \times 100\%$

$$= \frac{113.040 \text{ botol}}{7.718.400} \times 100\%$$

$$= 1,46 \%$$

Berdasarkan waktu *downtime* pada mesin *Filling* sebesar 28,47 = 114.499 botol mengalami *Losses Poroduct* dengan prosentase 1,48 persen, melihat kondisi tersebut maka akan dijadwalkan *maintenance* pada mesin yang mengalami kritis, selanjutnya mesin *Filling* merupakan mesin yang akan di hitung menggunakan *Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)*, dengan tujuan untuk menentukan *Risk Priority Number (RPN)* diantaranya *severity*, *occurance*, dan *detection*.

4.2.4 *Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)*

Berikut ini nilai rating yang digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number (RPN)* untuk mesin *Filling* menggunakan *Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)*, diantaranya *severity*, *occurance*, dan *detection*.

Tabel 4.10 Kriteria dan Nilai Rangking untuk *Severity*.

Efek	Kriteria : <i>Severity</i> untuk <i>Failure Mode Effect Analyze (FMEA)</i>	Rangking
Proses produksi berhenti	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin rusak parah - Tidak tersedianya komponen pengganti 	10
Proses produksi berjalan dengan sangat	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin rusak cukup parah - Tidak tersedianya komponen pengganti 	9

lambat		
Proses produksi berjalan dengan lambat	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin rusak cukup parah - Komponen atau sparepart tersedia 	8
Proses produksi berjalan dengan sedikit tersendat	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin rusak cukup parah - Mesin dapat beroperasi secara manual 	7
Proses produksi berjalan cukup lancar	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin rusak ringan - Mesin dapat beroperasi secara manual 	6
Proses produksi berjalan lancar	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin rusak ringan - Rusak pada komponen tertentu. 	5
Proses produksi berjalan dengan bantuan operator	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin rusak ringan 	4
Proses produksi sedikit terganggu	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin rusak ringan - Menunggu komponen atau sparepart 	3
Proses produksi tetap berjalan	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin error - Salah setingan 	2
Proses produksi tidak terganggu	<ul style="list-style-type: none"> - Mesin kotor 	1

Tabel 4.11 Kriteria dan Nilai Rangking untuk *Occurance*.

Probability Of Failure	Failure Rate	Rangking
Sangat tinggi	Setiap hari rusak	10
Kerusakan hamper tidak dapat dihindari	Setiap 2 hari sekali rusak	9
Tinggi	Setiap 3 hari sekali rusak	8
Kerusakan terulang kali terjadi	Setiap 4 hari sekali rusak	7
Sedang	Setiap 5 hari sekali rusak	6
Kerusakan sesekali terjadi	Setiap 6 hari sekali rusak	5
	Setiap seminggu sekali rusak	4
Rendah	Setiap 2 minggu sekali rusak	3
Relatif sedikit kerusakannya	Setiap 3 minggu sekali rusak	2
Rendah	Lebih dari sebulan sekali	1

Tabel 4.12 Kriteria dan Nilai Rangking untuk *Detection*.

Deteksi	Criteria <i>Likelihood of detection</i>	Rangking
Sepenuhnya tidak pasti	- Alat atau informasi dapat mendeteksi penyebab kerusakan.	10
Sangat jarang	- Sangat jarang kemungkinannya alat atau informasi mendeteksi penyebab kerusakan. - Alat untuk mendeteksi kerusakan mengalami keausan dan didalam alat tersebut ada komponen rusak.	9
Jarang	- Jarang kemungkinannya alat atau informasi untuk mendeteksi penyebab kerusakan.	8
Sangat rendah	- Kemampuan alat atau informasi nuntuk mendeteksi kerusakan sangat rendah.	7
Rendah	- Kemampuan alat atau informasi nuntuk mendeteksi rendah.	6
Cukup	- Alat atau informasi cukup kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakan.	5
Cukup tinggi	- Alat atau informasi cukup tinggi kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakan.	4
Tinggi	- Alat atau informasi tinggi kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakan.	3
Sangat tinggi	- Alat atau informasinya sangat tinggi dapat mendeteksi penyebab kerusakan.	2
Hampir pasti	- Operator produksi dalam memberikan laporan keuangan sama dengan apa yang sering terjadi di lapangan.	1

Berdasarkan analisis *Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)* untuk mesin *Filling* didapatkan nilai *Risk Priority Number (RPN)* dari masing-masing komponen yang ada dalam mesin *Filling*. Dari penentuan nilai rating *severity*, *occurance* dan *detection*. Berikut hasil perhitungannya:

Dimana :

S = *severity* dengan nilai rangking 1-10

O = *occurance* dengan nilai rangking 1-10

D = *detection* dengan nilai rangking 1-10

$RPN = S \times O \times D$

$$= 3 \times 3 \times 6 = 54$$

Tabel 4.13 *Failure Modes and Effect Analyze* Pada Mesin *Filling*.

FMEA Worksheet			SISTEM : OPERASI MESIN FILLING						
			SUBSISTEM : MESIN FILLING						
<i>Part/process</i>	<i>Funtion</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect Of Failure</i>	<i>Severity (1-10)</i>	<i>Potential Cause Of Failure</i>	<i>Occurance (1-10)</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Detection (1-10)</i>	RPN
Pompa Diafragma	<i>Memompa syrup</i>	Membran aus	Syrup tidak terisi penuh ke dalam botol	8	Usia pemakaian membran habis.	3	Pengecekan membran secara berklala	6	144
		Membran pecah	Syrup tidak bisa terisi ke dalam botol	5	Pompa diafragma mengalami masuk angin	1	Pengecekan membrane secara rutin	8	24
TOTAL RPN									168

Pompa Vakum	Menyamakan isi <i>syrup</i> ke dalam botol	<i>Bearing macet</i>	Pompa tidak biasa berputar dengan baik	6	Usia bearing yang habis.	1	Pengecekan secara rutin	6	36
		<i>Seal bocor</i>	Syrup bocor atau keluar dari vakum penyedotan	5	<i>Seal</i> mengalami kontak panas dan korosi	2	Pengecekan secara 3 bulan sekali	5	50
TOTAL RPN									86
<i>Electric Motor</i>	Penggerak mesin <i>Rotary Filling</i>	<i>Timing Belt rusak</i>	Mesin <i>Filling</i> berhenti	3	Beban yang berlebihan	1	Pengecekan 1 bulan sekali	5	15
		<i>Bearing macet</i>	Motor tidak berputar dengan maksimal	5	Usia pemakaian <i>bearing</i> habis	2	Pengecekan secara rutin	6	60
TOTAL RPN									75
<i>Conveyor</i>	Membawa botol ke <i>Nosel</i> atau pengantar botol ke pengisian	<i>Inverter</i> (pengatur kecepatan <i>conveyor</i>)	Pengisian <i>syrup</i> ke dalam botol tidak tepat	4	Siklus produksi yang berlebihan	2	Pengecekan secara rutin	5	40
		<i>Gear Box</i> (motor) motor penggerak <i>conveyor</i>	<i>Conveyor</i> tidak dapat berjalan.	3	Siklus produksi yang berlebihan	1	Pengecekan secara rutin	5	15
TOTAL RPN									55

Sumber: Hasil pengolahan Data

Dari tabel 4.13 *Failure Modes and Effect Analyze* pada mesin *Filling* diketahui nilai total RPN yang tertinggi terdapat pada komponen yaitu Pompa Diafragma dengan nilai RPN sebesar 168. Dari hasil perhitungan FMEA tersebut selanjutnya akan dilakukan tindakan perawatan menggunakan metode *Reliability Contered Maintenanc*

4.2.5 Reliability Centered Maintenance (RCM) Decision Worksheet

Reliability Centerd Maintenance (RCM) Decision Worksheet digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure mode*. Kerusakan pada mesin Filling menyebabkan produksi akan terhenti yang akan mempengaruhi target sehingga akan mengakibatkan kerugian terhadap perusahaan. Pada tabel 4.9 menampilkan RCM *decision worksheet* pada komponen kritis.

Tabel 4.14 RCM *Decision Worksheet*.

RCM <i>Decision Worksheet</i>			SISTEM: SISTEM OPERASI MESIN <i>FILLING</i>			Ficilitator:		Date:
			SUBSISTEM: MESIN <i>FILLING</i>			Auditor:		Year:
No	Komponen	Funtion	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Potential Cause of Failure	Konsekuensi Kegagalan	Tindakan yang Diberikan	Tindakan Perawatan yang Dilakukan
1	Pompa Diafragma	Menyamakan isi <i>syrup</i> ke dalam botol	Bearing Rusak	Pompa Diaframa tidak berputar	Beban kerja dan pengoprasian sudah lama	Operasional Konsekuensi	Diakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan	Penggantian Komponen
			<i>Seal</i> Bocor	Pompa vakum tidak bias menghisap <i>syrup</i> dengan maksimal	Beban kerja dan pengoprasian sudah lama	Operasional Konsekuensi	Diakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan	Penggantian Komponen

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Pada tabel RCM *Decision Worksheet* diatas dimana pada perawatan mesin *Filling* untuk komponen Poma Diafragma pada kerusakan *Bearing* rusak harus dilakukan pemeriksaan dengan penggantian komponen, untuk kerusakan *seal* bocor harus dilakukan pemeriksaan dan penggantian komponen.

4.2.6 Perhitungan *Downtime* Kerusakan Komponen

Perhitungan *downtime* kerusakan komponen sama dengan *downtime* kerusakan mesin namun disini hanya diambil komponen dari mesin *Filling* karena memiliki nilai *downtime* kerusakan mesin terbesar.

Dari data kerusakan mesin diatas dapat diketahui total *downtime* masing-masing komponen dari bulan Januari 2018 sampai dengan Desember 2018, rumus yang digunakan yaitu (waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan). Dengan contoh perhitungan pada tanggal 20 Januari 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 10:40 – 8:35 = 121 menit, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Komponen Pompa Diafragma.

Pompa Diafragma				
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jumlah perbaikan (menit)
1	20 Januari 2018	08:35	10:40	121
2	8 April 2018	14:12	14:30	18
3	19 Juni 2018	09:28	11:30	122
4	23 Agustus 2018	12:42	14:20	138
5	16 September 2018	11:43	13:45	122
6	22 Oktober 2018	11:24	13:24	120
7	29 Desember 2018	09:10	11:12	122
				763

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Selanjutnya yaitu menghitung *downtime* kerusakan komponen *Pompa Vakum* dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 8 Februari 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 14:30 – 14:22 = 8 menit, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Komponen Pompa Vakum

Pompa Vakum				
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jumlah perbaikan (menit)
1	8 Februari 2018	14:22	14:30	8
2	10 Maret 2018	10:32	13:44	192
3	23 Juni 2018	13:19	14:25	66
4	21 Oktober 2018	07:44	09:44	120
5	9 November 2018	11:38	13:50	132
				518

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Selanjutnya yaitu menghitung *downtime* kerusakan komponen *Electric Motor* dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 22 Februari 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 9:30 – 8:03 = 87 menit, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Komponen *Electric Motor*

Mesin Labelling				
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jumlah perbaikan (menit)
1	22 Februari 2018	08:03	09:30	87
2	28 April 2018	07:53	09:55	122
3	10 Agustus 2018	07:40	09:50	121
				330

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Selanjutnya yaitu menghitung *downtime* kerusakan komponen *Coveyor*, contohnya pada tanggal 10 Juni 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 11:00 – 9:03 = 157 menit, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.18 dibawah ini:

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Komponen *Conveyor*

Conveyor				
No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jumlah perbaikan (menit)
1	10 Januari 2018	09:03	11:00	157
2	26 Juni 2018	13:22	14:00	78
				235

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Untuk mengetahui penentuan komponen yang banyak mengalami kerusakan dapat diketahui menggunakan perhitungan pada masing-masing komponen dengan presentase *downtime* kerusakan komponen yang paling tinggi. Adapun penjelasan perhitungan presentase *downtime* kerusakan komponen adalah sebagai berikut :

Perhitungan presentase *downtime* kerusakan untuk komponen *Pompa Diafragma* adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Downtime} = \frac{\text{Downtime Mesin}}{\Sigma \text{Downtime}} \times 100\%$$

Perhitungan presentase *downtime* kerusakan untuk mesin *Filling* adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Downtime} = \frac{763}{1846} \times 100\% = 41.33\%$$

Dapat dilihat bahwa komponen *Pompa Diafragma* merupakan komponen kritis karena memiliki waktu *downtime* terbesar diantara komponen lainnya yaitu sebesar 41%. Berikut hasil perhitungan presentase *downtime* kerusakan komponen dapat dilihat pada tabel 4.19 dibawah ini.

Tabel 4.19 Hasil Presentase *Downtime* Kerusakan Mesin.

No	Nama Komponen	<i>Downtime</i> (menit)	% <i>Downtime</i>	% <i>Downtime</i> Kumulatif
1	<i>Pompa Diafragma</i>	763	41.33	41.33
2	<i>Pompa Vakum</i>	518	28.06	69.39
3	<i>Electric Motor</i>	330	17.87	87.26
4	<i>Conveyor</i>	235	12.73	100
	Jumlah	1846	100	

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa komponen *Pompa Diafragma* merupakan komponen kritis karena memiliki waktu *downtime* terbesar.

4.2.7 Perhitungan Waktu Kerusakan (TTF) dan Perhitungan Waktu Perbaikan Kerusakan (TTR)

Pada tahap ini waktu perbaikan kerusakan merupakan selang waktu dari proses terjadinya kerusakan hingga diperbaiki sampai terjadinya kerusakan kembali. Untuk perhitungan selang waktu

kerusakan (*Time to Failure*) untuk jadwal kerusakan *Pompa Diafragma* pada tanggal 20 Januari 2018 sampai dengan 8 April 2018 adalah :

- a. Tanggal 20 Januari 2018, Interval antara kerusakan akhir pada jam 10.40 sampai dengan jam akhir kerja jam 14.30 adalah 4.30 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 11.30 maka dikurang $\frac{1}{2}$ jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- b. Tanggal 8 April 2018, terjadi kerusakan pada jam 14.12 maka antara jam 7.00 sampai 14.12 terdapat selang 7.12 jam. Apabila kerusakan terjadi sesudah pukul 11.30 maka dikurangi $\frac{1}{2}$ jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- c. Antara tanggal 20 Januari 2018 sampai dengan 8 April 2018, banyaknya hari kerja hari kerja atau sama dengan 92 hari kerja x $7\frac{1}{2}$ jam kerja/hari = 671 jam (40260 menit).
- d. Maka selang waktu antar kerusakan pada tanggal 20 Januari 2018 sampai dengan 8 April 2018 adalah $40260 + 270 + 432 = 40962$ menit.

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan TTF dan TTR Komponen Pompa Diafragma.

No	Tanggal	Jam Awal Kerusakan	Jam Akhir Kerusakan	TTR (menit)	Waktu Akhir Kerusakan - Waktu Akhir rusak (menit)	Waktu Awal Kerusakan - Waktu Akhir Rusak (menit)	Hari (jam)	TTF (menit)
1	20 Januari 2018	08:35	10:40	125	-	-	-	-
2	8 April 2018	14:12	14:30	18	270	432	40260	40962
3	19 Juni 2018	09:28	11:30	122	180	148	34560	34888
4	23 Agustus 2018	12:42	14:20	138	210	342	39480	40032
5	16 September 2018	11:43	13:45	122	75	283	23160	23518
6	22 Oktober 2018	11:24	13:24	120	21	264	28860	29145
7	29 Desember 2018	09:10	11:12	122	132	130	42480	42742

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

4.2.8 Identifikasi Distribusi Untuk Selang Waktu Kerusakan TTF (*Time To Failure*)

Untuk dapat menentukan distribusi yang sesuai untuk data waktu kerusakan TTF (*Time to Failure*), maka dilakukan perhitungan *index of fit* dari tiap distribusi tersebut. Dan pemilihan distribusi berdasarkan pada nilai *index of fit* yang terbesar dari masing-masing komponen. Pengidentifikasian distribusi ini meliputi distribusi *Ekspontensial*, distribusi *Lognormal*, dan distribusi *Weibull*.

4.2.8.1 Distribusi *Ekspontensial*

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* pada komponen Pompa Diafragma dengan distribusi *ekspontensial* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

Tabel 4.21 Perhitungan *Index of fit* berdasarkan distribusi *ekspontensial* data waktu *time to failure* (TTF) komponen Pompa Diafragma.

I	t_i	x_i	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	40962	40962	0.15	0,15	6144,3	1677885444	0,0225
2	34888	34888	0.30	0,35	12210,8	1217172544	0,1225
3	40032	40032	0,46	0,61	24419,52	1602561024	0,3721
4	23518	23518	0,62	0,96	22577,28	553096324	0,9216
5	29145	29145	0,77	1,46	42551,7	849431025	2,1316
6	42742	42742	0,93	2,65	113266,3	1826878564	7,0225
Σ	211287	211287	3.23	6,18	221169,9	7727024925	10,5928

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Berikut merupakan contoh perhitungan $i=1$ dari distribusi *Exponential*

$$\begin{aligned} \text{a. } x_i &= t_i \\ &= 682.42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } F(t_i) &= (i - 0,03) / (n + 0,4) \\ F(t_i) &= (1 - 0,03) / (6 + 0,4) \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

$$c. y_i = \ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right)$$

$$y_i = \ln \left(\frac{1}{1-0,15} \right)$$

$$= 0,15$$

d. Nilai *index of fit*:

(r) *exponential*

$$= \frac{n \left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right) \right)}{\sqrt{\left(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(n \sum_{i=1}^n z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right)}}$$

$$= \frac{6(221169,9) - (211287)(6,18)}{\sqrt{(6(7727024925) - (211287)^2)(6(10,5928) - (6,18)^2)}}$$

$$= 0,098$$

4.2.8.2 Distribusi *Lognormal*

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* pada komponen Pompa Diafragma dengan distribusi *Lognormal* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

Tabel 4.22 Perhitungan *Index of fit* berdasarkan distribusi *Lognormal* data waktu *time to failure* (TTF) komponen Pompa Diafragma.

I	t_i	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	z_i	$x_i \cdot z_i$	x_i^2	z_i^2
1	40962	10,62	0.15	0,4890	5,19	112,78	0,239121
2	34888	10,45	0.30	0,3485	3,64	109,20	0,121452
3	40032	10,59	0,46	0,4332	4,58	112,14	0,187662
4	23518	10,06	0,62	0,2357	2,37	101,20	0,055554
5	29145	10,28	0,77	0,2910	2,98	105,67	0,084681
6	42742	10,66	0,93	0,4279	4,56	113,63	0,183098
Σ	211287	62,66	3,23	2,2172	23,32	654,62	0,871568

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Berikut merupakan contoh perhitungan $i=1$ dari distribusi *Lognormal*

$$a. x_i = \ln(t_i)$$

$$= \ln(40962)$$

$$= 10,62$$

$$b. F(t_i) = (i - 0,03) / (n + 0,4)$$

$$F(t_i) = (1 - 0,03) / (6 + 0,4)$$

$$= 0,013$$

$$c. z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$z_i = \Phi^{-1}$$

$$= 0,4890$$

d. Nilai *index of fit*:

(r) *lognormal*

$$= \frac{n \left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right) \right)}{\sqrt{\left(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(n \sum_{i=1}^n z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right)}}$$

$$= \frac{6(23,32) - (62,66)(2,2172)}{\sqrt{\left(6(654,62) - (62,66)^2 \right) \left(6(0,871568) - (2,2172)^2 \right)}}$$

$$= 0,015$$

4.2.8.3 Distrusi Weibull

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* pada komponen Pompa Diafragma dengan distribusi *weibull* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

Tabel 4.23 Perhitungan *Index of fit* berdasarkan distribusi *Weibull* data waktu *time to failure* (TTF) komponen Pompa Diafragma.

I	t_i	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	40962	10,62	0,15	-1,89	6144,3	1677885444	0,0225
2	34888	10,45	0,30	-1,04	12210,8	1217172544	0,1225
3	40032	10,59	0,46	-0,77	24419,52	1602561024	0,3721
4	23518	10,06	0,62	0,04	22577,28	553096324	0,9216
5	29145	10,28	0,77	0,37	42551,7	849431025	2,1316
6	42742	10,66	0,93	0,97	113266,3	1826878564	7,0225
Σ	211287	62,66	3,23	-2,32	221169,9	7727024925	10,5928

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Berikut merupakan contoh perhitungan $i=1$ dari distribusi *Weibull*

$$a. x_i = \ln(t_i)$$

$$= \ln(10,62)$$

$$\begin{aligned} \text{b. } F(t_i) &= (i - 0,03) / (n + 0,4) \\ F(t_i) &= (1 - 0,03) / (6 + 0,4) \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } y_i &= \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \right) \\ y_i &= \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1 - 0,15} \right) \right) \\ &= -1,89 \end{aligned}$$

d. Nilai *index of fit*:

(r) *Weibull*

$$\begin{aligned} &= \frac{n \left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right) \right)}{\sqrt{\left(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(n \sum_{i=1}^n z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right)}} \\ &= \frac{6(221169,9) - (62,66)(-2,32)}{\sqrt{\left(6(7727024925) - (62,66)^2 \right) \left(6(10,5928) - (-2,32)^2 \right)}} \\ &= 6,163 \end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan dari masing-masing distribusi pada komponen kritis (Pompa Diafragma) dengan *index of fit* yaitu diperoleh sebagai berikut. Tabel 4.19 Hasil Perhitungan *Index Of Fit* untuk TTR.

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan *Index Of Fit*

Index Of Fit			
Nama Komponen	Distribusi <i>Exponential</i>	Distribusi <i>Lognormal</i>	Distribusi <i>Weibull</i>
Pompa Diafragma	0.098	0,015	6,163

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Dengan melihat tabel diatas, maka dapat diketahui nilai *index of fit* terbesar yaitu untuk komponen Pompa Diafragma dengan Distribusi *Weibull* sebesar 6,163.

4.2.8.4 Uji *Goodness Of Fit Test* Untuk *Time To Failure* (TTF)

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap distribusi untuk komponen Pompa Diafragma, maka harus diuji dulu

kesesuaiannya. Pengujian-pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pompa Diafragma (Distribusi *Weibull*)

Nilai *index of fit* terbesar yang diperoleh oleh komponen Pompa Diafragma adalah berdasarkan distribusi lognormal, maka uji kesesuaian yang digunakan adalah *Kolmogorov-Smirnov test*.

Dimana :

H_0 : Data berdistribusi lognormal

H_1 : Data tidak berdistribusi lognormal

Taraf nyata $\alpha = 0.05$

Wilayah kritik : tolak H_0 bila $D_n > D_{tabel}$

Dengan menggunakan tabel *Kolmogorov-Smirnov test* :

Untuk $n = 6$ dan $\alpha = 0.05$, maka $D_{tabel} = 0.519$

Tabel 4.25 Uji *Kolmogorov-Smirnov* Pada Pompa Diafragma Berdistribusi *Weibull*.

Pompa Diafragma										
i	t_i	$\ln(t_i)$	$\ln t_i - \bar{t}$	$(\ln t_i - \bar{t})^2$	$\ln t_i - \bar{t}/s$	$(i-1)/n$	i/n	ϕZ_i	D_1	D_2
1	40962	10,62	8,85	78,32	4,9	-	6827	0,4875	2,435	-2,521
2	34888	10,45	8,71	75,86	7,4	6827	5814,67	0,2776	7,047	-7,643
3	40032	10,59	8,83	77,96	7,51	5814,67	6672	0,2843	6,931	-7,522
4	23518	10,06	8,39	70,39	7,1	6672	3919,67	0,0003	6,523	-7,131
5	29145	10,28	8,57	73,44	7,27	3919,67	4857,5	0,3796	6,47	-7,074
6	42742	10,66	8,89	79,03	7,56	4857,5	7123,67	0,1610	6,42	-7,015
Total	211287	62,66	52,24	455	41,74	28090,84	35214,51	1,5903	35,826	-38,906

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

- $X_i = \ln(t_i)$
 $= \ln(682.42)$
 $= 6.53$

- $\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{\ln(t_i)}{n}$
 $= \frac{10,64}{6}$
 $= 1,77$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{78,32}{6-1}} \\
 &= 3,95
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad Z_i &= \Phi \left[\frac{\ln t_i - \bar{t}}{s} \right] \\
 &= \Phi \left[\frac{8,85}{3,95} \right] \\
 &= \Phi [] \\
 &= 2,24
 \end{aligned}$$

$\Phi(Z_i) = 2,24$ (menggunakan tabel *standardized normal probabilities*).

$$\begin{aligned}
 D_1(i) &= \left(\Phi \left(\frac{\ln t_i - 1}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right) \\
 D_1(i) &= \left(\Phi \left(\frac{10,62-1}{3,95} \right) - \frac{1-1}{6} \right) \\
 &= 2,435
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_2(i) &= \left(\frac{i}{n} - \Phi \left(\frac{\ln t_i - \bar{t}}{s} \right) \right) \\
 D_2(i) &= \left(\frac{1}{6} - \Phi \left(\frac{10,62}{3,95} \right) \right) \\
 &= -2,521
 \end{aligned}$$

Dimana: \bar{t} = rata-rata dat waktu kerusakan

D_1 = Uji statistic distribusi ke-1

D_2 = Uji statistic distribusi ke-2

n = Jumlah data

s = Standar deviasi

Setelah dilakukan perhitungan maka nilai tersebarlah yang diambil, dari tabel 4.20 dapat dilihat nilai Uji statistik D_1 dan D_2 nilai yang terbesarnya adalah dan , niali ini diperoleh dari nilai table kritis untuk Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov*. Sehingga:

$$D_{hitung} < D_{tabel}$$

Maka dapat disimpulkan H_0 diterima dan H_1 ditolak, maka data waktu *Time To Failure* (TTF) pada komponen Pompa Diafragma berdistribusi *Wweibull*.

4.2.9 Identifikasi Distribusi Untuk Selang Waktu Kerusakan TTR (*Time To Repair*)

Untuk dapat menentukan distribusi yang sesuai untuk data waktu kerusakan TTR (*Time to Repare*), maka dilakukan perhitungan *index of fit* dari tiap distribusi tersebut. Dan pemilihan distribusi berdasarkan pada nilai *index of fit* yang terbesar dari masing-masing komponen. Pengidentifikasian distribusi ini meliputi distribusi *Eksponensial*, distribusi *Lognormal*, dan distribusi *Weibull*.

4.2.9.1 Distribusi *Eksponensial*

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* pada komponen Pompa Diafragma dengan distribusi *eksponensial* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

Tabel 4.26 Perhitungan *Index of fit* berdasarkan distribusi *eksponensial* data waktu *time to failure* (TTR) komponen Pompa Diafragma.

I	t_i	$x_i = t_i$	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	125	125	0,13	0,13	16,25	15625	0,0169
2	18	18	0,26	1,12	20,16	324	1,2544
3	122	122	0,40	1,14	139,08	14884	1,2996
4	138	138	0,53	0,75	103,5	19044	0,5625
5	122	122	0,67	1,10	134,2	14884	1,21
6	120	120	0,80	1,60	192	14400	2,56
7	122	122	0,94	2,81	342,82	14884	7,8961
Σ	767	767	3,73	8,65	948,01	94045	14,7995

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Berikut merupakan contoh perhitungan $i=1$ dari distribusi *Exponential*

$$\begin{aligned} \text{a. } x_i &= t_i \\ &= 2.05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } F(t_i) &= (i - 0,03) / (n + 0,4) \\ F(t_i) &= (1 - 0,03) / (7 + 0,4) \end{aligned}$$

$$= 0.13$$

$$c. y_i = \ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right)$$

$$y_i = \ln \left(\frac{1}{1-0,13} \right)$$

$$= 0,13$$

d. Nilai *index of fit*:

(r) *exponential*

$$= \frac{n \left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right) \right)}{\sqrt{\left(n \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right) \right)}$$

$$= \frac{7(948,01) - (767)(8,65)}{\sqrt{(7(94045) - (767)^2)(7(14,7995) - (8,65)^2)}}$$

$$= 0,001$$

4.2.9.2 Distribusi *Lognormal*

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* pada komponen Pompa Diafragma dengan distribusi *Lognormal* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

Tabel 4.27 Perhitungan *Index of fit* berdasarkan distribusi *Lognormal* data waktu *time to failure* (TTR) komponen Pompa Diafragma.

I	t_i	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	z_i	$x_i \cdot z_i$	x_i^2	z_i^2
1	125	4,82	0,13	0,0517	0,249	23,23	0,002
2	18	2,89	0,26	0,0967	0,163	8,35	0,009
3	122	4,80	0,40	0,1554	0,745	23,04	0,024
4	138	4,92	0,53	0,2019	0,993	24,20	0,040
5	122	4,80	0,67	0,2486	1,152	23,04	0,061
6	120	4,78	0,80	0,2581	1,233	22,84	0,066
7	122	4,80	0,94	0,3264	1,566	23,04	0,106
Σ	767	31,81	3,73	1,3388	6,101	147,74	0,308

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Berikut merupakan contoh perhitungan $i=1$ dari distribusi *Lognormal*

$$e. x_i = \ln(t_i)$$

$$= \ln(4,82)$$

$$f. F(t_i) = (i - 0,03) / (n + 0,4)$$

$$F(t_i) = (1 - 0,03) / (6 + 0,4)$$

$$= 0,013$$

$$g. z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$z_i = \Phi^{-1}$$

$$= 0,0517$$

h. Nilai *index of fit*:

(r) *lognormal*

$$= \frac{n \left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right) \right)}{\sqrt{\left(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(n \sum_{i=1}^n z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right)}}$$

$$= \frac{7(6.101) - (31.81)(1,3388)}{\sqrt{(7(147,74) - (31,81)^2) - (7(0,308) - (1,3388)^2)}}$$

$$= 0,003$$

4.2.9.3 Distrusi Weibull

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* pada komponen Pompa Diafragma dengan distribusi *weibull* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

Tabel 4.28 Perhitungan *Index of fit* berdasarkan distribusi *Weibull* data waktu *time to failure* (TTR) komponen Pompa Diafragma.

I	t_i	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	125	4,82	0,13	-2,04	-9,832	23,23	-4,161
2	18	2,89	0,26	0,11	0,317	8,35	0,012
3	122	4,80	0,40	-0,91	-4,368	23,04	-0,828
4	138	4,92	0,53	-0,63	-3,099	24,20	-0,396
5	122	4,80	0,67	0,09	0,432	23,04	0,008
6	120	4,78	0,80	0,047	0,224	22,84	0,002
7	122	4,80	0,94	1,03	4,944	23,04	1,060
Σ	767	31,81	3,73	-2,303	-11,382	147,74	-4,303

Sumber: Pengolahan Data.

Berikut merupakan contoh perhitungan $i=1$ dari distribusi *Weibull*

$$a. x_i = \ln(t_i)$$

$$= \ln(4,82)$$

$$b. F(t_i) = (i - 0,03) / (n + 0,4)$$

$$F(t_i) = (1 - 0,03) / (6 + 0,4)$$

$$= 0,13$$

$$c. y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)\right)$$

$$y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-0,13}\right)\right)$$

$$= \ln(0,13)$$

$$= \ln -2,04$$

d. Nilai *index of fit*:

(r) *Weibull*

$$= \frac{n\left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)\left(\sum_{i=1}^n z_i\right)\right)}{\sqrt{\left(n\sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2\right)\left(n\sum_{i=1}^n z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n z_i\right)^2\right)}}$$

$$= \frac{7(-11,382) - (31,81)(-2,303)}{\sqrt{(7(147,74) - (31,81)^2) - (7(-11,382)^2 - (-2,303)^2)}}$$

$$= 0,065$$

Selanjutnya hasil perhitungan dari masing-masing distribusi pada komponen kritis (Pompa Diafragma) dengan *index of fit* yaitu diperoleh sebagai berikut. Tabel 4.19 Hasil Perhitungan *Index Of Fit* untuk TTR.

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan *Index Of Fit*

Index Of Fit			
Nama Komponen	Distribusi <i>Exponential</i>	Distribusi <i>Lognormal</i>	Distribusi <i>Weibull</i>
Pompa Diafragma	0,001	0,003	0,065

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Dengan melihat tabel diatas, maka dapat diketahui nilai *index of fit* terbesar yaitu untuk komponen Pompa Diafragma dengan Distribusi *Weibull* sebesar 0,065

4.2.9.4 Uji *Goodness Of Fit Test* Untuk *Time To Repair* (TTR)

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap distribusi untuk komponen Pompa Diafragma, maka harus diuji dulu kesesuaiannya. Pengujian-pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pompa Diafragma (Distribusi *Weibull*)

Nilai *index of fit* terbesar yang diperoleh oleh komponen Pompa Diafragma adalah berdasarkan distribusi lognormal, maka uji kesesuaian yang digunakan adalah *Kolmogorov-Smirnov test*.

Dimana :

H_0 : Data berdistribusi *Weibull*

H_1 : Data tidak berdistribusi *Weibull*

Taraf nyata $\alpha = 0.05$

Wilayah kritik : tolak H_0 bila $D_n > D_{tabel}$

Dengan menggunakan tabel distribusi F:

Untuk $V_1 = 3$ $V_2 = 2$, $\alpha = 0.05$, maka $F_{tabel} = 19.1$

Tabel 4.30 Uji *Mann's* Pada Pompa Diafragma Berdistribusi *Weibull*.

Pompa Diafragma							
I	t_i	$\ln(t_i)$	Z_i	M_i	$\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i)$	$\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i) / M_i$	M
1	125	4,82	0,0517	4,76	-	-	1,16
2	18	2,89	0,0967	2,79	-0,405	-0,014	
3	122	4,80	0,1554	4,65	0,684	0,147	
4	138	4,92	0,2019	4,72	0,025	0,005	
5	122	4,80	0,2486	4,55	-0,025	-0,005	
6	120	4,78	0,2581	4,52	0,089	0,019	
7	122	4,80	0,3264	4,48	0,025	0,005	
k1	3,5					0,157	
k2	3						

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

- $k_1 = \left[\frac{i}{2} \right] = \left[\frac{7}{2} \right] = 3.5$

- $k_2 = \left[\frac{n-1}{2} \right] = \left[\frac{7-1}{2} \right] = 3$

$$\ln(t_i) = \ln(2.05) = 0.17$$

$$\begin{aligned} Z_i &= \ln(t_i) \\ &= \ln(125) \\ &= 0,0517 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet M_i &= \ln(t_i) - Z_i \\ &= 4,82 - 0,0517 = 4,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \frac{\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i)}{M_i} \\ \frac{\ln(t_{18}) - 4,82}{4,76} \\ = -0,405 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet M &= \frac{k_1 \sum_{k=1}^{r-1} \left(\frac{\ln(t_{i+1}) - \ln(t_1)}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{r-1} \left(\frac{\ln(t_{i+1}) - \ln(t_1)}{M_i} \right)} \\ &= \frac{3,5 \times 0,157}{3 \times 0,157} = 1,16 \end{aligned}$$

4.2.9.5 Perhitungan Parameter *Time To Failure* (TTF)

Setelah dilakukan uji *goodness of fit test*, perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan parameter. Perhitungan parameter untuk *time to failure* pada komponen *Pompa Diafragma* yang berdistribusi *lognormal*, menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Pompa Diafragma (Distribusi *Weibull*)

Perhitungan intersep (a), gradient (b), parameter bentuk (s), dan parameter lokasi (t_{med})

$$\begin{aligned} b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)} \\ &= \frac{6(-9,832) - (31,81)(-2,303)}{6(147,74) - 31,81} = 0,016 \end{aligned}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0,329 - 0,013(4,54) = 0,269$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{0,013} = 76,92$$

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-(76,92(0.269))} = e^{(3.28)} = 26,57 \text{ jam}$$

4.2.9.6 Perhitungan Parameter *Time To Repair* (TTR)

Perhitungan parameter untuk *time to repair* pada komponen *Pompa Diafragma* yang berdistribusi *Weibull* menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Pompa Diafragma (Distribusi *Weibull*)

Perhitungan intersep (a), gradient (b), parameter bentuk (α), dan parameter skala (β).

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)}$$

$$= \frac{7(-11,382) - (31,81)(-2,303)}{7(147,74) - 31,81} = -0,006$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = (-0,329) - 0,006(4,54) = -0,301$$

$$a = b = -0,006$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$$

$$= e^{-\left(\frac{-0,301}{-0,006}\right)} = e^{(5,016)} = 150,80 \text{ jam}$$

4.2.9.7 Perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Setelah dilakukan perhitungan parameter, tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) pada komponen *Pompa Diafragma* sesuai dengan distribusi masing-masing dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Pompa Diafragma.

$$MTFF = t_{med} \times e^{\frac{s^2}{2}} = 26,57 \times e^{2958,34} = 3.693 \text{ menit}$$

$$MTRR = \beta \Gamma\left(1 \frac{1}{a}\right)$$

$$= 150,80\Gamma\left(1 - \frac{1}{-0,301}\right)$$

$$= 150,80(3,32) = 500,65 \text{ menit}$$

4.2.9.8 Perhitungan *Reliability* Komponen

Perhitungan keandalan dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja dari sistem/alat untuk memenuhi fungsi yang diharapkan, berikut perhitungan keandalan komponen.

1. Pompa Diafragma diketahui :

$$t = 146$$

$$s = 76.92$$

$$t_{med} = 26,57$$

$$R(t) = 1 - \left[\frac{1}{s} \ln \left(\frac{t}{t_{med}} \right) \right]$$

$$R(t) = 1 - \left[\frac{1}{76.92} \ln \left(\frac{146}{26,57} \right) \right]$$

$$R(t) = 0,92$$

Diketahui *Reliability* komponen untuk Pompa Diafragma dengan $t = 146$ adalah 0.92 atau sebesar 92%,

4.2.9.9 Penentuan Interval Perawatan Komponen

Untuk menentukan interval waktu pemeriksaan komponen berdasarkan waktu produksi yang ada dilakukan dengan tahap-tahap berikut ini :

1. Pompa Diafragma.

a. Rata-rata jam kerja per bulan

$$\text{Hari kerja per bulan} = 20 \text{ hari}$$

$$\text{Jam kerja tiap hari} = 7\frac{1}{2} \text{ jam}$$

$$\text{Rata-rata jam kerja per bulan} = 20 \times 7\frac{1}{2} = 146 \text{ jam}$$

b. Jumlah kerusakan

$$\text{Jumlah kerusakan selama 1 tahun} = 7 \text{ kali}$$

c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata - rata jam kerja perbulan}} = \frac{500,65}{146}$$

$$= 3,42$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{\overline{1/\mu}}} = \frac{1}{3,42} = 0,29$$

d. Waktu rata-rata pemeriksaan

Rata-rata 1 kali pemeriksaan = 50 menit = 0.83 jam

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam kerja perbulan}} = \frac{0.83}{146} = 0.005$$

$$i = \frac{1}{\frac{1}{\overline{1/i}}} = \frac{1}{0.005} = 200$$

e. Rata-rata kerusakan.

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 1 taun}}{24} = \frac{7}{24} = 0.291$$

f. Frekuensi pemeriksaan optimal.

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.291 \times 200}{0,29}} = 14,16$$

g. Interval waktu perawatan.

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} = \frac{146}{14,16} = 10,31 \text{ jam}$$

Berdasarkan tahap-tahap perhitungan diatas maka interval waktu perawatan pada komponen Pompa Diafragma adalah 10,31 jam, selanjutnya interval ini akan digunakan sebagai penjadwalan perawatan komponen kritis.

4.2.9.10 Jadwal Perawatan Komponen Mesin *Filling*

Berdasarkan perhitungan interval Perawatan mesin *Filling* diketahui sebesar 10,51 Jam atau 2 hari kerja produksi, dengan masa kerja mesin 7 jam per hari, dengan hari kerja 5 hari dalam satu minggu, berikut jadwal dari Mesin *Filling*:

Tabel 4.31 Jadwal Perawatan Mesin *Filling*.

Komponen	Mei 2019					Juni 2019					Juli 2019					Agustus 2019				
Pompa Diafragma	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	26	27	28	29	30	26	27	28	29	30	26	27	28	29	30
	31									31					31					
	September 2019					Oktober 2019					November 2019					Desember 2019				
Pompa Diafragma	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	26	27	28	29	30	26	27	28	29	30	26	27	28	29	30
					31										31					
	Januari 2020					Februari 2020					Maret 2020					April 2020				
Pompa Diafragma	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	26	27	28	29		26	27	28	29	30	26	27	28	29	30
	31									31										

Sumber : Hasil Pengolahan Data.

4.3 Analisa dan Pembahasan

Dari semua hasil perhitungan menggunakan tabel *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA) untuk menentukan komponen kritis dari mesin *Filling* diperoleh 1 komponen kritis yaitu Pompa Diafragma dengan RPN 168.

Berdasarkan RCM *decision worksheet* diperoleh bahwa tindakan yang perlu dilakukan untuk setiap komponen yang sering mengalami kerusakan dapat dilihat pada tabel 4.31 menunjukkan kegiatan perawatan yang disarankan dan interval perawatan yang optimal.

Tabel 4.32 Kegiatan Perawatan dan Interval Perawatan yang Optimal.

	Komponen Kritis	Jenis kerusakan	Kegiatan Perawatan	Interval Perawatan (jam)
Mesin <i>Filling</i>	Pompa Diafragma	Membrane aus	Pengecekan membrane secara berkala	10,58
		Membran pecah	Pengecekan membrane secara rutin	

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Pada komponen Pompa Diafragma dengan interval perawatan 50,58 jam dilakukan tindakan pengecekan membrane secara berkara dan rutin yang mana pada komponen tersebut membutuhkan tindakan perawatan secara terjadwal untuk dapat mengurangi kemacetan produksi.

4.4 Rekomendasi

Dari hasil yang sudah didapatkan maka peneliti mencoba memberi rekomendasi pada perusahaan untuk memakai metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang mana penentuan komponen kritis diawali dengan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dari tabel FMEA.

Hasil yang didapatkan yaitu pemecahan masalahnya yaitu perusahaan melakukan interval perawatan mesin :

- Pada komponen Pompa Diafragma dengan interval waktu perawatan selama 10,58 jam atau 2 hari kerja produksi guna mengetahui tingkat kerusakan komponen dengan memberikan tindakan langsung pada setiap kerusakan yang terjadi.