



TUGAS AKHIR – TI 184833

**PERANCANGAN KEBIJAKAN PERAWATAN MENGGUNAKAN
METODE RCM II UNTUK MENINGKATKAN NILAI *OVERALL
EQUIPMENT EFFECTIVENESS* MESIN *FILLING R-24 A* (STUDI
KASUS PT. X)**

INDRIYANI RACHMAYANTI
NRP. 02411640000213

Dosen Pembimbing :
Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng
NIP. 197705232000031002

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR – TI 184833

**PERANCANGAN KEBIJAKAN PERAWATAN MENGGUNAKAN
METODE RCM II UNTUK MENINGKATKAN NILAI *OVERALL
EQUIPMENT EFFECTIVENESS* MESIN *FILLING R-24 A* (STUDI KASUS
PT. X)**

INDRIYANI RACHMAYANTI

NRP. 02411640000213

DOSEN PEMBIMBING :

Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

NIP. 197705232000031002

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN KEBIJAKAN PERAWATAN
MENGUNAKAN METODE RCM II UNTUK
MENINGKATKAN NILAI *OVERALL EQUIPMENT*
EFFECTIVENESS MESIN *FILLING R-24 A*
(STUDI KASUS PT. X)**

TUGAS AKHIR

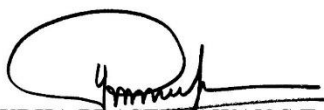
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik dan
Sistem Industri
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Penulis:

INDRIYANI RACHMAYANTI

NRP.02411640000213

Mengetahui dan menyetujui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



YUDHA PRASETYAWAN S.T., M.Eng

NIP. 197705232000031002

SURABAYA, AGUSTUS 2020



(Halaman Sengaja Dikosongkan)

Perancangan Kebijakan Perawatan Menggunakan Metode RCM

II untuk Meningkatkan Nilai *Overall Equipment Effectiveness*

Mesin *Filling R-24 A* (Studi Kasus PT. X)

Nama Mahasiswa : Indriyani Rachmayanti
NRP : 02411640000213
Pembimbing : Yudha Prasetyawan, S.T., M. Eng

Abstrak

PT X merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi kosmetik lokal. Salah satu mesin yang digunakan dalam proses produksi kosmetik adalah mesin *filling R-24 A* yang digunakan untuk mengisi cairan ke dalam botol-botol kosmetik pada unit produksi cairan kental berupa *milk cleanser*. Mesin ini sering mengalami kerusakan pada komponen penyusunnya sehingga produktivitas perusahaan terganggu. Hal ini dibuktikan dari target tahunan yang sering tidak tercapai akibat tingginya *downtime*. Penelitian ini membahas mengenai penjadwalan *maintenance* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. Penggunaan RCM II *information worksheet* dilakukan untuk melakukan *failure mode and effect analysis* (FMEA) dari setiap kegagalan. Selain itu, penggunaan RCM II *Decision worksheet* juga digunakan untuk menentukan kegiatan pemeliharaan yang tepat. Kemudian dilakukan perhitungan interval perawatan sebagai dasar pembuatan kalender penjadwalan *maintenance*. Hasil dari analisis menggunakan RCM II adalah terdapat 5 komponen dengan kegiatan perawatan *scheduled on condition*, 2 komponen dengan kegiatan perawatan *scheduled restoration task*, 2 komponen menggunakan perawatan *scheduled on discard task* dan 1 komponen dengan kegiatan *no scheduled maintenance*. Estimasi peningkatan nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada mesin *filling R-24 A* adalah sebesar 7,44% dan efisiensi biaya sebesar 16,63% atau setara dengan Rp. 33.308.442.

Kata Kunci: *Reliability Centered Maintenance II*, interval perawatan, OEE, FMEA

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

Perancangan Kebijakan Perawatan Menggunakan Metode RCM

II untuk Meningkatkan Nilai *Overall Equipment Effectiveness*

Mesin *Filling* R-24 A (Studi Kasus PT. X)

Nama Mahasiswa : Indriyani Rachmayanti
NRP : 02411640000213
Pembimbing : Yudha Prasetyawan, S.T., M. Eng

Abstract

PT X is a company that manufactures local cosmetics. One of the machines used in the cosmetics production process is the R-24 A filling machine which is used to fill liquids into cosmetic bottles in the thick liquid production unit in the form of milk cleanser. This machine is often damaged in its components so that the company's productivity is disrupted. This is evidenced from the annual targets that are often not achieved due to high downtime. This study discusses maintenance scheduling using the Reliability Centered Maintenance (RCM) II method. The use of RCM II information worksheet is carried out to conduct failure mode and effect analysis (FMEA) for each failure. In addition, the use of the RCM II Decision worksheet is also used to determine appropriate maintenance activities. Then do the maintenance interval calculation as a basis for making a maintenance scheduling calendar. The results of the analysis using RCM II are 5 components with scheduled on condition maintenance activities, 2 components with scheduled restoration task maintenance activities, 2 components using scheduled on discard task maintenance and 1 component with no scheduled maintenance activities. The estimated increase in the Overall Equipment Effectiveness value on the R-24 A filling machine is 7.44% and the cost efficiency is 16.63% or equivalent to Rp. 33.308.442.

Key Words: *Reliability Centered Maintenance II, Maintenance Interval, OEE, FMEA*

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir penulis yang berjudul “Perancangan Kebijakan Perawatan Menggunakan Metode RCM II untuk Meningkatkan Nilai *Overall Equipment Effectiveness* Mesin *Filling R-24 A* (Studi Kasus PT. X)” dengan baik dan tepat waktu dalam keadaan sehat tanpa kurang suatu apapun.

Penulisan laporan ini ditujukan sebagai syarat dalam menyelesaikan studi Strata-1 (S-1) di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Adapun pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yaitu

1. Bapak Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dalam membangun diskusi, memberi saran serta masukan yang membangun, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Sonny Karsono dan Ibu Aspiyanti yang selalu mendoakan, memfasilitasi dan memberi dukungan serta motivasi tiada henti
3. Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, Msc(Eng), Bapak Dody Hartanto, S.T., M.T dan Ibu Dewanti Anggrahini, S.T., M.T selaku dosen penguji seminar proposal dan Tugas Akhir.
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Industri ITS yang telah mendidik dan mengajarkan berbagai ilmu kepada penulis
5. Hamzah Abdullah Mubarak sebagai pasangan yang selalu membantu dan memberi dukungan serta menjadi teman diskusi.
6. Kedua adik penulis, Annisa Mellania dan Jihan Nadhifah yang selalu menemani saat mengerjakan tugas akhir.
7. Sahabat-sahabat penulis, Amelia Isnje Bahria, Rahmadilah Wahyuningtyas,

Maria Ulfa Permatasari, Salsa Shauma Jadida, Latifah Salsabila dan Shafa Amelia Rahma Putri dan Halila Titin yang selalu memberi semangat dan motivasi.

8. Teman-teman Adhigana yang banyak membantu penulis selama belajar di Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis menyadari bahwa pada penulisan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap berbagai kritik dan saran

Surabaya, Agustus 2020

Indriyani Rachmayanti

Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN	i
Abstrak	iii
Abstract	v
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Pengertian Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	9
2.1.1 Tujuan Perawatan.....	9
2.2 Teori Keandalan	10
2.2.1 Jenis-Jenis Perawatan.....	10
2.2.2 Fungsi Keandalan.....	11
2.2.3 Laju Kegagalan	12
2.2.4 <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF)	13
2.2.5 Distribusi Kegagalan.....	13

2.2.6 Keandalan dengan <i>Preventive Maintenance</i>	16
2.3 Konsep <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	17
2.3.1 Dasar kegiatan RCM.....	17
2.3.2 Langkah-langkah melakukan RCM.....	18
2.3.3 Failure Mode and <i>Effect Analysis</i> (FMEA)	18
2.3.4 RCM II <i>Decision Diagram</i>	21
2.3.5 RCM II <i>Decision Worksheet</i>	23
2.4 Interval Waktu Perawatan.....	28
2.4.1 Interval Perawatan <i>On-Condition Task</i>	28
2.4.2 Interval Perawatan <i>Scheduled Restoration Task</i>	28
2.4.3 Interval Perawatan <i>Scheduled Discard Task</i>	29
2.4.4 Interval Perawatan <i>Finding Failure</i>	30
2.5 OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)	30
2.6 Penelitian Terdahulu.....	32
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Tahap Awal.....	36
3.2 Pengumpulan Data.....	37
3.3 Pengolahan Data	37
3.3.1 Perhitungan Nilai OEE kondisi Eksisting.....	37
3.3.2 Pengolahan data Dengan RCM II.....	37
3.4 Analisis dan Interpretasi Data.....	38
3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran	38
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	39
4.1 Gambaran Umum Mesin.....	39
4.2 Penentuan Komponen Kritis.....	40
4.3 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Kondisi Eksisting	

.....	42
4.3.1 Pengukuran <i>Availability</i>	42
4.3.2 Pengukuran <i>Performance Rate</i>	44
4.3.3 Pengukuran <i>Quality Rate</i>	45
4.3.4 Pengukuran Nilai OEE	46
4.4 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM) II Information Worksheet</i>	46
4.5 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM) II Decision Worksheet</i>	53
4.6 <i>Functional Block Diagram</i>	56
4.7 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Komponen.....	58
4.7.1 Fitting Distribusi <i>Time To Failure</i> Komponen	59
4.7.2 Perhitungan <i>Mean Time to Failure (MTTF)</i>	62
4.8 Perhitungan <i>Time to Repair</i> Komponen.....	64
4.8.1 Fitting Distribusi <i>Time to Repair</i> Komponen.....	64
4.8.2 Perhitungan <i>Mean Time To Repair</i>	67
4.9 <i>Reliability Block Diagram</i>	69
4.10 Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan	71
4.10.1 Interval Pemeliharaan <i>Scheduled On-Condition Task</i>	71
4.10.2 Interval Pemeliharaan <i>Scheduled Restoration Task</i>	72
4.10.3 Interval Pemeliharaan <i>Scheduled On-Discard Task</i>	74
4.11 Perhitungan Biaya	76
4.11.1 Biaya Perawatan Komponen	77
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA	83
5.1 Analisis Nilai <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	83
5.1.1 Parameter <i>Availability Rate</i>	84
5.1.2 Parameter <i>Performance Rate</i>	85
5.1.3 Parameter <i>Quality Rate</i>	86

5.2 Analisis Keterkaitan Antar Komponen.....	87
5.3 Analisis RCM II <i>Information Worksheet</i>	88
5.4 Analisis RCM II <i>Decision Worksheet</i>	88
5.4.1 <i>Scheduled On-Condition Task</i>	88
5.4.2 <i>Scheduled Restoration Task</i>	90
5.4.3 <i>Scheduled on Discard Task</i>	90
5.5 Analisis Perhitungan MTTF	91
5.6 Analisis Perhitungan MTTR.....	91
5.7 Analisis Interval Waktu dan Kalender Perawatan	92
5.8 Analisis Biaya Perawatan	93
5.9 Estimasi Peningkatan Nilai OEE	94
BAB 6 Kesimpulan dan Saran.....	97
6.1 Kesimpulan.....	97
6.2 Saran	98
Daftar Pustaka.....	99
Lampiran 1.....	xvii
Lampiran 2.....	xxi
Lampiran 3.....	xxiii
Lampiran 4.....	xxv
Lampiran 5.....	xxvii
Lampiran 6.....	xxx
Lampiran 7.....	xxxii
Biografi Penulis	xxxiv

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Market Share Pada Merk Kosmetik (<i>Top Brand Award</i> ,2019).....	1
Gambar 1.2 Jumlah Kerusakan Pada Mesin <i>Filling</i> (Data Internal PT X)	3
Gambar 1.3 Perbandingan Target dan Realisasi Produksi Periode 2017-2019 (Data Internal PT X)	3
Gambar 2.1 Klasifikasi Jenis Perawatan (Suzuki, 1992)	10
Gambar 2.2 <i>Bathtub Curve</i> (Dhillon,2006).....	12
Gambar 2.3 RCM <i>Decision Diagram</i>	22
Gambar 2.4 P-F Interval (Moubray, 1997)	28
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	35
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian (Lanjutan).....	36
Gambar 4.1 Layout Mesin <i>Filling</i> R-24 A dan Batasan Sistem	40
Gambar 4.2 <i>Functional Block Diagram</i> Mesin <i>Filling</i> R- 24 A.....	57
Gambar 4.3 <i>Fitting</i> Distribusi <i>Time to Failure</i> Komponen Motor	60
Gambar 4.4 Parameter Distribusi <i>Time to Failure</i>	61
Gambar 4.5 <i>Fitting</i> Distribusi <i>Time to Repair</i> Komponen	65
Gambar 4.6 Parameter Distribusi <i>Time to Repair</i> Komponen	66
Gambar 4.7 <i>Reliability Block Diagram</i> Mesin <i>Filling</i> R-24 A.....	70
Gambar 5.1 Perbandingan Nilai OEE Eksisting dan <i>World Class Standard</i>	83
Gambar 5.2 Perbandingan Nilai Availability Eksisting dan <i>World Class Standard</i>	84
Gambar 5.3 Perbandingan Nilai <i>Performance</i> Eksisting dan <i>World Class Standard</i>	85
Gambar 5.4 Perbandingan Nilai <i>Quality</i> Eksisting dan <i>World Class Standard</i>	86

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Tabel Distribusi Parameter β	14
Tabel 2.2 RCM II <i>Information Worksheet</i>	19
Tabel 2.3 Nilai Kriteria <i>Severity</i> , <i>Occurrence</i> dan <i>Detection</i>	20
Tabel 2.4 RCM II <i>Decision Worksheet</i>	24
Tabel 2.5 Kriteria Konsekuensi Kegagalan	25
Tabel 2.6 Kriteria <i>Proactive Task</i> dan <i>Default Action</i>	26
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu	33
Tabel 4.1 Spesifikasi Mesin <i>Filling R-24 A</i>	39
Tabel 4.2 Pemilihan Komponen Kritis Berdasar Kriteria Perusahaan.....	41
Tabel 4.3 Rekapitulasi <i>Availability Rate</i> Mesin <i>Filling</i> Periode 2017.....	43
Tabel 4.4 Rekapitulasi <i>Performance Rate</i> Mesin <i>Filling</i> Periode 2017	44
Tabel 4.5 Rekapitulasi <i>Quality Rate</i> Mesin <i>Filling</i> Periode 2017	45
Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai OEE Tahun 2017	46
Tabel 4.7 Rekapitulasi komponen kritis dan fungsinya	47
Tabel 4.8 Rekapitulasi RCM II <i>Information Worksheet</i> Mesin <i>Filling R-24 A</i> ...	49
Tabel 4.9 Risk Priority Number (RPN) Setiap <i>Failure Mode</i>	51
Tabel 4.10 Rekapitulasi RCM II <i>Decision Worksheet</i> Mesin <i>Filling R-24A</i>	54
Tabel 4.11 Rekapitulasi Data <i>Time to Failure</i> Komponen	59
Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Uji Distribusi dan Nilai Parameter Komponen.....	61
Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai MTTF Komponen	63
Tabel 4.14 Rekapitulasi Data <i>Time to Repair</i> Komponen	64
Tabel 4.15 Rekapitulasi Hasil Uji Distribusi dan Nilai Parameter Komponen.....	66
Tabel 4.16 Rekapitulasi Nilai MTTR Komponen.....	68
Tabel 4.17 Rekapitulasi Nilai Keandalan Komponen.....	69
Tabel 4.18 Rekapitulasi Interval Perawatan <i>Scheduled On Condition Task</i>	72
Tabel 4.19 Nilai Parameter Komponen <i>Cap Pressure</i>	72
Tabel 4.20 Simulasi <i>Scheduled Restoration Task Cap Presser</i>	73
Tabel 4.21 Rekapitulasi Interval Perawatan <i>Scheduled Restoration Task</i>	74
Tabel 4.22 Rekapitulasi Nilai Parameter Distribusi <i>Pneumatic Hose</i>	76

Tabel 4.23 Rekapitulasi Interval Perawatan <i>Scheduled On Discard Task</i>	76
Tabel 4.24 Rekapitulasi Waktu Perawatan Kondisi Eksisting dan Rekomendasi. 77	
Tabel 4.25 Rekapitulasi Nilai CR, CW dan CF Kondisi Eksisting.....	79
Tabel 4.26 Rekapitulasi Nilai CR, CW dan CF Rekomendasi	79
Tabel 5.1 Rekapitulasi Interval Perawatan Komponen Mesin <i>Filling R-24 A</i>	92
Tabel 5.2 Estimasi Peningkatan Nilai <i>Availability</i> Setelah Perbaikan	94
Tabel 5.3 Estimasi Peningkatan <i>Performance Rate</i> Setelah Perbaikan.....	95
Tabel 5.4 Estimasi Peningkatan <i>Quality Rate</i> Setelah Perbaikan	95
Tabel 5.5 Estimasi Peningkatan Nilai OEE Setelah Perbaikan	95

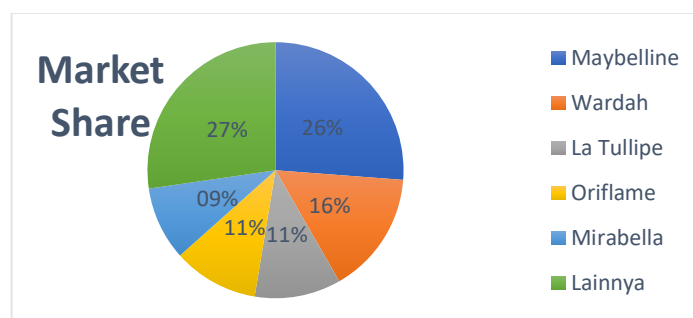
BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, permasalahan yang akan dibahas, tujuan dan manfaat serta ruang lingkup yang mencakup batasan dan asumsi dalam penelitian serta uraian mengenai sistematika penulisan dalam pengerjaan tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Dunia kecantikan merupakan salah satu hal yang menjadi perhatian banyak perempuan di Indonesia. Menurut BPS (2017), Proyeksi jumlah perempuan usia produktif dengan range usia 15-49 tahun di Indonesia pada tahun 2019 adalah sebesar 69,4 juta penduduk. Bila diasumsikan bahwa satu perempuan menggunakan setidaknya 1 produk kosmetik, maka jumlah kebutuhan kosmetik di Indonesia adalah sebesar 69,4 juta produk kosmetik. Tak heran apabila saat ini permintaan akan produk kosmetik mengalami peningkatan. Hal ini tentu saja ditunjang dengan pertumbuhan industri kosmetik yang cukup signifikan setiap tahunnya. Menurut Kemenperin (2019), pada tahun 2018 terjadi pertumbuhan industri kosmetik sebesar 7,6 %. Sedangkan pada tahun 2019 Kementerian Perindustrian memprediksi terjadi kenaikan hingga 9% dengan jumlah perusahaan sebesar 760 perusahaan per tahun 2017. Berdasarkan hal tersebut, Kementrian Perindustrian telah menjadikan industri kosmetik sebagai sektor andalan dalam Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015-2035.



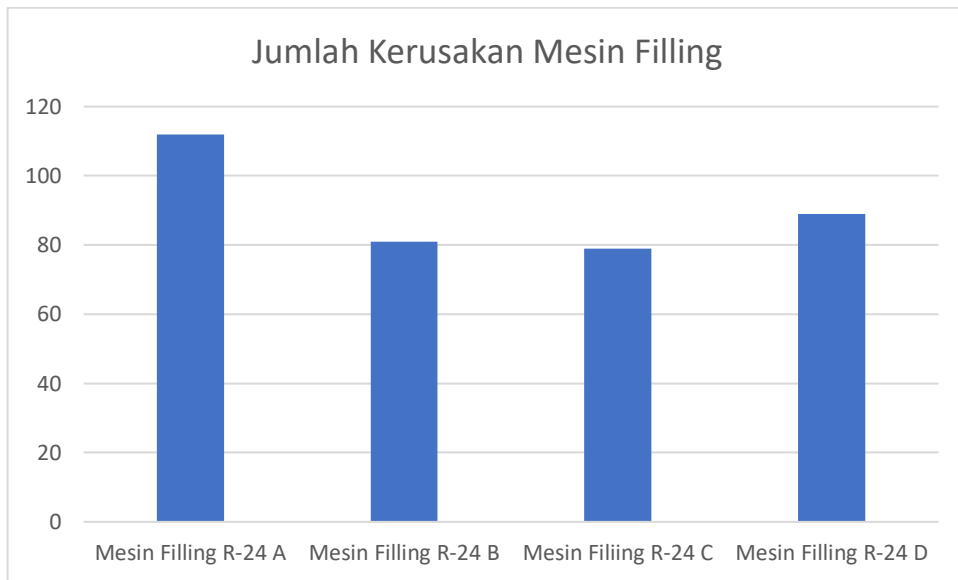
Gambar 1.1 Market Share Pada Merk Kosmetik (*Top Brand Award*,2019)

Data pada *top brand award* menunjukkan bahwa 2 dari 5 *top brand* kosmetik dikuasai oleh produk luar negeri yaitu Maybelline sebesar 26% dan Oriflame Sebesar 11%, sedangkan tiga produk lainnya adalah produk lokal.

Adanya persaingan dalam industri kosmetik tentu menjadi salah satu hal yang mendorong adanya keinginan setiap perusahaan untuk melakukan *improvement*. Berdasarkan fakta ini, perusahaan berlomba untuk dapat memberikan kinerja manufaktur terbaik dan melakukan peningkatan berkelanjutan dengan memaksimalkan efektivitas proses manufaktur yang dijalankan. Perusahaan mulai mencari beberapa teknik untuk meningkatkan keunggulan proses manufaktur dan meningkatkan kinerja secara keseluruhan. Hal ini akan membantu mengurangi biaya untuk mendapatkan lebih banyak keuntungan bagi perusahaan. Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan efektivitas proses manufaktur adalah memaksimalkan pemanfaatan peralatan.

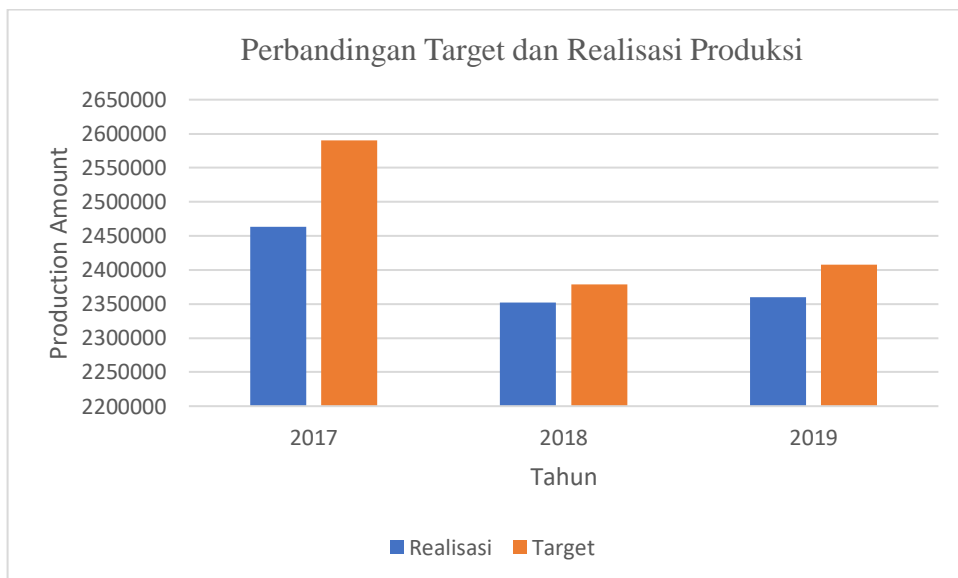
Perawatan merupakan salah satu investasi perusahaan yang bernilai tinggi dan sangat menentukan availibilitas mesin produksi. Fungsi dilakukannya perawatan adalah untuk memperpanjang umur atau *lifetime* dari mesin atau peralatan yang dimiliki serta mengoptimalkan availibiltas mesin sehingga mesin maupun peralatan yang dimiliki selalu dalam keadaan siap untuk digunakan dalam kondisi yang baik. (Ahyari, 2002)

PT X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri kosmetik dan merupakan produsen salah satu merek kosmetik lokal yang termasuk di dalam kategori lainnya pada *market share* berdasarkan *top brand award* 2019. Pada PT X terdapat mesin *filling* yang berfungsi untuk pengisian cairan ke dalam botol-botol kosmetik. Salah satu permasalahan yang terjadi di PT X adalah komponen mesin *filling* R-24 A yang berada pada unit produksi cairan dan digunakan untuk produksi cairan kental berupa *milk cleanser* sering mengalami kerusakan sehingga mengganggu kegiatan produksi. Hal ini dapat dilihat dari jumlah kerusakan yang terjadi pada mesin *filling* di PT X.



Gambar 1.2 Jumlah Kerusakan Pada Mesin *Filling* (Data Internal PT X)

Berdasarkan Gambar 1.2 diatas, Kerusakan terbanyak terjadi pada mesin *filling* R-24 A sebanyak 112 kerusakan selama periode waktu Januari 2017-Desember 2019.. Mesin yang mengalami *breakdown* akan menyebabkan produktivitas perusahaan terganggu karena bisa menyebabkan *downtime*. *Downtime* memberikan pengaruh penurunan jumlah *output*, meningkatkan biaya operasional dan mempengaruhi pelayanan terhadap pelanggan (Moubray, 1997).



Gambar 1.3 Perbandingan Target dan Realisasi Produksi Periode 2017-2019 (Data Internal PT X)

Berdasarkan Gambar 1.4 diatas menunjukkan adanya kesenjangan antara target produksi perusahaan dengan realisasi akibat adanya *downtime*. Berdasarkan hasil wawancara dengan kepala unit produksi, untuk dapat memenuhi target yang tidak tercapai perusahaan biasanya akan melaksanakan lembur. Hal ini tentunya merugikan perusahaan karena harus membayar upah lembur karyawan.

Selama ini kegiatan *maintenance* yang dilakukan pada PT X hanyalah dengan melakukan perawatan sebulan sekali seperti melakukan lubrikasi dan pengecekan secara umum pada semua mesin yang dimiliki, serta melakukan penggantian/perbaikan komponen apabila terjadi kerusakan (*corrective maintenance*). Namun, penjadwalan tersebut masih bersifat kondisional berdasarkan jenis kerusakan komponen dan subjektifitas bagian produksi. Perusahaan tidak memiliki data umur pakai komponen pada setiap mesin baik berdasar analisis perusahaan maupun berdasar data dari *vendor* penyedia komponen serta belum pernah melakukan pencatatan. Untuk itu perlu dilakukan analisis kinerja *maintenance* lebih lanjut untuk menentukan kebijakan *maintenance* yang efektif berdasarkan keandalan dan waktu antar kerusakan komponen untuk meningkatkan efektifitas mesin tersebut.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan kebijakan *maintenance*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan kebijakan perawatan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. RCM II adalah proses berkelanjutan yang dapat digunakan untuk menentukan kegiatan *maintenance* paling efektif untuk mendukung misi perusahaan. RCM menggunakan pendekatan sistematis dalam menentukan logika berbasis bukti historis dalam menentukan tugas pemeliharaan yang tepat. RCM II menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mempertahankan kegiatan perawatan yang tepat agar suatu aset fisik tetap berjalan sesuai fungsinya dengan tetap memperhatikan faktor keselamatan dan lingkungan (Moubray, 1997). RCM juga memberikan kerangka pengolahan data yang terstruktur dan terdokumentasi, berfokus pada fungsi dan mengoptimalkan kegiatan *maintenance* sesuai dengan kebutuhan sehingga mampu mengurangi biaya yang tidak diperlukan (Moore, 2002). Pada metode *Reliability Centered Maintenance* dilengkapi dengan RCM *decision diagram* yang dapat mengarahkan kepada jenis kegiatan *maintenance* yang

sesuai dengan konsekuensi dari setiap modus kegagalan. Sedangkan metode yang paling umum digunakan untuk menghitung efektivitas peralatan yaitu *overall equipment effectiveness* yang dapat menjelaskan efektivitas mesin berdasar 3 parameter yaitu *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate* (Moore, 2002).

Penelitian ini diharapkan mampu melakukan perhitungan terhadap efektivitas mesin *filling* R-24 A menggunakan *Overall Equipment Effectiveness*. Selain itu juga dapat memberikan rekomendasi kegiatan perawatan dan interval waktu perawatan yang efektif untuk komponen mesin *filling* R-24 A dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II*. Dengan demikian, nilai availibilitas dan efektivitas mesin *filling* R-24 A diharapkan akan mengalami peningkatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, maka masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah “Bagaimana melakukan perancangan interval waktu perawatan dan kegiatan *maintenance* yang efektif pada komponen kritis mesin *filling* R-24A guna mencegah atau meminimalisir *unplanned breakdown* dan meningkatkan efektivitas mesin”.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai efektivitas mesin *filling* R-24 A pada PT X.
2. Mendapatkan interval waktu yang optimal untuk *preventive maintenance* komponen kritis mesin *filling* R-24 A serta memberikan rekomendasi kegiatan *maintenance* yang efektif.
3. Mendapatkan potensi kenaikan nilai efektivitas mesin setelah adanya *recommended action* pada kegiatan *maintenance* PT X.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai nilai efektivitas mesin *filling* R-24 A bagi perusahaan

2. Memberikan rekomendasi aktivitas pemeliharaan dan interval waktu pemeliharaan yang efektif untuk meningkatkan performansi perusahaan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini terdiri dari batasan dan asumsi.

1.5.1 Batasan

Berikut ini merupakan batasan yang digunakan di dalam penelitian ini

1. Pengambilan data terbatas pada unit teknik dan unit produksi cairan PT X.
2. Data yang digunakan adalah data mesin dan produksi periode waktu Januari 2017- Desember 2019.
3. Data yang diambil adalah data kerusakan mesin *filling* R-24 A.
4. Penelitian yang dilakukan tidak sampai tahap implementasi

1.5.2 Asumsi

Berikut ini merupakan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini

1. Tidak terjadi perubahan kondisi yang signifikan pada saat pengambilan data.
2. Proses produksi berjalan dalam kondisi normal (tidak ada lembur)
3. Kegiatan *maintenance* yang direkomendasikan dapat meningkatkan keandalan komponen seperti semula.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian dapat diuraikan menjadi beberapa bab sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang permasalahan yang akan dibahas pada penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan untuk menjabarkan alur penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijabarkan mengenai literatur yang sesuai dengan permasalahan penelitian yaitu terkait *reliability centered maintenance* dan perhitungan efektifitas mesin menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* yang bertujuan untuk memberikan pemahaman terkait landasan teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan hasil akhir penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan saat melakukan penelitian yang terbagi menjadi tahap awal, tahap pengumpulan dan pengolahan data serta tahap analisis dan kesimpulan.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan ditampilkan data-data yang didapatkan selama penelitian baik data primer maupun data sekunder, serta dilakukan pengolahan data sesuai metode yang telah ditetapkan.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan sebelumnya. Dari analisis yang telah dibuat maka akan diberikan rekomendasi metode perbaikan.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan ditarik kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis penelitian dengan menjawab tujuan penelitian yang sebelumnya telah ditentukan. serta akan diberikan saran sebagai rekomendasi untuk penelitian di masa mendatang

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai literatur dan landasan teori dalam penelitian yang dijalankan.

2.1 Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Kegiatan perawatan merupakan salah satu bagian penting yang tak dapat dipisahkan dari suatu proses produksi agar kegiatan produksi dapat berjalan lancar. Ketepatan waktu dalam memenuhi permintaan konsumen tentunya akan berpengaruh pada kepuasan konsumen itu sendiri. Perawatan diartikan sebagai kegiatan untuk menjaga kualitas suatu mesin/peralatan agar bekerja dengan baik (Moubray, 1997). Selain itu, kegiatan perawatan merupakan suatu aktivitas dalam industri yang dilakukan guna mempertahankan ataupun menambah daya dukung mesin dalam suatu proses produksi (Heizer & Render, 2011).

Manajemen perawatan tentunya menjadi hal yang sangat penting untuk dilakukan perusahaan. Manajemen perawatan merupakan kegiatan pengorganisasian perawatan untuk memberikan gambaran umum terkait perawatan fasilitas produksi (Supandi, 1995). Adapun kegiatan perawatan yang perlu dilakukan antara lain:

- a. Melakukan kegiatan pengecekan (*Inspection*).
- b. Melakukan kegiatan pelumasan (*Lubricating*).
- c. Melakukan kegiatan perbaikan (*Reparation*).
- d. Melakukan kegiatan penggantian suku cadang (*Spare Part*).

2.1.1 Tujuan Perawatan

Kegiatan perawatan dilakukan dengan beberapa tujuan. Berikut ini merupakan tujuan dari kegiatan perawatan. (Assauri, 1980)

- a. Mampu memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b. Menghasilkan kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi standar produk dan kegiatan produksi tidak terganggu.

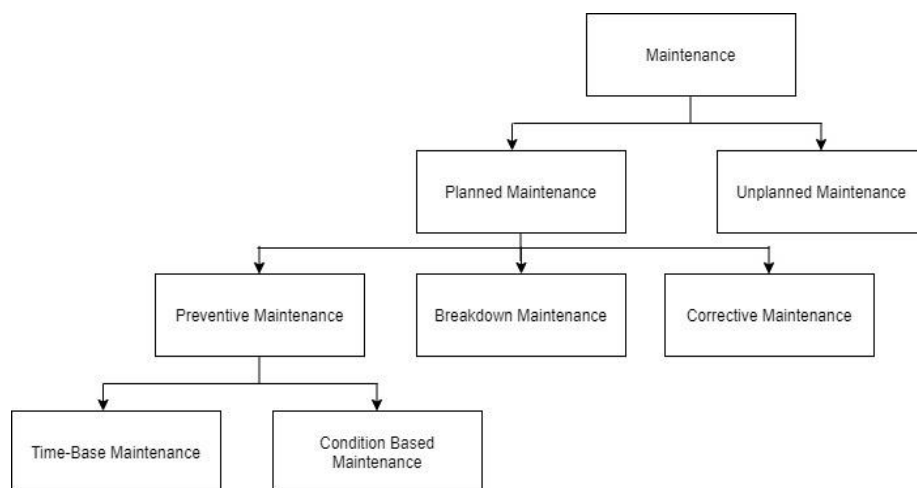
- c. Meminimalkan biaya perawatan serendah mungkin dengan melaksanakan kegiatan perawatan secara efektif dan efisien.
- d. Menghindari kegiatan perawatan yang dapat membahayakan keselamatan pekerja.
- e. Menjalin kerjasama dengan bagian lain dari suatu perusahaan, untuk mencapai tujuan perusahaan yaitu mencapai keuntungan sebaik mungkin dengan total biaya yang rendah.
- f. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas.

2.2 Teori Keandalan

Keandalan merupakan kemungkinan suatu sistem atau komponen dapat beroperasi dengan baik pada selang waktu tertentu dibawah kondisi operasi yang sudah ditetapkan (Ebeling, 1997).

2.2.1 Jenis-Jenis Perawatan

Perawatan dibagi menjadi *planned* dan *unplanned maintenance* (Suzuki, 1992). Jenis Perawatan diklasifikasi dengan menggunakan diagram sebagai berikut



Gambar 2.1 Klasifikasi Jenis Perawatan (Suzuki, 1992)

a. *Preventive Maintenance*

Kegiatan perawatan pencegahan atau yang biasa disebut *preventive maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan guna mencegah

terjadinya kerusakan pada peralatan/mesin. Pada kegiatan *preventive maintenance*, kegiatan yang dilakukan dapat dibagi berdasarkan dua hal, yaitu *time-based maintenance* dan *condition-based maintenance*.

- *Time Based Maintenance*

Kegiatan perawatan berbasis waktu atau *Time Based Maintenance* adalah jenis kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala berdasarkan pada interval waktu tertentu seperti kegiatan inspeksi, pelumasan, penggantian *sparepart* berkala, pembersihan ataupun kegiatan lainnya yang dilakukan untuk mencegah potensi terjadinya *failure*.

- *Condition Based Maintenance*

Merupakan kegiatan perawatan pencegahan yang didasarkan pada kondisi mesin/komponen yang diamati dan tidak berdasarkan interval waktu tertentu. Umumnya dilakukan apabila terdapat tanda-tanda kerusakan seperti adanya getaran yang tidak biasa, suara, bau, maupun indikator-indikator lainnya.

b. Breakdown Maintenance

Kegiatan *breakdown maintenance* umumnya dilakukan apabila terjadi kerusakan namun tidak mengganggu jalannya kegiatan operasional perusahaan. Umumnya dilakukan apabila penggantian lebih ekonomis dibandingkan dengan pemeliharaan.

- *Corrective Maintenance*

Kegiatan *maintenance* yang dilakukan dengan melakukan pemeliharaan dengan menghilangkan faktor-faktor yang menyebabkan *failure* seperti melakukan redesain agar peralatan berfungsi seperti awal digunakan. Umumnya dilakukan pada peralatan yang mengalami penurunan performansi.

2.2.2 Fungsi Keandalan

Fungsi keandalan berarti probabilitas suatu sistem atau komponen mampu menjalankan fungsinya dengan baik sesuai waktu yang diharapkan (Ebeling, 1997). Fungsi keandalan atau *reliability* dinotasikan dengan simbol $R(t)$. Adapun fungsi keandalan menurut Ebeling dirumuskan sebagai berikut:

$$R(t) = \Pr (T \geq t) \quad (2.1)$$

Keterangan:

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = *Cumulative Density Function*

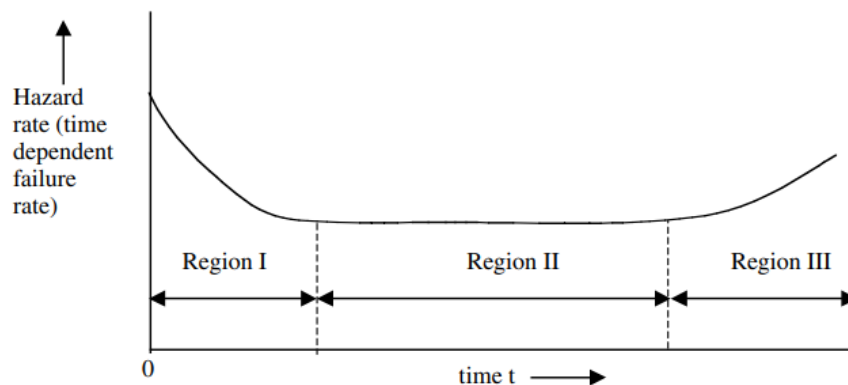
$f(t)$ = *Probability Density Function*

T = *Continues Random Variable* yang menyatakan *time to failure*

t = Waktu yang Ditetapkan

2.2.3 Laju Kegagalan

Laju kegagalan merupakan jumlah kegagalan per satuan waktu yang dilambangkan dengan $\lambda(t)$ (Dhillon, 2006). Laju kegagalan penting untuk diketahui sebagai dasar mengestimasi nilai *mean time to failure* atau *time between failure*. Pola laju kegagalan mesin biasanya mengikut pola *bathtub curve*.



Gambar 2.2 *Bathtub Curve* (Dhillon,2006)

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai daerah dalam *bathtub curve*

- Region I* merupakan fase *burn-in region*. Pada fase ini terjadi penurunan *failure rate* seiring dengan pengoperasian mesin. Kerusakan umumnya terjadi akibat ketidaksempurnaan perancangan awal, ataupun kesalahan pemasangan/perakitan di awal, serta operator yang belum terbiasa dengan mesin/peralatan baru.
- Region II* merupakan fase umur pakai atau *useful life*. Pada kondisi ini resiko kerusakan cenderung konstan dan sulit diketahui penyebabnya.

- c. Region III merupakan fase *wear out* dimana penggunaan melewati batas ekonomis mesin. Pada fase ini terjadi kenaikan laju kerusakan yang biasanya disebabkan oleh proses keausan peralatan

Laju kegagalan dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\lambda(t)$ = Laju Kegagalan / *Hazard Rate* per satuan waktu

2.2.4 Mean Time to Failure (MTTF)

Merupakan rata-rata waktu yang diperlukan komponen untuk mencapai kegagalan (Dhillon, 2006). MTTF dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) \quad (2.3)$$

Atau

$$MTTF = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (2.4)$$

2.2.5 Distribusi Kegagalan

Kegagalan suatu komponen umumnya mengikuti pola distribusi tertentu. Berikut ini merupakan jenis distribusi kegagalan yang paling sering digunakan dalam teori keandalan. (Ebeling, 1997).

- Distribusi Weibull

Merupakan distribusi yang dikenal dengan adanya dua jenis parameter yaitu *scale parameter* (θ) dan *shape parameter* (β). Distribusi ini sangat umum digunakan pada hampir semua jenis kegagalan peralatan. Adapun rumus yang digunakan dalam distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}} \quad (2.5)$$

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2.6)$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1}, \quad \theta > 0, \beta > 0, t \geq 0 \quad (2.7)$$

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.8)$$

Keterangan:

Γ = Nilai Gamma

β = Nilai Parameter Beta / *Shape Parameter*

θ = Nilai Parameter Teta / *Scale Parameter*

e = Bilangan Natural

Nilai β sangat berpengaruh terhadap nilai distribusi *Weibull*. Berikut ini merupakan nilai distribusi tabel yang menunjukkan pengaruh nilai β terhadap distribusi Weibull

Tabel 2.1 Tabel Distribusi Parameter β

Nilai	Sifat distribusi
$0 < \beta < 1$	<i>Decreasing Failure Rate (DFR)</i>
$\beta = 1$	<i>Constant Failure Rate (CFR), exponential distribution</i>
$1 < \beta < 2$	<i>Increase Failure Rate (IFR), concave</i>
$\beta = 2$	<i>Rayleigh Distribution, LFR</i>
$\beta > 2$	<i>Decreasing Failure Rate, convex</i>
$3 \leq \beta \leq 4$	<i>IFR, Approaches Normal Distribution, Symmetrical</i>

Sumber: Ebeling (1997)

- Distribusi Normal

Merupakan distribusi yang memiliki nilai simetris terhadap nilai tengah (μ) dan standar deviasi (σ). Disebut juga dengan distribusi Gaussian. Kurva fungsi kepadatan berbentuk lonceng. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan pada

distribusi normal

$$R(t) = 1 - \phi \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right) \quad (2.9)$$

$$F(t) = \phi \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right) \quad (2.10)$$

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(t - \mu)^2}{\sigma^2} \right], \quad -\infty < t < \infty \quad (2.11)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.12)$$

$$MTTF = \mu \quad (2.13)$$

Keterangan:

μ = Nilai Tengah

σ = Standar Deviasi

π = Nilai phi (3,14)

- Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal terdapat 2 parameter yaitu parameter s yang merupakan parameter bentuk dan t_{med} yang merupakan parameter lokasi. Distribusi ini untuk t yang bernilai positif. Pada banyak kasus distribusi lognormal juga sesuai dengan distribusi Weibull. Berikut ini rumus distribusi lognormal

$$R(t) = 1 - \phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \quad (2.14)$$

$$F(t) = \phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \quad (2.15)$$

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}st} \exp \left[-\frac{1}{2s^2} \left(\ln \frac{t}{t_{med}} \right)^2 \right] \quad t \geq 0 \quad (2.16)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.17)$$

$$MTTF = t_{med} \exp \left(\frac{s^2}{2} \right) \quad (2.18)$$

- Distribusi Eksponensial

Distribusi ini menunjukkan nilai laju kegagalan yang bersifat konstan. Berikut ini rumus yang digunakan dalam distribusi eksponensial

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.19)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.20)$$

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.21)$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.22)$$

2.2.6 Keandalan dengan *Preventive Maintenance*

Pada sebagian besar sistem yang kompleks, peningkatan keandalan dapat dicapai dengan melakukan *preventive maintenance*. Dengan mengasumsikan bahwa sistem akan kembali ke kondisi semula setelah adanya *preventive maintenance*, maka rumus yang digunakan untuk menghitung keandalan dengan *preventive maintenance* adalah sebagai berikut

$$R_m(t) = R(t), \quad \text{for } 0 \leq t \leq T \quad (2.23)$$

$$R_m(t) = R(T)R(t - T), \quad \text{for } T \leq t < 2T \quad (2.24)$$

Keterangan:

$R(t)$ = Keandalan tanpa *maintenance*

T = Interval waktu antar *preventive maintenance*

$R_m(t)$ = Keandalan sistem dengan *preventive maintenance*

t = Waktu

$R(T)$ = Peluang keandalan hingga *preventive maintenance* pertama

$R(t - T)$ = Peluang keandalan pada interval waktu $t - T$ setelah sistem kembali pada kondisi awal

Atau secara umum dapat digambarkan dengan persamaan

$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT), \quad nT \leq t \leq (n + 1)T \quad (2.25)$$

Di mana

n = Jumlah Perawatan

$R(T)^n$ = Peluang keandalan sampai dengan *preventive maintenance* ke n

$R(t - nT)$ = Peluang keandalan pada saat $t - nT$ yang telah ditentukan di awal

2.3 Konsep *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Keandalan atau *reliability* merupakan peluang sebuah komponen atau sistem dapat menjalankan fungsinya dengan pada periode waktu tertentu sehingga dapat digunakan sesuai kondisi yang diharapkan (Ebeling, 1997). *Reliability centered maintenance* merupakan metode perawatan berbasis nilai keandalan dari suatu peralatan atau komponen. Seiring dengan perkembangan dunia *maintenance*, metode RCM berkembang menjadi RCM II dimana pada kondisi ini analisis kebijakan *maintenance* dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif dengan memperhatikan *failure consequences* terutama dalam aspek *safety* dan *environment* (Moubray, 1997). Berdasarkan hal ini, RCM II tidak hanya berfokus pada mencegah terjadinya kerusakan tapi juga memperhatikan aspek kelamatan pekerja dan lingkungan.

2.3.1 Dasar kegiatan RCM

Kebanyakan perusahaan masih membuat penggunaan *preventive maintenance* yang terlalu luas. RCM membantu dalam menentukan kegiatan *preventive maintenance* yang paling efektif, dengan menganalisa kegiatan mana yang harus dilakukan operator, yang harus diselesaikan dengan perawatan, maupun yang patut mendapat perhatian dari bagian desain dan pengadaan. Selain itu dengan metodologi yang sistematis setiap proses dapat terdokumentasi, berfokus pada fungsi, dan memfasilitasi optimalisasi *preventive maintenance* dengan melakukan apa yang seharusnya perlu dilakukan sehingga mengurangi biaya *maintenance*, meningkatkan kerjasama tim dan mendokumentasikan data historis peralatan dengan baik (Moore, 2002). *Preventive maintenance* dilakukan untuk mengurangi probabilitas kegagalan, atau penurunan fungsi komponen pada interval yang telah ditetapkan (Sembiring, 2018). Dalam menjalankan RCM terdapat beberapa

pertanyaan dasar yang harus dijawab dengan efektif. Adapun pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut: (Moubray, 1997)

1. Apa fungsi dan standar performansi serta kaitannya dengan asset dalam konteks operasinya saat ini?
2. Dengan cara seperti apa asset ini dapat gagal untuk memenuhi fungsinya?
3. Apa penyebab masing-masing kegagalan fungsi?
4. Apa yang terjadi saat kegagalan timbul?
5. Apa saja yang dipengaruhi oleh setiap kegagalan?
6. Apa yang harus dilakukan untuk mencegah setiap kegagalan?
7. Apa yang harus dilakukan apabila suatu cara pencegahan tidak dapat ditemukan?

2.3.2 Langkah-langkah melakukan RCM

Berikut ini merupakan beberapa langkah dalam melakukan RCM (Moubray, 1997)

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi.
2. Mendefinisikan batasan sistem.
3. Deskripsi sistem.
4. Penentuan fungsi dan kegagalan fungsional.
5. Melakukan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).
6. Logic Tree Analysis.
7. Melakukan Task Selection.

2.3.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis adalah suatu teknik yang digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi atau mengeleminasi adanya *failure* maupun *potential failure*, *problem* maupun *error* dari suatu sistem, desain, proses maupun layanan (Stamatis, 2003). FMEA yang dilakukan dengan benar dan tepat dapat memberikan informasi bagi praktisi untuk mengurangi adanya resiko kegagalan. FMEA akan mampu mengidentifikasi tindakan yang diperlukan untuk mencegah kegagalan FMEA merupakan suatu *tools* yang dinamis untuk melakukan *improvement*. Berikut ini merupakan kriteria FMEA yang baik. (Stamatis, 2003)

1. Mengidentifikasi *failure* dan *potential failure mode*
2. Mengidentifikasi penyebab dan efek dari setiap *failure mode*
3. Memprioritaskan *failure mode* berdasarkan resiko yang akan ditimbulkan berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) berdasar *occurrence*, *severity* dan *detection*.
4. Memberikan tindak lanjut masalah serta tindakan yang sesuai.

Dalam membuat FMEA terdapt beberapa langkah yang harus dilakukan. Langkah-langkah dalam membuat FMEA adalah sebagai berikut: (Dhillon, 2006)

1. Membuat daftar bagian dan komponen dari sistem yang dipilih
2. Mengidentifikasi mode kegagalan (*failure mode*) dan *potential failure*
3. Melakukan klasifikasi tingkat *occurrence*, *severity* dan *detection* untuk setiap mode kegagalan
4. Mengidentifikasi akibat (*potential effect*) dari setiap mode kegagalan
5. Memberikan penilaian pada setiap mode kegagalan
6. Meninjau kembali setiap mode kegagalan dan menentukan tindakan yang sesuai

Berikut ini merupakan contoh FMEA yang digambarkan dalam RCM II *Information Worksheet*

Tabel 2.2 RCM II *Information Worksheet*

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM		System No		Faciliator	Date	
		SUB SYSTEM		Sub System No		Auditor	Date	
<i>Function</i>		<i>Functional Failure</i>		<i>Failure Mode</i>		<i>Failure Effect</i>		

Sumber: (Moubray,1997)

- *Risk Priority Number (RPN)*

RPN merupakan suatu pengukuran yang digunakan untuk membantu mengidentifikasi *failure mode* kritis yang berkaitan dengan desain maupun proses, yang dilakukan dengan teknik wawancara dan diskusi dengan pihak perusahaan (Ibrahim & Rosmiati, 2019). Nilai RPN didapatkan dengan mengalikan tiga kriteria, yaitu *occurrence*, *severity* dan *detection*. Adapun skor untuk masing-masing kriteria adalah sebagai berikut

Tabel 2.3 Nilai Kriteria *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*

Kriteria <i>Severity</i>	Kriteria <i>Occurance</i>	Kriteria <i>Detection</i>	Nilai
<i>Failure</i> dapat menyebabkan bahaya keselamatan pada operator ataupun sistem tanpa adanya peringatan	Terjadi setiap < 1 jam sekali	tidak ada sistem pendeteksi terjadinya <i>failure</i>	10
<i>Failure</i> dapat menyebabkan bahaya keselamatan pada operator ataupun sistem dengan peringatan	Terjadi setiap < 1 hari sekali	Sistem tidak dapat mendeteksi <i>failure</i>	9
<i>Failure</i> dapat menyebabkan <i>downtime</i> > 8 jam	Terjadi setiap < 1 minggu sekali	Sistem memiliki peluang sangat kecil untuk mendeteksi <i>failure</i>	8
<i>Failure</i> dapat menyebabkan <i>downtime</i> 4-8 jam	Terjadi setiap < 2 minggu sekali	Sistem memiliki peluang kecil untuk mendeteksi <i>failure</i>	7
<i>Failure</i> dapat menyebabkan <i>downtime</i> 1-4 jam	Terjadi setiap < 1 bulan sekali	sistem berpeluang mendeteksi <i>failure</i>	6
<i>Failure</i> dapat menyebabkan <i>downtime</i> 30 menit-1 jam	Terjadi setiap < 3 bulan sekali	Sistem berpeluang besar untuk mendeteksi <i>failure</i>	5
<i>Failure</i> dapat menyebabkan <i>downtime</i> 10-30 menit tanpa adanya <i>defect</i>	Terjadi setiap < 6 bulan sekali	Sistem berpeluang sangat besar untuk mendeteksi <i>failure</i>	4
<i>Failure</i> dapat menyebabkan adanya <i>downtime</i> < 10 menit tanpa adanya <i>defect</i>	Terjadi setiap < 1 tahun sekali	sistem dapat mendeteksi <i>failure</i>	3
tidak menyebabkan <i>downtime</i> dan produk <i>defect</i> namun membutuhkan penyesuaian mesin	Terjadi setiap 1-3 Tahun sekali	sistem hampir selalu mendeteksi <i>failure</i>	2
<i>failure</i> tidak mempengaruhi apapun	Terjadi > 3 tahun sekali	sistem selalu mendeteksi <i>failure</i>	1

Perlu untuk dipahami bahwa definisi, level dan skor yang ditetapkan dapat berbeda-beda berdasarkan sistem yang dievaluasi.

2.3.4 RCM II *Decision Diagram*

RCM II *decision diagram* digunakan untuk menentukan jenis kegiatan *maintenance* yang sesuai untuk masing-masing jenis kegagalan yang didapat dari FMEA. Pada RCM II *decision diagram* terdapat beberapa *task* yang menjadi usulan yaitu sebagai berikut (Moubray, 1997)

1. *Scheduled On-Condition Task*, merupakan kegiatan *maintenance* dimana dilakukan inspeksi terhadap peralatan yang ada untuk mengetahui *potential failure* seperti adanya getaran, suara ataupun bau dengan pengukuran dan analisis tertentu sehingga kegagalan dapat dicegah. Kegiatan ini dipertimbangkan sebagai kegiatan yang paling ekonomis karena tidak perlu membongkar atau memindahkan *asset* yang dimiliki
2. *Scheduled Restoration Task*, merupakan kegiatan *preventive maintenance* yang dilakukan dengan kebijakan mengganti komponen sebelum batas usia pakai tanpa memperhatikan kondisi komponen saat itu
3. *Scheduled Discard Task*, merupakan kegiatan *maintenance* dengan melakukan perombakan perakitan maupun *remanufacture* komponen sebelum ataupun saat batas usia pakai komponen tanpa melihat kondisi saat itu. Merupakan kegiatan yang kurang ekonomis

Ketika ketiga kegiatan diatas gagal untuk menemukan adanya *failure*, terdapat beberapa kegiatan lain yang bisa dilakukan yaitu

1. *Failure Finding*, merupakan aktivitas pemeriksaan untuk mengetahui apakah komponen masih bekerja sesuai dengan fungsinya
2. *Redesign*, adalah kegiatan yang dilakukan untuk melakukan *rebuild* terhadap kemampuan suatu peralatan. Umumnya berupa kegiatan modifikasi peralatan maupun *standar operational procedure* (SOP)
3. *No Scheduled Maintenance*, merupakan kegiatan menunggu peralatan/komponen hingga rusak dan melakukan perbaikan. Tindakan ini dilakukan apabila dirasa tidak ada kegiatan yang ekonomis yang bisa dilakukan.

2.3.5 RCM II *Decision Worksheet*

RCM II *decision worksheet* digunakan untuk mencatat jawaban dari hasil yang didapat dari RCM II *decision diagram*

Tabel 2.4 RCM II *Decision Worksheet*

RCM II Worksheet					Sistem:									Date		Sheet
					Fungsi sistem:											Of
Information Reference					Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
									S1	S2	S3					
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	E1	E2	E3	H4	H5	S4		
									O1	O2	O3					

Sumber: Moubray, 1997

Penjabaran mengenai kolom yang ada pada RCM II *decision worksheet* akan dijelaskan sebagai berikut:

1. *Information Worksheet*

Pada kolom ini berisi informasi mengenai hasil FMEA beru F (*Failure*), FF (*Functional Failure*) dan FM (*Failure mode*)

2. *Consequence Evaluation*

Kolom ini berisi informasi mengenai dampak dari kegagalan yang terjadi yang diklasifikasikan menjadi 4 yaitu

H : *Hidden Failure Consequences*

S : *Safety Consequences*

E : *Environmental Consequences*

O : *Operational Consequences*

Berikut ini merupakan tabel yang berisikan kriteria dari setiap *consequences*

Tabel 2.5 Kriteria Konsekuensi Kegagalan

<i>Failure Consequences</i>	Kriteria	
	Yes	No
H	<i>Failure mode</i> dapat di deteksi secara langsung oleh operator dalam kondisi normal	<i>Failure mode</i> tidak dapat di deteksi secara langsung oleh operator dalam kondisi normal
S	<i>Failure mode</i> dapat membahayakan keselamatan pekerja	<i>Failure mode</i> tidak dapat membahayakan keselamatan pekerja
E	<i>Failure mode</i> akan memberi dampak pada kelestarian lingkungan	<i>Failure mode</i> tidak akan memberi dampak pada kelestarian lingkungan
O	<i>Failure mode</i> akan memberikan dampak pada jumlah <i>output</i> produksi	<i>Failure mode</i> tidak akan memberikan dampak pada jumlah <i>output</i> produksi

Sumber: Moubray, 1997

3. *Proactive Task* dan *Default Action*

Kolom *proactive task* digunakan untuk mencatat kegiatan yang telah dipilih.

Kolom *proactive task* terdiri dari

- a. H1/S1/O1/N1, digunakan untuk mencatat apakah *scheduled on condition task* cocok untuk dilakukan guna mengurangi kegagalan
- b. H2/S2/O2/N2, digunakan untuk mencatat apakah *scheduled restoration task* cocok untuk dilakukan guna mengurangi kegagalan
- c. H3/S3/O3/N3, digunakan untuk mencatat apakah *scheduled discard task* cocok untuk dilakukan guna mengurangi kegagalan
- d. H4, digunakan untuk mencatat apakah *scheduled failure finding* mungkin untuk digunakan
- e. H5, digunakan untuk mencatat apakah kegagalan hanya bisa dicegah dengan kegiatan *redesign*
- f. S4, digunakan untuk mencatat apakah *combination task* mungkin untuk dilakukan

Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan kriteria kondisi setiap kegiatan

Tabel 2.6 Kriteria *Proactive Task* dan *Default Action*

Proactive Task	Kriteria Kondisi
H1/S1/O1/N1	<ul style="list-style-type: none">• Apakah ada kondisi dimana potential failure dapat di ketahui dengan jelas?• Apakah memungkinkan untuk melakukan tindakan pencegahan dalam interval waktu tersebut?
H2/S2/O2/N2	<ul style="list-style-type: none">• Apakah dapat diidentifikasi umur dimana komponen/peralatan mengalami percepatan terjadinya kondisi kegagalan• Apakah mayoritas <i>item</i> dapat bertahan hingga umur tersebut? (jika kegagalan memiliki konsekuensi terhadap keselamatan maupun

Proactive Task	Kriteria Kondisi
	lingkungan) <ul style="list-style-type: none"> • Apakah mungkin mengembalikan daya tahan komponen/<i>item</i> seperti kondisi semula?
H3/S3/03/N3	<ul style="list-style-type: none"> • Apakah dapat diidentifikasi umur dimana komponen/peralatan mengalami percepatan terjadinya kondisi kegagalan • Apakah mayoritas <i>item</i> dapat bertahan hingga umur tersebut? (jika kegagalan memiliki konsekuensi terhadap keselamatan maupun lingkungan)
H4	<ul style="list-style-type: none"> • Apakah <i>failure finding task feasible</i> untuk dilakukan?
H5	<ul style="list-style-type: none"> • Apakah <i>failure</i> dapat mempengaruhi keselamatan dan lingkungan? Jika iya maka harus dilakukan <i>redesign</i>
S4	<ul style="list-style-type: none"> • Apakah kombinasi kegiatan dapat mengurangi resiko terjadinya kegagalan?

Sumber: Moubray, 1997

Aplikasi kegiatan RCM akan menjadi lebih efektif ketika melakukan beberapa hal berikut (Sajaradj, Sinulingga, & Huda, 2020)

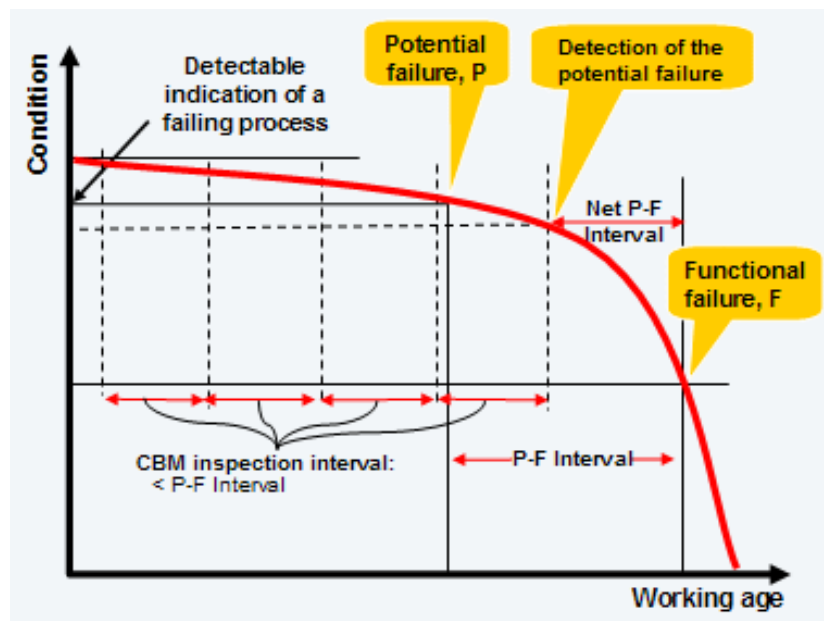
1. Memastikan bahwa operator yang paham akan sistem tersebut turut berpartisipasi dalam melaksanakan RCM. Proses akan menjadi lebih efektif dan setiap orang akan paham dan belajar lebih mengenai sistem tersebut dari operator yang berpengalaman.
2. Fasilitator yang telah di latih harus memimpin proses penerapan RCM
3. Setiap individu harus berkontribusi terhadap proses penerapan RCM. Semakin banyak usaha yang dilakukan, akan semakin baik hasil yang di dapat
4. RCM harus diimplementasikan secara berkala

2.4 Interval Waktu Perawatan

Untuk mendapatkan interval waktu perawatan yang optimal dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini

2.4.1 Interval Perawatan *On-Condition Task*

Menentukan interval perawatan *on-condition task* dapat dihitung berdasarkan setengah dari interval P-F. Interval P-F merupakan interval antara kejadian *potential failure* dengan kegagalan atau *functional failure* (Moubray, 1997). Interval P-F dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 2.4 P-F Interval (Moubray, 1997)

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa P merupakan titik yang menunjukkan *potential failure* sedangkan F menunjukkan titik terjadinya *functional failure*.

2.4.2 Interval Perawatan *Scheduled Restoration Task*

Interval waktu perawatan dengan *restoration task* dapat dihitung menggunakan persamaan

$$R_m(t) = R(t)^n R(t - nT) \quad 2.26$$

Dimana

$$nt \leq t \leq (n+1)t$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

Keterangan:

$R_m(t)$ = Keandalan sistem dengan *preventive maintenance*

$R(t)^n$ = Peluang keandalan sampai dengan *preventive maintenance* ke - n

$R(t - nT)$ = Peluang keandalan pada saat $t - nT$ yang telah ditentukan di awal

2.4.3 Interval Perawatan *Scheduled Discard Task*

Perhitungan Interval perawatan penggantian dapat dibitung dengan menggunakan mempertimbangkan biaya yang dihitung. Biaya dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$CF = CR + MTTR (Co + Cw) \quad 2.27$$

$$Co = \text{Biaya Kerugian Per Jam} \times \text{total jam kerja per hari} \times \text{harga jual produk} \quad 2.28$$

$$Cw = \text{Jumlah Karyawan Pelaksana Maintenance} \times \text{biaya kerja per hari} \quad 2.29$$

$$CM = CWPM + CFPM + COPM \quad 2.30$$

$$CWPM = \text{Jumlah Pekerja Departemen Maintenance} \times \text{Gaji Per Bulan} \quad 2.32$$

$$CFPM = \text{Estimasi biaya yang dikeluarkan untuk perawatan} \times CF \quad 2.32$$

$$COPM = \text{Losses} \times Co \quad 2.33$$

$$TC = CF \times fF \times Fm \quad 2.34$$

$$= Cf \left(\frac{1}{TM} \int_0^{TM} \lambda(t) dt \right) + CM \left(\frac{1}{TM} \right) \quad 2.35$$

$$= \frac{1}{TM} \left(CF \int_0^{TM} \lambda(t) dt + CM \right) \quad 2.36$$

Jika data berdistribusi Weibull maka biaya total per jam adalah

$$TC = \frac{CF}{\eta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{CM}{TM} \quad 2.37$$

Apabila ingin mendapatkan TC yang minimum maka interval waktu perawatan

yang dibutuhkan adalah sebagai berikut

$$TM = \eta \times \frac{CM^{\frac{1}{\beta}}}{CF(\beta - 1)} \quad 2.38$$

Keterangan:

CF = Biaya perbaikan atau penggantian karena kerusakan komponen pada setiap siklus perawatan (Rp)

CM = Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan (Rp)

CR = Biaya penggantian komponen (Rp)

CW = Biaya tenaga kerja *corrective maintenance* (Rp)

CO = Biaya kerugian produksi (Rp)

TM = Interval waktu perawatan optional (jam)

fF = Frekuensi kegagalan

Fm = Frekuensi *maintenance*

TC = Biaya total yang dibebankan pada setiap jam pengoperasian mesin (Rp)

2.4.4 Interval Perawatan *Finding Failure*

Untuk mengetahui interval perawatan kegiatan *finding failure* dilakukan dengan menggunakan rumus

$$FFI = 2 \times \text{unavailability} \times MTBF \quad 2.39$$

Keterangan:

FFI = *Failure Finding Interval*

Unavailability = Nilai yang dikehendaki perusahaan

MTBF = Nilai MTBF masing-masing komponen

2.5 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

OEE merupakan salah satu metode yang digunakan dalam mengukur performansi peralatan. OEE merupakan suatu metode untuk mengukur tingkat efektifitas pemakaian suatu peralatan atau sistem dengan mengikutsertakan beberapa sudut pandang dalam proses perhitungan tersebut (Nakajima, 1988).

Selain itu, OEE merupakan tingkat keefektifan fasilitas secara menyeluruh yang diperoleh dengan memperhitungkan *availability rate*, *performance efficiency rate* dan *rate of quality* produk (Davis, 1995). Terdapat 3 parameter yang diperhitungkan di dalam OEE. Berikut ini merupakan parameter yang digunakan dalam menghitung OEE beserta rumus yang digunakan. (Nakajima, 1988)

a. *Availability Rate*

Availability rate merupakan nilai dimana sebuah mesin/peralatan dapat digunakan saat dibutuhkan.

$$Availability = \frac{loading\ time - downtime}{loading\ time} \times 100\% \quad (2.40)$$

Atau

$$Availability = \frac{MTBF}{MTTF + MTBF} \times 100\% \quad (2.41)$$

b. *Performance Rate*

Performance rate adalah perbandingan nilai produksi aktual dengan yang ditargetkan. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui seberapa baik kinerja mesin dalam produksi.

$$Performance\ Rate = \frac{processed\ amount \times ideal\ cycle\ time}{operation\ time} \times 100\% \quad (2.42)$$

c. *Quality Rate*

Quality rate merupakan suatu pengukuran untuk mengetahui seberapa baik peralatan mampu menghasilkan produk yang baik atau tidak cacat sesuai standar yang telah ditetapkan

$$Quality\ rate = \frac{Total\ Production - (Defect + Rework)}{Total\ Production} \times 100\% \quad (2.43)$$

Perhitungan OEE dilakukan dengan mengalikan nilai ketiga parameter tersebut sehingga rumus yang digunakan dalam menghitung OEE adalah

$$OEE = Availability\ rate \times Performance\ rate \times Quality\ rate \quad (2.44)$$

2.6 Penelitian Terdahulu

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai perbandingan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu.

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

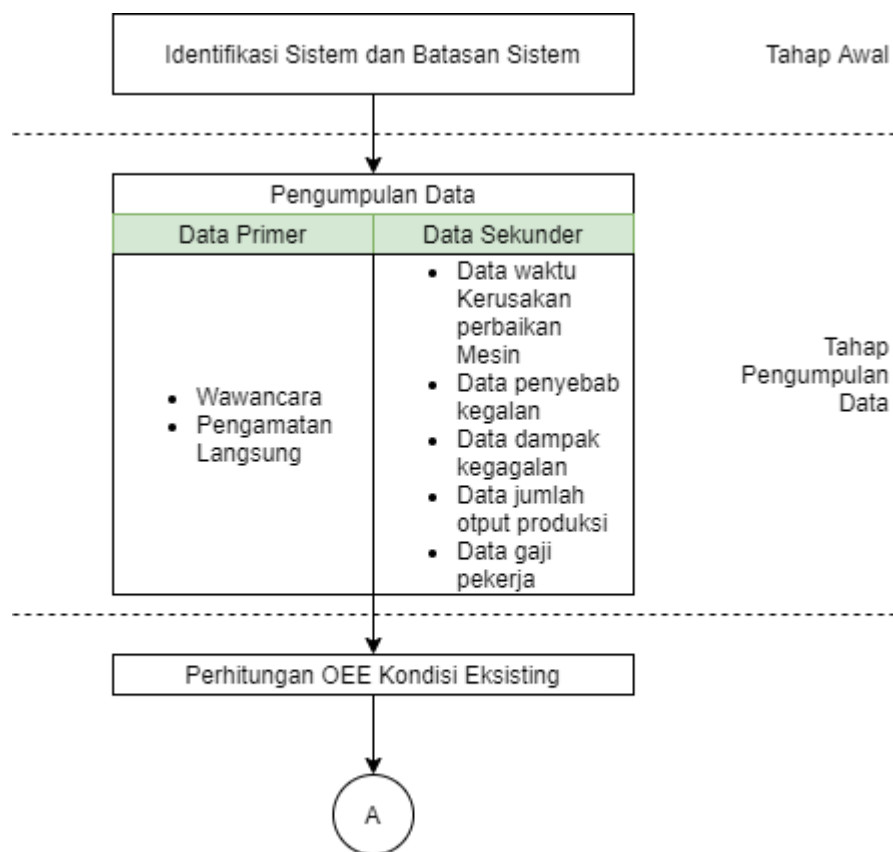
Penulis	Penelitian	Pembahasan	Objek	Metode			
				OEE	RCM II	FMEA	Cost Analysis
Tarar, 2014	<i>International Conference on Research in Science, Engineering and Technology</i>	Melakukan penilaian terhadap tingkat efektifitas kegiatan perawatan pada perusahaan XYZ serta memberikan usulan kegiatan <i>maintenance</i> menggunakan RCM dengan menguraikan langkah-langkah RCM dan mengaplikasikannya pada kasus di perusahaan XYZ. Didapatkan trend perbandingan kerusakan setelah dan sesudah adanya kegiatan <i>maintenance</i> menggunakan RCM dan didapatkan trend kerusakan komponen yang lebih sedikit dengan menggunakan RCM	<i>Rotating Equipment in XYZ Company</i>		V	V	
Kullawong, 2015	<i>International Journal of Industrial</i>	Melakukan aplikasi metode RCM dan <i>cost optmazation</i> pada perusahaan pelapisan krom yang bertujuan untuk melakukan pengelolaan biaya yang tepat dengan menggunakan simulasi	Pabrik Pelapisan Krom Keras		V	V	V

Penulis	Penelitian	Pembahasan	Objek	Metode			
				OEE	RCM II	FMEA	Cost Analysis
	<i>Engineering and Management</i>	<i>cost modelling</i> dan mengidentifikasi tingkat kepentingan komponen. Hasilnya menunjukkan bahwa model yang mereka buat mampu meminimalkan biaya pemeliharaan.					
Prasetyo, 2017	Jurnal Rekaya Ilmiah	Melakukan aplikasi RCM II dengan melakukan pengolahan data secara kualitatif dan kuantitatif sehingga menghasilkan interval waktu perawatan dan rekomendasi kegiatan perawatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan total biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan perawatan yang di usulkan	Mesin <i>Cane Cutter</i> 1 PG. Meritjan		V	V	V
Penulis.2020	<i>Undergraduate Theses</i>	Mengetahui nilai keandalan komponen kritis mesin <i>filling R-24 A</i> serta menentukan kebijakan perawatan yang tepat untuk meningkatkan nilai <i>Overall Equipment efektiviness</i> Menggunakan Metode RCM II	Industri Kosmetik Lokal	V	V	V	

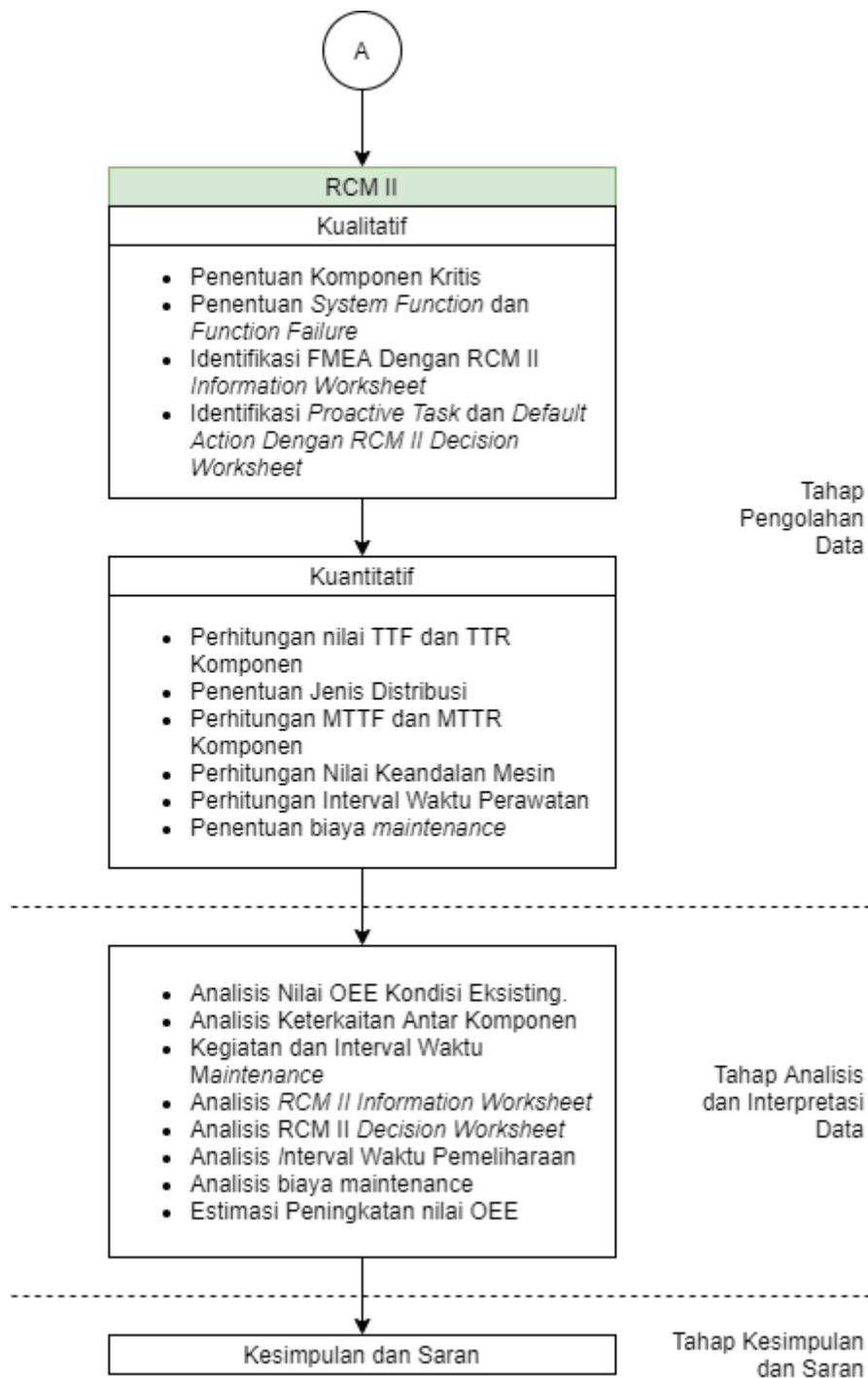
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam penelitian yang meliputi pengumpulan data, pengolahan data, serta analisis dan penarikan kesimpulan.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3.2 *Flowchart* Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Awal

Tahap awal dilakukan dengan melakukan identifikasi sistem dan batasan sistem. Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai sistem yang diamati dan

batasannya. Identifikasi sistem dan batasan sistem dilakukan dengan melakukan *brainstorming* dengan kepala unit teknik dan produksi PT X.

3.2 Pengumpulan Data

Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah pengumpulan data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan melalui wawancara dengan kepala unit dan *staff maintenance* yang ada di PT X serta pengamatan langsung di lapangan. Adapun data sekunder didapatkan dari data historis perusahaan. Data-data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut

1. Data perbaikan mesin *filling* R-24 A periode Januari 2017- Desember 2019
2. Data Downtime mesin *filling* R-24 A periode Januari 2017- Desember 2019
3. Data Produksi mesin *filling* R-24 A yang meliputi kapasitas produksi, jumlah *defect*, *waktu setup/adjustment*, dan *running time* mesin.
4. Data waktu antar kerusakan mesin

3.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dengan melakukan perhitungan terhadap data-data yang telah didapatkan. Adapun langkah-langkah pengolahan data adalah sebagai berikut

3.3.1 Perhitungan Nilai OEE kondisi Eksisting

Perhitungan nilai OEE kondisi eksisting dilakukan untuk mengetahui performansi awal sebelum dilakukan analisa dan usulan *improvement* yang diberikan. Perhitungan dilakukan menggunakan Rumus 2.41 hingga 2.44.

3.3.2 Pengolahan data Dengan RCM II

Pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data secara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan RCM II. Pengolahan data secara kualitatif meliputi pemilihan komponen kritis, identifikasi fungsi sistem dan kegagalan fungsi sistem, identifikasi FMEA dengan RCM II *Information Worksheet*, serta penentuan *proactive task* dan *default action* berdasarkan RCM II *Decision Diagram*. Sedangkan untuk pengolahan data secara kualitatif meliputi penentuan

komponen kritis, perhitungan nilai *Time To Failure* dan *Time To Repair*, penentuan distribusi dengan menggunakan *Software Reliasoft Weibull 6++*, perhitungan nilai MTTF dan MTTR, Perhitungan nilai keandalan mesin, perhitungan interval waktu kegiatan perawatan, dan perhitungan biaya *maintenance*

Setelah dilakukan perhitungan secara kualitatif dan kuantitatif maka akan dilakukan pencatatan pada *RCM II Decision Worksheet* sebagai rekomendasi kebijakan *maintenance* dalam bentuk kegiatan dan interval waktu perawatan

3.4 Analisis dan Interpretasi Data

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan intepretasi data berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun analisis yang akan dilakukan adalah analisis nilai OEE kondisi eksisting, analisis keterkaitan antar komponen, analisis RCM II *information worksheet*, Analisis RCM II *Decision worksheet*, Analisis interval waktu kegiatan perawatan, analisis biaya perawatan dan estimasi peningkatan Nilai OEE.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari kegiatan penelitian dengan menjawab tujuan yang telah dibuat diawal. Selain itu juga akan diberikan saran yang nantinya diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan perusahaan,

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dilakukan proses pengumpulan dan pengolahan data yang terdiri dari identifikasi sistem dan batasan sistem, deskripsi proses produksi, perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* kondisi eksisting

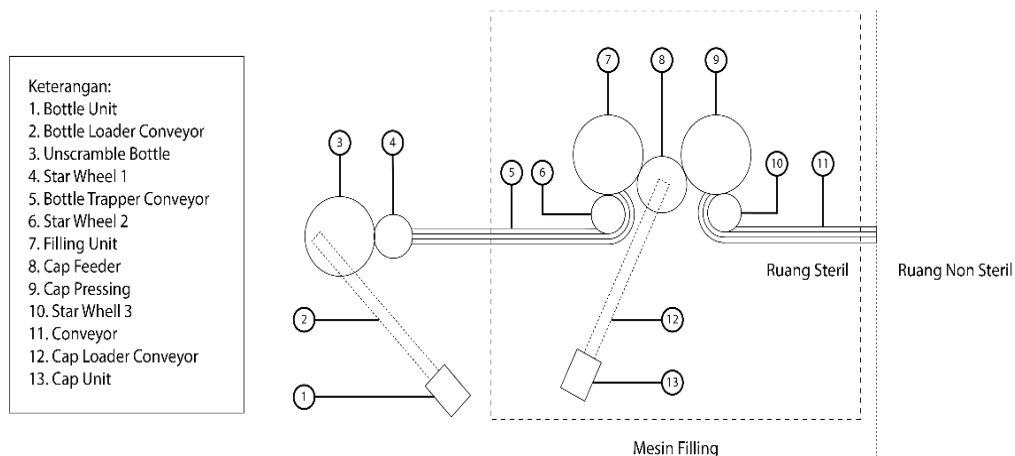
4.1 Gambaran Umum Mesin

Mesin *filling* R-24 A merupakan mesin *automatic filler* dan *capper* dengan merek *Vectra* tipe 248 MVXSO. Mesin menggunakan tenaga penggerak pneumatik. Mesin ini memiliki 24 *nozzle* pengisi cairan. Mesin digunakan pada unit produksi cairan kental, lini R-24, dan digunakan untuk pengisian produk berupa *milk cleanser* pada PT X. Mesin ini diletakkan pada ruangan steril dengan batas ruangan berupa kaca. Mesin *filling* R-24 A berfungsi untuk melakukan pengisian cairan pada botol-botol kosmetik sesuai dengan *volume* yang telah ditentukan. Selain itu pada mesin ini juga dilakukan proses *capper* yaitu pemberian tutup botol sehingga botol kosmetik dalam keadaan rapat ketika keluar melewati ruang steril untuk proses selanjutnya. Berikut ini merupakan spesifikasi mesin *filling* R-24 A

Tabel 4.1 Spesifikasi Mesin *Filling* R-24 A

<i>Machine Type</i>	Vectra 248 MVXSO
<i>Filling Capacity Options</i>	20-100cc/50-250cc/100-500cc/200-1000cc
<i>Caps Types</i>	<i>Aluminum screw, plastic screw</i>
<i>Supply Voltage</i>	3 KW
<i>Air Pressure</i>	4-6 Kg
<i>Machine Dimesion</i>	4320 mm x 964 mm x 1770 mm
<i>Net Weight</i>	1000 Kg
<i>Nozzle</i>	24

Adapun *layout* dari mesin *filling* R-24 A dalam lini produksi R-24 A adalah sebagai berikut



Gambar 4.1 Layout Mesin *Filling* R-24 A dan Batasan Sistem

Pada awalnya, botol akan diletakkan pada *bottle unit* dan akan menuju mesin *unscramble* untuk ditata secara rapi pada *conveyor*. Botol akan berjalan dan memasuki mesin *filling* secara satu persatu melewati *starwheel*. Botol akan diisi oleh *filling nozzle* apabila posisi botol telah tepat berada dibawah mulut *nozzle*. Setelah proses *filling* selesai, botol akan dialirkan menuju *starwheel* berikutnya menuju *cap feeder* untuk diberi tutup botol. Kemudian botol akan menuju *cap presser* yang berfungsi untuk merapatkan tutup botol. Tutup botol wajib terpasang sebelum keluar dari ruang steril untuk menjaga kualitas cairan kosmetik. Botol yang tidak tertutup dengan rapat sebelum keluar dari ruang steril akan menyebabkan produk terkena kontaminan dan kualitas produk menjadi buruk. Setelah itu botol akan keluar dari ruang steril yang dibatasi oleh jendela kaca besar untuk proses pemasangan label secara manual. Adapun Sistem yang akan diamati pada penelitian ini adalah satu kesatuan mesin *filling* mulai dari proses *filling* hingga proses *capping* selesai.

4.2 Penentuan Komponen Kritis

Dalam menentukan komponen kritis pada setiap mesin atau peralatan, PT X

memiliki kriteria tersendiri yang harus dipenuhi. Kriteria tersebut adalah

1. Apakah kerusakan komponen mempengaruhi keseluruhan produksi?
2. Ketersediaan *spare part* komponen sulit didapatkan?
3. Apakah komponen mudah untuk di *maintenance*?

Kriteria pertama menunjukkan apabila terjadinya kerusakan komponen maka keseluruhan proses produksi akan terganggu. Kriteria kedua menunjukkan mudah atau tidaknya perusahaan dalam mencari *spare part* bagi komponen yang mengalami kerusakan. Apabila *sparepart* sulit didapatkan tentunya akan membutuhkan waktu yang lama untuk melakukan perbaikan. Kriteria ketiga menunjukkan mudah atau tidaknya komponen untuk diperbaiki ketika rusak. Hal ini tentunya juga merujuk pada lokasi *sparepart* dan pekerja yang mampu memperbaiki *sparepart*, apakah hanya dari pekerja perusahaan atau pekerja dari luar baik *outsourse* maupun *vendor*. Apabila kerusakan *sparepart* hanya bisa diperbaiki oleh *vendor*, tentunya akan memakan waktu yang lebih lama untuk mecocokkan jadwal dengan *vendor* maupun tenaga *outsourse*.

Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi komponen kritis pada mesin *filling* R-24 A

Tabel 4.2 Pemilihan Komponen Kritis Berdasar Kriteria Perusahaan

No	Komponen	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3
1	Pompa Transfer	V	V	V
2	<i>Cap Presser</i>	V	V	V
3	<i>Screw Blower</i>	V	V	V
4	<i>Starwheel</i>	V	V	V
5	<i>Motor</i>	V	V	V
6	<i>Conveyor</i>	V	V	V
7	<i>PLC</i>	V	V	V
8	<i>Valve Actuator</i> <i>Sensor</i>	V	V	V
9	<i>Pneumatic Hose</i>	V	V	V
10	<i>Regulator</i>	V	V	V

Berdasarkan hasil diskusi dengan pekerja departemen *maintenance*, terdapat 10 komponen yang memenuhi kriteria sebagai komponen kritis, yaitu komponen pompa transfer, *cap presser*, *screw blower*, *starwheel*, *motor*, *conveyor*, *PLC*, *Valve Actuator Sensor*, *pneumatic hose* dan *regulator*.

4.3 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Kondisi Eksisting

Pada subbab ini akan dilakukan perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) mesin *filling* R-24 A pada kondisi eksisting. Parameter yang digunakan dalam menghitung OEE adalah *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate* dari mesin.

4.3.1 Pengukuran Availability

Availability merupakan nilai waktu ketersediaan peralatan jika dibandingkan dengan waktu keseluruhan (*loading time*). *Downtime* merupakan waktu mesin mati atau tidak beroperasi. Berdasarkan pengamatan lapangan terdapat beberapa hal yang menyebabkan mesin mengalami *downtime*, yaitu

1. Waktu *setup and adjusment* yang dilakukan pada pagi hari selama 20 menit dan penggantian *batch* produksi selama 15 menit-30 menit tergantung jumlah penggantian *batch* produksi.
2. *Planned downtime* yang memang dijadwalkan pada proses produksi meliputi hari libur nasional dan pencucian mesin *filling* yang dijadwalkan 2 minggu sekali dengan durasi 4 jam untuk masing-masing pencucian
3. Waktu *breakdown* yaitu ketika terjadi kegagalan / kerusakan pada mesin.

Available time atau waktu yang tersedia pada PT X untuk satu bulan adalah 8 jam kerja per hari, dengan jumlah hari kerja sebanyak 20 hari kerja per bulan. Perhitungan *availability rate* mesin *filling* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$\text{Availability Rate} = \frac{\text{operating time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

Operating time = loading time – downtime

Loading time = available time – planned downtime

Downtime = Setup and adjustment + breakdown/repair

Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai *availability* mesin *filling* pada januari 2017 adalah sebagai berikut.

Loading time = 160 – 24 = 136 jam

Downtime = 12.45 + 15.75 = 28.2 Jam

Operating time = 136 – 28.2 = 107.8 jam

Availability rate = $\frac{107.8}{136} \times 100\% = 79.26\%$

Tabel dibawah ini merupakan rekapitulasi perhitungan *availability rate* mesin *filling* R-24 A

Tabel 4.3 Rekapitulasi *Availability Rate* Mesin *Filling* Periode 2017

Bulan	<i>Loading time (hour)</i>	<i>setup and adjustment (Hour)</i>	<i>breakdown and repair (hour)</i>	<i>Planned downtime(hour)</i>	<i>operating time (hour)</i>	<i>Availability (%)</i>
<i>January</i>	136	12,45	15,75	24.0	107,80	79,26
<i>February</i>	143	10,4	12,58	17.0	120,02	83,93
<i>March</i>	128	11,27	10,08	32.0	106,65	83,32
<i>April</i>	144	10,75	13,2	16.0	120,05	83,37
<i>May</i>	141	11,24	10,42	19.0	119,34	84,64
<i>June</i>	141	10,82	11,25	19.0	118,93	84,35
<i>July</i>	136	11,45	18,27	24.0	106,28	78,15
<i>August</i>	145	8,37	16,35	15.0	120,28	82,95
<i>September</i>	144	9,95	10,83	16.0	123,22	85,57
<i>October</i>	143	11,25	18,72	17.0	113,03	79,04
<i>November</i>	136	12,55	15,73	24.0	107,72	79,21
<i>December</i>	146	9,17	11,92	14.0	124,91	85,55

4.3.2 Pengukuran *Performance Rate*

Performance rate adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui seberapa baik peralatan mampu melakukan tugas atau pekerjaannya. Nilai *performance rate* diukur dengan *ratio* tingkat produksi aktual dengan yang diharapkan. *Performance rate* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini

$$\text{Performance rate} = \frac{\text{Processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operating time}} \times 100\%$$

Berikut ini contoh perhitungan *performance rate* untuk bulan januari 2017.

$$\text{Performance rate} = \frac{189468 \times 0.0005}{107.8} \times 100\% = 87.88\%$$

Ideal cycle time mesin *filling* R-24 A dari proses pengisian hingga pemberian tutup botol adalah 1.8 detik. Namun pada kondisi eksisting, waktu yang diperlukan adalah 2.4 detik. Berikut ini merupakan rekapitulasi *performance rate* mesin *filling* R-24 A

Tabel 4.4 Rekapitulasi *Performance Rate* Mesin *Filling* Periode 2017

Bulan	<i>operating time</i> (hour)	<i>production</i> <i>amount</i>	<i>ideal cycle time</i> (hour)	<i>Performance Rate</i> (%)
January	107,80	189.468	0,0005	87,,88
February	120,02	199.463	0,0005	83,10
March	106,65	189.167	0,0005	88,69
April	120,05	207.677	0,0005	86,50
May	119,34	206.012	0,0005	86,31
June	118,93	207.333	0,0005	87,17
July	106,28	191.606	0,0005	90,14
August	120,28	215.722	0,0005	89,67
September	123,22	226.990	0,0005	92,11
October	113,03	214.640	0,0005	94,95
November	107,72	194.354	0,0005	90,21
December	124,91	221.169	0,0005	88,53

4.3.3 Pengukuran *Quality Rate*

Quality rate adalah parameter yang digunakan untuk mengukur seberapa baik peralatan mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Perhitungan *quality rate* dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{Production Amount} - \text{Defect/rework}}{\text{Production Amount}} \times 100\%$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *quality rate* pada bulan januari 2017

$$\text{Quality Rate} = \frac{189468 - 2961}{189468} \times 100\% = 98.44\%$$

Dibawah ini merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan *quality rate* mesin *filling* R-24 A.

Tabel 4.5 Rekapitulasi *Quality Rate* Mesin *Filling* Periode 2017

Bulan	<i>Production Amount (unit)</i>	<i>Defect/rework amount (unit)</i>	<i>Produk baik (unit)</i>	<i>Quality Rate (%)</i>
January	189.468	2.961	186.507	98,44
February	199.463	4.387	195.076	97,80
March	189.167	3.891	185.276	97,94
April	207.677	2.561	205.116	98,77
May	206.012	1.982	204.030	99,04
June	207.333	3.779	203.554	98,18
July	191.606	2.692	188.914	98,60
August	215.722	1.996	213.726	99,07
September	226.990	1.401	225.589	99,38
October	214.640	3.924	210.716	98,17
November	194.354	454	193.900	99,77
December	221.169	1.882	219.287	99,15

4.3.4 Pengukuran Nilai OEE

Setelah mendapatkan nilai *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate*, maka dilakukan pengukuran nilai OEE dengan mengalikan nilai ketiga parameter tersebut. Berikut ini merupakan contoh perhitungan OEE pada bulan january 2017

$$OEE = Availability\ rate \times Performance\ Rate \times Quality\ Rate$$

$$OEE = 79,26\% \times 88,85\% \times 98,44\%$$

$$OEE = 69,17\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa nilai OEE pada bulan januari 2017 adalah sebesar 69,17%. Berikut ini merupakan perhitungan nilai OEE pada tahun 2017

Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai OEE Tahun 2017

Bulan	Availability (%)	Performance(%)	Quality(%)	OEE(%)
January	79.26	88.65	98.44	69.17%
February	83.93	94.01	97.80	77.17%
March	83.32	92.22	97.94	75.25%
April	83.37	92.99	98.77	76.57%
May	84.64	87.59	99.04	73.42%
June	84.35	84.76	98.18	70.19%
July	78.15	93.10	98.60	71.73%
August	82.95	89.37	99.07	73.44%
September	85.57	96.27	99.38	81.87%
October	79.04	87.25	98.17	67.71%
November	79.21	84.77	99.77	66.98%
December	85.55	87.53	99.15	74.25%

Perhitungan nilai *availability rate*, *performance rate*, *quality rate* serta OEE untuk tahun 2018-2019 dapat dilihat pada lampiran 1.

4.4 Reliability Centered Maintenance (RCM) II Information Worksheet

Reliability Centered Maintenance (RCM) II Information worksheet

merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi *failure* pada komponen kritis mesin *filling* R-24 A yang meliputi *functional failure*, *failure mode* dan *failure effect*. Pengisian RCM II *information worksheet* dilakukan dengan melakukan *brainstorming* dengan kepala divisi unit teknik dan seorang *staff* lapangan senior yang sudah memiliki pengalaman dalam menangani mesin *filling* R-24 A. Berikut ini merupakan komponen kritis pada mesin *filling* R-24 A beserta fungsinya

Tabel 4.7 Rekapitulasi komponen kritis dan fungsinya

No	Komponen	<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>
1	<i>Pompa Transfer</i>	memompa larutan kosmetik dari tangki <i>hopper</i> menuju <i>filling nozzle</i>	Tidak dapat memompa larutan kosmetik menuju <i>filling nozzle</i>
2	<i>Cap Presser</i>	Merapatkan tutup botol dengan memberi tekanan	Tidak dapat memberikan tekanan untuk merapatkan tutup botol
3	<i>Screw Blower</i>	Memberi tutup botol saat melewati <i>starwheel</i>	Tidak dapat memberi tutup botol saat melewati <i>starwheel</i>
4	<i>Starwheel</i>	Mengantarkan botol dari satu unit ke unit lainnya dengan mempertahankan kecepatan sudut konstan	Tidak dapat mengantarkan botol dari satu unit menuju unit selanjutnya
5	<i>Motor</i>	Mengubah energi listrik menjadi energi gerak	Gagal mengubah Energi Listrik menjadi energi gerak
6	<i>Conveyor</i>	Alat transportasi botol dari satu unit ke unit lainnya	Tidak dapat memindahkan botol dari satu unit ke unit lainnya
7	<i>PLC</i>	Menerjemahkan input menjadi output yang harus dijalankan oleh mesin	gagal menerjemahkan input menjadi output yang harus dijalankan oleh mesin
8	<i>Valve Actuator Sensor</i>	Mengirim sinyal untuk membuka <i>valve</i> pada tangki	Gagal mengirim sinyal untuk membuka <i>valve</i> pada tangki
9	<i>Pneumatic Hose</i>	Jalur masuk udara menuju mesin	Udara tidak dapat masuk ke mesin

No	Komponen	<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>
10	<i>Regulator</i>	Mengatur tekanan udara yang masuk ke mesin	Tekanan udara yang masuk ke mesin kurang

Berikut ini merupakan hasil pengisian RCM II *Information worksheet*

Tabel 4.8 Rekapitulasi RCM II *Information Worksheet* Mesin *Filling* R-24 A

<i>RCM II Information Worksheet</i>		Sistem : Mesin <i>Filling</i> R-24 A			Departemen: Teknik PT X	
					Nama Kegiatan: Proses <i>Filling</i>	
No	Komponen	<i>Function</i>		<i>Functional Failure</i>	<i>Failure mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1	<i>Pompa Transfer</i>	memompa larutan kosmetik dari tangki <i>hopper</i> menuju <i>filling nozzle</i>	A	Tidak dapat memompa larutan kosmetik menuju <i>filling nozzle</i>	1 <i>Mechanical Seal</i> Bocor	Cairan merembes keluar dan tidak dapat dialirkan ke <i>filling nozzle</i>
2	<i>Cap Presser</i>	Merapatkan tutup botol dengan memberi tekanan	B	Tidak dapat memberikan tekanan untuk merapatkan tutup botol	1 <i>Screw</i> macet	Tidak dapat menekan tutup botol sehingga tutup jatuh dan terlepas
3	<i>Screw Blower</i>	Memberi tutup botol saat melewati <i>starwheel</i>	C	Tidak dapat memberi tutup botol saat melewati <i>starwheel</i>	1 <i>Bearing Blower</i> Aus	Menimbulkan suara berisik yang mengganggu kegiatan produksi
4	<i>Starwheel</i>	Mengantarkan botol dari satu unit ke unit lainnya dengan mempertahankan kecepatan sudut konstan	D	Tidak dapat mengantarkan botol dari unit satu menuju unit selanjutnya	1 <i>Starwheel</i> robek	Mesin macet/berhenti
5	<i>Motor</i>	Mengubah energi listrik menjadi energi gerak	E	Gagal mengubah Energi Listrik menjadi energi gerak	1 Motor Terbakar	Motor tidak bisa dinyalakan

RCM II Information Worksheet		Sistem : Mesin <i>Filling</i> R-24 A			Departemen: Teknik PT X	
					Nama Kegiatan: Proses <i>Filling</i>	
No	Komponen	Function		Functional Failure	Failure mode	Failure Effect
6	<i>Conveyor</i>	Alat transportasi botol dari satu unit ke unit lainnya	F	Tidak dapat memindahkan botol dari satu unit ke unit lainnya	1 <i>Take off pulley</i> rusak	<i>Conveyor</i> belt longgar
7	<i>PLC</i>	Menerjemahkan <i>input</i> menjadi <i>output</i> yang harus dijalankan oleh mesin	G	gagal menerjemahkan input menjadi <i>output</i> yang harus dijalankan oleh mesin	1 <i>Program error</i>	Kecepatan komponen berubah sendiri
8	<i>Valve Actuator Sensor</i>	Mengirim sinyal untuk membuka <i>valve</i> pada tangki	H	Gagal mengirim sinyal untuk membuka <i>valve</i> pada tangki	1 Sensor Mengalami <i>Trouble</i>	<i>Volume</i> air dari botol kurang dari standar
9	<i>Pneumatic Hose</i>	Jalur masuk udara menuju mesin	I	Udara tidak dapat masuk ke mesin	1 Selang angin utama robek	Mesin berhenti beroperasi
10	<i>Regulator</i>	Mengatur tekanan udara yang masuk ke mesin	J	Tekanan udara yang masuk ke mesin kurang	1 <i>Naple</i> regulator retak	Mesin berhenti beroperasi

Tabel 4.9 Risk Priority Number (RPN) Setiap *Failure Mode*

No	Komponen	<i>Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurance</i>	<i>Current Process Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
1	<i>Pompa Transfer</i>	<i>Mechanical Seal Bocor</i>	Cairan Tidak Bisa Dipompa Menuju <i>Nozzle</i>	6	tekanan atau gesekan berlebih	2	Pengecekan mesin saat produksi akan berlangsung	6	72
2	<i>Cap Presser</i>	<i>Screw macet</i>	Tidak dapat menekan tutup botol sehingga tutup jatuh dan terlepas	6	baut mulai longgar	2	tindakan korektif	8	96
3	<i>Screw Blower</i>	<i>Bearing Blower Aus</i>	Menimbulkan noise yang tinggi	5	gesekan yang terus menerus	2	tindakan korektif	6	60
4	<i>Starwheel</i>	<i>Starwheel Robek</i>	Mesin macet/berhenti	6	Beban dan tekanan berlebih	2	tindakan korektif	8	96
5	<i>Motor</i>	Motor Terbakar	Motor Terbakar	10	Motor tidak bisa dinyalakan	2	Pengecekan mesin saat produksi akan berlangsung	6	120
6	<i>Conveyor</i>	<i>Take off pulley rusak</i>	<i>Conveyor belt longgar</i>	10	Gaya Tegangan berlebih	2	tindakan korektif	7	140
7	<i>PLC</i>	Menerjemahkan segala input dari operator	gagal menerjemahkan input menjadi output yang harus dijalankan oleh mesin	4	program error	2	melakukan pengaturan awal di pagi hari	9	72

No	Komponen	<i>Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurance</i>	<i>Current Process Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
8	Valve Actuator Sensor	Sensor mengalami trouble	Volume air dalam botol kurang dari standar	8	tidak ada pengecekan secara mendalam	2	tindakan korektif	8	128
9	Pneumatic Hose	Selang angin utama robek	Udara tidak dapat diteruskan ke regulator dan menyebabkan mesin tidak menyala	10	Beban dan tekanan berlebih	2	Pengecekan mesin saat produksi akan berlangsung	10	200
10	Regulator	Naple regulator retak	gagal mengatur tekanan udara dan menyebabkan mesin mati	8	tidak dilakukan checking dan cleaning mendalam	2	tindakan korektif	8	128

4.5 Reliability Centered Maintenance (RCM) II Decision Worksheet

Pada sub bab sebelumnya telah dilakukan *failure mode and effect analysis* menggunakan RCM II *Information worksheet*. Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pengisian *Reliability Centerd Maintenance (RCM) II Decision Worksheet*. Pengisian RCM II *decision worksheet* dilakukan dengan mengacu pada RCM II *decision diagram* pada gambar 2.3. Pengisian RCM II *decision worksheet* meliputi pengisian *evaluation consequences* yang terdiri dari aspek *Hidden Failure* (H), *Safety* (S), *Environment* (E) dan *Operation* (O). Selain itu juga akan dilakukan pemilihan *maintenance task* yang sesuai berdasarkan *decision diagram* untuk masing-masing komponen. Pada *decision diagram* terdapat beberapa *maintenance task* yaitu *scheduled on condition task*, *scheduled on restoration task*, *scheduled on discard task*, *failure finding*, *redesign* dan *no scheduled maintenance*. Kolom *can be done by* diisi dengan orang yang bertanggung jawab pada kegiatan *maintenance* yang dilakukan. Berikut ini merupakan merupakan penyusunan *decision worksheet* bagi komponen mesin *filling R-24 A*.

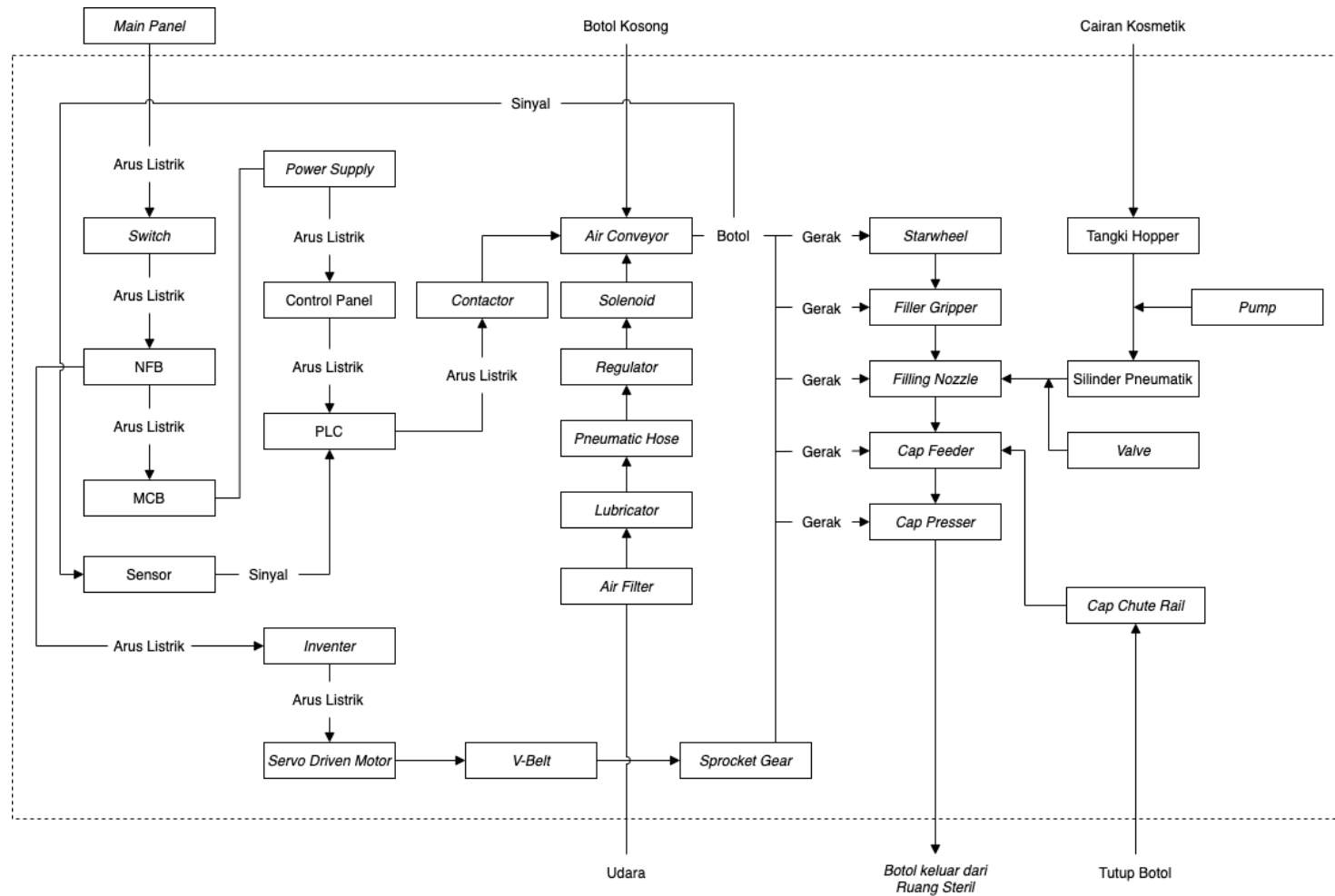
Tabel 4.10 Rekapitulasi RCM II *Decision Worksheet* Mesin *Filling R-24A*

RCM II Worksheet					Sistem : Mesin Filling R-24 A										Date			Sheet
					Fungsi sistem : Melakukan pengisian cairan													Of
Information Reference					Consequence Evaluation				H1 S1 E1 O1	H2 S2 E2 O2	H3 S3 E3 O3	Default Action			Proposed Task	Can be done by		
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4				
1	Pompa Transfer	1	A	1	Y	N	N	Y	Y						Scheduled On-Condition Task)	Maintenance Staff		
2	Cap Presser	2	B	2	Y	N	N	Y	N	Y					Scheduled Restoration Task	Maintenance Staff		
3	Screw Blower	3	C	3	Y	N	N	Y	N	N	Y				Scheduled On-Discard Task	Maintenance Staff		
4	Starwheel	4	D	4	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N		No Schedule Maintenance	Maintenance Staff		
5	Motor	5	E	5	Y	N	N	N	Y						Scheduled On-Condition Task	Maintenance Staff		
6	Conveyor	6	F	6	Y	N	N	Y	Y						Scheduled On-Condition Task	Maintenance Staff		
7	PLC	7	G	7	Y	N	N	Y	Y						Scheduled On-Condition	Machine Operator		
8	Valve Actuator Sensor	8	H	8	Y	N	N	Y	Y						Scheduled Restoration Task	Maintenance Staff		
9	Pneumatic Hose	9	I	9	Y	N	N	Y	N	N	N				Scheduled On-Discard Task	Maintenance Staff		

RCM II Worksheet					Sistem : Mesin Filling R-24 A										Date		Sheet
					Fungsi sistem : Melakukan pengisian cairan												Of
Information Reference					Consequence Evaluation				H1 S1 E1 O1	H2 S2 E2 O2	H3 S3 E3 O3	Default Action			Proposed Task	Can be done by	
No	Equipment		F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5			S4
10	Regulator		10	J	10	Y	N	N	Y	Y						Scheduled On-Condition Task	Maintenance Staff

4.6 *Functional Block Diagram*

Untuk mengimplementasikan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat *Functional Block Diagram* (FBD). FBD merupakan sebuah *top-level* presentation dari fungsi-fungsi komponen suatu sistem dan akan menunjukkan hubungan antar komponen pada sistem. Berikut ini merupakan FBD untuk mesin *filling* R-24



Gambar 4.2 *Functional Block Diagram* Mesin Filling R- 24 A

Pada awalnya *main panel* akan dihidupkan sehingga memberikan arus listrik. *Switch* berfungsi untuk mengalirkan listrik kepada komponen listrik lainnya, sedangkan *NFB* berfungsi mencegah konsleting. *MCB* akan memproteksi arus berlebih yang disebabkan beban berlebih maupun adanya hubungan pendek. Arus listrik akan menuju *power supply* yang akan memberikan arus listrik pada semua rangkaian elektronika yang ada. *Control panel* akan menyala. *Control panel* merupakan display monitor dimana operator dapat melakukan pengaturan terhadap parameter mesin. *PLC* akan menerima dan menerjemahkan parameter yang diatur mesin menjadi sebuah perintah yang harus dijalankan oleh mesin. Arus listrik akan menuju *contactor* dan akan menjalankan *air conveyor*. Listrik juga akan menggerakkan motor servo. *V-belt* akan mentransmisikan daya motor dan akan menggerakkan *sprocket gear* kemudian akan menggerakkan *starwheel*, *filler gripper*, *filling nozzle*, *cap presser* dan *cap feeder*. Selain itu sistem pneumatik juga bekerja pada mesin ini. Udara yang dimampatkan akan masuk menuju *air filter* yang akan menyaring udara kotor. Kemudian terdapat *lubricator* yang berfungsi memberi pelumas terhadap bagian-bagian mesin yang bergerak dan menimbulkan gesekan. Udara akan menuju *pneumatic hose* yang berfungsi sebagai jalan masuknya udara menuju sistem. Tekanan udara yang masuk ke dalam mesin akan diatur oleh *regulator* sehingga tekanan akan cukup untuk menyalakan mesin. Udara akan menuju solenoid. Solenoida akan berputar menghasilkan tenaga elektromagnetik dan menggerakkan *air conveyor*. Cairan kosmetik yang telah disimpan pada tangki *hopper* akan dipompa oleh pompa transfer. Silinder pneumatik akan bergerak, *valve* akan mengontrol laju aliran fluida dengan membuka dan menutup katup dan mengalirkan cairan menuju *filling nozzle*. Tutup botol yang telah dimasukkan ke dalam *cap chute rail* akan mengalir menuju *cap feeder* dengan bantuan *screw blower* yang berfungsi mendorong tutup botol menuju *cap feeder*.

4.7 Perhitungan Time to Failure Komponen

Time to failure adalah waktu kerusakan dari suatu mesin atau komponen. Untuk melakukan perhitungan *time to failure* diperlukan data historis kerusakan komponen yang didapatkan dari data historis perusahaan. Data waktu kerusakan tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai MTTF (*Mean time to failure*).

Perhitungan diawali dengan melakukan *fitting* distribusi dengan menggunakan *software* Weibull ++6

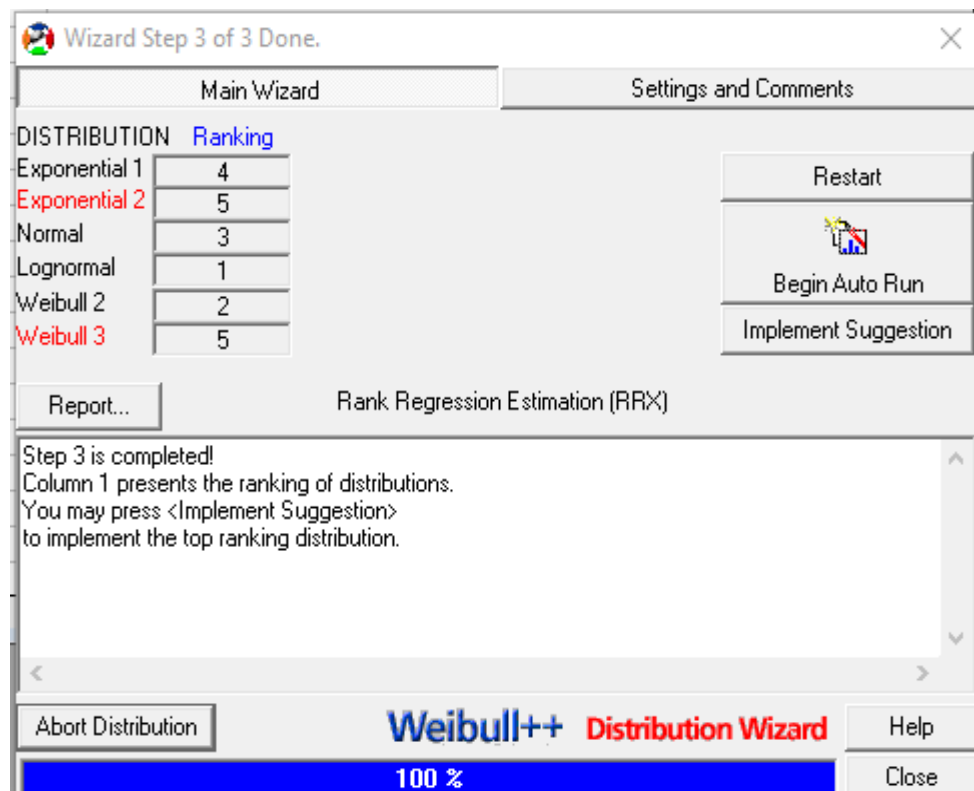
4.7.1 Fitting Distribusi *Time To Failure* Komponen

fitting distribusi dilakukan dengan menggunakan *software* Weibull 6++. Adapun yang menjadi *input* adalah data *time to failure* masing-masing komponen. Berikut ini merupakan rekap data *time to failure* bagi setiap komponen kritis mesin *filling* R-24 A

Tabel 4.11 Rekapitulasi Data *Time to Failure* Komponen

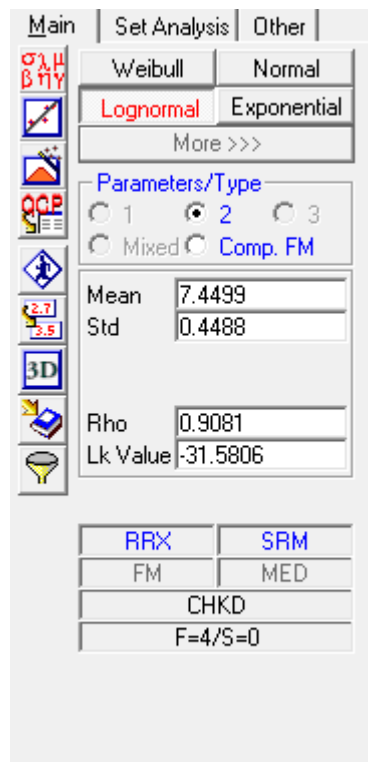
Komponen	<i>Time to Failure</i> Ke-					
	1	2	3	4	5	6
Pompa transfer	0	2016	2640	...	...	...
<i>Cap presser</i>	0	1720	2432	1328	2304	...
<i>Screw blower</i>	0	2112	2032	2000	1712	...
<i>Starwheel</i>	0	2256	1840	1344	2272	...
<i>Motor</i>	0	2464	1264	1136	2472	...
<i>Conveyor</i>	0	1624	2064	1616	1320	816
<i>PLC</i>	0	1536	1760	2128	2200	...
<i>Valve Actuator Sensor</i>	0	1552	1536	2008	2792	...
<i>Pneumatic Hose</i>	0	2552	2288	3136	...	...
<i>Regulator</i>	0	2880	2264	3016	...	...

Langkah selanjutnya adalah membuka aplikasi Weibull ++6 dan membuka *new file* dan pilih “*Time to Failure*”. Setelah itu masukkan data *time to failure* dari masing-masing komponen. Pilih icon *distribution wizard* dan *begin auto run* untuk melihat jenis distribusi yang sesuai dengan waktu kerusakan. Berikut ini merupakan contoh uji distribusi untuk komponen motor



Gambar 4.3 *Fitting Distribusi Time to Failure* Komponen Motor

Berdasarkan hasil uji distribusi diatas, dapat dilihat bahwa jenis distribusi yang sesuai dengan komponen motor adalah distribusi lognormal. Setelah mengetahui jenis distribusi yang sesuai dengan komponen tersebut, maka langkah selanjutnya adalah dengan menekan icon *calculate* untuk mengetahui nilai parameter distribusi dari komponen motor. Untuk jenis distribusi lognormal, maka parameter yang akan ditampilkan adalah *mean* dan standar deviasi.



Gambar 4.4 Parameter Distribusi *Time to Failure*

Pada gambar diatas, didapatkan nilai parameter *mean* dan standar deviasi untuk komponen motor. Adapun nilai *Rho* dan *LK Value* menunjukkan kesesuaian jenis distribusi. Semakin kecil nilai *LK value* atau *likelihood value* maka semakin sesuai jenis distribusi terpilih dengan pola distribusi data sebenarnya. Sedangkan nilai *Rho* menunjukkan nilai yang sama dengan *AVGOF* atau *average goodness of fit test* dimana semakin besar nilainya maka semakin tidak sesuai. Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil uji distribusi dan nilai parameter untuk masing-masing komponen

Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Uji Distribusi dan Nilai Parameter Komponen

No	Komponen	Distribusi	η	β	μ	σ	<i>Rho</i>	<i>LK Value</i>
1	Pompa Transfer	Weibull 2	2526.9303	4.6910			1	-14.8429
2	Screw Blower	Weibull 2	2024.7928	6.5736			0.906	-27.9257

No	Komponen	Distribusi	η	β	μ	σ	Rho	LK Value
3	Motor	Lognormal			7.4499	0.4488	0.9081	-31.5806
4	Conveyor	Normal			1488	515.4746	0.9736	-37.4129
5	Cap Presser	Weibull 2	2154.793	3.6658			0.98	-43.8589
6	Starwheel	Weibull 2	2111.3427	4.2511			0.9623	-29.6885
7	PLC	Weibull 2	2039.1231	6.1274			0.9762	-28.3027
8	Valve Actuator Sensor	Weibull 2	2154.5328	4.0015			0.8959	-30.6912
9	Pneumatic Hose	Weibull 2	2837.0598	6.2283			0.9668	-22.164
10	Regulator	Weibull 2	2895.3546	6.5341			0.9581	-21.9183

4.7.2 Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF)

Setelah melakukan uji distribusi dan mendapatkan nilai parameter distribusi untuk masing-masing komponen, maka dilakukan perhitungan nilai *mean time to failure* (MTTF). Berikut ini merupakan contoh perhitungan MTTF untuk komponen *motor*, *conveyor* dan *cap presser* yang masing-masing berdistribusi lognormal, normal dan weibull 2 parameter

1. Distribusi Lognormal

Komponen : Motor

Mean (μ) : 7.4499

Standar deviasi (σ) : 0.4488

Nilai MTTF untuk komponen motor adalah sebagai berikut

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

$$MTTF = \exp\left(7.4499 + \frac{0.4488^2}{2}\right)$$

$$MTTF = 1901.90$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka nilai MTTF komponen motor adalah sebesar 1901.9 jam

2. Distribusi Normal

Komponen : *Conveyor*

Mean (μ) : 1488

Standar deviasi (σ) : 515.4746

Nilai MTTF untuk komponen *conveyor* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \text{Mean } (\mu)$$

$$MTTF = 1488$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka nilai MTTF komponen *conveyor* adalah sebesar 1460.14 jam

3. Distribusi Weibull 2 Parameter

Komponen : *Cap presser*

Eta (η) : 2154.793

Beta (β) : 3.6658

Nilai MTTF untuk komponen *cap presser* adalah sebagai berikut

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

$$MTTF = 2154.793 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{3.6658}\right)$$

$$MTTF = 1944.70$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka nilai MTTF komponen *cap presser* adalah sebesar 1460.14 jam

Berikut ini akan ditampilkan rekapitulasi dari nilai MTTF untuk masing-masing komponen

Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai MTTF Komponen

No	Komponen	MTTF
1	Pompa Transfer	2334.13
2	<i>Screw Blower</i>	1889.13
3	<i>Motor</i>	1901.90
4	<i>Conveyor</i>	1488.00
5	<i>Cap Presser</i>	1944.70
6	<i>Starwheel</i>	1918.15

No	Komponen	MTTF
7	PLC	1895.98
8	<i>Valve Actuator Sensor</i>	1952.87
9	<i>Pneumatic Hose</i>	2637.90
10	Regulator	2701.37

4.8 Perhitungan Time to Repair Komponen

Time to repair adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin atau komponen. Waktu yang diperlukan untuk memperbaiki masing-masing komponen berbeda tergantung dengan tingkat keparahan kerusakan. Data waktu perbaikan didapat dari data historis perusahaan. Data waktu kerusakan tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai MTTR (*Mean time to repair*). Perhitungan diawali dengan melakukan *fitting* distribusi dengan menggunakan *software* Weibull ++6

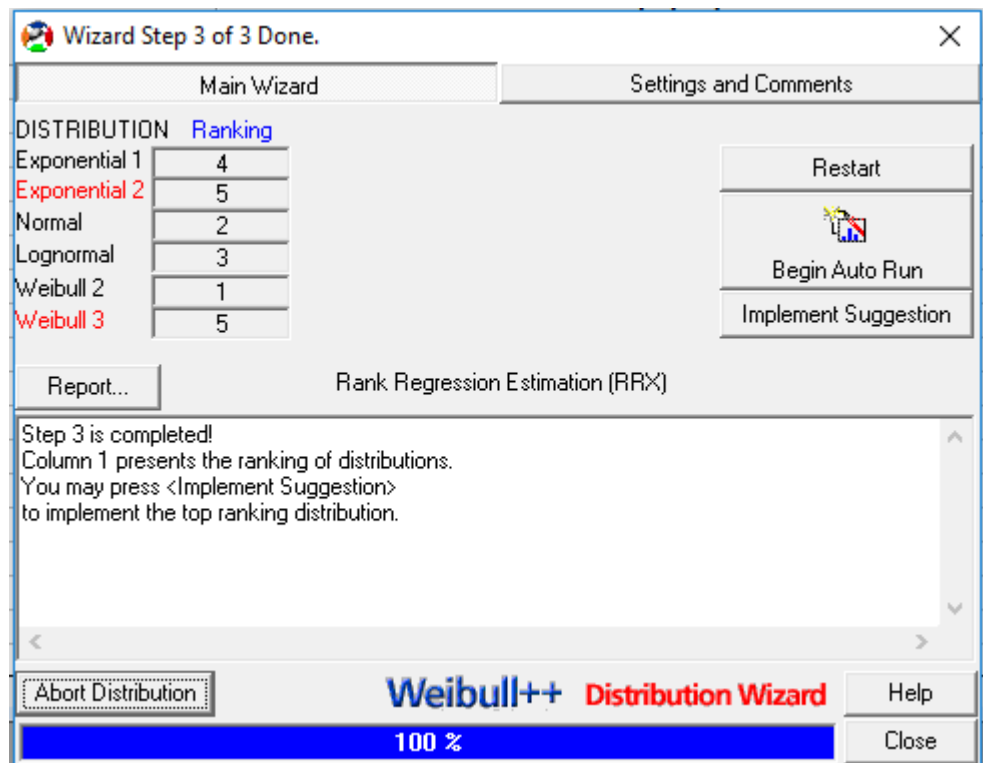
4.8.1 Fitting Distribusi Time to Repair Komponen

fitting distribusi dilakukan dengan menggunakan *software* Weibull 6++. Adapun yang menjadi *input* adalah data *time to repair* masing-masing komponen. Berikut ini merupakan rekap data *time to repair* bagi setiap komponen kritis mesin *filling* R-24 A

Tabel 4.14 Rekapitulasi Data *Time to Repair* Komponen

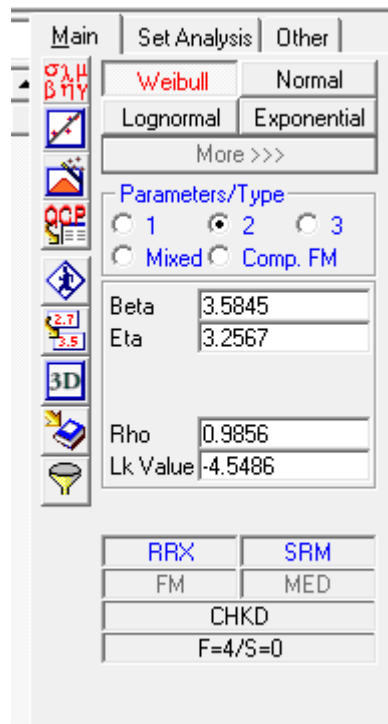
Komponen	Time to repair Ke-					
	1	2	3	4	5	6
Pompa Transfer	0	3	4			...
<i>Cap Presser</i>	0	4	1.15	3.25	2	..
<i>Screw Blower</i>	0	1.5	2	3	2	...
<i>Starwheel</i>	0	2.25	2	4.2	4	...
<i>Motor</i>	0	4.2	3	3.7	5.25	...
<i>Conveyor</i>	0	1.25	3	1.75	2.25	2
<i>PLC</i>	0	2.25	3.3	2.8	4	...
Valve Actuator Sensor	0	2.1	2.2	3	4.45	...
<i>Pneumatic Hose</i>	0	4.2	2.3	2.8	...	...
Regulator	0	3.1	4.3	2.7	...	...

Langkah selanjutnya adalah membuka aplikasi Weibull ++6 dan membuka *new file* dan pilih “*Time to Failure*”. Setelah itu masukkan data *time to repair* dari masing-masing komponen. Pilih icon *distribution wizard* dan *begin auto run* untuk melihat jenis distribusi yang sesuai dengan waktu kerusakan. Berikut ini merupakan contoh uji distribusi untuk komponen pompa transfer



Gambar 4.5 Fitting Distribusi *Time to Repair* Komponen

Berdasarkan hasil uji distribusi diatas, dapat dilihat bahwa jenis distribusi yang sesuai dengan komponen pompa transfer adalah distribusi weibull 2 parameter. Setelah mengetahui jenis distribusi yang sesuai dengan komponen tersebut, maka langkah selanjutnya adalah dengan menekan *icon calculate* untuk mengetahui nilai parameter distribusi dari komponen pompa transfer. Untuk jenis distribusi weibull 2 parameter, maka parameter yang akan ditampilkan adalah nilai eta (η) dan beta (β). Nilai eta merupakan *scale parameter* yang menunjukkan *characteristic life*. Apabila bernilai lebih dari 1 maka komponen sudah dalam masa tua. Sedangkan beta merupakan parameter bentuk.



Gambar 4.6 Parameter Distribusi *Time to Repair* Komponen

Pada gambar diatas, didapatkan nilai parameter eta dan beta untuk komponen pompa transfer. Nilai Rho dan *LK Value* menunjukkan kesesuaian jenis distribusi. Semakin kecil nilai LK value atau *likelihood value* maka semakin sesuai jenis distribusi terpilih dengan pola distribusi data sebenarnya. Sedangkan nilai Rho menunjukkan nilai yang sama dengan *AVGOF* atau *average goodness of fit test* dimana semakin besar nilainya maka semakin tidak sesuai. Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil uji distribusi data *time to repair* dan nilai parameter untuk masing-masing komponen

Tabel 4.15 Rekapitulasi Hasil Uji Distribusi dan Nilai Parameter Komponen

No	Komponen	Distribusi	η	β	μ	σ	Rho	LK Value
1	Pompa transfer	Weibull 2	3.2567	3.5845			0.9856	-4.5846
2	<i>screw blower</i>	Lognormal			0.7726	0.3202	0.9534	-3.1993
3	motor	Lognormal			1.3751	0.2755	0.9981	-5.1042

No	Komponen	Distribusi	η	β	μ	σ	Rho	LK Value
4	<i>conveyor</i>	Weibull 2	2.2888	3.2546			0.9903	-4.5015
5	<i>cap presser</i>	Weibull 2	3.0367	1.8287			0.9930	-6.3175
6	<i>starwheel</i>	Normal			3.1125	1.2512	0.9252	-5.8343
7	PLC	Weibull 2	3.3896	4.1370			0.9970	-4.1685
8	Valve Actuator Sensor	Weibull 2	3.2564	3.1825			0.9140	-5.4091
9	<i>Pneumatic Hose</i>	Weibull 2	3.4539	3.2671			0.9610	-3.7842
10	Regulator	Weibull 2	3.6786	4.2398			0.9514	-3.3165

4.8.2 Perhitungan *Mean Time to Repair*

Setelah melakukan uji distribusi dan mendapatkan nilai parameter distribusi untuk masing-masing komponen, maka dilakukan perhitungan nilai *mean time to repair* (MTTR). Berikut ini merupakan contoh perhitungan MTTR untuk komponen *screw blower*, *starwheel* dan pompa transfer yang masing-masing berdistribusi, lognormal, normal dan weibull 2 parameter

1. Distribusi Lognormal

Komponen : *Screw Blower*

Mean (μ) : 0.7726

Standar deviasi (σ) : 0.3202

Nilai MTTF untuk komponen pompa transfer adalah sebagai berikut

$$MTTF = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right)$$

$$MTTF = \exp \left(0.7726 + \frac{0.3202^2}{2} \right)$$

$$MTTF = 2.2793$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka nilai MTTR komponen pompa transfer adalah sebesar 2.2793 jam

2. Distribusi Normal

Komponen : *Starwheel*

Mean (μ) : 3.1125

Standar deviasi (σ) : 1.2512

Nilai MTTF untuk komponen *starwheel* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \text{Mean } (\mu)$$

$$MTTF = 3.1125$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka nilai MTTR komponen *conveyor* adalah sebesar 3.1125 jam

3. Distribusi Weibull

Komponen : Pompa Transfer

Eta (η) : 4.3972

Beta (β) : 3.8175

Nilai MTTF untuk komponen *cap presser* adalah sebagai berikut

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

$$MTTF = 4.3972 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{3.8175}\right)$$

$$MTTF = 3.9606$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka nilai MTTR komponen pompa transfer adalah sebesar 3.9606 jam

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan nilai MTTR komponen mesin *filling* R-24 A.

Tabel 4.16 Rekapitulasi Nilai MTTR Komponen

No	Komponen	MTTR
1	Pompa Transfer	3,9606
2	<i>Screw Blower</i>	2,2793
3	motor	4,1085
4	<i>conveyor</i>	2,0542
5	<i>cap presser</i>	2,6972
6	<i>starwheel</i>	3,1125
7	PLC	3,0795
8	Sensor	2,9177
9	<i>Pneumatic Hose</i>	3,0999
10	Regulator	3,3269

4.9 Reliability Block Diagram

Reliability block diagram digunakan sebagai sarana untuk mengevaluasi sistem. Pada *reliability block diagram* terdapat susunan yang menggambarkan hubungan antar komponen yang tersusun dalam rangkaian seri maupun paralel. Identifikasi penyusunan *reliability block diagram* dilakukan untuk mengetahui nilai keandalan mesin *filling* R-24 A. Perhitungan nilai keandalan komponen dilakukan berdasarkan data kondisi eksisting yang sudah diolah dengan rekomendasi waktu 1920 jam (20 hari kerja, 8 jam/hari, selama 1 tahun). Berikut ini akan ditampilkan contoh perhitungan nilai keandalan masing-masing komponen kritis mesin *filling* R-24 A

1. Komponen : *Screw blower*

Eta (η) : 2024.7928

Beta (β) : 6.5736

Nilai M untuk komponen *cap presser* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$

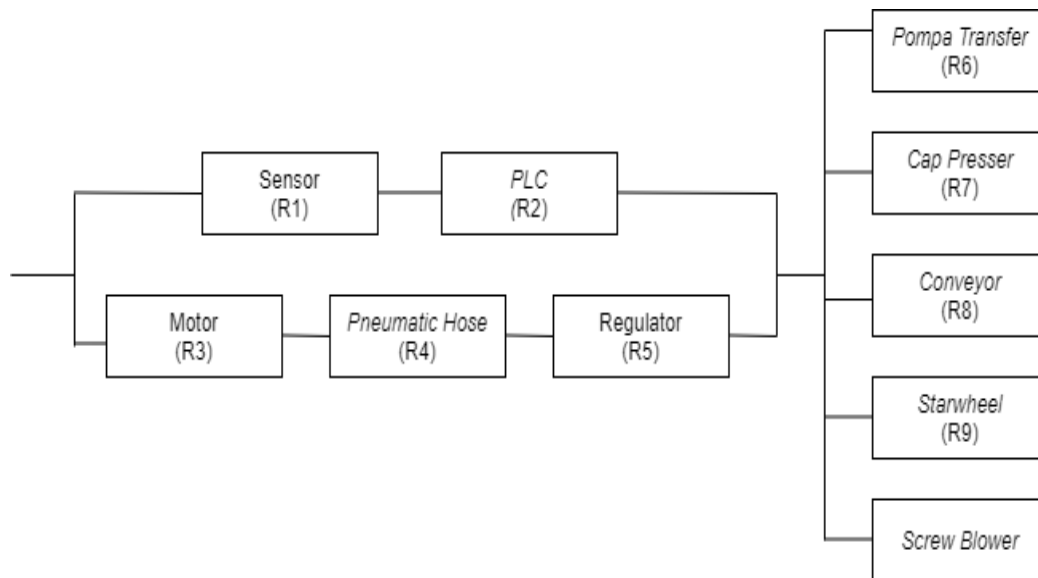
$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2024.7928} \right)^{6.5736} \right]$$

$$R(t) = 0,4940$$

Tabel 4.17 Rekapitulasi Nilai Keandalan Komponen

No	Komponen	R(t)
1	Pompa Transfer	0.7591
2	<i>Screw Blower</i>	0.4940
3	motor	0.4020
4	<i>conveyor</i>	0.2005
5	<i>cap pressure</i>	0.5194
6	<i>starwheel</i>	0.5129
7	PLC	0.5008
8	Valve Actuator Sensor	0.5323
9	<i>Pneumatic Hose</i>	0.9159
10	Regulator	0.9340

Pada tabel 4.11 diketahui nilai keandalan masing-masing komponen mesin *filling* R-24 A. Untuk mengetahui nilai keandalan mesin, maka dibuat *reliability block diagram*. Berikut ini merupakan gambar susunan *reliability block diagram* mesin *filling* R-24 A.



Gambar 4.7 Reliability Block Diagram Mesin Filling R-24 A

R seri 1	: $R_1 \times R_2$: $0,5323 \times 0,5008$: $0,267$
R seri 2	: $R_3 \times R_4 \times R_5$: $0,4020 \times 0,9159 \times 0,9340$: $0,344$
R paralel 1	: $1 - (1 - R_{\text{seri1}}) \times (1 - R_{\text{seri 2}})$: $1 - (0,733) \times (0,656)$: $0,519$
R paralel 2	: $1 - (1 - R_6) \times (1 - R_7) \times (1 - R_8) \times (1 - R_9) \times (1 - R_{10})$: $1 - ((0,2409) \times (0,506) \times (0,862) \times (0,4871) \times (0,4806))$: $1 - 0,081$: $0,919$
R Mesin	: $R_{\text{paralel 1}} \times R_{\text{paralel 2}}$

$$: 0,519 * 0,9183$$

$$: 0,506$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka didapatkan nilai keandalan mesin sebesar 50,6 % dari 100%

4.10 Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan

Pada subbab ini akan dilakukan perhitungan interval waktu pemeliharaan untuk masing-masing komponen mesin *filling* R-24 A berdasarkan jenis *maintenance task* yang telah dipilih dengan menggunakan RCM II Decision Diagram.

4.10.1 Interval Pemeliharaan *Scheduled On-Condition Task*

Berdasarkan hasil pengisian RCM II *decision diagram* yang dilakukan melalui diskusi dan rekomendasi dari pekerja departemen teknik, didapatkan beberapa komponen dengan tipe pemeliharaan *Scheduled on-condition task* yaitu komponen *Motor, regulator, conveyor, PLC* dan pompa transfer

Interval waktu perawatan *scheduled on condition task* dilakukan dengan memperhatikan P-F interval. P merupakan titik dimana terjadi gejala yang menunjukkan akan terjadi kegagalan, dan F merupakan titik terjadinya kegagalan. Penentuan P-F interval dilakukan berdasarkan pengalaman pekerja departemen teknik dan pengamatan di lapangan. P-F interval umumnya diketahui oleh operator mesin maupun pekerja departemen teknik. Berikut ini merupakan contoh perhitungan interval pemeliharaan untuk komponen motor

- Komponen : Motor
- P-F Interval : 1 Tahun

$$\text{Interval perawatan} = \frac{1}{2} \times P - f \text{ Interval}$$

$$\text{Interval Perawatan} = \frac{1}{2} \times 2 \text{ Tahun}$$

$$\text{Interval Perawatan} = 1 \text{ Tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan interval waktu perawatan untuk komponen motor adalah 1 tahun. Berikut ini merupakan tabel hasil rekapitulasi interval waktu perawatan *scheduled on condition task* untuk masing-masing komponen

Tabel 4.18 Rekapitulasi Interval Perawatan *Scheduled On Condition Task*

No	Komponen	Komponen	Interval P-F (Tahun)	Proposed Interval (Tahun)
1	<i>Scheduled on condition task</i>	<i>Motor</i>	1	0,5
		<i>Regulator</i>	2	1
		<i>Conveyor</i>	1	0,5
		Pompa transfer	2	1
		<i>PLC</i>	1	0,5

4.10.2 Interval Pemeliharaan *Scheduled Restoration Task*

Berdasarkan hasil pengisian RCM II *decision diagram* yang dilakukan melalui diskusi dan rekomendasi dari pekerja departemen teknik, didapatkan beberapa komponen dengan tipe pemeliharaan *Scheduled Restoration task* yaitu komponen *cap presser* dan *valve actuator Sensor*.

Kegiatan *maintenance* pada *scheduled restoration task* dilakukan dengan melakukan *overhaul* pada *assembly* pada saat atau sebelum umur pakai komponen tanpa melihat kondisi komponen pada waktu tersebut. Kegiatan pada *scheduled restoration task* mencakup *preventive maintenance* dan *interval-based maintenance*. Berikut ini merupakan contoh perhitungan interval pemeliharaan *scheduled restoration task* untuk komponen *cap presser*.

Tabel 4.19 Nilai Parameter Komponen *Cap Pressure*

No	Komponen	Distribusi	η	β
1	<i>Cap Presser</i>	Weibull 2 Parameter	2154.7930	3.6658

Berdasarkan tabel diatas, diketahui nilai parameter untuk komponen *cap presser* dengan distribusi weibull 2 parameter. Perhitungan *scheduled restoration*

task menggunakan asumsi departemen teknik yaitu 70% mengikut Standar Industri Indonesia (SII) yang berarti perawatan akan dilakukan apabila keandalan komponen dibawah 70%. Kegiatan perawatan dilakukan saat $t = 1700$ jam. Keandalan setelah dilakukan *restoration task* dapat dilihat pada $t = 1800$ jam dengan perhitungan seperti dibawah ini

$$R_m(t) = R(t)^n R(t - nt)$$

$$R_m(1800) = 0.5962^1 * 1 = 0.5962$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan nilai keandalan setelah dilakukan perawatan yang pertama pada $t = 1800$ sebesar 0.5962. berikut ini merupakan tabel simulasi untuk komponen *cap pressure*.

Tabel 4.20 Simulasi *Scheduled Restoration Task Cap Presser*

Mesin	Filling R-24A					
Komponen	Cap Pressure					
n	t	t-(nT)	R(t)	R(t)^n	R(t-nT)	Rm(t)
0	0	0	1	1	1	1
0	100	100	1	1	1	1
0	200	200	0.9998	1	0.9998	0.9998
0	300	300	0.9993	1	0.9993	0.9993
0	400	400	0.9979	1	0.9979	0.9979
0	500	500	0.9953	1	0.9953	0.9953
0	600	600	0.9908	1	0.9908	0.9908
0	700	700	0.9839	1	0.9839	0.9839
0	800	800	0.9739	1	0.9739	0.9739
0	900	900	0.9601	1	0.9601	0.9601
0	1000	1000	0.9418	1	0.9418	0.9418
0	1100	1100	0.9185	1	0.9185	0.9185
0	1200	1200	0.8896	1	0.8896	0.8896
0	1300	1300	0.8548	1	0.8548	0.8548
0	1400	1400	0.8140	1	0.8140	0.8140
0	1500	1500	0.7672	1	0.7672	0.7672
0	1600	1600	0.7148	1	0.7148	0.7148
1	1700	0	0.6575	0.6575	1.0000	0.6575
1	1800	100	0.5962	0.5962	1.0000	0.5962

Mesin	Filling R-24A					
Komponen	Cap Pressure					
n	t	t-(nT)	R(t)	R(t)^n	R(t-nT)	Rm(t)
1	1900	200	0.5323	0.5323	0.9998	0.5323
1	2000	300	0.4673	0.4673	0.9993	0.4669

Berikut ini merupakan rekaptulasi interval perawatan komponen dengan *scheduled restoration task*

Tabel 4.21 Rekapitulasi Interval Perawatan *Scheduled Restoration Task*

No	Komponen	Proposed Task	Interval Perawatan
1	Cap Presser	Scheduled Restoration Task	1700 jam
2	Valve Actuator Sensor	Scheduled Restoration Task	1700 jam

4.10.3 Interval Pemeliharaan *Scheduled On-Discard Task*

Interval pemeliharaan *scheduled on discard task* merupakan kegiatan penggantian komponen baik pada saat atau sebelum batas umur pakai tanpa memperhatikan kondisi komponen tersebut. Umumnya kegiatan ini merupakan kegiatan yang kurang ekonomis. Adapun komponen yang perlu dilakukan *scheduled on discard task* adalah komponen *pneumatic hose* dan *screw blower*. Berikut ini merupakan contoh perhitungan interval pemeliharaan *scheduled on discard task* dengan menggunakan persamaan

$$TM = \eta \times \frac{CM^{\frac{1}{\beta}}}{CF(\beta - 1)}$$

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan interval perawatan *scheduled on discard*.

- Jumlah hari kerja selama satu bulan adalah 20 Hari
- Jam kerja pabrik adalah 8 jam per hari

- Harga produk milk cleanser adalah Rp.9.600
- Jumlah rata-rata produksi per jam adalah 1200 botol
- Pekerja departemen teknik yang bertanggung jawab pada unit cairan kenta termasuk mesin *filling* R-24 A adalah 3 Orang
- Gaji pekerja setiap bulan adalah Rp.4.350.000
- Estimasi losses produksi sebesar 15% per hari

Berikut ini merupakan contoh perhitungan interval perawatan dengan *scheduled on discard task* untuk komponen *pneumatic hose*

$$Co = \text{Losses produksi} * \text{Harga Produk} \times \text{Output/jam}$$

$$Co = \text{Rp. } 9.600 \times 1200$$

$$Co = \text{Rp. } 11.520.000 / \text{jam}$$

$$Cw = \text{Jumlah karyawan departemen } \textit{maintenance} \times \text{biaya kerja/hari}$$

$$Cw = 3 \times \text{Rp. } 217.500$$

$$Cw = \text{Rp. } 692.500 / \text{hari}$$

$$Cw = \text{Rp. } 81,563 / \text{jam}$$

$$CF = CR + MTTR (Co + Cw)$$

$$CF = \text{Rp.} 375.000 + 3.0999 (\text{Rp.} 11.520.000 + \text{Rp.} 81.563)$$

$$CF = \text{Rp. } 36.338.396$$

$$CM = Co + Cw + CF$$

$$CM = \text{Rp. } 11.520.000 + \text{Rp. } 81,563 + \text{Rp. } 36.338.396$$

$$CM = \text{Rp. } 47.939.959$$

Berikut ini merupakan nilai parameter eta dan beta untuk komponen *pneumatic hose*

Tabel 4.22 Rekapitulasi Nilai Parameter Distribusi *Pneumatic Hose*

No	Purposed Task	Komponen	η	β
1	<i>Scheduled on discard task</i>	<i>Pneumatic Hose</i>	2837.0598	6.2283

Maka nilai TM *pneumatic hose* yaitu

$$TM = 2837.0598 \times \frac{\text{Rp. } 47.939.959}{\text{Rp. } 36.338.396(6.2283 - 1)} \frac{1}{6.2283}$$

$$TM = 2274.314 \text{ jam}$$

Berikut ini merupakan rekapitulasi interval perawatan komponen dengan *scheduled on-discard task*

Tabel 4.23 Rekapitulasi Interval Perawatan *Scheduled On Discard Task*

No	Komponen	<i>Proposed Task</i>	Interval Perawatan
1	<i>Pneumatic Hose</i>	<i>Scheduled on Discard Task</i>	2274,314 jam
2	<i>Screw Blower</i>	<i>Scheduled on Discard Task</i>	1553,3969 jam

4.11 Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya dilakukan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan pada kondisi eksisting dan setelah rekomendasi. Perhitungan biaya mempertimbangkan interval perawatan setiap komponen mesin. Pada kondisi eksisting PT X, kegiatan pemeliharaan yang dilakukan adalah kegiatan *corrective maintenance*, dimana kegiatan ini merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan apabila komponen sudah mengalami kerusakan. Waktu untuk kegiatan pemeliharaan ini tidak dapat diketahui dengan pasti. Untuk itu dibutuhkan asumsi yang dilakukan bersama pekerja dari departemen teknik yang sudah terbiasa di lapangan. Adapun asumsi yang dibuat adalah sebagai berikut

- Pada kegiatan pemeliharaan eksisting interval perawatan yang digunakan untuk setiap komponen adalah setahun sekali, yang berarti 1920 jam (8 jam x 20 hari kerja per bulan x 12)

Berikut ini merupakan rekapitulasi waktu perawatan setiap komponen berdasarkan kondisi eksisting dan rekomendasi

Tabel 4.24 Rekapitulasi Waktu Perawatan Kondisi Eksisting dan Rekomendasi

No	Komponen	Waktu Eksisting (Hour)	Waktu Rekomendasi (Hour)	Frekuensi Perawatan Rekomendasi (Per tahun)
1	Pompa Transfer	1920	1920	1
2	<i>Screw Blower</i>	1920	1553	1
3	<i>Motor</i>	1920	960	2
4	<i>Conveyor</i>	1920	960	2
5	<i>Cap Presser</i>	1920	1700	1
6	<i>Starwheel</i>	1920	<i>No Scheduled Maintenance</i>	-
7	<i>PLC</i>	1920	960	2
8	<i>Valve Actuator Sensor</i>	1920	1700	1
9	<i>Pneumatic Hose</i>	1920	2274	-
10	<i>Regulator</i>	1920	1920	1

Pada tabel diatas, diketahui waktu perawatan kondisi eksisting dan rekomendasi. Waktu perawatan eksisting merupakan waktu perawatan yang didapat dari hasil diskusi dengan karyawan departemen teknik berdasarkan pengalaman di lapangan. Sedangkan waktu perawatan rekomendasi merupakan waktu yang didapatkan dari hasil perhitungan interval perawatan berdasarkan tipe perawatan yang telah didapatkan dari RCM II *decision worksheet*.

4.11.1 Biaya Perawatan Komponen

Perhitungan biaya perawatan dapat dilakukan dengan memperhatikan komponen CW, CF dan CR. untuk metode eksisting, berikut ini akan ditampilkan perhitungan biaya tenaga kerja (CW) selama satu tahun.

CW: Gaji Pekerja x jumlah pekerja x banyaknya bulan

CW: Rp. 4.350.000 x 3x12

CW: Rp. 156.600.000

Dalam menghitung biaya perawatan, perlu menghitung biaya untuk tenaga kerja. Jumlah tenaga kerja pada departemen teknik berjumlah 3 orang dengan gaji sebesar Rp. 4.350.000 per bulan. Adapun perhitungan untuk *cost of replacement* material adalah sebagai berikut

CR: Cost of material x Frekuensi x Jumlah Komponen

Contoh perhitungan untuk komponen pompa transfer adalah sebagai berikut

CR: Rp. 5.250.000 x 1 x 1

CR: Rp. 5.250.000

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan nilai CR untuk komponen pompa transfer sebesar Rp. 5.250.000. Sedangkan untuk perhitungan CF atau estimasi biaya perawatan komponen adalah 20% dari CR. Sehingga nilai CF untuk komponen pompa transfer adalah sebagai berikut

CF: 0,2 x Rp. 5.250.000

CF: Rp. 1.050.000

Berikut ini merupakan rekapitulasi nilai CW, CR dan CF untuk setiap komponen pada kondisi eksisting

Tabel 4.25 Rekapitulasi Nilai CR, CW dan CF Kondisi Eksisting

No	Komponen	Frekuensi Pemeliharaan	Jumlah Komponen	Harga Komponen	CR	CW	CF
1	Pompa Transfer	1	1	Rp210,000	Rp210,000	Rp156,600,000	Rp42,000
2	<i>Screw blower</i>	1	1	Rp1,150,000	Rp1,150,000		Rp230,000
3	<i>motor</i>	1	1	Rp17,252,000	Rp17,252,000		Rp3,450,400
4	<i>conveyor</i>	1	1	Rp178,000	Rp178,000		Rp35,600
5	<i>cap presser</i>	1	4	Rp132,720	Rp530,880		Rp106,176
6	<i>starwheel</i>	1	3	Rp975.000	Rp2,925.000		Rp585
7	PLC	1	1	Rp3,683,000	Rp3,683,000		Rp736,600
8	Sensor	1	1	Rp1,700,000	Rp1,700,000		Rp340,000
9	<i>Pneumatic Hose</i>	1	1	Rp11,400,000	Rp11,400,000		Rp2,280,000
10	Regulator	1	1	Rp320,000	Rp320,000		Rp64,000

Tabel 4.26 Rekapitulasi Nilai CR, CW dan CF Rekomendasi

No	Komponen	Frekuensi Pemeliharaan	Jumlah Komponen	Harga Komponen	CR	CW	CF
1	Pompa Transfer	1	1	Rp210.000		Rp156.600.000	Rp42.000
2	<i>Screw blower</i>	1	1	Rp1.150.000	Rp1.150.000		Rp230.000
3	<i>motor</i>	2	1	Rp17.252.000			Rp6.900.800
4	<i>conveyor</i>	2	1	Rp178.000			Rp71.200
5	<i>cap presser</i>	1	4	Rp132.720			Rp26.544
6	<i>starwheel</i>	-	3	Rp975,000			-
7	PLC	2	1	Rp3.683.000			Rp1.473.200
8	Sensor	1	1	Rp1.700.000			Rp340.000

No	Komponen	Frekuensi Pemeliharaan	Jumlah Komponen	Harga Komponen	CR	CW	CF
9	<i>Pneumatic Hose</i>	-	1	Rp11.400.000			-
10	Regulator	1	1	Rp320.000			Rp64.000

Biaya perawatan pada kondisi eksisting perusahaan adalah sebagai berikut

$$CM: CW + CR + CF$$

$$CM: Rp. 156.600.000 + Rp. 36.426.805 + Rp. 7.285.361$$

$$CM: Rp. 200.312.166$$

Sedangkan biaya perawatan rekomendasi adalah sebagai berikut

$$CM: CW + CR + CF$$

$$CM: Rp. 156.600.000 + Rp. 1.150.000 + Rp. 9.147.774$$

$$CM: Rp. 166.897.744$$

Dari hasil perhitungan biaya perawatan pada kondisi eksisting dan rekomendasi, maka dapat diketahui efisiensi biaya perawatan. Perhitungan efisiensi biaya perawatan adalah sebagai berikut

$$Efisiensi\ biaya = \frac{biaya\ eksisting - biaya\ rekomendasi}{biaya\ eksisting} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ biaya = \frac{Rp. 200.312.166 - Rp. 166.897.744}{Rp. 200.312.166} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ biaya = 16,68\%$$

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

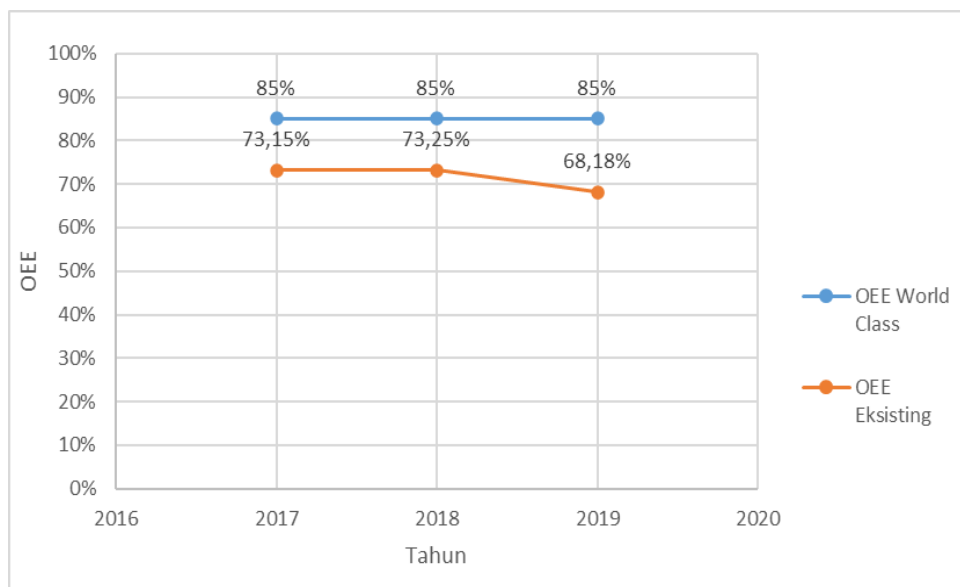
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis dan interpretasi data yang telah diperoleh dari hasil perhitungan pada bab sebelumnya

5.1 Analisis Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

OEE merupakan suatu nilai yang menunjukkan efektivitas suatu mesin atau peralatan berdasarkan paramater *availability rate*, *performance rate* dan *qualiy rate*. Berikut ini merupakan nilai parameter OEE berdasarkan *standar world class*. (Nakajima, 1988)

- *Availability rate* > 90%
- *Performance rate* > 95%
- *Quality Rate* > 99%
- Nilai OEE > 85%

Adapun rata-rata nilai OEE yang dicapai PT X pada kondisi eksisting dibandingkan dengan *world class standar* adalah sebagai berikut



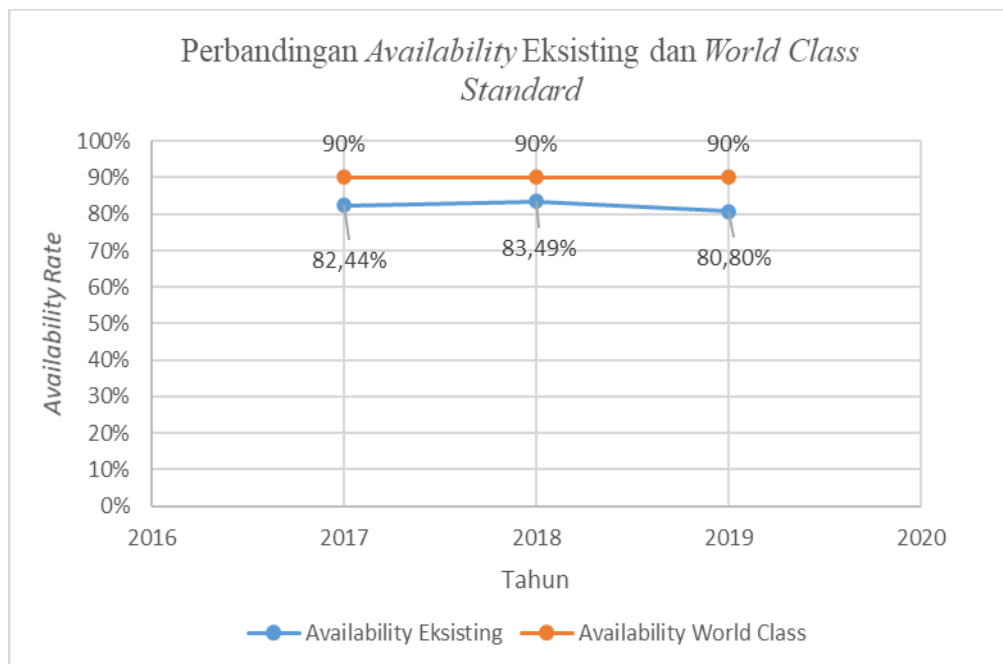
Gambar 5.1 Perbandingan Nilai OEE Eksisting dan *World Class Standard*

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa nilai OEE mesin *filling R-24*

A pada tahun 2017 hingga 2019 masih berada dibawah *world class standard*.. Pada tahun 2017 nilai OEE kondisi eksisting sebesar 73,15%, pada tahun 2018 sebesar 73,25%, dan pada tahun 2019 sebesar 68,18%. Hal ini tentunya dipengaruhi oleh nilai parameter *availaibility*, *performance* dan *quality* dari mesin.

5.1.1 Parameter Availability Rate

Parameter *availibility* menunjukkan ketersediaan peralatan dapat digunakan pada saat dibutuhkan. Pada kondisi eksisting perusahaan, nilai *availability rate* pada tahun 2018-2020 menunjukkan angka yang masih dibawah *world class standard*.



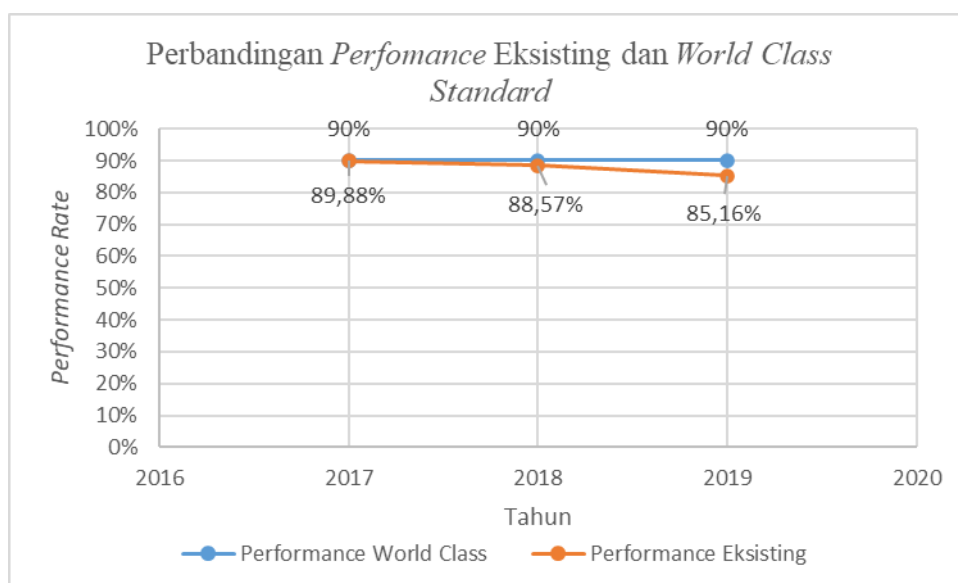
Gambar 5.2 Perbandingan Nilai Availability Eksisting dan *World Class Standard*

Nilai *availability* pada tahun 2017 adalah 82,44%, pada tahun 2018 sebesar 83,49% dan pada tahun 2019 sebesar 80,8%. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai *availability* antara lain waktu *equipment failure* dan waktu *setup* dan *adjusment*. Waktu yang dibutuhkan untuk *setup* dan *adjusment* mesin *filling* R-24 A sebelum digunakan membutuhkan waktu 20-30 menit. Waktu *setup* ini tergolong lebih lama dibandingkan dengan waktu *setup* dan *adjusment* mesin

filling pada lini produksi lainnya. Hal ini dikarenakan mesin *filling* R-24 A merupakan mesin buatan lokal sehingga terdapat beberapa *setting* yang lebih sulit dilakukan dibandingkan dengan mesin lainnya yang merupakan mesin produksi negara lain. Waktu yang juga digolongkan sebagai waktu *setup* dan *adjustment* adalah waktu penggantian nomor *batch* produksi dimana setiap penggantian membutuhkan waktu 15-20 menit dengan jumlah penggantian satu hingga 2 kali per hari. *Equipment failure* juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya nilai *availability* mesin *filling* R-24 A. *unplanned breakdown* akibat kerusakan komponen menyebabkan proses produksi menjadi terkendala dan *availabilitas* perusahaan menurun. *Unplanned breakdown* yang terjadi di perusahaan dapat disebabkan oleh kegiatan *maintenance* perusahaan yang tidak tepat. Pada PT X sendiri, kegiatan *maintenance* yang dilakukan lebih banyak bersifat *corrective maintenance* ketika telah terjadi kerusakan. Akibatnya kegiatan produksi menjadi terganggu dan *availabilitas* mesin menurun.

5.1.2 Parameter *Performance Rate*

Parameter *performance* digunakan untuk mengetahui kinerja mesin dalam proses produksi. Pada kondisi eksisting perusahaan pada tahun 2017-2019, nilai performansi perusahaan masih dibawah *world class standard*.

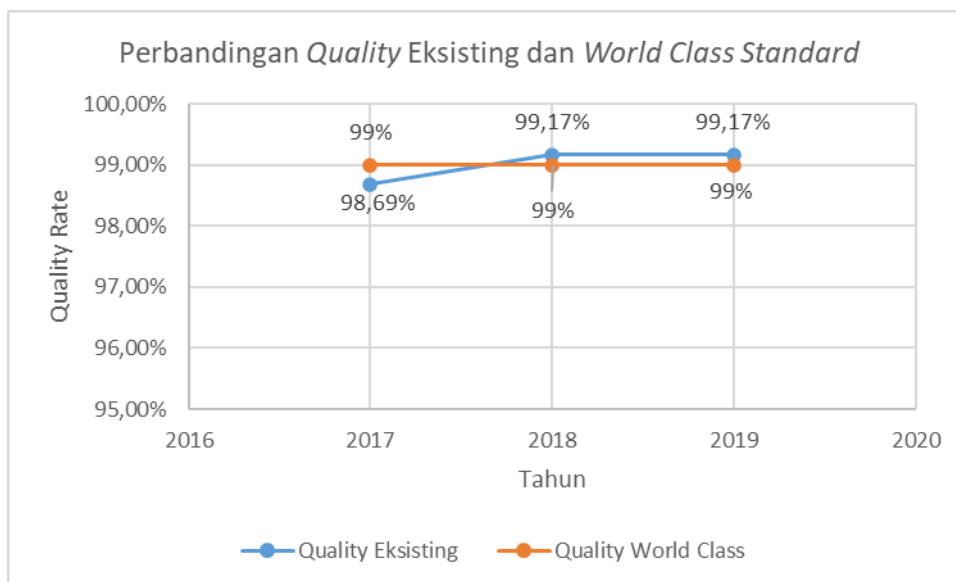


Gambar 5.3 Perbandingan Nilai *Performance* Eksisting dan *World Class Standard*

Nilai *performance* pada tahun 2017 sebesar 89,88%. Pada tahun 2018 sebesar 88,57%, dan pada tahun 2019 sebesar 85,16%. Nilai ini masih dibawah *world class standar* sebesar 90%. Grafik nilai *performance* mesin *filling R-24 A* menunjukkan penurunan setiap tahunnya. Hal ini disebabkan oleh umur mesin yang bertambah sehingga keandalan mesin mengalami penurunan. Berdasar hasil pengamatan lapangan, perusahaan menurunkan pengaturan kecepatan mesin sehingga waktu aktual produksi eksisting dan yang seharusnya mengalami penurunan. Pada kondisi eksisting waktu yang diperlukan untuk memproduksi satu produk adalah 3 detik dari yang seharusnya 1,8 detik. Tentunya hal ini berdampak pada penurunan jumlah produksi harian. Padatnya jadwal produksi memaksa mesin untuk terus menerus beroperasi sesuai target produksi. Penurunan kecepatan ini sengaja dilakukan perusahaan untuk meringankan kinerja mesin agar tetap dapat beroperasi secara optimal.

5.1.3 Parameter *Quality Rate*

Quality rate menunjukkan kemampuan mesin dalam memproduksi produk sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan. Pada kondisi eksisting perusahaan pada tahun 2017 berada dibawah *world class standard*, sedangkan pada tahun 2018-2019, nilai *quality rate* perusahaan telah melebihi *world class standard*.



Gambar 5.4 Perbandingan Nilai *Quality* Eksisting dan *World Class Standard*

Nilai *quality rate* perusahaan pada tahun 2017 adalah sebesar 98,69 %, pada tahun 2018 sebesar 99,17%, dan pada tahun 2019 juga sebesar 99,17%. Umumnya pada proses pengisian mesin *filling*, dilakukan *rework* pada produk dengan *volume* yang tidak sesuai standard. Hal ini biasanya disebabkan oleh *transfer pump* mesin *filling* yang mengalami kerusakan, ataupun kerusakan pada *PLC* yang menyebabkan setelan program berubah dengan sendirinya. Kecacatan pada produk juga dapat terjadi akibat *human error* yaitu kesalahan pengaturan *control panel* yang dilakukan oleh operator mesin.

5.2 Analisis Keterkaitan Antar Komponen

Keterkaitan antar komponen dapat dilihat dalam *reliability block diagram* pada Gambar 4.7. Masing-masing komponen tersusun secara seri maupun paralel terhadap komponen lainnya. Komponen motor, *pneumatic hose* dan *regulator* tersusun secara seri. Komponen motor merupakan komponen yang berada pada posisi utama yang menerima arus listrik. Motor yang menyala kemudian akan membantu kompresor dalam melakukan kompresi udara. Udara yang terkompresi akan melalui *pneumatic hose* sebagai jalan udara menuju mesin, kemudian mesin *regulator* akan mengatur tekanan udara yang masuk. Setelah tekanan udara yang masuk sudah sesuai, maka komponen akan beroperasi. Sedangkan *valve actuator* sensor dan *PLC* akan tersusun secara seri. Sensor akan mendapat tenaga dari listrik kemudian akan mendeteksi input. *Input* akan diteruskan menuju *PLC*, dan *PLC* akan menerjemahkan *input* yang diberikan, baik dari sensor sendiri maupun input yang diberikan operator melalui *control panel*. Apabila motor tidak berfungsi maka akan terjadi kegagalan pada keseluruhan komponen dan menyebabkan mesin tidak dapat menyala. Sedangkan kegagalan pada sensor maupun *PLC* tidak akan menyebabkan mesin mati, namun akan mengurangi jumlah *output* produksi akibat adanya *defect* yang ditimbulkan. Hal ini dikarenakan, kegagalan sensor dalam mendeteksi *input* terutama *valve actuator sensor* akan menyebabkan *valve* pada tangki tidak membuka, sehingga *volume* air tidak dapat diatur atau disesuaikan. Hal ini menyebabkan jumlah cairan yang diisi ke dalam botol kosmetik tidak sesuai standar yang telah ditetapkan.

5.3 Analisis RCM II *Information Worksheet*

RCM II *Information worksheet* merupakan *tools* yang digunakan untuk mengetahui *failure mode* setiap komponen dan dampak yang ditimbulkan pada sistem. *Information worksheet* dibuat dalam bentuk *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk mengetahui fungsi komponen dalam sistem, kegagalan sistem, dan akibat dari kegagalan. Berdasarkan hasil analisis menggunakan FMEA, penyebab kegagalan dapat digolongkan menjadi 2, yaitu kegagalan yang bersifat fungsional, dan kegagalan yang disebabkan oleh umur pakai komponen. Setiap modulus kegagalan memiliki *Risk Priority Number* masing-masing, dimana nilai *risk priority number* terbesar adalah pada modulus kegagalan robeknya selang angin utama pada komponen *pneumatic hose*. Resiko dari masing-masing kegagalan dijadikan acuan perusahaan dalam melakukan kegiatan pemeliharaan.

5.4 Analisis RCM II *Decision Worksheet*

RCM II *Decision worksheet* digunakan untuk mencatat hasil keputusan *proposed task* yang sesuai untuk masing-masing komponen setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan dari *decision diagram*. Masing-masing komponen memiliki *proposed task* yang berbeda tergantung dari jenis kegagalan yang terjadi. Setiap modulus kegagalan akan dilihat dampaknya dari segi *hidden failure*, *operational*, *safety* dan *environment*.

5.4.1 *Scheduled On-Condition Task*

Kegiatan *scheduled on condition task* adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengecek adanya *potential failure* sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan *potential failure* tersebut. Kegiatan *scheduled on condition task* umumnya berupa *condition monitoring*, *condition-based maintenance* dan *predictive maintenance*. Berikut ini merupakan perbandingan Komponen dengan *proposed task* berupa *scheduled on condition task* yaitu

- Pompa Transfer

Pada umumnya, pompa transfer berfungsi untuk memompa cairan kosmetik yang disimpan pada tangki *hopper* agar dapat dialirkan menuju *nozzle* pengisi

cairan. Kerusakan pada pompa transfer memiliki dampak operasional sehingga menyebabkan aliran air tersumbat dan pengisian cairan pada mesin *filling* tidak maksimal bahkan terhenti. Kerusakan pada pompa transfer tidak memiliki dampak terhadap keselamatan pekerja dan kelestarian lingkungan. Kegiatan perawatan yang sesuai untuk komponen pompa transfer adalah *scheduled on-condition task*, dimana kegiatan yang diusulkan adalah melakukan *visual inspection*, melakukan cek vibrasi terhadap pompa transfer serta pembersihan dan pelumasan secara berkala. Kegiatan ini dirasa cukup untuk mencegah kerusakan pada komponen ini.

- *Motor.*

Kerusakan pada motor penggerak mesin dapat memberikan dampak operasional terhadap keseluruhan produksi karena berpotensi menyebabkan mesin mati. Penggantian motor sendiri apabila rusak dapat terbilang mahal sehingga perlu adanya kegiatan *maintenance* yang tepat. Kegiatan *maintenance scheduled on condition* dengan melakukan *visual inspection*, *vibration checking* serta pengecekan kondisi *sprocket gear* dan pemberian pelumasan untuk mencegah *sprocket gear* menjadi aus.

- *Regulator*

Regulator berfungsi untuk mengatur tekanan udara yang masuk ke mesin. Apabila tekanan udara yang masuk berkurang dapat menyebabkan mesin tidak beroperasi. Tentunya hal ini memberikan dampak operasional yang tinggi. Kegiatan perawatan yang diusulkan untuk komponen regulator adalah *scheduled on condition* dengan melakukan pengecekan kondisi *naple* dan tekanan angin serta pengecekan *volume* oli regulator.

- *PLC*

PLC merupakan otak dari segala instruksi yang diberikan operator pada mesin. Kegiatan yang diusulkan adalah *scheduled on condition* dengan melakukan monitoring terhadap *control panel*.

- *Conveyor*

Conveyor berfungsi sebagai alat transportasi pada mesin *filling*. Kerusakan pada take off pulley *conveyor* menyebabkan conveyor belt menjadi longgar. Untuk itu kegiatan yang diusulkan adalah *scheduled on condition* dengan melakukan

pengecekan tekanan yang diterima *take off pulley*, sehingga tidak terjadi *over pressure* dan *take off pulley* tidak patah.

5.4.2 Scheduled Restoration Task

Kegiatan *scheduled restoration task* merupakan kegiatan untuk mengembalikan kemampuan asal suatu komponen dengan melakukan *overhaul* suatu *assembly*. Kegiatan ini mencakup *preventive maintenance* dan *interval-based maintenance*. Komponen dengan usulan kegiatan *scheduled restoration task* adalah komponen *cap presser* dan *valve actuator sensor*

- *Cap Presser*

Kerusakan *as capper* pada *cap presser* menyebabkan tekanan pada proses penguncian tutup botol menjadi besar dan menyebabkan leher botol cacat. Kegiatan pemeliharaan yang diusulkan adalah dengan melakukan *overhaul* untuk mengembalikan keandalan komponen ini pada interval waktu yang telah ditetapkan. Akan dilakukan proses pengecekan mur dan drat *as capper* secara keseluruhan serta mengencangkannya.

- *Valve Actuator Sensor*

Valve Actuator Sensor digunakan untuk mendeteksi adanya *input* berupa level fluid pada tangki mesin *filling*. Kerusakan yang sering terjadi adalah *Valve Actuator Sensor* yang tidak dapat mendeteksi input yang ada. Kegiatan perawatan yang diusulkan adalah melakukan kegiatan *scheduled restoration* dengan melakukan pengecekan kondisi kabel *Valve Actuator Sensor*, pengecekan pelampung *Valve Actuator Sensor*, melakukan pengecekan kondisi *reflector*

5.4.3 Scheduled on Discard Task

Kegiatan *scheduled on discard task* merupakan kegiatan penggantian komponen sebelum atau saat batas umur pakai yang telah ditentukan tanpa memperhatikan kondisi komponen saat itu. Berikut ini merupakan komponen dengan usulan kegiatan *scheduled on discard task*.

- *Pneumatic Hose*

Pneumatic hose memiliki fungsi sebagai tempat jalannya udara untuk

memasuki mesin. Kerusakan *pneumatic hose* dapat menyebabkan mesin berhenti. Penggantian *pneumatic hose* ini membutuhkan waktu yang lama karena *spare part* dari *pneumatic hose* sendiri hanya bisa dipesan dari vendor penyedia mesin *filling R-24 A*. Kegiatan *scheduled on discard* dengan melakukan penggantian *pneumatic hose* dirasa tepat agar proses produksi tetap berjalan baik.

- *Screw Blower*

Kerusakan pada *screw blower* menyebabkan *noise* yang tinggi pada rel penampung tutup botol saat proses pemberian tutup botol. Kegiatan yang diusulkan ada *scheduled on discard* dengan melakukan penggantian *bearing screw blower*.

5.5 Analisis Perhitungan MTTF

Perhitungan MTTF dilakukan untuk mengetahui rata-rata waktu kerusakan pada setiap komponen yang ada di PT X. Terdapat 10 komponen kritis pada mesin *filling R-24 A*. Komponen-komponen tersebut memiliki data *time to failure* yang berbeda. Masing-masing data memiliki jenis distribusi yang berbeda pula berdasarkan hasil *fitting* distribusi yang telah dilakukan sebelumnya. Terdapat 7 komponen dengan jenis distribusi weibull 2 parameter yaitu *screw blower*, *cap presser*, *starwheel*, *PLC*, *Valve Actuator Sensor*, *pneumatic hose* dan *regulator*. Distribusi lognormal terdiri dari 2 komponen yaitu pompa transfer dan *motor*, dan satu komponen berdistribusi normal yaitu komponen *conveyor*. Perhitungan MTTF masing-masing komponen dilakukan dengan menggunakan rumus perhitungan MTTF yang sesuai dengan jenis distribusi setiap komponen. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai MTTF terkecil adalah komponen pompa transfer sebesar 1460,14 jam dan nilai MTTF terbesar pada komponen *regulator* sebesar 2701.37 jam. Nilai MTTF ini digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan kalender perawatan.

5.6 Analisis Perhitungan MTTR

Perhitungan MTTR dilakukan untuk mengetahui rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan pada setiap komponen yang ada di PT X. Terdapat 10 komponen kritis pada mesin *filling R-24 A*. Komponen-komponen tersebut memiliki data *time to failure* yang berbeda. Masing-masing data memiliki jenis distribusi yang berbeda pula berdasarkan hasil *fitting* distribusi yang telah

dilakukan sebelumnya. Terdapat 7 komponen dengan jenis distribusi weibull 2 parameter, yaitu pompa transfer, *conveyor*, *cap presser*, *PLC*, *Valve Actuator Sensor*, *pneumatic hose* dan regulator. Distribusi lognormal terdiri dari 2 komponen yaitu *screw blower* dan *motor*, dan satu komponen berdistribusi normal yaitu komponen *starwheel*. Perhitungan MTTR masing-masing komponen dilakukan dengan menggunakan rumus perhitungan MTTR yang sesuai dengan jenis distribusi setiap komponen. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai MTTR terkecil adalah komponen *conveyor* yaitu sebesar 2,0542 jam dan nilai MTTR terbesar pada komponen motor sebesar 4,1085 jam. Nilai MTTR ini digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan kalender perawatan.

5.7 Analisis Interval Waktu dan Kalender Perawatan

Interval waktu perawatan dibuat berdasarkan jenis *proposed task* yang telah ditentukan untuk masing-masing komponen. Terdapat 6 komponen dengan interval perawatan *scheduled on condition*, 2 komponen dengan perawatan *scheduled on discard*, 1 komponen dengan perawatan *scheduled on restoration task*. dan satu komponen dengan *no scheduled maintenance*. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, maka didapatkan interval perawatan untuk masing-masing komponen sebagai berikut

Tabel 5.1 Rekapitulasi Interval Perawatan Komponen Mesin *Filling R-24 A*

No	Purposed Task	Komponen	Interval Perawatan (Jam)
1	<i>Scheduled on discard task</i>	<i>Pneumatic Hose</i>	2274
		<i>Screw Blower</i>	1553
2	<i>Scheduled on condition task</i>	<i>Motor</i>	960
		<i>Regulator</i>	1920
		<i>Conveyor</i>	960
		Pompa Transfer	1920
		<i>PLC</i>	960
3	<i>Scheduled restoration task</i>	<i>Cap Presser</i>	1700
		<i>Valve Actuator Sensor</i>	1700
4	<i>No Scheduled Maintenance</i>	<i>Starwheel</i>	<i>No scheduled Maintenance</i>

Pemeliharaan *screw blower* dilakukan dengan melakukan penggantian komponen pada interval waktu 1553 jam, untuk komponen *pneumatic hose* dan 2274 jam pada komponen *screw blower*. Untuk komponen *motor*, *PLC*, dan *conveyor* kegiatan *scheduled on condition* pada interval waktu 960 jam. Untuk komponen pompa transfer dan regulator, dilakukan *scheduled on condition task* pada interval waktu 1920 jam. Rekomendasi waktu ini berdasarkan pengalaman karyawan departemen teknik dalam memperhatikan P-F interval untuk komponen-komponen tersebut. Perawatan untuk komponen *cap presser* dan *valve actuator sensor* adalah *scheduled on restoration* pada interval waktu 1700 jam, sedangkan untuk komponen *starwheel* dilakukan *no schduled maintenance* karen dirasa tidak ada jenis pemeliharaan untuk komponen *starwheel* yang dinilai lebih ekonomis dibandingkan dengan *no scheduled maintenance*.

5.8 Analisis Biaya Perawatan

Analisis biaya perawatan dibuat untuk mengetahui perbandingan biaya perawatan metode eksisting dan rekomendasi serta mengetahui efisiensi biaya yang dikeluarkan. Berdasarkan hasil perhitungan biaya perawatan kondisi eksisting dan rekomendasi, didapatkan nilai efisiensi biaya sebesar 16,68 % dengan total penghematan sebesar Rp. 33.308.442. Hal ini terjadi karena pada kondisi eksisting umumnya dilakukan kegiatan *corrective maintenance* yaitu kegiatan pemeliharaan setelah terjadi kerusakan, sehingga komponen biasanya sudah dalam keadaan yang tidak baik dan tak jarang harus dilakukan penggantian. Sedangkan pada kegiatan rekomendasi, dilakukan kegiatan *preventive maintenance* untuk mencegah terjadinya kerusakan sebelum sampai pada rentang waktu MTTF komponen tersebut. Menurut pihak perusahaan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan *preventive maintenance* sekitar 20% dari harga komponen, sehingga terjadi penghematan. Saat ini perusahaan menjalankan kegiatan *maintenance* saat kegiatan operasional sedang berjalan. Menurut pihak perusahaan, hal ini dilakukan agar tidak membayar biaya lembur karyawan. Namun, berdasar hasil perhitungan biaya yang telah dilakukan pada sub bab 4.11, biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk melakukan perawatan hanya sebesar Rp. 81.563 untuk 3 orang karyawan. sehingga apabila kegiatan perawatan dilakukan di luar shift kerja maka biaya yang

dibutuhkan menjadi lebih murah karena tidak ada konsekuensi biaya kehilangan produksi sebesar Rp. 11.520.000. Selain itu, pada kegiatan rekomendasi dilakukan perhitungan terhadap interval perawatan sehingga dapat diketahui kapan seharusnya perawatan dilakukan. Hal ini tentunya dapat mengurangi biaya untuk kegiatan perawatan yang sebenarnya tidak terlalu dibutuhkan.

5.9 Estimasi Peningkatan Nilai OEE

Pengukuran yang dilakukan mengetahui keberhasilan penerapan RCM adalah dengan membandingkan OEE sebelum dan sesudah menerapkan RCM (Suzuki, 1992). Untuk *parameter availability rate*, salah satu penyebab rendahnya availabilitas mesin adalah *breakdown* yang tidak terduga. Dengan melakukan kegiatan *maintenance* seperti yang diusulkan pada bab sebelumnya dengan interval pemeliharaan seperti yang telah dihitung, perusahaan dapat mencegah *breakdown* yang tidak terduga. Dengan mengasumsikan adanya *zero breakdown* setelah menerapkan kegiatan RCM yang telah diusulkan, sebagai contoh menggunakan data pada tahun 2018, maka akan terjadi peningkatan nilai *availability* sebagai berikut

Tabel 5.2 Estimasi Peningkatan Nilai *Availability* Setelah Perbaikan

Komponen <i>Availability</i>	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Total waktu <i>breakdown</i>	123,92 jam	0
Total waktu <i>setup and adjusment</i>	138,72 jam	1381,72 jam
Equipment operating time	1330,36 jam	1452,2 jam
<i>Availability Rate</i>	83,49%	91,20%

Dengan mengasumsikan akan terjadi *zero breakdown* dengan melakukan kegiatan RCM yang telah diusulkan, akan terjadi peningkatan *availability* sebesar 7,71% dari yang semula sebesar 83,49% menjadi 91,20%.

Peningkatan availabilitas mesin tentunya akan berpengaruh pada performansi perusahaan. Tidak adanya *unplanned breakdown* berpengaruh pada peningkatan *operating time*. Peningkatan *operating time* tentunya akan menambah jumlah *output* produksi. Berikut ini merupakan perbandingan nilai *performance rate* kondisi eksisting dan setelah rekomendasi

Tabel 5.3 Estimasi Peningkatan *Performance Rate* Setelah Perbaikan

Komponen <i>Performance Rate</i>	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Total <i>operating time</i>	1330,36 jam	1452,2 jam
Total <i>production amount</i>	2.352.306 unit	2.593.214 unit
<i>Performance Rate</i>	88,57%	89,16%

Terjadi peningkatan *performance rate* dari yang semula 88,57% menjadi 89,16%. Peningkatan *production amount* juga akan mempengaruhi *quality rate* perusahaan. Dengan mengasumsikan bahwa jumlah produk *rework* atau cacat tetap dan *production amount* bertambah, maka akan didapatkan nilai parameter *quality rate* rekomendasi sebagai berikut.

Tabel 5.4 Estimasi Peningkatan *Quality Rate* Setelah Perbaikan

Komponen <i>Quality Rate</i>	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Total <i>production amount</i>	2.352.306 unit	2.593.214 unit
Total <i>Product Defect</i>	19.576 unit	19.576 unit
Jumlah Produk Baik	2.332.730 unit	2.573.638
<i>Performance Rate</i>	99,17%	99,24%

Estimasi peningkatan *quality rate* adalah sebesar 0,7% dari yang semula 99,17% menjadi 99,24%. Perubahan pada nilai *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate* tentunya akan mempengaruhi nilai OEE. Perhitungan estimasi nilai OEE setelah adanya rekomendasi adalah sebagai berikut

Tabel 5.5 Estimasi Peningkatan Nilai OEE Setelah Perbaikan

Parameter	Sebelum Perbaikan (%)	Sesudah Perbaikan (%)
<i>Availability Rate</i>	83.49	91.2
<i>Performance Rate</i>	88.57	89.16
<i>Quality Rate</i>	99.17	99.24
OEE	73,25%	80.69%

Estimasi peningkatan nilai OEE adalah sebesar 7,44% dari nilai kondisi eksisting sebesar 73,35% menjadi 80,69%. Namun, perlu diketahui bahwa

pencapaian peningkatan OEE tidaklah mudah. Terdapat hambatan-hambatan yang mungkin terjadi. Untuk mengurangi atau mencegah *unplanned breakdown*, kegiatan pemeliharaan terhadap mesin harus dilakukan secara menyeluruh dan didukung dengan kemampuan serta kesiapan departemen teknik dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan. Selain itu, merubah budaya internal perusahaan dan kesiapan perusahaan dalam melakukan perubahan juga perlu dianalisis lebih secara lebih mendalam.

BAB 6

Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai penarikan kesimpulan dari hasil pengerjaan penelitian tugas akhir yang dilakukan. Selain itu pemberian saran juga dilakukan untuk peneleitian selanjutnya

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil pengerjaan penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut

1. Nilai Efektifitas mesin *filling* R-24 A pada tahun 2017 adalah sebesar 73,15%, pada tahun 2018 sebesar 73,25% dan pada tahun 2019 sebesar 68,16%
2. Perancangan aktivitas perawatan untuk masing-masing komponen mesin *filling* R-24 A didapatkan berdasar jenis *proposed task* pada RCM II *decision wokrsheet*. Terdapat 5 komponen dengan aktivitas pemeliharaan *scheduled on condition task* antara lain komponen *motor*, *regulator*, pompa transfer, *conveyor*, dan *PLC*. Komponen dengan aktivitas pemeliharaan *schduled on restoration task* dilakukan pada 2 komponen yaitu komponen *cap presser* dan *valve actuator sensor*, dan 2 komponen dengan aktivitas pemeliharaan *scheduled on discard task* yaitu komponen *pneumatic hose* dan *screw blower*.
3. Interval perawatan untuk masing-masing komponen didapat dari hasil perhitungan berdasarkan *proposed task* pada RCM II *decision worksheet* dan diskusi dengan pihak departemen teknik. Didapatkan interval perawatan untuk komponen *motor*, *conveyor* dan *PLC* adalah 960 jam, interval perawatan pompa transfer dan regulator adalah 1920 jam, *cap presser* dan *valve actuator sensor* pada interval waktu 1700 jam, *screw blower* pada 1553 jam dan *pneumatic hose* pada 2274 jam.
4. Estimasi peningkatan OEE dengan menggunakan contoh data pada tahun 2018 adalah sebesar 7,44%

6.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah perhitungan OEE tidak hanya dilakukan pada satu mesin. Selain itu, pembuatan kalender perawatan tidak hanya dilakukan selama 1 tahun periode namun lebih dari 1 tahun, serta mempertimbangkan waktu lembur perusahaan.

Adapun saran yang diberikan bagi perusahaan adalah sebagai berikut

1. Melakukan pencatatan waktu kerusakan setiap mesin dan dampaknya secara rapi dan teratur sehingga mempermudah perusahaan dalam menganalisis keandalan mesin
2. Melakukan kegiatan perawatan di luar shift kerja sehingga tidak terjadi kehilangan biaya akibat kegiatan operasional yang tidak berjalan.

Daftar Pustaka

- Afiva, W. H., Atmaji, F. T., & Alhilman, J. (2019). Usulan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan FMECA. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*.
- Ahyari, A. (2002). *Manajemen Produksi Perencanaan Sistem Produksi, Buku I, Edisi Keempat*. Yogyakarta: BPFE UGM.
- Assauri, D. S. (1980). *Manajemen Produksi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Davis, R. K. (1995). *Productivity Improvement Through TPM*. . Productivity Improvement Through TPM: Prentice Hall.
- Dhillon, B. S. (2006). *Maintanability, Maintenance and Reliability for Engineers*. New York: CRC Press.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineerinnng*. New York: MCGraw Hill Companie Inc.
- Heizer, J., & Render, B. (2011). *Operation Management*. New Jersey: Pearson Education,Inc.
- Ibrahim, T., & Rosmiati. (2019). Maintenance of Decision Engineering Program in The Distribution of Sea Water Pump in PT .KMI With The-RCM II Approach. *International Journal of Engineering, Information Science and Applied Sciences*, 2.
- Moore, R. (2002). *Making Common Sense Common Practice Models for Manufacturing Excellence*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Moubray, J. (1997). *RCMII: Reliability-Centered Maintenance 2nd Edition*. New Jersey: Industrial Press Inc.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productive Press.Inc.
- Sajaradj, Z., Sinulingga, S., & Huda, L. N. (2020). The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing Industry. *International Conference on Industrial and Manufacturing Engineering*. Medan: IOP Science.

- Sembiring, N. (2018). The Engine Maintenance Scheduling by Using Reliability Centered Maintenance method and The Identification of 5S Application in PT XYZ. *IOP Conferences Series : Material Science and Engineering* (p. 2). IOP Science.
- Stamatis, D. H. (2003). *FMEA from Theory to Execution 2nd Edition*. Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Supandi. (1995). *Manajemen Perawatan Industri*. Bandung: Ganeca Exact.
- Suzuki, T. (1992). *TPM in Process Industry*. New York: Productivity Press.
- Yusuf, B., Rahman, A., & Himawan, R. (2015). Analisa Overall Equipment Effectiveness to Improve The Dop Machine Maintenance System Based On Total Productive Maintenance. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri* , 100-112.

Lampiran 1

Perhitungan OEE tahun 2018 dan 2019

Data Availability Rate Mesin Filling R-24 A Periode 2018

Bulan	Loading time (hour)	setup and adjusment (Hour)	breakdown and repair (hour)	Planned downtime(hour)	operating time (hour)	Availability (%)
January	127	11.85	14.25	33	100.9	79.45
February	136	10.27	9.78	24	115.95	85.26
March	129	12.75	13.12	31	103.13	79.95
April	131	12.15	14.15	29	104.7	79.92
May	133	12.24	10.25	27	110.51	83.09
June	141	11.82	12.14	19	117.04	83.01
July	128	12.45	11.35	32	104.2	81.41
August	140	12.45	16.18	20	111.37	79.55
September	132	10.95	8.45	28	112.6	85.30
October	127	9.25	7.25	33	110.5	87.01
November	141	12.37	2.25	19	126.38	89.63
December	128	10.17	4.75	32	113.08	88.34

Data Performace Rate Mesin Filling R-24 A Periode 2018

Bulan	operating time (hour)	production amount	ideal cycle time (hour)	Performance Rate (%)
January	100.9	185709	0.0005	92.03
February	115.95	192148	0.0005	82.86
March	103.13	195024	0.0005	94.55
April	104.7	186601	0.0005	89.11
May	110.51	201827	0.0005	91.32
June	117.04	201713	0.0005	86.17
July	104.2	193330	0.0005	92.77
August	111.37	199851	0.0005	89.72
September	112.6	193919	0.0005	86.11
October	110.5	189053	0.0005	85.54
November	126.38	214572	0.0005	84.89
December	113.08	198559	0.0005	87.80

Data *Quality Rate* Mesin *Filling* R-24 A Periode 2018

Bulan	<i>Production Amount (unit)</i>	<i>Defect/rework amount (unit)</i>	Produk baik (unit)	<i>Quality Rate (%)</i>
<i>January</i>	185709	1011	184698	99.46
<i>February</i>	192148	1928	190220	99.00
<i>March</i>	195024	1034	193990	99.47
<i>April</i>	186601	1381	185220	99.26
<i>May</i>	201827	1285	200542	99.36
<i>June</i>	201713	2429	199284	98.80
<i>July</i>	193330	1362	191968	99.30
<i>August</i>	199851	1255	198596	99.37
<i>September</i>	193919	1535	192384	99.21
<i>October</i>	189053	2074	186979	98.90
<i>November</i>	214572	1909	212663	99.11
<i>December</i>	198559	2373	196186	98.80

Data *OEE* Mesin *Filling* R-24 A Periode 2018

Bulan	<i>Availability (%)</i>	<i>Performance(%)</i>	<i>Quality(%)</i>	<i>OEE(%)</i>
<i>January</i>	79.45	92.03	99.46	72.72%
<i>February</i>	85.26	82.86	99.00	69.93%
<i>March</i>	79.95	94.55	99.47	75.19%
<i>April</i>	79.92	89.11	99.26	70.69%
<i>May</i>	83.09	91.32	99.36	75.39%
<i>June</i>	83.01	86.17	98.80	70.67%
<i>July</i>	81.41	92.77	99.30	74.99%
<i>August</i>	79.55	89.72	99.37	70.93%
<i>September</i>	85.30	86.11	99.21	72.87%
<i>October</i>	87.01	85.54	98.90	73.61%
<i>November</i>	89.63	84.89	99.11	75.41%
<i>December</i>	88.34	87.80	98.80	76.64%
<i>Average</i>				73.25%

Data *Availability Rate* Mesin *Filling* R-24 A Periode 2019

Bulan	<i>Loading time (hour)</i>	<i>setup and adjusment (Hour)</i>	<i>breakdown and repair (hour)</i>	<i>Planned downtime (hour)</i>	<i>operating time (hour)</i>	<i>Availability (%)</i>
<i>January</i>	132	11.25	6	28	114.75	86.93
<i>February</i>	128	10.73	10	32	107.27	83.80
<i>March</i>	136	11.27	18.77	24	105.96	77.91
<i>April</i>	139	12.14	20	21	106.86	76.88

Bulan	Loading time (hour)	setup and adjusment (Hour)	breakdown and repair (hour)	Planned downtime (hour)	operating time (hour)	Availability (%)
May	127	10.37	8	33	108.63	85.54
June	138	11.21	11.1	22	115.69	83.83
July	134	10.46	12	26	111.54	83.24
August	142	12.32	18.21	18	111.47	78.50
September	138	10.76	24.6	22	102.64	74.38
October	136	11.24	17.33	24	107.43	78.99
November	138	12.15	15.4	22	110.45	80.04
December	140	11.78	16.7	20	111.52	79.66

Data Performance Rate Mesin Filling R-24 A Periode 2019

Bulan	operating time (hour)	production amount	ideal cycle time (hour)	Performance Rate (%)
January	114.75	203446	0.0005	88.65
February	107.27	201685	0.0005	94.01
March	105.96	195424	0.0005	92.22
April	106.86	198732	0.0005	92.99
May	108.63	190305	0.0005	87.59
June	115.69	196114	0.0005	84.76
July	111.54	207684	0.0005	93.10
August	111.47	199231	0.0005	89.37
September	102.64	197632	0.0005	96.27
October	107.43	187476	0.0005	87.25
November	110.45	187252	0.0005	84.77
December	111.52	195236	0.0005	87.53

Data Quality Rate Mesin Filling R-24 A Periode 2019

Bulan	Production Amount (unit)	Defect/rework amount (unit)	Produk baik (unit)	Quality Rate (%)
January	203446	1418	202028	99.30
February	201685	2182	199503	98.92
March	195424	1883	193541	99.04
April	198732	1976	196756	99.01
May	190305	2517	187788	98.68
June	196114	1959	194155	99.00
July	207684	879	206805	99.58
August	199231	467	198764	99.77
September	197632	1258	196374	99.36
October	187476	1546	185930	99.18

Bulan	<i>Production Amount (unit)</i>	<i>Defect/rework amount (unit)</i>	Produk baik (unit)	<i>Quality Rate (%)</i>
<i>November</i>	187252	1994	185258	98.94
<i>December</i>	195236	1367	193869	99.30

Data *OEE* Mesin *Filling R-24 A* Periode 2019

Bulan	<i>Availability (%)</i>	<i>Performance(%)</i>	<i>Quality(%)</i>	<i>OEE</i>
<i>January</i>	86.932	82.11	99.30	70.88%
<i>February</i>	83.805	84.02	98.92	69.65%
<i>March</i>	77.912	82.38	99.04	63.56%
<i>April</i>	76.878	85.95	99.01	65.42%
<i>May</i>	85.535	82.38	98.68	69.53%
<i>June</i>	83.833	80.85	99.00	67.11%
<i>July</i>	83.239	87.33	99.58	72.39%
<i>August</i>	78.500	87.41	99.77	68.45%
<i>September</i>	74.377	94.31	99.36	69.70%
<i>October</i>	78.993	93.32	99.18	73.11%
<i>November</i>	80.036	80.82	98.94	64.00%
<i>December</i>	79.657	81.03	99.30	64.10%
<i>Average</i>				68.16%

Lampiran 2

Data Kerusakan Komponen Mesin

No	Komponen	Start Date	Completed Date	TTF (Hours)	TTR (Hours)
1	<i>Pompa Transfer</i>	6-Apr-17	6-Apr-17	0	0
		14-Sep-17	14-Sep-17	1288	3
		23-May-18	23-May-18	2008	2.75
		9-Nov-18	9-Nov-18	1360	4
		26-Mar-19	26-Mar-19	1096	2
2	<i>Cap Presser</i>	24-Mar-17	24-Mar-17	0	0
		25-Oct-17	25-Oct-17	1720	4
		25-Aug-18	25-Aug-18	2432	1.15
		7-Feb-19	7-Feb-19	1328	3.25
		22-Nov-19	22-Nov-19	2304	2
3	<i>Screw Blower</i>	27-Apr-17	27-Apr-17	0	0
		16-Jan-18	16-Jan-18	2112	1.5
		27-Sep-18	27-Sep-18	2032	2
		4-June-19	4-June-19	2000	3
		4-Dec-19	4-Dec-19	1464	2
4	<i>Conveyor</i>	11-Jan-17	11-Jan-17	0	0
		2-Aug-17	2-Aug-17	1624	1.25
		17-Apr-18	17-Apr-18	2064	3
		5-Nov-18	5-Nov-18	1616	1.75
		19-Apr-19	19-Apr-19	1320	2.25
		30-Jul-19	30-Jul-19	816	2
5	<i>Motor</i>	7-Feb-17	7-Feb-17	0	0
		12-Dec-17	12-Dec-17	2464	4.2
		19-May-18	19-May-18	1264	3
		8-Oct-18	8-Oct-18	1136	3.7
		13-Aug-19	13-Aug-19	2472	5.25
6	<i>Starwheel</i>	13-Mar-17	13-Mar-17	0	0
		20-Dec-17	20-Dec-17	2256	2.25
		7-August-18	7-August-18	1840	2
		22-Jan-19	22-Jan-19	1344	4.2
		2-Nov-19	2-Nov-19	2272	4
7	<i>PLC</i>	29-Mar-17	29-Mar-17	0	0
		7-Oct-17	7-Oct-17	1536	2.25
		15-May-18	15-May-18	1760	3.3
		5-Feb-19	5-Feb-19	2128	2.8

No	Komponen	Start Date	Completed Date	TTF (Hours)	TTR (Hours)
		7-Nov-19	7-Nov-19	2200	4
8	Valve Actuator Sensor	14-Feb-17	14-Feb-17	0	0
		27-Aug-17	27-Aug-17	1552	2.1
		7-Mar-18	7-Mar-18	1536	2.2
		13-Nov-18	13-Nov-18	2008	3
		28-Oct-19	28-Oct-19	2792	4.45
9	<i>Pneumatic Hose</i>	19-Jan-17	19-Jan-17	0	0
		4-Dec-17	4-Dec-17	2552	4.2
		16-Sep-18	16-Sep-18	2288	2.3
		13-Oct-19	13-Oct-19	3136	2.8
10	<i>Regulator</i>	7-Feb-17	7-Feb-17	0	0
		2-Feb-18	2-Feb-18	2880	3.1
		12-Nov-18	12-Nov-18	2264	4.3
		24-Nov-19	24-Nov-19	3016	2.7

Lampiran 3

Perhitungan MTTF

1. Komponen : Motor

Mean (μ) : 7.4499

Standar deviasi (σ) : 0.4488

Nilai MTTF untuk komponen motor adalah sebagai berikut

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

$$MTTF = \exp\left(7.4499 + \frac{0.4488^2}{2}\right)$$

$$MTTF = 1901,9$$

2. Komponen : *Screw Blower*

Eta (η) : 2024.7928

Beta (β) : 6.5736

Nilai MTTF untuk komponen *screw blower* adalah sebagai berikut

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

$$MTTF = 2024.7928 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{6.5736}\right)$$

$$MTTF = 1889.13$$

3. Komponen : *Starwheel*

Eta (η) : 2111.3427

Beta (β) : 4.2511

Nilai MTTF untuk komponen *starwheel* adalah sebagai berikut

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

$$MTTF = 2111.3427 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{4.2511}\right)$$

$$MTTF = 1918.15$$

4. Komponen : *PLC*

Eta (η) : 2039.1231

Beta (β) : 6.1274

Nilai MTTF untuk komponen *PLC* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \eta x \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

$$MTTF = 2039.1231 x \Gamma(1 + \frac{1}{6.1274})$$

$$MTTF = 1895.98$$

5. Komponen : *Valve Actuator Sensor*

Eta (η) : 2154.5328

Beta (β) : 4.0015

Nilai MTTF untuk komponen *Valve Actuator Sensor* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \eta x \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

$$MTTF = 2154.5328 x \Gamma(1 + \frac{1}{4.0015})$$

$$MTTF = 1952.87$$

6. Komponen : *Pneumatic Hose*

Eta (η) : 2837.0598

Beta (β) : 6.2283

Nilai MTTF untuk komponen *pneumatic hose* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \eta x \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

$$MTTF = 2837.0598 x \Gamma(1 + \frac{1}{6.2283})$$

$$MTTF = 2637.90$$

7. Komponen : *Regulator*

Eta (η) : 2895.3546

Beta (β) : 6.5341

Nilai MTTF untuk komponen *regulator* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \eta x \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

$$MTTF = 2895.3546 x \Gamma(1 + \frac{1}{6.5341})$$

$$MTTF = 2701.37$$

Lampiran 4

Perhitungan MTTR

1. Komponen : Motor

Mean (μ) : 1.3751

Standar deviasi (σ) : 0.2755

Nilai MTTF untuk komponen motor adalah sebagai berikut

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

$$MTTF = \exp\left(1.3751 + \frac{0.4488^2}{0.2755}\right)$$

$$MTTF = 4.1085$$

2. Komponen : *Conveyor*

Eta (η) : 2.2888

Beta (β) : 3.2546

Nilai MTTF untuk komponen *conveyor* adalah sebagai berikut

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

$$MTTF = 2.2888 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{3.2546}\right)$$

$$MTTF = 2.0542$$

3. Komponen : *Cap Presser*

Eta (η) : 3.0367

Beta (β) : 1.8287

Nilai MTTF untuk komponen *cap presser* adalah sebagai berikut

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

$$MTTF = 3.0367 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{1.8287}\right)$$

$$MTTF = 2.6972$$

4. Komponen : *PLC*

Eta (η) : 3.3896

Beta (β) : 4.1370

Nilai MTTF untuk komponen *PLC* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \eta x \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

$$MTTF = 3.3896 x \Gamma(1 + \frac{1}{4.1370})$$

$$MTTF = 3.0795$$

5. Komponen : *Valve Actuator Sensor*

Eta (η) : 3.2564

Beta (β) : 3.1825

Nilai MTTF untuk komponen *Valve Actuator Sensor* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \eta x \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

$$MTTF = 3.2564 x \Gamma(1 + \frac{1}{3.1825})$$

$$MTTF = 2.9177$$

6. Komponen : *Pneumatic Hose*

Eta (η) : 3.4539

Beta (β) : 3.2671

Nilai MTTF untuk komponen *pneumatic hose* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \eta x \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

$$MTTF = 3.4539 x \Gamma(1 + \frac{1}{3.2671})$$

$$MTTF = 3.0999$$

7. Komponen : *Regulator*

Eta (η) : 3.6786

Beta (β) : 4.2398

Nilai MTTF untuk komponen *regulator* adalah sebagai berikut

$$MTTF = \eta x \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

$$MTTF = 3.6786 x \Gamma(1 + \frac{1}{4.2398})$$

$$MTTF = 3.3269$$

Lampiran 5

Perhitungan Nilai Keandalan Komponen

1. Komponen : *Cap Presser*

Eta (η) : 2154.7930

Beta (β) : 3.6658

Nilai keandalan untuk komponen *cap presser* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2154.7930} \right)^{3.6658} \right]$$

$$R(t) = 0.5194$$

2. Komponen : *Starwheel*

Eta (η) : 2111.3427

Beta (β) : 4.2511

Nilai keandalan untuk komponen *starwheel* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2111.3427} \right)^{4.2511} \right]$$

$$R(t) = 0.5129$$

3. Komponen : *PLC*

Eta (η) : 2039.1231

Beta (β) : 6.1274

Nilai keandalan untuk komponen *PLC* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2039.1231} \right)^{6.1274} \right]$$

$$R(t) = 0.5008$$

4. Komponen : *Valve Actuator Sensor*

$$\text{Eta } (\eta) : 2154.5328$$

$$\text{Beta } (\beta) : 4.0015$$

Nilai keandalan untuk komponen *Valve Actuator Sensor* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2154.5328} \right)^{4.0015} \right]$$

$$R(t) = 0.5323$$

5. Komponen : *Pneumatic Hose*

$$\text{Eta } (\eta) : 2837.0598$$

$$\text{Beta } (\beta) : 6.2283$$

Nilai keandalan untuk komponen *pneumatic hose* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2837.0598} \right)^{6.2283} \right]$$

$$R(t) = 0.9159$$

6. Komponen : *Regulator*

$$\text{Eta } (\eta) : 2895.3546$$

$$\text{Beta } (\beta) : 6.5341$$

Nilai keandalan untuk komponen *regulator* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2895.3546} \right)^{6.5341} \right]$$

$$R(t) = 0.9340$$

7. Komponen : *Conveyor*

Eta (η) : 2895.3546

Beta (β) : 6.5341

Nilai keandalan untuk komponen *regulator* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2895.3546} \right)^{6.5341} \right]$$

$$R(t) = 0.9340$$

8. Komponen : *Conveyor*

Eta (η) : 2895.3546

Beta (β) : 6.5341

Nilai keandalan untuk komponen *regulator* adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2895.3546} \right)^{6.5341} \right]$$

$$R(t) = 0.9340$$

9. Komponen : *Pompa Transfer*

Eta (η) : 2526.9303

Beta (β) : 4.6910

Nilai keandalan untuk komponen pompa transfer adalah sebagai berikut

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1920}{2526.9303} \right)^{4.6910} \right]$$

$$R(t) = 0.7591$$

Lampiran 6

Interval Perawatan *Scheduled Restoration* Komponen *Valve Actuator Sensor*

Mesin	Filling R-24A					
Komponen	<i>Valve Actuator Sensor</i>					
n	t	t-(nT)	R(t)	R(t) ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
0	0	0	1.0000	1	1.0000	1.0000
0	100	100	1.0000	1	1.0000	1.0000
0	200	200	0.9999	1	0.9999	0.9999
0	300	300	0.9996	1	0.9996	0.9996
0	400	400	0.9988	1	0.9988	0.9988
0	500	500	0.9971	1	0.9971	0.9971
0	600	600	0.9940	1	0.9940	0.9940
0	700	700	0.9889	1	0.9889	0.9889
0	800	800	0.9812	1	0.9812	0.9812
0	900	900	0.9700	1	0.9700	0.9700
0	1000	1000	0.9547	1	0.9547	0.9547
0	1100	1100	0.9344	1	0.9344	0.9344
0	1200	1200	0.9083	1	0.9083	0.9083
0	1300	1300	0.8760	1	0.8760	0.8760
0	1400	1400	0.8368	1	0.8368	0.8368
0	1500	1500	0.7907	1	0.7907	0.7907
0	1600	1600	0.7379	1.0000	0.7379	0.7379
1	1700	0	0.6788	0.6788	1.0000	0.6788
1	1800	100	0.6144	0.6144	1.0000	0.6144
1	1900	200	0.5463	0.5463	0.9999	0.5462
1	2000	300	0.4760	0.4760	0.9996	0.4758

Perhitungan CW Komponen *Screw Blower*

No	Purposed Task	Komponen	Jumlah Karyawan Maintenance	Biaya Tenaga Kerja / hari	CW/ jam
1	<i>Scheduled on Discard Task</i>	Screw Blower	3	Rp190,000	Rp71,250

Perhitungan CF Komponen *Screw Blower*

No	Purposed Task	Komponen	CR	MTTR	CO+CW	CF
1	<i>Scheduled on discard task</i>	Screw Blower	Rp1,150,000	2.2793	Rp11,591,250	Rp27,569,821

Perhitungan CM Komponen *Screw Blower*

No	Purpose d Task	Komponen	CWPM	CFPM	COPM	CM	CM/jam
1	<i>Scheduled on discard task</i>	Screw Blower	Rp11,400,000	Rp13,784,910	Rp1,728,000	Rp26,912,910	Rp168,206

Interval Waktu Perawatan Komponen *Screw Blower*

No	Purposed Task	Komponen	η	β	TM
1	<i>Scheduled on discard task</i>	Screw Blower	2024.7928	6.5736	1553.39698

Lampiran 7

Jadwal Perawatan Komponen Kritis Mesin *Filling R-24 A*

Komponen	Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Jam	160	320	480	640	800	960	1120	1280	1440	1600	1760	1920
Pompa Transfer													
<i>Screw blower</i>													
<i>motor</i>													
<i>conveyor</i>													
<i>cap presser</i>													
<i>starwheel</i>													
<i>PLC</i>													
<i>Valve Actuator Sensor</i>													
<i>Pneumatic Hose</i>													
<i>Regulator</i>													

Keterangan:

Warna Biru Merupakan *Scheduled-On Condition Task*

Warna Kuning Merupakan *Scheduled Restoration Task*

Warna Merah Merupakan *Scheduled On-Discard Task*

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

Biografi Penulis



Indriyani Rachmayanti lahir di Muara Jawa, 21 Oktober 1997. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis pernah menempuh pendidikan formal di SD Nasional KPS Balikpapan, SMP Nasional KPS Balikpapan, dan SMA Negeri 1 Balikpapan. Selama masa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan dan organisasi. Penulis pernah tercatat sebagai ketua divisi hubungan masyarakat Mahkamah Mahasiswa ITS periode 2017/2018, Ketua *Industrial Engineering Youth club* Periode 2017/2018, serta memiliki pengalaman sebagai volunteer dalam program *Global Volunteer AIESEC Turki*. Dalam aplikasi keilmuan teknik industri, penulis pernah melaksanakan kerja praktik di PT Pupuk Kalimantan Timur, Bontang, khususnya pada bagian departemen perencanaan pengadaan barang dan jasa. Penulis dapat dihubungi melalui email indria_rachma@yahoo.com