

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Pada tahun 1975, *ABC Central Food* didirikan oleh keluarga Choo berupa bisnis perusahaan dengan skala kecil yang berlokasi di Daan Mogot, Jakarta Barat. Produksi utama dari pabrik tersebut adalah sirup, sambal dan saus. Mulai tahun 1980 target pasar semakin meluas dari wilayah Jabodetabek hingga nasional. Bahkan beberapa produk tersebut sampai diekspor ke negara lain seperti Amerika Serikat, Kanada, Singapura, Jepang, dan Hongkong. Seiring berjalannya waktu perusahaan semakin berkembang hingga pada tahun 1986, pemilik perusahaan meninggal dunia. Kepemimpinan kemudian diserahkan pada Kogan Mandala. Pada era kepemimpinan Kogan. Perusahaan semakin ekspansif hingga memiliki 3 pabrik di Indonesia hingga saat ini yaitu:

1. Pabrik pertama berlokasi di Jl. Daan Mogot Km 12 Jakarta Barat (sejak 1975) yang memproduksi kecap dan *beverages*
2. Pabrik kedua yang dijadikan tempat penelitian berlokasi di Jl. Bintoro 888 Desa Wonokoyo, Kecamatan Beji, Kabupaten Pasuruan (sejak 1990) yang memproduksi kecap dan sirup
3. Pabrik ketiga berlokasi di Desa Walahar, Kecamatan Klari, Kabupaten Karawang (sejak 1995) yang memproduksi saus, sambal dan sirup.

Pada Februari 1999, perusahaan melakukan *joint venture* dengan HJ Heinz Company. Perusahaan ini didirikan Henry John Heinz (H.J. Heinz) pada tahun 1869 di Amerika. HJ Heinz Company menguasai saham dari ABC sebesar 65%. Produk PT Heinz ABC Indonesia Pasuruan yaitu kecap dengan merek ABC, Hoki, dan Soto yang dikemas dalam kemasan botol kaca 620 ml, botol plastik (135 ml, 275 ml), *pouch* (225 ml, 520 ml) dan *sachet* 22 ml. PT Heinz ABC Indonesia Pasuruan juga memproduksi sirup dengan merek *Squash Delight* dan *Special Grade* yang dikemas dalam kemasan botol kaca 580 ml. PT Heinz ABC Indonesia Pasuruan memiliki 8 *line* produksi dengan kapasitas produksi rata-rata 4 *batch* setiap hari dengan setiap *batch* mencapai 50.000 liter. Karena kapasitas produksi yang

besar dan proses produksi yang berjalan secara *continuous*, maka masalah pada mesin produksi akan dapat menghambat jalannya proses produksi. Untuk mengatasi masalah tersebut, perusahaan memerlukan sistem perawatan mesin yang baik. Sistem dan tindakan perawatan ditangani langsung oleh departemen teknik/ *engineering*.

#### **4.2 Manajemen Perawatan Perusahaan**

Manajemen perawatan mesin yang saat ini diterapkan oleh PT Heinz ABC Indonesia – Pasuruan adalah *Total Productive Maintenance* (TPM). Menurut Jiwantoro (2013), *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah suatu program untuk pengembangan fundamental dari fungsi pemeliharaan mesin, yang melibatkan seluruh SDM-nya. Jika diimplementasikan secara penuh, TPM dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas, serta menurunkan biaya. Dalam TPM, operator mesin bertanggung jawab untuk operasi dan pemeliharaan mesin. Implementasi TPM dapat mewujudkan penghematan biaya yang cukup besar melalui peningkatan produktivitas mesin. Semakin besar derajat otomatisasi pabrik, semakin besar pengurangan biaya yang diwujudkan oleh TPM. Nurfaizah (2014) menambahkan, TPM sebagai suatu pendekatan yang inovatif dalam *maintenance* dapat mengoptimasi keefektifan peralatan, mengurangi menghilangkan kerusakan mendadak (*breakdown*), dan melakukan *autonomous operator maintenance*. Tujuan TPM (*Total Productive Maintenance*) adalah untuk meningkatkan produktivitas pada perlengkapan dan peralatan produksi dengan Investasi perawatan yang seperlunya sehingga mencegah terjadi 6 kerugian besar (*Six Big Losses*) yaitu:

1. *Breakdown*, yaitu kerugian akibat Rusaknya Mesin (Peralatan dan Perlengkapan Kerja)
2. *Setup and Adjustments*, yaitu kerugian yang diakibatkan perlunya Persiapan ulang peralatan dan perlengkapan kerja
3. *Small Stops*, yaitu kerugian akibat terjadinya gangguan yang menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi secara optimal
4. *Slow Running*, yaitu kerugian yang terjadi karena mesin berjalan lambat tidak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

5. *Startup Defect*, yaitu kerugian yang diakibatkan terjadi cacat produk saat Startup (saat awal mesin beroperasi)
6. *Production Defect*, yaitu kerugian yang terjadi karena banyaknya produk yang cacat dalam proses produksi.

Keuntungan lain penerapan Total Productive Maintenance (TPM) adalah dapat menghindari terjadinya kecelakaan kerja dan menciptakan lingkungan kerja yang aman bagi karyawannya.

Konsep *Total Productive Maintenance* (TPM) yang digunakan PT Heinz ABC Indonesia – Pasuruan dilakukan dengan penerapan:

1. *Preventive maintenance*, yaitu perawatan yang dilakukan dengan cara melakukan pembersihan atau *cleaning* pada mesin dan area sekitar mesin, kemudian pergantian dan perbaikan mesin dan *spare part* sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.
2. *Predictive maintenance*, yaitu perawatan yang dilakukan dengan mengecek beberapa item dari *gear box* dan motor. Aspek yang dilihat yaitu mulai dari vibrasi, suhu, dan tegangan dari mesin.
3. *Corrective maintenance*, yaitu perawatan yang dilakukan ketika diketahui terdapat kerusakan atau masalah terhadap komponen dan mesin sehingga mengharuskan bagian teknik untuk memperbaikinya atau mengganti komponen terkait apabila ternyata sudah tidak layak digunakan.
4. *Breakdown maintenance*, yaitu perawatan yang dilakukan ketika terdapat komponen atau mesin yang rusak yang mengakibatkan mesin dan produksi berhenti berjalan.
5. *Autonomous maintenance*, yaitu perawatan yang dilakukan oleh operator mesin terkait meliputi *cleaning*, *greasing*, inspeksi perbaikan ringan, dan *setting* yang dilakukan setiap hari.

#### **4.3 Penentuan Mesin sebagai Objek Penelitian**

Mesin yang dijadikan sebagai objek penelitian diambil dari lini produksi yang memiliki *downtime* tertinggi. Data *downtime* produksi yang dilihat berdasarkan *line* produksi selama tahun 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Pada tabel

tersebut menunjukkan bahwa *line* produksi yang memiliki angka *downtime* tertinggi adalah *line* F dan *line* D, namun fokus penelitian pada *line* D. Hal ini disebabkan *downtime* mesin pada *line* F terjadi karena mesin tersebut jarang digunakan pada tahun 2016 yang disebabkan oleh permintaan produk yang rendah, bukan karena adanya kerusakan.

**Tabel 4.1** Data *Downtime* berdasarkan *line* produksi tahun 2016

<b>Line</b>	<b>Downtime (Menit)</b>	<b>Frekuensi</b>
Line A	34.975	2.775
Line B	1.902	150
Line C	22.739	1.704
Line D	67.076	4.683
Line E	1.825	77
Line F	110.837	1.997
Line G	55.079	1.021
Line H	1.552	55
Total	302.117	12.979

Sumber: Data Sekunder Penelitian

Mesin yang dijadikan fokus penelitian kemudian ditentukan dengan melakukan identifikasi mesin yang memiliki *downtime* tertinggi pada *line* D. Mesin dengan *downtime* tertinggi pada *line* D adalah mesin *lepack hot filling*. *Downtime* mesin *lepack hot filling* line D yaitu 50.577 menit (842,95 jam). Data *downtime* mesin yang ada di line D dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Angka *downtime* masing-masing komponen yang ada pada mesin *lepack hot filling* kecap kemasan *pouch* selama periode produksi Januari hingga Desember 2016 ditunjukkan pada **Tabel 4.3**. Total *downtime* komponen yang diakibatkan oleh kerusakan komponen mesin adalah 286.41 jam dari total *downtime* keseluruhan yang mencapai 842.95 jam. *Downtime* mesin *lepack hot filling* kecap yang lain diakibatkan oleh *cleaning* mesin akibat tumpahnya produk, kemasan *pouch* yang terambil lebih dari satu dan adanya kemasan *pouch* yang kosong

sehingga harus *resetting* ulang maupun pemberhentian proses karena proses setelahnya yang masih *overload*.

**Tabel 4.2** Data *downtime* mesin *line D* tahun 2016

Mesin	Jenis <i>Downtime</i>	DT (Min)	Frekuensi
<i>Carton Sealer</i>	<i>Unplanned Downtime</i>	987	67
	<i>Planned Downtime</i>	19	1
<i>Mesin Coding</i>	<i>Unplanned Downtime</i>	695	52
	<i>Planned Downtime</i>	2.201	148
<i>Mesin Leepack hot filling</i>	<i>Unplanned Downtime</i>	50.577	3.786
	<i>Idle</i>	20	2
<i>Production</i>	<i>Planned Downtime</i>	7.087	188
	<i>Unplanned Downtime</i>	5.420	435
<i>Quality</i>	<i>Planned Downtime</i>	70	4
Total		67.076	4.683

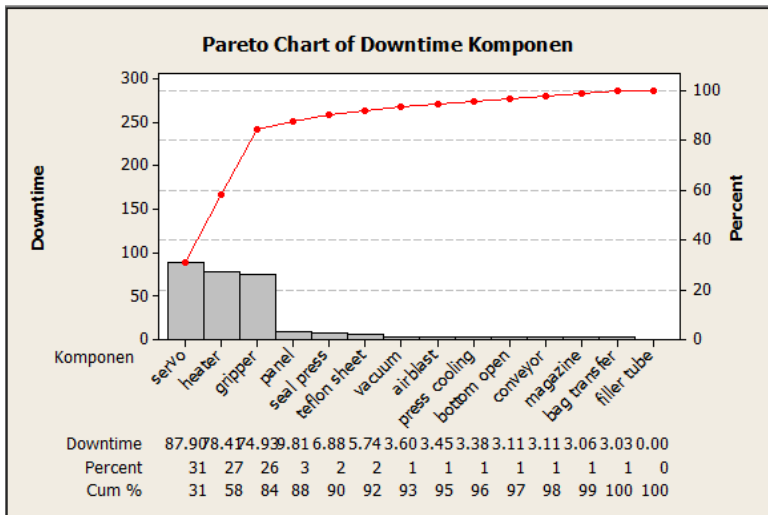
Sumber: Data Sekunder Penelitian

**Tabel 4.3** *Downtime* Komponen Mesin *Leepack hot filling* Tahun 2016

Komponen	Frekuensi	DT (jam)
<i>Magazine</i>	1	3,06
<i>Bag transfer</i>	1	3,03
<i>Airblast</i>	1	3,45
<i>Vacuum</i>	1	3,60
<i>Bottom open</i>	1	3,11
<i>Filler tube</i>	0	0,00
<i>Seal press</i>	2	6,88
<i>Heater</i>	12	78,41
<i>Teflon sheet</i>	36	5,74
<i>Press cooling</i>	1	3,38
<i>Gripper</i>	11	74,93
<i>Conveyor</i>	1	3,11
<i>Servo</i>	13	87,90
<i>Panel</i>	3	9,81
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>286,41</b>

Sumber: Data Sekunder Penelitian

Tahapan Selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan diagram pareto untuk mengetahui komponen mesin *lepack hot filling* yang akan dijadikan fokus penelitian. Data kerusakan yang akan digunakan dalam perhitungan ini adalah 80% dari data keseluruhan *downtime* yang diakibatkan karena kerusakan komponen (Soesetyo, 2014). Dari 80% data *downtime* tersebut, maka dapat diketahui komponen mana yang menjadi masalah utama pada mesin *lepack hot filling*.



**Gambar 4.1** Diagram Pareto *Downtime* Komponen Mesin *Lepack hot filling*

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Pada **Gambar 4.1** dapat dilihat bahwa 80% penyebab terjadinya *downtime* kerusakan mesin *lepack hot filling* adalah komponen *servo*, *heater*, dan *gripper*. Data TTF dan TTR komponen *servo*, *heater* dan *gripper* dapat dilihat pada **Tabel 4.4**, **Tabel 4.5** dan **Tabel 4.6**.

**Tabel 4.4** Data TTR dan TTF *Servo* Januari - Desember 2016

No.	Tanggal	TTR (jam)	TTF(Jam)
1	31-Jan-16	8,45	
2	23-Feb-16	3,28	543,55
3	11-Mar-16	7,95	404,72
4	21-Mar-16	9,00	232,05
5	30-Mar-16	4,35	207,00
6	22-Apr-16	4,20	547,65
7	18-May-16	3,55	379,80
8	20-Jun-16	7,95	788,45
9	17-Jul-16	9,26	640,05
10	28-Aug-16	8,40	998,74
11	2-Oct-16	9,16	831,60
12	11-Nov-16	7,70	950,84
13	6-Dec-16	4,65	568,30

Sumber: Data Sekunder Penelitian

**Tabel 4.5** Data TTR dan TTF *Heater* Januari - Desember 2016

No.	Tanggal	TTR (jam)	TTF(Jam)
1	1-Feb-16	3,08	
2	21-Feb-16	9,48	476,92
3	10-Mar-16	7,08	422,52
4	29-Mar-16	4,40	448,92
5	23-Apr-16	8,53	595,60
6	12-May-16	3,23	447,47
7	31-May-16	8,76	452,77
8	20-Jun-16	9,26	471,24
9	5-Jul-16	8,78	350,74
10	27-Jul-16	5,50	519,22
11	7-Aug-16	5,96	258,50
12	21-Aug-16	4,35	330,04

Sumber: Data Sekunder Penelitian

**Tabel 4.6** Data TTR dan TTF *Gripper* Januari - Desember 2016

No.	Tanggal	TTR (jam)	TTF(Jam)
1	20-Feb-16	6,02	
2	12-Mar-16	7,50	497,98
3	5-Apr-16	6,64	568,50
4	22-Apr-16	3,05	401,36
5	2-Jun-16	3,45	980,95
6	21-Jun-16	8,57	452,55
7	13-Jul-16	5,95	519,43
8	28-Jul-16	9,15	354,05
9	19-Sep-16	5,66	1262,85
10	26-Dec-16	9,47	2346,34
11	30-Dec-16	9,47	62,53

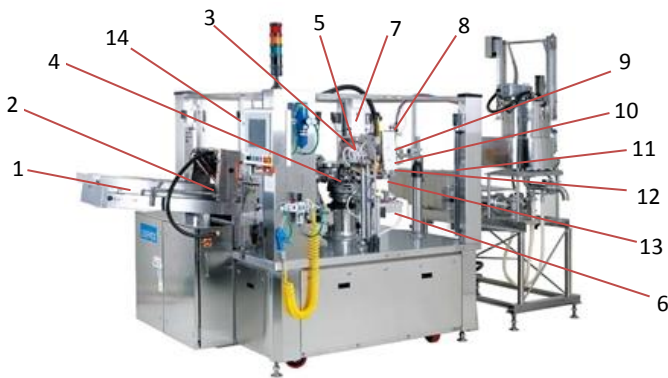
Sumber: Data Sekunder Penelitian

#### 4.4 Deskripsi Objek Penelitian

Mesin *leepack hot filling* kecap merupakan mesin otomatis yang berfungsi sebagai *filling* dan *packing* produk kecap kemasan *pouch*. Ketiga produk kecap dari PT Heinz ABC Indonesia Pasuruan yaitu kecap ABC, Hoki dan Soto akan melalui proses *filling* dan *packing* dengan kemasan *pouch* melalui mesin *leepack hot filling*. Mesin *filling* yang digunakan merupakan salah satu mesin yang paling penting dan krusial karena apabila terjadi kerusakan dan masalah pada mesin ini dapat mengakibatkan proses produksi terhambat. Menurut Ariyanto (2015) kerusakan mesin yang menghambat proses produksi dapat berdampak pada biaya. Mesin *leepack hot filling* terletak pada ruang *assembling* yang harus steril dari kontaminan agar produk tetap higienis sehingga mesin memerlukan *treatment* khusus, lingkungan sekitar mesin juga harus terjaga kesterilannya agar tidak berdampak buruk pada produk dan mesin. Mesin *filling* kecap kemasan *pouch* yang digunakan merupakan mesin dengan merk *Leepack* yang diproduksi di Korea. Mesin ini mulai beroperasi di PT Heinz Indonesia Pasuruan pada tahun 2000. Kecepatan mesin ini dalam mengisi produk kecap pada kemasan *pouch* hingga



proses *sealing* mencapai 60-70 *pouch* per menit. Mesin *leepack hot filling* memiliki jumlah *downtime* lebih tinggi dibanding mesin yang lain. Masalah yang sering terlihat adalah produksi terhenti karena sistem *sealing* dan *heater* yang mengalami eror pada sambungan *heater*, sehingga produk kecap *pouch* yang diproduksi tidak tertutup secara sempurna. Hal tersebut mengakibatkan produk kecap tumpah dan diharuskan untuk dilakukan pembersihan. Machine process view leepack hot filling dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Mesin leepack hot filling dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.2** Mesin *Leepack Hot Filling*  
 Sumber: [www.ferret.com.au](http://www.ferret.com.au) (2014)

Berikut merupakan penjelasan dari komponen yang ada pada mesin *leepack hot filling* kecap kemasan *pouch* dan sistem kerjanya:

1. *Loading pack/ magazine*

*Loading pack/ magazine* merupakan tempat atau wadah untuk meletakkan kemasan *pouch* kecap. Operator harus meletakkan kemasan *pouch* kecap secara manual pada *loading pack/ magazine*. Sebelum kemasan diletakkan, tumpukan kemasan *pouch* harus dikibaskan dahulu agar saat memasuki *bag transfer* lebih mudah untuk diambil oleh penjepit *pouch*. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari adanya kemasan *pouch* yang terambil lebih dari satu.

2. *Bag transfer*  
Setelah melalui *loading pack/ magazine*, kemasan *pouch* kecap akan masuk pada bag transfer. *Twin gripper* yang ada pada *bag transfer* kemudian mengambil kemasan *pouch* kecap untuk proses selanjutnya.
3. *Gripper*  
*Gripper* merupakan komponen yang berfungsi untuk menjepit kemasan yang telah dipindahkan dari *bag transfer* oleh *twin gripper*, agar produk tidak jatuh saat proses *filling* dan *sealing*.
4. *Air Blast*  
Komponen ini akan meniupkan angin untuk membuka kemasan *pouch* dari atas. Tiupan angin yang dihasilkan akan membuat kemasan *pouch* terisi udara dari atas hingga bawah kemasan *pouch* untuk mempermudah saat akan diisi dengan kecap pada proses *filling*.
5. *Vacuum*  
*Vacuum* juga akan mengisi udara dengan meniupkan angin pada *pouch* pada bagian samping. Tujuan penambahan *vacuum* adalah agar kemasan *pouch* dapat terbuka secara sempurna.
6. *Bottom Open*  
Pada bagian *bottom open* terdapat sensor untuk mendeteksi bagian bawah *pouch* sudah terisi udara secara sempurna. Jika sudah terisi secara sempurna, maka sensor akan mengaktifkan sistem *automatic filling* pada proses selanjutnya. Kemasan yang tidak terisi udara secara sempurna tidak akan diisi dengan cairan produk dan juga tidak akan melalui proses *sealing* sehingga kemasan dapat digunakan kembali untuk dialurkan pada *loading pack*.
7. *Servo*  
*Servo* merupakan komponen yang berfungsi mendorong atau memompa kecap dari *bowl* (penampung kecap) hingga sampai pada *filler tube* untuk proses *filling*.
8. *Filler tube*  
*Filler tube* adalah komponen yang digunakan untuk menyalurkan kecap ke dalam kemasan *pouch*. Volume

pengisian dilakukan sesuai dengan volume kemasan dan sistem yang telah diatur pada *panel*.

9. *Seal Press*

*Seal press* merupakan komponen yang berfungsi untuk sealing kemasan *pouch* agar kemasan tertutup dengan rapat sehingga produk tidak tumpah ataupun bocor.

10. *Heater*

*Heater* merupakan komponen yang berfungsi memanaskan *seal press*. Suhu yang digunakan harus konsisten dan disesuaikan dengan jenis bahan kemasan yaitu *stand-up pouch nylon* untuk menghindari kemasan *pouch* yang terbakar ataupun leleh. Hal tersebut dapat mengakibatkan adanya cacat produk dan produk tumpah ke mesin yang mengharuskan operator melakukan *cleaning*. Suhu standar yang digunakan adalah 210 °C.

11. *Teflon sheet*

*Teflon sheet* merupakan pita yang berfungsi sebagai penutup seal press yang mencegah kontak langsung pada kemasan *pouch*. Hal ini dikarenakan suhu yang sangat tinggi akan dapat mengakibatkan proses *sealing* yang tidak sempurna sehingga dapat terjadi produk cacat antara lain kemasan *pouch* leleh dan tidak tertutup sempurna. Untuk menghindari hal tersebut maka *teflon sheet* harus diganti secara teratur. Pergantian *teflon sheet* biasanya dilakukan setiap 6 jam mesin beroperasi.

12. *Press cooling*

*Press cooling* merupakan komponen yang sama dengan sealing press namun dengan fungsi yang berbeda. Fungsi dari press cooling adalah mendinginkan kemasan produk yang sebelumnya terkena panas oleh seal press dan juga untuk menstabilkan suhu. Pada *press cooling* terdapat *seal bar* yang dapat membentuk alur atau tekstur pada bagian atas kemasan *pouch*.

13. *Conveyor*

*Conveyor* merupakan komponen yang berfungsi untuk mengalirkan produk yang sudah selesai dilakukan proses sealing. Produk nantinya akan dikemas kedalam karton secara manual. Setiap karton akan berisi 16 produk yang

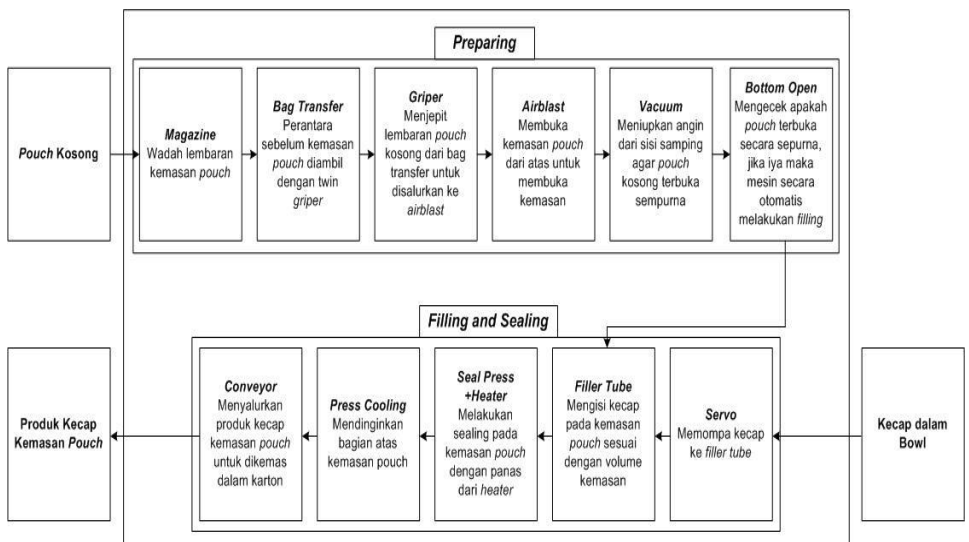
kemudian akan dialirkan dengan *conveyor* lain menuju ke *carton sealer*.

#### 14. Panel

*Panel* merupakan komponen dengan sistem *touch screen* yang mengatur jalannya mesin *lepack* mulai dari volume proses *filling*, suhu pada *heater*, hingga menghentikan proses untuk kepentingan *cleaning* dan *maintenance*.

### 4.5 Functional Block Diagram (FBD) *Leepack hot filling*

Pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD) bertujuan untuk mengetahui hubungan dan keterkaitan dari fungsi masing-masing komponen dari mesin *lepack hot filling* kecap, sehingga dapat dilakukan identifikasi dan evaluasi terhadap komponen yang berhubungan atau berkaitan apabila diketahui terdapat masalah pada salah satu komponen mesin. FBD mesin *lepack hot filling* dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



**Gambar 4.3** *Functional Block Diagram* (FBD) Mesin *Leepack hot filling*

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

*Functional Block Diagram* (FBD) mesin *lepack hot filling* yang berada pada *line D* dibagi menjadi 2 blok yaitu blok *preparing* dan blok *filling and sealing*. Pada masing-masing blok terdapat *sub assembly* yang mendukung kinerja dari sistem blok tersebut, sehingga kinerja mesin dapat berjalan dengan optimal sebagai berikut:

1. Blok *Preparing*

Pada blok *preparing* terdapat *magazine/ loading pack* sebagai wadah lembaran kemasan *pouch*. Lembaran *pouch* akan melalui *bag transfer*, setelah itu kemasan *pouch* diambil dan dijepit oleh *gripper* agar *pouch* tidak jatuh. Kemasan *pouch* selanjutnya menuju *airblast* untuk ditiup dengan angin agar kemasan terbuka, kemudian *vacuum* akan meniupkan angin dari sisi samping agar *pouch* terbuka secara sempurna. Bagian blok *preparing* yang terakhir adalah *bottom open* yang berfungsi mendeteksi *pouch* terbuka secara sempurna untuk dilakukan *automatic filling*.

2. Blok *Filling and Sealing*

Produk kecap yang berada pada *bowl* akan masuk pada *servo* dan akan dipompa menuju *filler tube*. *Pouch* kosong yang dibawa *gripper* dari *bottom open* akan melalui proses *filling*. *Filler tube* akan mengisi kemasan *pouch* dengan kecap sesuai dengan volume yang telah diatur dari *panel* yang disesuaikan dengan ukuran *pouch*. *Pouch* yang telah berisi kecap kemudian akan melalui *seal press*. *Heater* akan memanaskan *seal press* untuk proses *sealing*, setelah itu bagian atas kemasan yang masih panas akan didinginkan dengan *press cooling* agar kemasan tertutup dengan sempurna dan rapat untuk mencegah adanya udara dan kontaminan yang masuk. Pada komponen *press cooling*, terdapat *seal bar* yang membentuk struktur yang berbeda pada bagian atas kemasan. Bagian terakhir dari blok *filling and sealing* adalah *conveyor* yang berfungsi menyalurkan produk kecap kemasan *pouch* menuju ke *conveyor* utama untuk dikemas dalam karton.

## 4.6 Pengolahan Data Menggunakan RCM II

### 4.6.1 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dilakukan untuk mengetahui fungsi, kegagalan fungsi, mencari penyebab dan dampak kerusakan atau kegagalan dari masing-masing komponen kritis dari mesin *leepack hot filling* kecap yaitu *servo*, *heater* dan *gripper*. Pengisian lembar FMEA dilakukan dengan wawancara langsung dengan *Line Leader* pada *Line D* dan *supervisor* dibantu dengan pengamatan langsung pada mesin *leepack hot filling* dengan hasil sebagai berikut:

#### 1. *Servo*

Penyebab kegagalan *servo* yaitu *piston* yang berada dalam *servo* sering mengalami *error*. Kondisi komponen sudah seharusnya diganti namun terhalang karena *stock* yang tidak ada. Hal tersebut mengharuskan teknisi untuk melakukan perbaikan. Dampak dari kegagalan yang terjadi adalah kecap tidak bisa disalurkan secara baik sehingga membuat produk sering tumpah dan berpengaruh pada volume pengisian yang tidak konsisten karena banyak ditemukan volume yang melebihi atau kurang dari standar.

#### 2. *Heater*

Penyebab kegagalan *heater* yaitu mengalami *error* sehingga panas yang dihantarkan pada *seal press* tidak stabil. Dampak dari kegagalan tersebut adalah proses *seal* pada kemasan *pouch* tidak tertutup sempurna atau bungkus *pouch* yang leleh. Apabila *pouch* telah melalui proses *filling*, maka akan dapat mengakibatkan produk tumpah pada *conveyor* karena kemasan *pouch* yang tidak tertutup.

#### 3. *Gripper*

Penyebab kegagalan *gripper* yaitu bahan pegas *gripper* dalam kondisi yang kurang baik sehingga sering putus. Kegagalan tersebut dapat mengakibatkan bungkus *pouch* jatuh pada mesin. Jika *gripper* yang mengalami masalah setelah proses *filling* maka produk akan tumpah dan mengharuskan dilakukan *cleaning*. Proses *cleaning* akan sangat memakan waktu yang dapat berdampak pada biaya.

**Tabel 4.7 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)**

FMEA WORKSHEET			SYSTEM : <i>Filling</i>	Facilitator : Agus Prastowo	
			SUB-SYSTEM : <i>Leepack hot filling</i>	Auditor : Aqil Imanullah R	
No.	Komponen	Function	Functional Failure (loss of function)	Failure Mode (cause of failure)	Failure Effect (what happen when it failure)
1.	<i>Servo</i>	Berfungsi mendorong atau memompa kecap dari <i>bowl</i> (penampung kecap) hingga sampai pada <i>filler tube</i> untuk proses <i>filling</i> .	Gagal menyalurkan/ memompa kecap dengan baik	Piston yang berada dalam servo eror, kondisi yang sudah seharusnya diganti namun terhalang karena <i>stock</i> yang tidak ada	Tidak bisa menyalurkan kecap secara baik membuat produk sering luber dan juga berpengaruh pada volume pengisian yang tidak konsisten karena banyak ditemukan volume yang melebihi atau kurang dari standar.
2.	<i>Heater</i>	Berfungsi memanaskan <i>seal press</i> untuk menutup kemasan <i>pouch</i>	Gagal memanaskan <i>seal press</i> dengan baik	Sambungan mengalami eror sehingga panas yang dihantarkan pada <i>seal press</i> tidak stabil	Panas yang tidak stabil sering mengakibatkan proses seal pada kemasan <i>pouch</i> tidak tertutup sempurna atau bungkus <i>pouch</i> yang leleh.
3.	<i>Gripper</i>	Berfungsi untuk menjepit kemasan yang telah dipindahkan dari <i>bag transfer</i> agar produk tidak jatuh saat proses <i>filling</i> dan <i>sealing</i> .	Gagal menjepit kemasan <i>pouch</i> kecap untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya	Bahan pier <i>gripper</i> dalam kondisi yang kurang baik sehingga sering putus	Bungkus <i>pouch</i> jatuh pada mesin, jika <i>gripper</i> yang mengalami masalah setelah proses <i>filling</i> maka produk akan tumpah dan mengharuskan dilakukan <i>cleaning</i> .

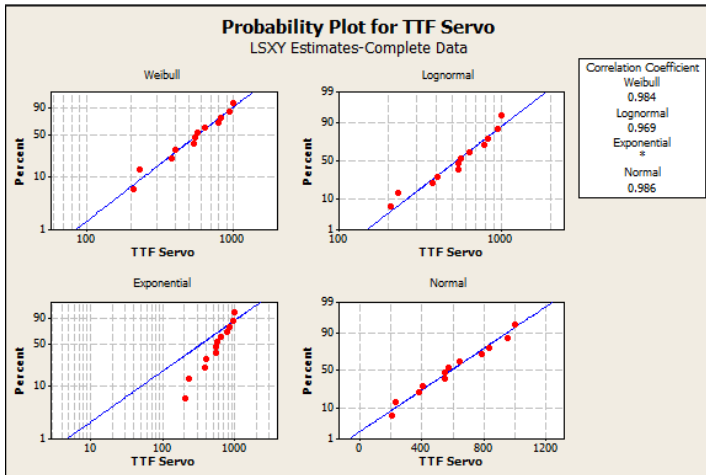
#### 4.6.2 Pengujian *Distribusi Time to Failure* (TTF) dan Penentuan Parameter Komponen *Downtime* Tertinggi

Tahapan berikutnya yaitu melakukan uji distribusi untuk mengetahui distribusi dari data TTF ketiga komponen kritis yaitu *servo*, *heater*, dan *gripper* menggunakan *software* Minitab 17. *Distribution Analysis* dilakukan pada data TTF ketiga komponen. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan grafik *probability plot*, nilai *Anderson Darling* (AD) dan nilai *Correlation Coefficient*. Menurut Soesetyo (2014) suatu data dapat ditentukan distribusinya dengan melihat nilai *Anderson Darling* (AD) yang terkecil diantara nilai AD pada distribusi lainnya. Pada grafik *probability plot* juga dapat dilihat jenis distribusinya dengan melihat keempat grafik jenis distribusi yaitu *weibull*, eksponensial, lognormal dan normal. Semakin banyak titik yang mendekati atau sejajar dengan garis diagonal maka data akan menyesuaikan distribusi tersebut. Nilai *pearson correlation coefficient* merupakan ukuran korelasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antar variabel. Langkah-langkah uji distribusi data menggunakan *software* Minitab 17 ditunjukkan pada **Lampiran 3**.

Berdasarkan hasil uji distribusi data TTF *Servo*, grafik *probability plot* titik yang paling mendekati garis adalah distribusi *weibull*, lognormal dan normal. Nilai *Anderson Darling* (AD) untuk distribusi *weibull* 1,157, distribusi lognormal 1,292, distribusi eksponensial 3,820, dan distribusi normal 1,159. Nilai AD yang terkecil terdapat pada distribusi *weibull* sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTF komponen *servo* berdistribusi *weibull*. Parameter dari data TTF *servo* yang berdistribusi *weibull* kemudian ditentukan dengan tujuan mencari nilai *shape* ( $\beta$ ) dan *scale* ( $\theta$ ) yang akan digunakan dalam perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF). Hasil pengolahan data dari uji distribusi dengan *software* minitab 17 untuk TTF *Servo* dapat dilihat pada **Gambar 4.4**

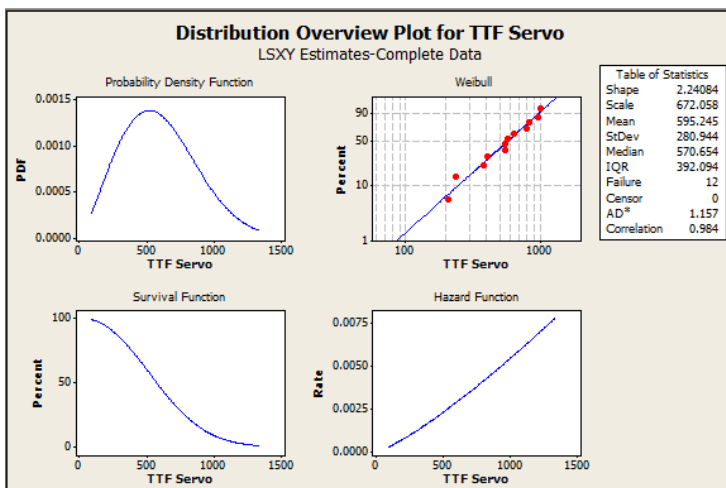
Parameter *scale* ( $\theta$ ) merupakan nilai tengah dari pola data. Penentuan parameter dilakukan dengan *software* minitab 17 pada *Distribution Overview Plot* dengan memilih jenis distribusi yang sesuai yaitu distribusi *weibull*. Nilai *shape* ( $\beta$ ) dan *scale* ( $\theta$ ) dapat dilihat pada **Gambar 4.5**





Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	1.157	0.984
Lognormal	1.292	0.969
Exponential	3.820	*
Normal	1.159	0.986

**Gambar 4.4** Hasil Uji Distribusi Data TTF Servo  
Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian



**Gambar 4.5** Hasil Penentuan Parameter Distribusi Weibull Data TTF Servo  
Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Parameter *shape* ( $\beta$ ) menggambarkan laju kerusakan komponen dengan ketentuan:

- $\beta > 1$  : laju kerusakan cenderung menurun
- $\beta = 1$  : laju kerusakan cenderung konstan
- $\beta < 1$  : laju kerusakan cenderung meningkat

**Tabel 4.8** Jenis Distribusi dan Parameter TTF Tiap Komponen

Nama Komponen	Distribusi	Parameter	
		Shape ( $\beta$ )	Scale ( $\theta$ )
<i>Servo</i>	<i>Weibull</i>	2,24084	672,058
<i>Heater</i>	<i>Weibull</i>	4,96052	471,651
<i>Gripper</i>	<i>Weibull</i>	1,23524	808,054

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Hasil dari *distribution overview* telah diperoleh parameter distribusi komponen *servo* yaitu untuk *shape* ( $\beta$ ) diperoleh nilai 2,24084 dan untuk *scale* ( $\theta$ ) diperoleh nilai 672,058. Hasil penentuan distribusi dan parameter komponen *heater* dan *gripper* dijelaskan pada **Lampiran 4** dan **Lampiran 5**. Setelah diketahui jenis distribusi dan parameternya untuk tiap komponen, maka dapat digunakan untuk perhitungan MTTF tiap komponen. Jenis distribusi dan parameter untuk tiap komponen kritis dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

#### 4.6.3 Perhitungan *Mean Time to Failure (MTTF)* untuk *Time to Failure (TTF)* Komponen *Downtime* Tertinggi

Perhitungan *Mean Time to Failure (MTTF)* setiap komponen dilakukan pada tahapan selanjutnya. Untuk komponen *servo* telah diketahui bahwa data Data TTF berdistribusi *weibull*, sehingga rumus yang digunakan dalam perhitungan MTTF komponen *servo* adalah rumus (16) sebagai berikut:

$$MTTF = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$MTTF = 672,058 \Gamma \left( 1 + \frac{1}{2,24084} \right)$$

$$MTTF = 672,058 \Gamma(1,446261223)$$

$$MTTF = 672,058(0,885705)$$

$$MTTF = 595,25 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa MTTF komponen *servo* adalah 595,25 jam. Hal ini berarti waktu yang diperlukan komponen *servo* untuk mendapatkan perawatan atau dilakukan pergantian adalah selama 595,25 jam. Rumus dan perhitungan untuk MTTF komponen *heater* dan *gripper* dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Hasil dari perhitungan MTTF ketiga komponen dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

**Tabel 4.9** Nilai MTTF Komponen *Downtime* Tertinggi

Komponen	MTTF (Jam)
<i>Servo</i>	595,25
<i>Heater</i>	432,86
<i>Gripper</i>	754,69

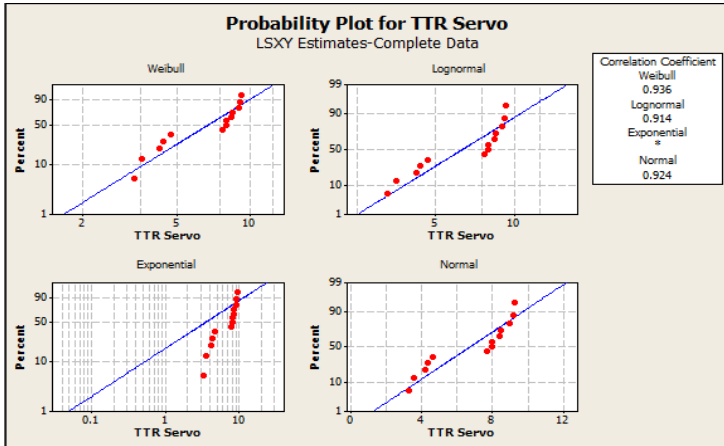
Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.4 Pengujian *Distribusi Time to Repair (TTR)* dan Penentuan Parameter Komponen *Downtime* Tertinggi

Tahapan selanjutnya adalah menentukan jenis distribusi data *Time to Repair (TTR)* dari komponen yang memiliki *downtime* tertinggi yaitu *servo*, *heater* dan *gripper*. Data TTR *downtime* tertinggi juga diolah menggunakan *software* minitab 17 untuk mengetahui jenis distribusinya. Hasil dari pengolahan data menggunakan Minitab 17 dapat dilihat pada **Gambar 4.6**

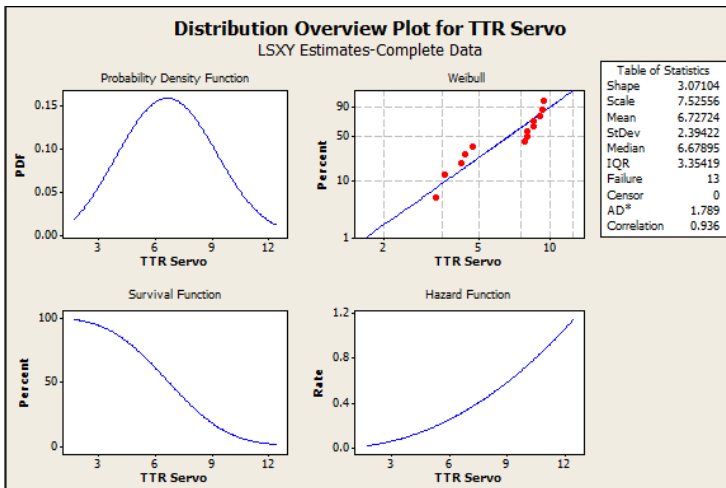
Berdasarkan pengolahan data TTR komponen *servo* yang telah dilakukan, didapatkan nilai AD (Anderson-Darling). Distribusi *weibull* memiliki nilai AD paling kecil dibanding distribusi lainnya yaitu 1,789 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTR komponen *servo* berdistribusi *weibull*.

Setelah diperoleh jenis distribusinya, penentuan parameter data TTR komponen *servo* dilakukan menggunakan *software* minitab17. Penentuan parameter data TTR komponen dilakukan untuk mencari nilai *shape* ( $\beta$ ) dan *scale* ( $\theta$ ) yang digunakan untuk perhitungan *Mean Time to Repair (MTTR)* komponen. Hasil dari penentuan parameter distribusi *weibull* data TTR *servo* dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	1.789	0.936
Lognormal	1.993	0.914
Exponential	5.703	*
Normal	1.861	0.924

**Gambar 4.6** Hasil Uji Distribusi Data TTR Servo  
 Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian



**Gambar 4.7** Hasil Penentuan Parameter Distribusi *Weibull* Data TTR Servo

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Hasil dari *distribution overview plot* menunjukkan bahwa parameter distribusi *weibull* data TTR *servo* untuk *shape* ( $\beta$ ) diperoleh nilai 3,07104 dan untuk *scale* ( $\theta$ ) diperoleh nilai 7,52556. Penentuan distribusi parameter untuk komponen *heater* dan *gripper* dapat dilihat pada **Lampiran 7** dan **Lampiran 8**. Distribusi dan parameter yang telah diperoleh, maka dapat digunakan pada langkah selanjutnya, yaitu perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) masing-masing komponen. Jenis distribusi data TTR komponen serta nilai parameter *shape* ( $\beta$ ) dan *scale* ( $\theta$ ) komponen dengan *downtime* tertinggi dapat dilihat pada **Tabel 4.10**

**Tabel 4.10** Jenis Distribusi dan Parameter TTR Tiap Komponen

Nama Komponen	Distribusi	Parameter	
		Shape ( $\beta$ )	Scale ( $\theta$ )
<i>Servo</i>	<i>Weibull</i>	3,07104	7,52556
<i>Heater</i>	<i>Weibull</i>	2,83669	7,32654
<i>Gripper</i>	<i>Weibull</i>	2,98534	7,64332

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.5 Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk *Time to Repair* (TTR) Komponen *Downtime* Tertinggi

Tahapan selanjutnya adalah dilakukan perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) setiap komponen. Untuk komponen *servo* telah diketahui bahwa data TTR berdistribusi *weibull*, sehingga rumus yang digunakan dalam perhitungan MTTR komponen *servo* adalah rumus (16). Berikut merupakan perhitungan MTTR untuk komponen *servo*:

$$MTTR = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$MTTR = 7,52556 \Gamma \left( 1 + \frac{1}{3,07104} \right)$$

$$MTTR = 7,52556 \Gamma(1,270194324)$$

$$MTTR = 7,52556(0,902467349)$$

$$MTTR = 6,73 \text{ jam}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh hasil dari MTTR komponen *servo* adalah 6,73 jam. Hal ini berarti waktu yang

diperlukan komponen servo untuk mendapatkan perawatan atau dilakukan pergantian adalah selama 6,73 jam. Rumus dan perhitungan untuk MTTR komponen *heater* dan *gripper* dapat dilihat pada **Lampiran 9**. Hasil dari perhitungan MTTR ketiga komponen dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

**Tabel 4.11** Nilai MTTR Komponen *Downtime* Tertinggi

Komponen	MTTR (Jam)
<i>Servo</i>	6,73
<i>Heater</i>	6,53
<i>Gripper</i>	6,82

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.6 Perhitungan Total Biaya Perawatan

perhitungan total biaya perawatan, dilakukan setelah perhitungan MTTF dan MTTR dari masing-masing komponen dengan *downtime* tertinggi. Tujuan dilakukan perhitungan total biaya perawatan adalah untuk mengetahui sistem *maintenance* yang seimbang antara *failure cost* dengan *preventive cost* agar dapat menghasilkan total biaya terkecil. Biaya-biaya yang perlu diketahui dalam perhitungan total biaya minimum yaitu sebagai berikut:

1. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk pekerja yang melakukan tindakan perawatan selama terjadi masalah atau kerusakan pada mesin *lepack hot filling*. Jumlah jam kerja dalam 1 hari adalah 8 jam. Jumlah teknisi yang diperlukan untuk mesin *lepack hot filling* ada 2 orang. Biaya tenaga kerja untuk mesin *lepack hot filling* dapat dilihat pada **Tabel 4.12**. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa biaya total yang dikeluarkan untuk tenaga kerja adalah Rp. 35.000,- per jam dengan asumsi bahwa tenaga kerja tersebut tersedia untuk melakukan kegiatan perawatan.

**Tabel 4.12** Biaya Tenaga Kerja Perawatan Mesin *Leepack hot filling*

No.	Tenaga Kerja Perawatan	Biaya Per Hari (Rp)	Biaya Per Jam (Rp)
1.	Teknisi 1	140.000	17.500
2.	Teknisi 2	140.000	17.500
<b>Jumlah</b>		<b>280.000</b>	<b>35.000</b>

Sumber: Data Sekunder Penelitian

## 2. Biaya Kerugian Produksi (*Co*)

Biaya kerugian produksi merupakan biaya yang timbul karena adanya *downtime*. Akibat terjadinya *downtime* akan menyebabkan perusahaan mengalami kerugian (*loss production*) karena mesin akan berhenti produksi saat *downtime*. Kapasitas produksi untuk mesin *leepack hot filling* adalah sebesar 3600 *pouch*/ jam dengan harga per *pouch* 520ml yang ditetapkan perusahaan adalah Rp 14.000,-. Perhitungan biaya kerugian produksi per-jam adalah sebagai berikut.

$Co = \text{Kapasitas Produksi} \times \text{HPP kecap pouch}$

$Co = 3600 \times 14.000$

$Co = \text{Rp. } 50.400.000, -$

## 3. Biaya Pergantian Komponen

Biaya pergantian komponen timbul karena adanya kerusakan komponen yang mengharuskan pihak perusahaan untuk mengganti dengan komponen yang baru. Biaya masing-masing komponen dengan *downtime* tertinggi berdasarkan hasil wawancara dengan operator dan teknisi dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

**Tabel 4.13** Harga Komponen Mesin *Leepack hot filling*

No	Nama Komponen	Harga Komponen
1.	<i>Servo</i>	Rp. 3.250.000,-
2.	<i>Heater</i>	Rp. 2.100.000,-
3.	<i>Gripper</i>	Rp. 1.400.000,-

Sumber: Data Sekunder Penelitian

4. Biaya *Failure Cost* ( $C_f$ ) dan *Preventive Cost* ( $C_p$ )

Semua komponen tentu akan mendapatkan *preventive maintenance* secara terjadwal. Apabila komponen mengalami masalah tidak selalu harus diganti. Bagian teknisi juga harus mempertimbangkan kelayakan komponen. Jika kondisi komponen masih layak maka akan dilakukan perbaikan, namun jika komponen dalam kondisi yang tidak layak maka akan segera dilakukan pergantian. Aspek yang harus diperhatikan adalah *reliability* masing-masing komponen. Berikut merupakan perhitungan *failure cost* ( $C_f$ ) dan *preventive cost* ( $C_p$ ) untuk masing-masing komponen dengan *downtime* tertinggi pada mesin *lepack hot filling* dilakukan dengan menggunakan rumus (22). Contoh perhitungan *failure cost* ( $C_f$ ) pada komponen *servo* adalah sebagai berikut.

$$C_f = C_r + MTTR(C_o + C_w)$$

$$C_f = Rp. 3.250.000$$

$$+ [6,73x(Rp. 50.400.000$$

$$+ Rp. 35.000)]$$

$$C_f = Rp. 342.677.550, -$$

Nilai *failure cost* ( $C_f$ ) untuk komponen *heater* dan *gripper* dihitung menggunakan rumus yang sama. Hasil dari perhitungan nilai *failure cost* ( $C_f$ ) komponen *heater* dan *gripper* dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

**Tabel 4.14** Hasil Perhitungan *Failure Cost* ( $C_f$ )

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Biaya Kerugian Produksi (Rp/jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp/jam)	MTTR (jam)	$C_f$ (Rp)
<i>Servo</i>	3.250.000	50.400.000	35.000	6,73	342.677.550
<i>Heater</i>	2.100.000	50.400.000	35.000	6,53	331.440.550
<i>Gripper</i>	1.400.000	50.400.000	35.000	6.82	345.366.700

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

*Preventive cost* ( $C_p$ ) pada masing-masing komponen dihitung menggunakan rumus (23). Nilai  $T_p$  dalam hal ini



merupakan waktu perbaikan yang dijadwalkan perusahaan yang didapatkan dari hasil wawancara dengan operator dan teknisi. Perhitungan *preventive cost* ( $C_p$ ) untuk komponen *servo* adalah sebagai berikut.

$$C_p = C_r + T_p(C_o + C_w)$$

$$C_p = Rp. 3.250.000 + [1,5x(Rp. 35.000 + Rp. 50.400.000)]$$

$$C_p = Rp. 78.902.500, -$$

Nilai *preventive cost* ( $C_p$ ) untuk komponen *heater* dan *gripper* dihitung menggunakan rumus yang sama. Hasil dari perhitungan nilai *failure cost* ( $C_p$ ) komponen *heater* dan *gripper* dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.

**Tabel 4.15** Hasil Perhitungan *Preventive Cost* ( $C_p$ )

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Biaya Kerugian Produksi (Rp/jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp/jam)	Tp (jam)	Cp (Rp)
<i>Servo</i>	3.250.000	50.400.000	35.000	1,5	78.902.500
<i>Heater</i>	2.100.000	50.400.000	35.000	0,5	27.317.500
<i>Gripper</i>	1.400.000	50.400.000	35.000	1,5	77.052.500

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Perhitungan interval perawatan optimal kemudian dilakukan dengan rumus (21). Perhitungan interval perawatan yang optimal untuk komponen *servo* adalah sebagai berikut.

$$TM = \theta \left[ \frac{C_p}{C_F - C_p} x \frac{1}{\beta^{-1}} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$TM = 672,058 \left[ \frac{78.902.500}{342.677.550 - 78.902.500} x \frac{1}{2,24084^{-1}} \right]^{\frac{1}{2,24084}}$$

$$TM = 562,18 \text{ jam}$$

Interval perawatan optimal untuk komponen *heater* dan *gripper* dihitung dengan rumus yang sama. Hasil perhitungan interval perawatan optimal masing-masing komponen dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

**Tabel 4.16** Hasil Perhitungan Interval Perawatan

Komponen	Shape ( $\beta$ )	Scale ( $\theta$ )	Cp (Rp)	Cf (Rp)	TM (jam)
<i>Servo</i>	2,24084	672,058	78.902.500	342.677.550	562.18
<i>Heater</i>	4,96052	471,651	27.317.500	331.440.550	400.72
<i>Gripper</i>	1,23524	808,054	77.052.500	345.366.700	349.18

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Interval tersebut merupakan waktu yang dibutuhkan komponen untuk bekerja secara optimal sebelum dilakukan perawatan. Interval tersebut akan memberikan informasi mengenai jangka waktu komponen *servo*, *heater* dan *gripper* untuk bekerja secara optimal, sehingga pihak teknisi mengetahui kapan harus dilakukan perawatan.

#### 4.6.7 Perhitungan *Total cost maintenance* (TC) dan *Reliability* (R)

*Total cost maintenance* (TC) adalah total biaya perawatan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan yang meliputi *failure cost* ( $C_f$ ) dan *preventive cost* ( $C_p$ ). *Reliability* (R) atau keandalan merupakan nilai keandalan suatu komponen untuk mengetahui produktivitas suatu komponen akan berfungsi secara optimal dalam jangka waktu tertentu. Perhitungan *total cost maintenance* dan *reliability* masing-masing komponen akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Perhitungan *total cost maintenance* (TC) dan *reliability* (R) *servo*

Nilai *total cost maintenance* ( $TC_{MTTF}$ ) dan *reliability* ( $R_{MTTF}$ ) sebelum penerapan interval perawatan optimal untuk komponen *servo* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$TC_{MTTF} = \frac{C_f}{\theta^\beta} MTTF^{\beta-1} + \frac{C_p}{MTTF}$$

$$TC_{MTTF} = \frac{342.677.550}{672,058^{2,24084}} 595,25^{2,24084-1} + \frac{78.902.500}{595,25}$$

$$TC_{MTTF} = Rp. 571.162,52$$

$$R_{MTTF} = e^{-\left(\frac{MTTF}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R_{MTTF} = e^{-\left(\frac{595,25}{672,058}\right)^{2,24084}}$$

$$R_{MTTF} = 0,466784203$$

Dari hasil perhitungan *total cost maintenance* ( $TC_{MTTF}$ ) dan *reliability* ( $R_{MTTF}$ ) dapat diketahui total biaya perawatan per jam dan keandalan komponen selama terjadinya kerusakan periode Januari 2016 hingga Desember 2016. Total biaya perawatan komponen *servo* saat terjadi kerusakan pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.

**Tabel 4.17** *Total cost maintenance* ( $TC_{MTTF}$ ) *Servo* Januari 2016-Desember 2016

No	Tanggal	Biaya perawatan per jam (Rp/ Jam)	TTR (Jam)	<i>Total cost maintenance</i> (TC) (Rp)
1	31-Jan-16	571.162,52	8,45	4.826.323,28
2	23-Feb-16	571.162,52	3,28	1.873.413,06
3	11-Mar-16	571.162,52	7,95	4.540.742,02
4	21-Mar-16	571.162,52	9,00	5.140.462,66
5	30-Mar-16	571.162,52	4,35	2.484.556,95
6	22-Apr-16	571.162,52	4,20	2.398.882,58
7	18-May-16	571.162,52	3,55	2.027.626,94
8	20-Jun-16	571.162,52	7,95	4.540.742,02
9	17-Jul-16	571.162,52	9,26	5.288.964,92
10	28-Aug-16	571.162,52	8,40	4.797.765,15
11	2-Oct-16	571.162,52	9,16	5.231.848,67
12	11-Nov-16	571.162,52	7,70	4.397.951,39
13	6-Dec-16	571.162,52	4,65	2.655.905,71
<b>Total</b>				<b>50.205.185,35</b>

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari **Tabel 4.17** dapat diketahui bahwa *total cost maintenance* komponen *servo* periode Januari 2016 hingga Desember 2016 adalah sebesar Rp. 50.205.185,35. Tahapan selanjutnya adalah menghitung *total cost maintenance* ( $TC_{TM}$ ) dan *reliability* ( $R_{TM}$ ) komponen *servo* sesuai dengan usulan interval perawatan optimal. *Total cost maintenance* ( $TC_{TM}$ ) dan *reliability* ( $R_{TM}$ ) komponen *servo* dihitung dengan rumus (20) dan (14) sebagai berikut

$$TC_{TM} = \frac{C_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_p}{TM}$$

$$TC_{TM} = \frac{342.677.550}{672,058^{2,24084}} 562,18^{2,24084-1} + \frac{78.902.500}{562,18}$$

$$TC_{TM} = Rp. 548.930,10$$

$$R_{TM} = e^{-\left(\frac{TM}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R_{TM} = e^{-\left(\frac{562,18}{672,058}\right)^{2,24084}}$$

$$R_{MTTF} = 0,511556131$$

Total biaya perawatan komponen *servo* sesuai dengan usulan interval perawatan optimal periode Januari 2016 hingga Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.18**.

**Tabel 4.18** *Total cost maintenance* ( $TC_{TM}$ ) Servo Januari 2016-Desember 2016

No	Tanggal	Biaya perawatan per jam (Rp/ Jam)	TTR (Jam)	Total cost maintenance (TC) (Rp)
1	31-Jan-16	548.930,10	1,5	823.395,15
2	23-Feb-16	548.930,10	1,5	823.395,15
3	11-Mar-16	548.930,10	1,5	823.395,15
4	21-Mar-16	548.930,10	1,5	823.395,15
5	30-Mar-16	548.930,10	1,5	823.395,15
6	22-Apr-16	548.930,10	1,5	823.395,15
7	18-May-16	548.930,10	1,5	823.395,15
8	20-Jun-16	548.930,10	1,5	823.395,15
9	17-Jul-16	548.930,10	1,5	823.395,15
10	28-Aug-16	548.930,10	1,5	823.395,15
11	2-Oct-16	548.930,10	1,5	823.395,15
12	11-Nov-16	548.930,10	1,5	823.395,15
13	6-Dec-16	548.930,10	1,5	823.395,15
<b>Total</b>				10.704.136,93

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

2. Perhitungan *total cost maintenance* (TC) dan *reliability* (R) *heater*

Nilai *total cost maintenance* ( $TC_{MTTF}$ ) dan *reliability* ( $R_{MTTF}$ ) sebelum penerapan interval perawatan optimal untuk komponen *heater* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$TC_{MTTF} = \frac{C_f}{\theta^\beta} MTTF^{\beta-1} + \frac{C_p}{MTTF}$$

$$TC_{MTTF} = \frac{331.440.550}{471,651^{4,96052}} 432,86^{4,96052-1} + \frac{27.317.500}{432,86}$$

$$TC_{MTTF} = Rp. 563.331,81$$

$$R_{MTTF} = e^{-\left(\frac{MTTF}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R_{MTTF} = e^{-\left(\frac{432,86}{471,651}\right)^\beta}$$

$$R_{MTTF} = 0,520331838$$

Total biaya perawatan komponen *heater* saat terjadi kerusakan pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.19**. Dari **Tabel 4.19** dapat diketahui bahwa *total cost maintenance* komponen *heater* periode Januari 2016 hingga Desember 2016 adalah sebesar Rp. 44.170.847,17

**Tabel 4.19** *Total cost maintenance* ( $TC_{MTTF}$ ) *Heater* Januari 2016-Desember 2016

No	Tanggal	Biaya perawatan per jam (Rp/ Jam)	TTR (Jam)	<i>Total cost maintenance</i> (TC) (Rp)
1	1-Feb-16	563.331,81	3,08	1.735.061,97
2	21-Feb-16	563.331,81	9,48	5.340.385,55
3	10-Mar-16	563.331,81	7,08	3.988.389,21
4	29-Mar-16	563.331,81	4,40	2.478.659,96
5	23-Apr-16	563.331,81	8,53	4.805.220,33
6	12-May-16	563.331,81	3,23	1.819.561,74
7	31-May-16	563.331,81	8,76	4.934.786,65
8	20-Jun-16	563.331,81	9,26	5.216.452,55
9	5-Jul-16	563.331,81	8,78	4.946.053,29
10	27-Jul-16	563.331,81	5,50	3.098.324,95
11	7-Aug-16	563.331,81	5,96	3.357.457,58
12	21-Aug-16	563.331,81	4,35	2.450.493,37
<b>Total</b>				44.170.847,17

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Tahapan selanjutnya adalah menghitung *total cost maintenance* ( $TC_{TM}$ ) dan *reliability* ( $R_{TM}$ ) komponen *heater* sesuai dengan usulan interval perawatan optimal. Berikut adalah perhitungan dari *total cost maintenance* ( $TC_{TM}$ ) dan *reliability* ( $R_{TM}$ ) komponen *heater*.

$$TC_{TM} = \frac{C_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_p}{TM}$$

$$TC_{TM} = \frac{331.440.550}{471,651^{4,96052}} 400,72^{4,96052-1} + \frac{27.317.500}{400,72}$$

$$TC_{TM} = Rp. 436.705,34$$

$$R_{TM} = e^{-\left(\frac{TM}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R_{TM} = e^{-\left(\frac{400,72}{471,651}\right)^{4,96052}}$$

$$R_{TM} = 0,64045722$$

Total biaya perawatan komponen *heater* sesuai dengan usulan interval perawatan optimal periode Januari 2016 hingga Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

**Tabel 4.20** Total cost maintenance ( $TC_{TM}$ ) Heater Januari 2016-Desember 2016

No	Tanggal	Biaya perawatan per jam (Rp/ Jam)	TTR (Jam)	Total cost maintenance (TC) (Rp)
1	1-Feb-16	436.705,34	0,5	218.352,67
2	21-Feb-16	436.705,34	0,5	218.352,67
3	10-Mar-16	436.705,34	0,5	218.352,67
4	29-Mar-16	436.705,34	0,5	218.352,67
5	23-Apr-16	436.705,34	0,5	218.352,67
6	12-May-16	436.705,34	0,5	218.352,67
7	31-May-16	436.705,34	0,5	218.352,67
8	20-Jun-16	436.705,34	0,5	218.352,67
9	5-Jul-16	436.705,34	0,5	218.352,67
10	27-Jul-16	436.705,34	0,5	218.352,67
11	7-Aug-16	436.705,34	0,5	218.352,67
12	21-Aug-16	436.705,34	0,5	218.352,67
<b>Total</b>				<b>2.620.232,05</b>

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

3. Perhitungan *total cost maintenance* (TC) dan *reliability* (R) *gripper*

Nilai *total cost maintenance* ( $TC_{MTTF}$ ) dan *reliability* ( $R_{MTTF}$ ) sebelum penerapan interval perawatan optimal untuk komponen *gripper* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$TC_{MTTF} = \frac{C_f}{\theta^\beta} MTTF^{\beta-1} + \frac{C_p}{MTTF}$$

$$TC_{MTTF} = \frac{345.366.700}{808,054^{1,23524}} 754,69^{1,23524-1} + \frac{77.052.500}{754,69}$$

$$TC_{MTTF} = Rp. 522,689,32$$

$$R_{MTTF} = e^{-\left(\frac{MTTF}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R_{MTTF} = e^{-\left(\frac{754,69}{808,054}\right)^{1,23524}}$$

$$R_{MTTF} = 0.398890149$$

Total biaya perawatan komponen *gripper* saat terjadi kerusakan pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.21**. Dari tersebut dapat diketahui bahwa *total cost maintenance* komponen *gripper* periode Januari 2016 hingga Desember 2016 adalah sebesar Rp. 39.165.110,65



**Tabel 4.21** Total cost maintenance ( $TC_{MTTF}$ ) Gripper Januari 2016-Desember 2016

No	Tanggal	Biaya perawatan per jam (Rp/ Jam)	TTR (Jam)	Total cost maintenance (TC) (Rp)
1	20-Feb-16	522.689,32	6,02	3.146.589,70
2	12-Mar-16	522.689,32	7,50	3.920.169,89
3	5-Apr-16	522.689,32	6,64	3.470.657,08
4	22-Apr-16	522.689,32	3,05	1.594.202,42
5	2-Jun-16	522.689,32	3,45	1.803.278,15
6	21-Jun-16	522.689,32	8,57	4.479.447,46
7	13-Jul-16	522.689,32	5,95	3.110.001,45
8	28-Jul-16	522.689,32	9,15	4.782.607,27
9	19-Sep-16	522.689,32	5,66	2.958.421,54
10	26-Dec-16	522.689,32	9,47	4.949.867,85
11	30-Dec-16	522.689,32	9,47	4.949.867,85
<b>Total</b>				<b>39.165.110,65</b>

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Tahapan selanjutnya adalah menghitung *total cost maintenance* ( $TC_{TM}$ ) dan *reliability* ( $R_{TM}$ ) komponen *gripper* sesuai dengan usulan interval perawatan optimal. Berikut adalah perhitungan dari *total cost maintenance* ( $TC_{TM}$ ) dan *reliability* ( $R_{TM}$ ) komponen *gripper*.

$$TC_{TM} = \frac{C_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_p}{TM}$$

$$TC_{TM} = \frac{345.366.700}{808,054^{1,23524}} 349,18^{1,23524-1} + \frac{77.052.500}{349,18}$$

$$TC_{TM} = Rp. 571.515,15$$

$$R_{TM} = e^{-\left(\frac{TM}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R_{TM} = e^{-\left(\frac{349,18}{808,054}\right)^{1,23524}}$$

$$R_{TM} = 0,701364788$$

Total biaya perawatan komponen *gripper* sesuai dengan usulan interval perawatan optimal periode Januari 2016 hingga Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.22**.

**Tabel 4.22** *Total cost maintenance* ( $TC_{TM}$ ) *Gripper* Januari 2016-Desember 2016

No	Tanggal	Biaya perawatan per jam (Rp/ Jam)	TTR (Jam)	Total Cost Maintenance (TC) (Rp).
1	20-Feb-16	571.515,15	1,5	857.272,73
2	12-Mar-16	571.515,15	1,5	857.272,73
3	5-Apr-16	571.515,15	1,5	857.272,73
4	22-Apr-16	571.515,15	1,5	857.272,73
5	2-Jun-16	571.515,15	1,5	857.272,73
6	21-Jun-16	571.515,15	1,5	857.272,73
7	13-Jul-16	571.515,15	1,5	857.272,73
8	28-Jul-16	571.515,15	1,5	857.272,73
9	19-Sep-16	571.515,15	1,5	857.272,73
10	26-Dec-16	571.515,15	1,5	857.272,73
11	30-Dec-16	571.515,15	1,5	857.272,73
<b>Total</b>				9.430.000,02

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari perhitungan *total cost maintenance* yang telah dilakukan dapat diketahui pada komponen *servo*, total biaya perawatan yang saat ini diterapkan ( $TC_{MTTF}$ ) adalah sebesar Rp. 50.205.185,35. Setelah perhitungan total biaya perawatan sesuai interval usulan perawatan ( $TC_{TM}$ ), diperoleh biaya sebesar Rp. 10.704.136,93. Hal ini menunjukkan terjadi penurunan total biaya perawatan sebesar 78,68%. Selanjutnya pada komponen *heater* total biaya perawatan yang saat ini diterapkan ( $TC_{MTTF}$ ) adalah sebesar Rp.44.170.847,17. Setelah perhitungan total biaya perawatan sesuai interval usulan perawatan ( $TC_{TM}$ ), diperoleh biaya sebesar Rp. 2.620.232,05. Hal ini menunjukkan terjadi penurunan total biaya perawatan sebesar 94,07%. Kemudian pada komponen *gripper*, total biaya perawatan yang saat ini diterapkan ( $TC_{MTTF}$ ) adalah sebesar Rp.

39.165.110,65. Setelah perhitungan total biaya perawatan sesuai interval usulan perawatan ( $TC_{TM}$ ), diperoleh biaya sebesar Rp. 9.430.000,02. Hal ini menunjukkan terjadi penurunan total biaya perawatan sebesar 75,92%.

Selanjutnya untuk nilai *reliability* pada komponen *servo*, nilai *reliability* sebelum diterapkan interval perawatan optimal ( $R_{MTTF}$ ) adalah sebesar 0,467. Setelah penerapan interval perawatan optimal diperoleh nilai *reliability* ( $R_{TM}$ ) sebesar 0,512. Hal ini menunjukkan terjadi kenaikan tingkat keandalan sebesar 9,59%. Pada komponen *heater*, nilai *reliability* sebelum diterapkan interval perawatan optimal ( $R_{MTTF}$ ) adalah sebesar 0,520. Setelah penerapan interval perawatan optimal diperoleh nilai *reliability* ( $R_{TM}$ ) sebesar 0,640. Hal ini menunjukkan terjadi kenaikan tingkat keandalan sebesar 23,09%. Pada komponen *gripper*, nilai *reliability* sebelum diterapkan interval perawatan optimal ( $R_{MTTF}$ ) adalah sebesar 0,399. Setelah penerapan interval perawatan optimal diperoleh nilai *reliability* ( $R_{TM}$ ) sebesar 0,701. Hal ini menunjukkan terjadi kenaikan tingkat keandalan sebesar 75,83%. Tingkat keandalan adalah probabilitas sebuah sistem untuk dapat menjalankan fungsinya, artinya karena nilai keandalan ini dalam bentuk probabilitas maka nilainya berkisar antara 0 hingga 1. Jika nilai keandalan semakin mendekati 1 maka tingkat keandalan suatu sistem semakin baik (Ebeling, 1997).

Dari perhitungan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa interval waktu perawatan yang diusulkan ( $TM$ ) dapat menurunkan *total cost maintenance* ( $TC$ ) dan meningkatkan nilai *reliability* ( $R$ ) seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.23**. Interval perawatan optimal dapat diterapkan perusahaan karena terbukti lebih efisien. Nilai *reliability* yang meningkat menunjukkan bahwa perusahaan dapat menjaga kestabilan produksi kecap kemasan *pouch*, sehingga profit yang didapatkan semakin meningkat.

**Tabel 4.23** Perbandingan Total Cost Maintenance (TC) dan Reliability (R) Sebelum dan Sesudah Penerapan Interval Perawatan Optimal

<b>Nama Komponen</b>	<b>MTTF (jam)</b>	<b>TM (jam)</b>	<b>TC MTTF (Rp)</b>	<b>TC TM (Rp)</b>	<b>R MTTF</b>	<b>R TM</b>	<b>Penurunan TC (%)</b>	<b>Kenaikan R (%)</b>
<i>Servo</i>	595,25	562,18	50.205.185,35	10.704.136,93	0,467	0,512	78,68	9,59
<i>Heater</i>	432,86	400,72	44.170.847,17	2.620.232,05	0,520	0,640	94,07	23,09
<i>Gripper</i>	754,69	349,18	39.165.110,65	9.430.000,02	0,399	0,701	75,92	75,83

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Keterangan:

MTTF = Rata-rata waktu kerusakan sesuai dengan interval perawatan yang dilakukan perusahaan

TM = Interval perawatan optimal

TC<sub>MTTF</sub> = Total biaya perawatan sebelum penerapan interval perawatan optimal

TC<sub>TM</sub> = Total biaya perawatan setelah penerapan interval perawatan optimal

R<sub>MTTF</sub> = Nilai keandalan sebelum penerapan interval perawatan optimal

R<sub>TM</sub> = Nilai keandalan setelah penerapan interval perawatan optimal

#### 4.6.8 Perhitungan *Availability Rate*

*Availability rate* merupakan peluang suatu komponen atau sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya pada waktu tertentu yang berada pada kondisi normal (Ebeling, 1997). Data yang dibutuhkan untuk menghitung *availability rate* yaitu *downtime*, *operation time* dan *loading time*. Perhitungan untuk *availability rate* dilakukan menggunakan rumus (24) dan (25). Contoh perhitungan *availability rate* untuk komponen *servo* pada tanggal 31 Januari 2016 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \textit{Operation time} &= \textit{Loading time} - \textit{downtime} \\ &= 24 - 8,45 \\ &= 15,55 \textit{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Availability rate} &= \frac{\textit{Operation time}}{\textit{Loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{15,55}{24} \times 100\% \\ &= 64,79\% \end{aligned}$$

Dengan rumus yang sama, dilakukan perhitungan untuk seluruh data *downtime* tertinggi dari mesin *leapack hot filling*. Dari hasil perhitungan akan diketahui nilai *availability rate* komponen dalam satu tahun sebelum dan setelah diterapkan interval perawatan optimal.

Hasil perhitungan untuk *availability rate* dari data *downtime* komponen *servo* sebelum penerapan interval perawatan optimal mulai Bulan Januari 2016 sampai Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.24**. Pada perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan nilai *availability rate* untuk komponen *servo* selama satu tahun adalah 71,83%. Perhitungan *availability rate* untuk komponen *heater* dilakukan dengan cara yang sama.

**Tabel 4.24** Hasil Perhitungan *Availability Rate* Komponen *Servo* Sebelum Interval Perawatan Optimal

Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)	Loading Time (jam)	Down time (jam)	Operation Time (jam)	Availability Rate (%)
31-Jan-16	8,45		24	8,45	15,55	64,79
23-Feb-16	3,28	543,55	24	3,28	20,72	86,33
11-Mar-16	7,95	404,72	24	7,95	16,05	66,88
21-Mar-16	9,00	232,05	24	9,00	15,00	62,50
30-Mar-16	4,35	207,00	24	4,35	19,65	81,88
22-Apr-16	4,20	547,65	24	4,20	19,80	82,50
18-May-16	3,55	379,8	24	3,55	20,45	85,21
20-Jun-16	7,95	788,45	24	7,95	16,05	66,88
17-Jul-16	9,26	640,05	24	9,26	14,74	61,42
28-Aug-16	8,40	998,74	24	8,40	15,60	65,00
2-Oct-16	9,16	831,60	24	9,16	14,84	61,83
11-Nov-16	7,70	950,84	24	7,70	16,30	67,92
6-Dec-16	4,65	568,30	24	4,65	19,35	80,63
Total TTR	87,90					
Loading Time			312			
Total Downtime				87,9		
Total Operation Time					224,10	
Total Availability Rate						71,83

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Hasil perhitungan untuk *availability rate* dari data *downtime* komponen komponen *heater* sebelum penerapan interval perawatan optimal mulai Bulan Januari 2016 sampai Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.25**. Pada perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan nilai *availability rate* untuk komponen *heater* selama satu tahun adalah 72,77%. Perhitungan *availability rate* untuk komponen *gripper* dilakukan dengan cara yang sama.

**Tabel 4.25** Hasil Perhitungan *Availability Rate* Komponen *Heater* Sebelum Interval Perawatan Optimal

Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)	Loading Time (jam)	Down time (jam)	Operation Time (jam)	Availability Rate (%)
1-Feb-16	3,08		24	3,08	20,92	87,17
21-Feb-16	9,48	476,92	24	9,48	14,52	60,50
10-Mar-16	7,08	422,52	24	7,08	16,92	70,50
29-Mar-16	4,40	448,92	24	4,40	19,60	81,67
23-Apr-16	8,53	595,60	24	8,53	15,47	64,46
12-May-16	3,23	447,47	24	3,23	20,77	86,54
31-May-16	8,76	452,77	24	8,76	15,24	63,50
20-Jun-16	9,26	471,24	24	9,26	14,74	61,42
5-Jul-16	8,78	350,74	24	8,78	15,22	63,42
27-Jul-16	5,50	519,22	24	5,50	18,50	77,08
7-Aug-16	5,96	258,50	24	5,96	18,04	75,17
21-Aug-16	4,35	330,04	24	4,35	19,65	81,88
Total TTR	78,41					
Loading Time			288			
Total Downtime				78,41		
Total Operation Time					209,59	
Total Availability Rate						72,77

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Hasil perhitungan untuk *availability rate* dari data *downtime* komponen *gripper* sebelum penerapan interval perawatan optimal mulai Bulan Januari 2016 sampai Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.26**. Pada perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan nilai *availability rate* untuk komponen *gripper* selama satu tahun adalah 71,62%. Selanjutnya dilakukan perhitungan *availability rate* data *downtime* seluruh komponen setelah diterapkan interval perawatan optimal.

**Tabel 4.26** Hasil Perhitungan *Availability Rate* Komponen *Gripper* Sebelum Interval Perawatan Optimal

Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)	Loading Time (jam)	Downtime (jam)	Operation Time (jam)	Availability Rate (%)
20-Feb-16	6,02		24	6,02	17,98	74,92
12-Mar-16	7,50	497,98	24	7,50	16,50	68,75
5-Apr-16	6,64	568,50	24	6,64	17,36	72,33
22-Apr-16	3,05	401,36	24	3,05	20,95	87,29
2-Jun-16	3,45	980,95	24	3,45	20,55	85,63
21-Jun-16	8,57	452,55	24	8,57	15,43	64,29
13-Jul-16	5,95	519,43	24	5,95	18,05	75,21
28-Jul-16	9,15	354,05	24	9,15	14,85	61,88
19-Sep-16	5,66	1262,85	24	5,66	18,34	76,42
26-Dec-16	9,47	2346,34	24	9,47	14,53	60,54
30-Dec-16	9,47	62,53	24	9,47	14,53	60,54
Total TTR	74,93					
<i>Loading Time</i>			264			
<i>Total Downtime</i>				74,93		
<i>Total Operation Time</i>					189,07	
<i>Total Availability Rate</i>						71,62

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Hasil perhitungan untuk *availability rate* dari data *downtime* komponen *servo* setelah penerapan interval perawatan optimal mulai Bulan Januari 2016 sampai Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.27**. Pada perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan nilai *availability rate* untuk komponen *servo* selama satu tahun adalah 93,75%. Terjadi peningkatan *availability rate* sebesar 21,92% jika dibandingkan dengan *availability rate* sebelum penerapan waktu interval perawatan optimal. Perhitungan *availability rate* untuk komponen *heater* dilakukan dengan cara yang sama.



**Tabel 4.27** Hasil Perhitungan *Availability Rate* Komponen *Servo* Setelah Interval Perawatan Optimal

Tanggal	TTR (jam)	TM (jam)	Loading Time (jam)	Down time (jam)	Operation Time (jam)	Availability Rate (%)
31-Jan-16	1,5		24	1,5	22,5	93,75
23-Feb-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
14-Mar-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
6-Apr-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
30-Apr-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
23-May-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
15-Jun-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
8-Jul-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
1-Aug-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
24-Aug-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
16-Sep-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
9-Oct-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
2-Nov-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
25-Nov-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
18-Dec-16	1,5	562,18	24	1,5	22,5	93,75
Total TTR	22,5					
Loading Time			360			
Total Downtime				22,5		
Total Operation Time					337,5	
Total Availability Rate						93,75

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Hasil perhitungan untuk *availability rate* dari data *downtime* komponen *heater* setelah penerapan interval perawatan optimal mulai Bulan Januari 2016 sampai Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.28**. Pada perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan nilai *availability rate* untuk komponen *heater* selama satu tahun adalah 97,92%. Terjadi peningkatan *availability rate* sebesar 25,15% jika dibandingkan dengan *availability rate* sebelum penerapan waktu interval perawatan

optimal. Perhitungan *availability rate* untuk komponen *gripper* dilakukan dengan cara yang sama.

**Tabel 4.28** Hasil Perhitungan *Availability Rate* Komponen *Heater* Setelah Interval Perawatan Optimal

Tanggal	TTR (jam)	TM (jam)	Loading Time (jam)	Down time (jam)	Operation Time (jam)	Availability Rate (%)
1-Feb-16	0,5		24	0,5	23,5	97.92
18-Feb-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
6-Mar-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
23-Mar-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
9-Apr-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
26-Apr-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
13-May-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
30-May-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
16-Jun-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
3-Jul-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
20-Jul-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
6-Aug-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
23-Aug-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
9-Sep-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
26-Sep-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
13-Oct-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
30-Oct-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
16-Nov-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
3-Dec-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
20-Dec-16	0,5	400,72	24	0,5	23,5	97.92
Total TTR	10					
<i>Loading Time</i>			480			
<i>Total Downtime</i>				10		
<i>Total Operation Time</i>					470	
<i>Total Availability Rate</i>						97,92

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

**Tabel 4.29** Hasil Perhitungan *Availability Rate* Komponen *Gripper* Setelah Interval Perawatan Optimal

<b>Tanggal</b>	<b>TTR (jam)</b>	<b>TM (jam)</b>	<b>Loading Time (jam)</b>	<b>Down time (jam)</b>	<b>Operation Time (jam)</b>	<b>Availability Rate (%)</b>
20-Feb-16	1,5		24	1,5	22,5	93,75
5-Mar-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
19-Mar-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
2-Apr-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
16-Apr-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
30-Apr-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
14-May-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
28-May-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
11-Jun-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
25-Jun-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
9-Jul-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
23-Jul-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
6-Aug-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
20-Aug-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
3-Sep-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
17-Sep-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
1-Oct-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
15-Oct-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
29-Oct-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
12-Nov-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
26-Nov-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
10-Dec-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
24-Dec-16	1,5	349,18	24	1,5	22,5	93,75
Total TTR	12					
<i>Loading Time</i>			192			
<i>Total Downtime</i>				12		
<i>Total Operation Time</i>					180	
<i>Total Availability Rate</i>						93,75

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Hasil perhitungan untuk *availability rate* dari data *downtime* komponen *gripper* setelah penerapan interval perawatan optimal mulai Bulan Januari 2016 sampai Desember 2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.29**. Pada perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan nilai *availability rate* untuk komponen *gripper* selama satu tahun adalah 93,75%. Terjadi peningkatan *availability rate* sebesar 22,13% jika dibandingkan dengan *availability rate* sebelum penerapan waktu interval perawatan optimal.

Perbandingan *availability rate* sebelum dan setelah penerapan interval perawatan dapat dilihat pada **Tabel 4.30**. Pada Tabel tersebut dapat dilihat perbandingan nilai *availability rate* yang diperoleh dari hasil perhitungan MTTF dan perhitungan TM. Nilai *availability rate* setelah diterapkan interval perawatan yang optimal meningkat dari sebelum diterapkannya interval perawatan optimal. Peningkatan *availability rate* pada komponen *servo* yaitu sebesar 21,92% komponen *heater* sebesar 25,15% dan komponen *gripper* sebesar 22,13%. Hal ini menunjukkan peluang masing-masing komponen dapat bekerja sesuai dengan fungsinya pada waktu tertentu yang berada pada kondisi normal akan meningkat jika perusahaan menerapkan interval perawatan optimal.

**Tabel 4.30** *Availability Rate* Sebelum dan Setelah Penerapan Interval Perawatan

	Servo		Heater		Gripper	
	MTTF	TM	MTTF	TM	MTTF	TM
Loading Time (jam)	312	360	288	480	264	552
<i>Downtime</i> (jam)	87.9	22.5	78.41	10	74.93	34.5
Operational Time (jam)	224.1	337.5	209.59	470	189.07	517.5
<i>Availability Rate</i> (%)	71.83	93.75	72.77	97.92	71.62	93.75
Peningkatan AR (%)	21.92		25.15		22.13	

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.9 Opportunity Cost

Biaya peluang merupakan penghasilan atau penghematan biaya yang dikorbankan karena dipilihnya satu alternatif tertentu, sehingga penghasilan atau penghematan biaya tersebut perlu diperhitungkan sebagai biaya pada alternatif tertentu. Menurut Hariawan (2014), ketika seseorang dihadapkan pada beberapa alternatif pilihan dan harus memilih salah satu di antaranya, maka alternatif yang tidak dipilih yang menjadi biaya peluang. Nilai *opportunity cost* dapat diketahui dengan melihat nilai *total cost* sebelum dan sesudah penerapan interval perawatan optimal pada **Tabel 4.31**. Berikut merupakan hasil dari perhitungan *opportunity cost* pada setiap komponen.

**Tabel 4.31** Opportunity Cost dari Availability Rate MTTF dan TM

	Servo		Heater		Gripper	
	MTTF	TM	MTTF	TM	MTTF	TM
Availability Rate (%)	71,83	93,75	72,77	97,92	71,62	93,75
TC(Rp)	50.205. 185.35	10.704. 136,93	44.170. 847,17	2.620. 232,05	39.165. 110,65	9.430. 000,02
Peningkatan AR (%)	21.92		25.15		22.13	

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Pada **Tabel 4.31** dapat dilihat total biaya perawatan yang dikeluarkan setelah diterapkan interval perawatan mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini berarti jika interval perawatan optimal diterapkan oleh perusahaan, akan menghasilkan biaya yang lebih kecil dibanding sebelum penerapan interval perawatan. Hasil nilai *availability rate* juga meningkat dari masing-masing komponen yang nantinya dapat berdampak pada produktivitas perusahaan. Dengan dipilihnya alternatif penerapan interval perawatan optimal, didapatkan penghematan biaya Rp. 39.501.048,43 untuk komponen *servo*, Rp. 41.550.615,12 untuk komponen *heater* dan Rp. 29.735.110,63 untuk komponen *gripper*.

#### 4.7 Rekomendasi Perbaikan

Setelah mengetahui kegagalan fungsi yang terjadi pada komponen dengan *downtime* tertinggi pada mesin *lepack hot filling*, langkah selanjutnya adalah dilakukan pembuatan RCM II *decision worksheet*. Tujuan pembuatan RCM II *decision worksheet* adalah untuk mengetahui jenis perawatan yang paling sesuai untuk komponen terkait. Pengisian RCM II *decision worksheet* dilakukan dengan cara mengisi seluruh kolom yang ada sesuai dengan RCM II *decision diagram* yang ada pada **Lampiran 1** berdasarkan wawancara dengan *supervisor*. RCM II *decision worksheet* untuk mesin *lepack hot filling* dapat dilihat pada **Tabel 4.32**.

Dari lembar RCM II pada baris pertama kolom F tertulis 1 yang berarti, fungsi dari komponen *servo* adalah mendorong atau memompa kecap dari *bowl* (penampung kecap) hingga sampai pada *filler tube* untuk proses *filling*. Baris kedua tertulis 2 yang berarti fungsi dari komponen *heater* adalah memanaskan *seal press* untuk menutup kemasan *pouch*. Baris ketiga tertulis 3 yang berarti komponen *grripper* berfungsi sebagai menjepit kemasan yang telah dipindahkan dari *bag transfer* agar produk tidak jatuh saat proses *filling* dan *sealing*. Kemudian pada baris pertama, kedua dan ketiga kolom FF tertulis A yang berarti *function failure* yang dialami oleh *function 1* pada masing-masing komponen sesuai dengan fungsinya yaitu gagal menyalurkan/memompa kecap, gagal memanaskan *seal press* dan gagal menjepit kemasan *pouch* kecap untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya. Apabila *function 1* mengalami kegagalan fungsi (*function failure*) lainnya maka akan ditulis B pada baris kolom FF, dengan terlebih dahulu memberikan uraian jenis kegagalan tersebut pada kolom *function failure*. Pada baris pertama kolom FM tertulis angka 1 yang berarti *function 1* dan *function failure A* disebabkan oleh *failure mode 1* yaitu pada komponen *servo piston* yang berada dalam *servo error* dengan kondisi yang sudah seharusnya diganti, pada komponen *heater* sambungan mengalami eror sehingga panas yang dihantarkan pada *seal press* tidak stabil dan pada komponen *grripper pier* pada *grripper* sering putus. Apabila *function 1* dan *function failure A*

disebabkan oleh *function mode* lainnya, maka pada kolom FM akan diberi angka 2 dengan terlebih dahulu memberikan uraian pada kolom *failure mode*. Pada penelitian ini setiap *function* memiliki masing-masing 1 *function failure* dan 1 *failure mode*.

Pada **Tabel 4.33** dapat dilihat jenis tindakan perawatan yang sesuai dilakukan untuk ketiga komponen adalah *scheduled on-condition task* yaitu kegiatan perawatan yang dijadwalkan untuk mendeteksi potensi kegagalan Tindakan ini terdiri dari (Mobley dkk, 2008):

1. *Conditioning monitoring techniques*, yang melibatkan penggunaan peralatan khusus untuk melakukan *monitoring* terhadap kondisi peralatan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara memasang alat pendeteksi vibrasi pada mesin dan komponen untuk mengetahui kinerja mesin.
2. *Statistical process control*, yaitu teknik pencegahan yang didasarkan atas variasi kualitas produk yang dihasilkan. Hal ini dapat dilakukan dengan pengambilan sampel pada produknya setiap 1 jam sekali dengan melihat jenis kegagalan produk yang dihasilkan karena komponen kritis terkait.
3. *Primary effect monitoring techniques*, yang melibatkan peralatan seperti *gauge* yang ada dan peralatan untuk inspeksi *monitoring*. Hal ini hampir sama dengan *conditioning monitoring techniques* namun untuk *Primary effect monitoring techniques* dilakukan secara langsung oleh teknisi dengan bantuan alat-alat khusus pada *gear box* yang tersedia.
4. Teknik inspeksi berdasarkan *human sense* dan *predictive* yang dapat dilakukan dengan identifikasi adanya penurunan kinerja mesin dan komponen yang ciri-cirinya dapat diketahui secara langsung oleh operator maupun teknisi seperti suara dari mesin yang menjadi lebih keras, adanya bau terbakar yang disebabkan konslet pada sambungan kabel heater dan sebagainya.

Kegiatan *preventive* untuk komponen *servo*, *heater* dan *gripper* dapat dilakukan dengan pemeriksaan atau inspeksi kegagalan. Interval perawatan yang optimal berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan yaitu untuk komponen *servo* adalah

562,18 jam atau 23 hari mesin beroperasi, untuk komponen *heater* adalah 400,72 jam atau 17 hari mesin beroperasi, dan untuk komponen *gripper* adalah 349,18 jam atau 14 hari mesin beroperasi. Ketiga komponen kritis dapat dideteksi kegagalannya dan dapat diketahui oleh operator, sehingga potensi adanya *hidden failure* sangat kecil.



**Tabel 4.32** RCM II *Decision Worksheet*

RCM II DECISION WORKSHEET			SYSTEM				System: <i>Filling</i>				Facilitato: Agus Prastowo			Date: 2/6/2017	Sheet: 1
			SUB-SYSTEM				Sub-system: <i>Leepack hot filling</i>				Auditor: Aqil Imanullah R			Date: 5/6/2017	Of 1
Information reference			Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default action			Proposed task	Initial interval	Can be done by
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S 4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	Y	N	N	Y	Y	-	-	-	-	-	<i>Scheduled on-condition task</i> dengan melakukan pemeriksaan kegagalan potensial pada komponen <i>servo</i>	562,18 jam	<i>Engineer</i>
2	A	1	Y	Y	-	-	Y	-	-	-	-	-	<i>Scheduled on-condition task</i> dengan melakukan pemeriksaan kegagalan potensial pada komponen <i>heater</i>	400,72 jam	<i>Engineer</i>
3	A	1	Y	N	N	Y	Y	-	-	-	-	-	<i>Scheduled on-condition task</i> dengan melakukan pemeriksaan kegagalan potensial pada komponen <i>gripper</i>	349,18 jam	<i>Engineer</i>

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Keterangan:

F = *Function*

FF = *Function Failure*

FM = *Failure Mode*

H/H1/H2/H3 = *Hidden failure consequences*

S/S1/S2/S3 = *Safety consequences*

E = *Enviromental consequences*

O/O1/O2/O3 = *Operational consequences*

N1/N2/N3 = *Non-operational consequences*

**Tabel 4.33** Kegiatan Perawatan dan Interval Perawatan Optimal

<b>Mesin</b>	<b>Nama Komponen</b>	<b>Kegiatan Perawatan</b>	<b>Interval Perawatan (jam)</b>	<b>Can Be Done By</b>
<i>Leepack hot filling</i>	<i>Servo</i>	<i>Scheduled on-condition Task</i>	562,18 jam	<i>Engineer</i>
	<i>Heater</i>	<i>Scheduled on-condition Task</i>	400,72 jam	<i>Engineer</i>
	<i>Gripper</i>	<i>Scheduled on-condition Task</i>	349,18 jam	<i>Engineer</i>

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian