

**PENENTUAN KEBIJAKAN PERAWATAN DENGAN
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE II* PADA MESIN GRANULATOR 02 PADA
PROSES PRODUKSI PUPUK ORGANIK**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**MUHAMMAD ALDITYAWAN SYAHPUTRA
NIM. 165060701111039**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2021**



LEMBAR PENGESAHAN
PENENTUAN KEBIJAKAN PERAWATAN DENGAN
MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED*

***MAINTENANCE II* PADA MESIN *GRANULATOR 02* PADA PROSES**
PRODUKSI PUPUK ORGANIK

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMMAD ALDITYAWAN SYAHPUTRA

NIM. 16506070111039

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 26 Juli 2021:

Dosen Pembimbing

Ir. Bambang Indrayadi, MT.

NIP. 19600905 198701 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri



Ir. Ovyng Novareza, ST., MT., Ph.D

NIP. 19741115 200604 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalakan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 26 Juli 2021
Mahasiswa



Muhammad Aldityawan Syahputra
NIM. 165060700111039

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan berjudul **“Penentuan Kebijakan Perawatan Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II Pada Mesin Granulator 02 Pada Proses Produksi Pupuk Organik”** dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai bagian dari proses memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Diselesaikan skripsi ini berkat bantuan, semangat, motivasi, dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, keberkahan, dan kemudahan kepada penulis dari awal memasuki jenjang perkuliahan sampai dengan skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Universitas Brawijaya sebagai kampus almamater yang telah membarikan banyak fasilitas akademik dan non-akademik selama peneliti melaksanakan perkuliahan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Nuhfil Hanani AR., MS. selaku Rektor Universitas Brawijaya.
4. Bapak Prof. Ir. Hadi Suyono ST.,MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Bapak Ir. Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
6. Bapak Rahmi Yuniarti, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
7. Bapak Ir. Bambang Indrayadi, MT. sebagai Dosen Pembimbing I atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan arahan, masukan, motivasi, serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
8. Ibu Wifqi Azila, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan, motivasi, serta bimbingan selama penulis menempuh studi di Teknik Industri Universitas Brawijaya.
9. Bapak dan Ibu Dosen, serta karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membagi ilmu akademik maupun non-akademik dan berbagai pengalaman hidup selama dalam dunia perkuliahan.
10. Bapak dan Ibu Karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membantu memberikan informasi serta melaksanakan proses akademik.

11. Keluarga tersayang, yang telah memberikan dukungan motivasi, dukungan fisik maupun materi, doa yang tiada putus, kesabaran, dan kasih sayang kepada penulis dari lahir hingga saat ini.
12. Mas Rendy sebagai pembimbing yang sangat baik selama penulis melakukan observasi di PT Tiara Kurnia, serta seluruh operator produksi dan teknisi di PT Tiara Kurnia atas bantuan informasi yang diberikan kepada penulis.
13. Sahabat sekaligus yang tercinta Widya Rahayu Utami yang selalu setia menemani, memberikan doa, motivasi, perhatian dukungan dan cerita-cerita yang begitu indah selama ini.
14. Sahabat tersayang Hilman, Najmi, Mesya, Darin, Reno, Fara yang selalu memberikan dukungan dalam segala hal, baik motivasi, dukungan secara akademik, dukungan mental, selalu memberikan semangat, dan selalu menemani penulis dalam kondisi susah dan senang.
15. Seluruh teman-teman angkatan 2016 Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya atas kebersamaan, semangat, doa, dan kerjasama selama ini.
16. Sahabat dan seluruh pihak untuk bantuannya yang tidak dapat disebut satu-persatu dan yang sangat berperan dalam penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini mungkin belum sempurna karena keterbatasan ilmu dari penulis dan kendala-kendala yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di waktu yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut.

Malang, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR RUMUS xiii

DAFTAR LAMPIRAN xv

RINGKASAN xvii

SUMMARY xix

BAB I PENDAHULUAN 1

 1.1 Latar Belakang 1

 1.2 Identifikasi Masalah 8

 1.3 Rumusan Masalah 8

 1.4 Tujuan Penelitian 8

 1.6 Batasan Masalah 9

 1.7 Asumsi 9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 11

 2.1 Penelitian Terdahulu 11

 2.2 Konsep Manajemen Perawatan 13

 2.3 Pengertian Perawatan 14

 2.4 Tujuan Manajemen Perawatan 15

 2.5 Klasifikasi Perawatan 15

 2.6 Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance*) 17

 2.7 Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*) 18

 2.8 *Failure* (Kegagalan/Kerusakan) 19

 2.9 Pola Waktu Kegagalan Alat 21

 2.10 *Reliability Centered Maintenance* (RCM) 22

 2.11 *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II 22

 2.11.1 *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Decision Diagram* 23

 2.11.2 *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Decision Worksheet* 24

 2.11.3 *System Function* dan *Functional Failure* 26

 2.11.4 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) 27

 2.11.5 *Failure Mode* 30

 2.11.6 *Failure Effect* 30

 2.11.7 *Failure Consequence* 31

 2.11.8 *Proactive Task* 32

 2.11.9 *Proposed Task* dan *Initial Interval* 33

2.11.10 Default Action.....	33
2.12 Teori Keandalan.....	34
2.13 Analisis Keandalan.....	34
2.14 Fungsi Keandalan.....	35
2.15 Mean Time To Failure (MTTF).....	36
2.16 Mean Time to Repair (MTTR).....	38
2.17 Failure Rate Function ($\Delta(T)$).....	39
2.18 Distribusi Kerusakan.....	39
2.18.1 Ditribusi Normal.....	40
2.18.2 Ditribusi Lognormal.....	41
2.18.3 Ditribusi Weibull.....	41
2.19 Identifikasi Ditribusi Awal.....	42
2.20 Uji Kecocokan Distribusi.....	43
2.21 Parameter Distribusi.....	45
2.22 Model Matematis Perawatan.....	46
2.23 Maintenance Value Stream Mapping (MVSM).....	47
2.23.1 Variable yang digunakan dalam Maintenance Value Stream Mapping..	52
2.24 Total Productive Maintenance (TPM).....	53
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	58
3.1 Jenis Metode Penelitian.....	59
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	59
3.3 Langkah-langkah Penelitian.....	59
3.3.1 Tahap Penelitian.....	59
3.3.2 Pengumpulan data.....	60
3.3.3 Pengolahan data.....	61
3.3.4 Tahap Hasil dan Pembahasan.....	63
3.3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran.....	63
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	67
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian.....	67
4.1.1 Sejarah Perusahaan.....	67
4.1.2 Bidang Usaha.....	67
4.1.3 Visi dan Misi Perusahaan.....	68
4.1.4 Struktur Organisasi.....	69
4.2 Proses Produksi.....	71
4.2.1 Bahan Baku Produksi.....	71
4.2.2 Sarana Produksi.....	71

4.2.3	Proses Produksi	74
4.3	Pengumpulan Data	78
4.3.1	Pengumpulan Data Primer	78
4.3.2	Pengumpulan Data Sekunder	78
4.4	Pengolahan Data	82
4.4.1	Identifikasi System Function dan Functional Failure	82
4.4.2	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	83
4.4.2.1	Perhitungan Nilai Severity	83
4.4.2.2	Perhitungan Nilai Occurrence	84
4.4.2.3	Perhitungan Nilai Detection	85
4.4.2.4	Perhitungan Nilai Risk Priority Number (RPN)	86
4.4.4	Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-rata Waktu Kegagalan & Perbaikan	89
4.4.4.1	Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-rata Waktu Kegagalan & Perbaikan Komponen Fanbelt	89
4.4.4.2	Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-Rata Waktu Kegagalan & Perbaikan Komponen Bearing	94
4.4.4.3	Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-Rata Waktu Kegagalan & Perbaikan Komponen Gearbox	99
4.4.4.4	Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-Rata Waktu Kegagalan & Perbaikan Komponen Motor Listrik	104
4.5	Reliability Centered Maintenance (RCM) II <i>Decision Worksheet</i>	108
4.6	Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)	109
4.6.1	Data Aktivitas Perawatan Corective Maintenance	111
4.6.2	Penggambaran <i>Current State Map</i>	113
4.7	Future Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)	131
4.7.1	Analisis Solusi Penyebab Kegiatan <i>Non Value Added</i> (NVA)	132
4.8	Penggambaran <i>Future State Map</i>	135
4.9	Penentuan Interval Waktu Perawatan dengan Mempertimbangkan Total Biaya Perawatan Preventive	146
4.9.1	Perhitungan Keandalan Komponen Mesin Granulator 02	152
4.10	Analisis dan Pembahasan	154
4.10.1	Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	154
4.10.2	Analisis Penentuan Distribusi Data <i>Time to Failure</i> (TTF) Dan <i>Time to Repair</i> (TTR) Komponen Mesin Granulator 02	155
4.10.3	Analisis Perhitungan <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF) Untuk <i>Time to Failure</i> (TTF) Komponen Mesin Granulator 02	156
4.10.4	Analisis Perhitungan <i>Mean To Repair</i> (MTTR) Untuk <i>Time to Repair</i> (TTR) Komponen Mesin Granulator 02	157

4.10.5 Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) II 157

4.10.6 Analisis Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) 158

4.10.7 Analisis Penentuan Interval Waktu Perawatan dengan Mempertimbangkan Total Biaya Perawatan 160

4.11 Rekomendasi perbaikan 161

BAB V PENUTUP 172

5.1 Kesimpulan 173

5.2 Saran 174

DAFTAR PUSTAKA 175



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data <i>Downtime</i> Mesin Produksi periode Januari 2017 - Desember 2019.....	3
Tabel 1.2 Data Total <i>Downtime</i> Komponen Mesin Produksi (Pan).....	5
Tabel 1.3 Perbandingan Permintaan Konsumen dan Hasil Produksi Pupuk Periode Januari 2017 – Desember 2019	5
Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Saat Ini Dengan Penelitian Terdahulu	11
Tabel 2.2 RCM II <i>Decision Worksheet</i>	24
Tabel 2.3 <i>Information Reference</i>	25
Tabel 2.4 FMEA <i>Worksheet</i>	27
Tabel 2.5 Rating <i>Severity</i>	27
Tabel 2.6 Rating <i>Occurance</i>	28
Tabel 2.7 Rating <i>Detection</i>	29
Tabel 2.8 <i>Failure Consequence</i>	31
Tabel 2.9 <i>Default Action</i>	33
Tabel 2.10 MVSM <i>Framework</i>	48
Tabel 4.1 Data Mesin PT Tiara Kurnia	70
Tabel 4.2 Data <i>Corrective Maintenance</i> Komponen <i>Fanbelt</i>	76
Tabel 4.3 Data <i>Corrective Maintenance</i> Komponen <i>Bearing</i>	77
Tabel 4.4 Data <i>Corrective Maintenance</i> Komponen <i>Gearbox</i>	77
Tabel 4.5 Data <i>Corrective Maintenance</i> Komponen Motor Listrik	78
Tabel 4.6 Data <i>Corrective Maintenance</i> Komponen <i>Pulley</i>	78
Tabel 4.7 Data <i>Time to Failure</i> (TTF) Komponen <i>Fanbelt</i>	78
Tabel 4.8 Data <i>Time to Failure</i> (TTF) Komponen <i>Bearing</i>	79
Tabel 4.9 Data <i>Time to Failure</i> (TTF) Komponen <i>Gearbox</i>	79
Tabel 4.10 Data <i>Time to Failure</i> (TTF) Komponen Motor Listrik	79
Tabel 4.11 Data <i>Time to Failure</i> (TTF) Komponen <i>Pulley</i>	80
Tabel 4.12 System <i>Function</i> dan <i>Functional Failure</i> Komponen Mesin Granulator 02.....	80
Tabel 4.13 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> Komponen Mesin Granulator 02.....	81
Tabel 4.14 Nilai <i>Severity</i> Komponen Mesin Granulator 02	82
Tabel 4.15 Nilai <i>Occurance</i> Komponen Mesin Granulator 02	82
Tabel 4.16 Nilai <i>Detection</i> Komponen Mesin Granulator 02	83
Tabel 4.17 Nilai RPN Komponen Mesin Granulator 02	84
Tabel 4.18 RCM II <i>Information Worksheet</i>	86

Tabel 4.19 RCM II <i>Decision Worksheet</i> Untuk Menentukan <i>Proposed Task</i>	107
Tabel 4.20 Data Frekuensi Kerusakan Komponen Mesin Granulator 02	108
Tabel 4.21 Aktivitas Perawatan <i>Corrective Maintenance</i> Komponen <i>Fanbelt</i>	109
Tabel 4.22 Aktivitas Perawatan <i>Corrective Maintenance</i> Komponen <i>Bearing</i>	109
Tabel 4.23 Aktivitas Perawatan <i>Corrective Maintenance</i> Komponen <i>Gearbox</i>	109
Tabel 4.24 Aktivitas Perawatan <i>Corrective Maintenance</i> Komponen Motor Listrik	110
Tabel 4.25 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Fanbelt</i>	111
Tabel 4.26 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Bearing</i>	111
Tabel 4.27 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Gearbox</i>	112
Tabel 4.28 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen Motor Listrik	112
Tabel 4.29. Rekapitulasi Perhitungan Kategori Aktivitas dan Kategori MMLT	116
Tabel 4.30 Rekapitulasi Durasi Aktivitas Delay Operator Tidak Melihat Komponen yang Rusak	117
Tabel 4.31 Rekapitulasi Durasi Aktivitas Menyampaikan Masalah	119
Tabel 4.32 Rekapitulasi Durasi Aktivitas Delay Akibat Teknisi Lambat Merespon Kerusakan	120
Tabel 4.33 Rekapitulasi Durasi Aktivitas Identifikasi Masalah	122
Tabel 4.34 Rekapitulasi Durasi Aktivitas Identifikasi Sumberdaya	123
Tabel 4.35 Rekapitulasi Durasi Aktivitas Mengalokasikan Sumberdaya	125
Tabel 4.36 Rekapitulasi Delay Akibat <i>Sparepart</i> Tidak Ada	126
Tabel 4.37 Rekapitulasi Mempersiapkan Pekerjaan Yang Akan Dilakukan	127
Tabel 4.38 Solusi Pengurangan Durasi NVA Kegiatan Perawatan	130
Tabel 4.39 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Fanbelt</i>	133
Tabel 4.40 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Fanbelt</i>	134
Tabel 4.41 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Bearing</i>	134
Tabel 4.42 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Bearing</i>	135
Tabel 4.43 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Gearbox</i>	136
Tabel 4.44 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen <i>Gearbox</i>	137
Tabel 4.45 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen Motor Listrik	138
Tabel 4.46 Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen Motor Listrik	139
Tabel 4.47 Rekapitulasi Perhitungan Kategori Aktivitas dan Kategori MMLT	142
Tabel 4.48 Biaya Tenaga Kerja	143
Tabel 4.49 Rekapitulasi Biaya Kerugian Produksi Masing-masing <i>Proposed Task</i>	144
Tabel 4.50 Harga Komponen dan Waktu <i>Corrective</i> Komponen Mesin Granulator 02	144

Tabel 4.51 Harga Komponen dan Waktu <i>Preventive</i> Komponen Mesin Granulator 02...	145
Tabel 4.52 <i>Failure Cost</i> (Cf) dan <i>Preventive Cost</i> (Cp) Komponen Mesin Granulator 02.....	146
Tabel 4.53 Rekapitulasi Perhitungan Interval Waktu Perawatan Komponen (TM).....	147
Tabel 4.54 Interval Waktu Perawatan dan Total Biaya Perawatan Sebelum dan Sesudah Menggunakan TM Komponen Mesin Granulator 02.....	148
Tabel 4.55 Nilai Keandalan Sebelum dan Sesudah Menggunakan TM Komponen Mesin Granulator 02.....	149
Tabel 4.56 RCM II <i>Decision Worksheet</i>	149
Tabel 4.57 Jenis Distribusi dan Nilai Parameter Data TTF Komponen Mesin Granulator 02.....	151
Tabel 4.58 Jenis Distribusi dan Nilai Parameter Data TTR Komponen Mesin Granulator 02.....	152
Tabel 4.59 Nilai <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF) Mesin Granulator 02	152
Tabel 4.60 Nilai <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR) Mesin Granulator 02.....	153
Tabel 4.61 Rekapitulasi Perhitungan Durasi Kegiatan <i>Current State</i> MVSM.....	155
Tabel 4.62 Rekapitulasi Perhitungan Durasi Kegiatan <i>Future State</i> MVSM.....	156
Tabel 4.63 Rekapitulasi Perbandingan Total Biaya Perawatan dan Keandalan.....	156
Tabel 4.64 Rekomendasi Perbaikan Berdasarkan Empat Pilar TPM	157
Tabel 4.65 <i>Worksheet</i> Kegiatan Perawatan Komponen <i>Fanbelt</i>	163
Tabel 4.66 Daftar Kebutuhan Perawatan Komponen.....	165
Tabel 4.67 Catatan Gejala Kerusakan	166



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Produk Pupuk Kurniaganik	3
Gambar 1.2 Mesin Granulator 02	4
Gambar 2.1 Bagan Klasifikasi Perawatan	15
Gambar 2.2 <i>Bathub Hazart Rate Curve</i>	21
Gambar 2.3 RCM II <i>Decision Diagram</i>	23
Gambar 2.4 Langkah FMEA	27
Gambar 2.5 Kurva Interferensi <i>Stress Dan Strength</i>	34
Gambar 2.6 Perbandingan antara Tendensi Sentral	36
Gambar 2.6 Diagram Hubungan MTTF, MTTR dan MTBF	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	63
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Tiara Kurnia	67
Gambar 4.2 Area Produksi Pupuk	71
Gambar 4.3 Tahap Proses Produksi Pupuk	72
Gambar 4.4 Proses Pembuatan <i>Reliability Centered Maintenance II</i>	85
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Distribusi Data TTF Komponen <i>Fanbelt</i>	88
Gambar 4.6 Nilai Parameter Data TTF Komponen <i>Fanbelt</i>	89
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Distribusi Data TTR Komponen <i>Fanbelt</i>	90
Gambar 4.8 Nilai Parameter Data TTR Komponen <i>Fanbelt</i>	91
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Distribusi Data TTF Komponen <i>Bearing</i>	93
Gambar 4.10 Nilai Parameter Data TTF Komponen <i>Bearing</i>	94
Gambar 4.11 Hasil Pengujian Distribusi Data TTR Komponen <i>Bearing</i>	95
Gambar 4.12 Nilai Parameter Data TTR Komponen <i>Bearing</i>	96
Gambar 4.13 Hasil Pengujian Distribusi Data TTF Komponen <i>Gearbox</i>	97
Gambar 4.14 Nilai Parameter Data TTF Komponen <i>Gearbox</i>	98
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Distribusi Data TTR Komponen <i>Gearbox</i>	100
Gambar 4.16 Nilai Parameter Data TTR Komponen <i>Gearbox</i>	101
Gambar 4.17 Hasil Pengujian Distribusi Data TTF Komponen Motor Listrik	102
Gambar 4.18 Nilai Parameter Data TTF Komponen Motor Listrik	103
Gambar 4.19 Hasil Pengujian Distribusi Data TTR Komponen Motor Listrik	104
Gambar 4.20 Nilai Parameter Data TTR Komponen Motor Listrik	105
Gambar 4.21 Diagram SIPOC Kegiatan Perawatan <i>Corrective Maintenance</i>	105
Gambar 4.22 <i>Current State Map Corrective Mintenance</i> Komponen <i>Fanbelt</i>	117

Gambar 4.23 *Pie Chart* Aktivitas VA dan NVA Kegiatan Perawatan Komponen *Fanbelt*118

Gambar 4.24 Diagram Ishikawa Delay Operator Tidak Melihat Komponen yang Rusak121

Gambar 4.25 Diagram Ishikawa Menyampaikan Masalah Kerusakan122

Gambar 4.26 Diagram Ishikawa Delay Akibat Teknisi Lambat Merespon Kerusakan.....124

Gambar 4.27 Diagram Ishikawa Identifikasi Masalah125

Gambar 4.28 Diagram Ishikawa Identifikasi Sumberdaya127

Gambar 4.29 Diagram Ishikawa Mengalokasikan Sumberdaya128

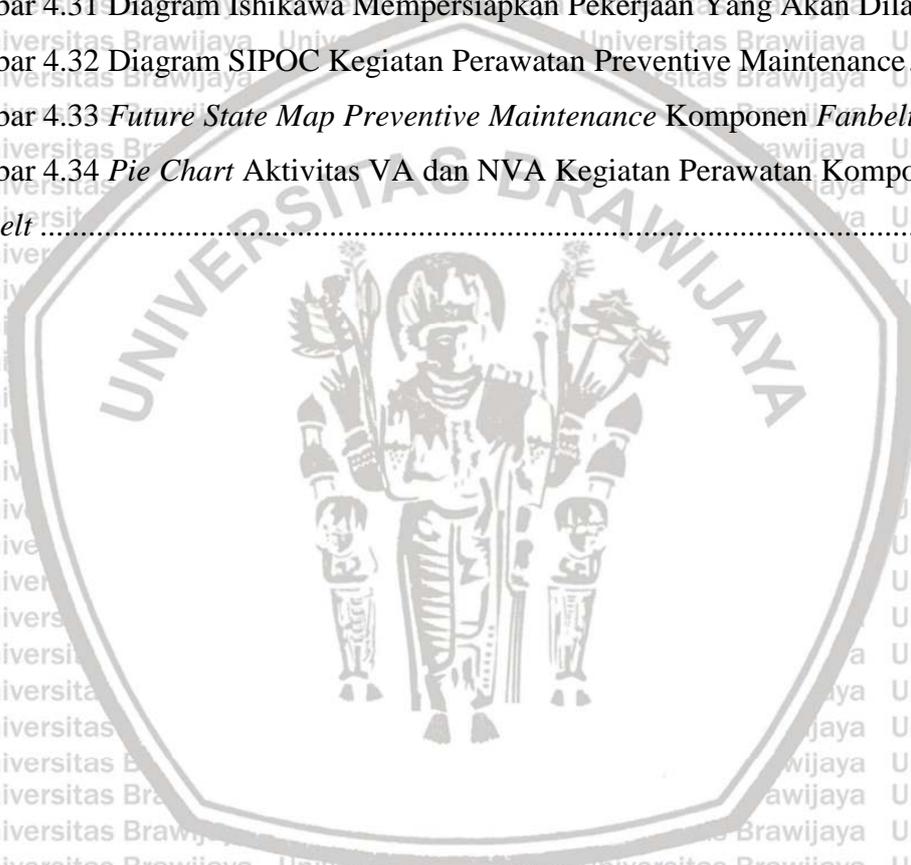
Gambar 4.30 Diagram Ishikawa Delay Akibat *Sparepart* Tidak Ada129

Gambar 4.31 Diagram Ishikawa Mempersiapkan Pekerjaan yang Akan Dilakukan131

Gambar 4.32 Diagram SIPOC Kegiatan Perawatan Preventive Maintenance135

Gambar 4.33 *Future State Map Preventive Maintenance* Komponen *Fanbelt*144

Gambar 4.34 *Pie Chart* Aktivitas VA dan NVA Kegiatan Perawatan Komponen *Fanbelt*145



DAFTAR RUMUS

Persamaan 2-1 Keandalan	35
Persamaan 2-2 Fungsi Probabilitas Keandalan Mesin.....	35
Persamaan 2-3 Fungsi Distribusi Kumulatif	35
Persamaan 2-4 <i>Probability Density Function/Pdf</i> 1	35
Persamaan 2-5 <i>Probability Density Function/Pdf</i> 2.....	35
Persamaan 2-6 <i>Mean Time To Failure</i>	36
Persamaan 2-7 <i>Mean Time To Failure</i> Dengan Keandalan.....	36
Persamaan 2-8 Tendensi Sentral.....	36
Persamaan 2-9 Modus	36
Persamaan 2-10 Mttf Distribusi Normal	36
Persamaan 2-11 Mttf Distribusi Lognormal	37
Persamaan 2-12 Mttf Distribusi Weibull.....	37
Persamaan 2-13 Fungsi Keandalan Distribusi Normal.....	39
Persamaan 2-14 Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Normal	39
Persamaan 2-15 Fungsi Kepadatan Probabilitas Kerusakan Distribusi Normal	39
Persamaan 2-16 Fungsi Distribusi Kumulatif Distribusi Normal	39
Persamaan 2-17 Fungsi Keandalan Distribusi Lognormal	39
Persamaan 2-18 Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Lognormal.....	39
Persamaan 2-19 Fungsi Kepadatan Probabilitas Kerusakan Distribusi Lognormal.....	39
Persamaan 2-20 Fungsi Distribusi Kumulatif Distribusi Lognormal.....	39
Persamaan 2-21 Fungsi Keandalan Distribusi Weibull.....	40
Persamaan 2-22 Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Weibull	40
Persamaan 2-23 Fungsi Kepadatan Probabilitas Kerusakan Distribusi Weibull.....	40
Persamaan 2-24 Fungsi Distribusi Kumulatif Distribusi Weibull.....	40
Persamaan 2-25 Nilai Tengah Kerusakan	40
Persamaan 2-26 Correlation Coefficient Distribusi Normal Dan Lognormal.....	41
Persamaan 2-27 Correlation Coefficient Distribusi Weibull.....	41
Persamaan 2-28 Identifikasi Distribusi Awal Distribusi Normal (X_i)	41
Persamaan 2-29 Identifikasi Distribusi Awal Distribusi Normal (Y_i)	41
Persamaan 2-30 Identifikasi Distribusi Awal Distribusi Lognormal (X_i).....	41
Persamaan 2-31 Identifikasi Distribusi Awal Distribusi Lognormal (Y_i).....	41
Persamaan 2-32 Identifikasi Distribusi Awal Distribusi Weibull (X_i).....	41



Persamaan 2-33 Identifikasi Distribusi Awal Distribusi Weibull (Y_i)	41
Persamaan 2-34 Uji Kolmogorov-Smirnov (D_1).....	42
Persamaan 2-35 Uji Kolmogorov-Smirnov (D_2).....	42
Persamaan 2-36 <i>Cummulative Probability</i>	42
Persamaan 2-37 Rata-Rata <i>Time To Failure</i>	42
Persamaan 2-38 Standar Deviasi.....	42
Persamaan 2-39 Uji Statistic Mann Test.....	43
Persamaan 2-40 Koefisien 1 Mann Test.....	43
Persamaan 2-41 Koefisien 2 Mann Test.....	43
Persamaan 2-42 Nilai Pendekatan Mann Untuk Data Ke-I.....	43
Persamaan 2-Nilai Z Mann Test.....	43
Persamaan 2-44 Parameter Rata-Rata <i>Time To Failure</i> Distribusi Normal.....	43
Persamaan 2-45 Parameter Standar Deviasi <i>Time To Failure</i> Distribusi Normal	43
Persamaan 2-46 Parameter Rata-Rata <i>Time To Failure</i> Distribusi Lognormal.....	44
Persamaan 2-47 Parameter Standar Deviasi <i>Time To Failure</i> Distribusi Lognormal.....	44
Persamaan 2-48 Parameter Rata-Rata <i>Time To Failure</i> Distribusi Weibull.....	44
Persamaan 2-49 Parameter Standar Deviasi <i>Time To Failure</i> Distribusi Weibull.....	44
Persamaan 2-50 Perhitungan <i>Failure Cost</i> (C_f).....	44
Persamaan 2-51 Perhitungan <i>Preventive Cost</i> (C_p).....	45
Persamaan 2-52 Total Cost Perawatan.....	45
Persamaan 2-53 Total Cost Dengan Interval Waktu.....	45
Persamaan 2-54 Interval Waktu Perawatan Optimal	45
Persamaan 2-55 <i>Value Added Time</i>	52
Persamaan 2-56 <i>Non Value Added Time</i>	52
Persamaan 2-57 Persentase <i>Value Added Activity</i>	52
Persamaan 2-58 Persentase <i>Non Value Added Activity</i>	52
Persamaan 2-59 Persentase Efisiensi Perawatan.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Fungsi Gamma.....	173
Lampiran 2 Perhitungan Cost failure dan cost preventive.....	175
Lampiran 3 Perhitungan interval waktu perawatan.....	177
Lampiran 4 Perhitungan Total Cost.....	179
Lampiran 5 Perhitungan Keandalan Komponen.....	181
Lampiran 6 Value Stream Mapping Current State.....	183
Lampiran 7 Perhitungan Efisiensi Pperawatan Current State.....	187
Lampiran 8 Value Stream Mapping Future State.....	191
Lampiran 9 Perhitungan Efisiensi Pperawatan Future State.....	195





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RINGKASAN

Muhammad Aldityawan Syahputra, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2021, *Penentuan Kebijakan Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II Mesin Granulator 02 Pada Proses Produksi Pupuk Organik*, Dosen Pembimbing: Bambang Indrayadi.

PT Tiara Kurnia merupakan perusahaan yang bergerak dalam produksi pupuk organik. Terdapat enam mesin utama yaitu *screw*, *sifter*, *crusher*, *granulator*, *dryer* dan *cooler* dalam proses pembuatan pupuk di PT Tiara kurnia. Mesin Granulator berperan penting dalam proses pembentukan *granule*. Mesin Granulator 02 memiliki *downtime* tertinggi dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya. *Downime* yang terjadi pada Mesin Granulator 02 disebabkan karena adanya kerusakan komponen mesin. Mesin Granulator 02 memiliki 5 komponen yang sering mengalami kerusakan. Lima komponen tersebut adalah *fanbelt*, *bearing*, *gearbox*, motor listrik dan *pulley*. Perbaikan terhadap komponen Mesin Granulator 02 menggunakan strategi *corrective maintenance* yaitu penggantian komponen yang rusak maka untuk mengganti komponen yang rusak mesin harus dalam keadaan mati. Apabila terjadi kerusakan pada salah satu komponen maka Mesin Granulator 02 langsung dimatikan walaupun komponen yang lainnya masih dapat beroperasi. Hal ini mengakibatkan penurunan kapasitas produksi pada lini produksi sehingga perlu dilakukannya penelitian untuk dapat mengurangi *downtime* Mesin Granulator 02 dengan menentukan strategi perawatan *preventive maintenance* serta interval waktu perawatan yang tepat untuk masing-masing kerusakan komponen.

Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II). Metode ini digunakan untuk menentukan strategi *preventive maintenance* yang tepat sesuai dengan kegagalan yang ditimbulkan dari masing-masing komponen. Untuk mengetahui jenis kegagalan maka dilakukan identifikasi *system function* dan *functional failure* untuk mengetahui fungsi utama komponen. Selanjutnya dilakukan identifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) sehingga terpilih 4 komponen yang diprioritaskan yaitu *fanbelt*, *bearing*, *gearbox* dan motor listrik. Selanjutnya membuat RCM II *Information Worksheet*, menentukan jenis distribusi dan nilai parameter untuk data TTR dan TTF, menghitung nilai MTTF dan MTTR, menyusun RCM II *Decision Worksheet*, menggambar *current state map Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM), melakukan analisis penyebab kegiatan *non value added* menggunakan diagram ishikawa, menggambarkan *future state map* MVSM, menentukan interval waktu perawatan, menghitung total biaya perawatan dan menghitung keandalan komponen.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kegagalan fungsi yang terjadi pada komponen *fanbelt* adalah *fanbelt* longgar atau putus dengan tindakan perawatan *scheduled discard task* yaitu dengan melakukan penggantian komponen *fanbelt* yang lama dengan yang baru dan dilakukan setiap 460,117 jam sekali, komponen *bearing* aus dan retak dengan tindakan perawatan *scheduled on-condition task* yaitu memberikan pelumas pada bearing yang dilakukan setiap 36,242 jam sekali, komponen *gearbox* aus dengan tindakan perawatan *scheduled on-condition task* yaitu dengan melakukan pemberian pelumas yang dilakukan setiap 30,207 jam sekali dan komponen motor listrik mengalami konsleting dengan tindakan perawatan yang dilakukan untuk komponen motor listrik adalah *scheduled restoration task* yaitu melakukan restorasi atau pengembalian resistensi melalui *rewinding* pada komponen motor listrik yang dilakukan setiap 1220,5164 jam sekali

Kata Kunci: Preventive Maintenance, *Failure Mode and Effect Analysis*, *Reliability Centered Maintenance II*, *Maintenance Value Stream Mapping*, Interval Waktu Perawatan.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

SUMMARY

Muhammad Aldityawan Syahputra, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2021, *The Determination of Maintenance Policies Using Reliability Centered Maintenance II of Pan 02 Machine in Organic Fertilizer Production Process*, Academic Advisor: Bambang Indrayadi.

PT Tiara Kurnia is a company engaged in the production of organic fertilizers. There are six main machines including screw, sifter, crusher, granulator, dryer and cooler. Pan machine plays an important role in the process of forming granules. Pan 02 machine has the highest downtime compared to other machines. Downtime that occurs on the Pan 02 machine is caused by components failure. Pan 02 has 5 components, they are fanbelt, bearing, gearbox, electric motor and pulley. The company using corrective maintenance strategy by replacing failure components. To replace failed components, Pan 02 machine must be turned off. If there is failure to one component, the pan 02 machine is immediately turned off even though the other components can still operate. This results in a decrease in production capacity on the production line, so research is needed to reduce pan 02 machine downtime by determining preventive maintenance strategies and proper maintenance time intervals for each component failure.

This study using Reliability Centered Maintenance II (RCM II) method. This method is used to determine the appropriate preventive maintenance strategy according to the failure caused by each component. Identification of system function and functional failure is carried out to determine the main function of the component. Then the identification of the failure of a component that can cause a failure using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method and calculate Risk Priority Number (RPN). There are four prioritized components including fanbelt, bearing, gearbox and electric motor. The prioritized components RCM II Information Worksheet, determine the type of distribution and parameter values for TTR and TTF data, calculate the MTTF and MTTR values, compile an RCM II Decision Worksheet, draw a current state map for Maintenance Value Stream Mapping (MVSM), analyze the causes of non-value added activities. using the Ishikawa diagram, describing the MVSM future state map, determining maintenance time intervals, calculating total maintenance costs and calculating component reliability.

The results of the study indicate that the failure that occurs in the fanbelt component is a loose or broken fanbelt with scheduled discard task maintenance action by replacing the old fanbelt component with a new one every 460,117 hours, bearing components wearout and crack with scheduled maintenance action on-condition task by providing lubricant every 36,242 hours, worn gearbox components with maintenance action scheduled on-condition task by providing lubricant out once every 30,207 hours and electric motor components are with maintenance action scheduled restoration task to restore resistance through rewinding on electric motor components every 1220,5164 hours.

Keywords: Preventive Maintenance, Failure Mode and Effect Analysis, Reliability Centered Maintenance II, Maintenance Value Stream Mapping, Maintenance Time Interval.



BAB I PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan penelitian ini terdapat permasalahan yang akan dijelaskan seperti dibawah ini. Bab ini berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta batasan masalah dan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Sektor industri memiliki peran yang sangat penting sebagai penggerak pertumbuhan ekonomi nasional. Salah satunya adalah industri manufaktur yang memiliki peran strategis dan berkontribusi besar dalam penyumbang devisa negara dan menyerap tenaga kerja dalam jumlah cukup besar (Kementerian Perindustrian, 2010). Kondisi ini menempatkan sektor industri menjadi sebuah sektor yang paling diminati saat ini, sehingga timbul persaingan yang ketat diantara perusahaan industri. Persaingan antar perusahaan yang semakin ketat membuat perusahaan harus meningkatkan produktivitas dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Proses tersebut tergantung pada banyak faktor diantaranya sumber daya yang dimiliki seperti mesin, manusia dan sarana lain yang siap digunakan dalam kondisi yang baik dari segi ketelitian maupun kapasitasnya.

Ketepatan produksi dalam memenuhi permintaan atau order konsumen merupakan hal yang penting agar perusahaan mampu bersaing dengan kompetitor. Dalam usaha meningkatkan produktivitas, perusahaan harus mengetahui kegiatan apa saja yang dapat menambah nilai dari suatu produk (*value added*), mengurangi pemborosan (*waste*) dan memperpendek waktu menunggu antara pesanan pelanggan dengan pengiriman pesanan tersebut kepada pelanggan (*lead time*).

Mesin merupakan komponen utama dari sistem manufaktur, mesin mewakili sebagian besar investasi modal dari perusahaan. Namun mesin relatif mengalami kerusakan yang disebabkan karena penggunaan ataupun umur dari mesin tersebut. Hal ini menyebabkan ketidaklancaran proses produksi pada industri manufaktur, yang menyebabkan penurunan kualitas produk. Performa mesin produksi dapat diketahui melalui *reliability* yaitu peluang sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai dengan fungsi untuk periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebeling, 1997). Agar mesin tetap memiliki keandalan yang optimal diperlukan aktivitas perawatan / *maintenance* yang umumnya dianggap sebagai

aktivitas pendukung dalam proses produksi Namun demikian, aktivitas ini sangat penting karena berkontribusi langsung pada lancarnya kegiatan proses produksi dan produktivitas.

Oleh karena itu, jika *maintenance* direncanakan secara benar, maka kondisi mesin akan selalu bagus dan menjamin lancarnya proses produksi di perusahaan. Selain itu, kondisi mesin yang bagus juga akan berpengaruh terhadap kualitas keluaran produknya

Manajemen perawatan mesin merupakan salah satu aktivitas yang mempunyai peranan penting bagi sebuah perusahaan, mengingat dalam dunia industri kegiatan produksi tak lepas dari penggunaan alat-alat atau mesin-mesin sebagai pendukung operasionalnya. Menurut Kurniawan (2013), manajemen perawatan industri merupakan upaya pengaturan aktifitas untuk menjaga kontinuitas produksi sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas dan memiliki daya saing, melalui pemeliharaan fasilitas industri. Sehingga dalam usaha meningkatkan kemampuan teknis operasional suatu perusahaan, maka perusahaan perlu menetapkan suatu kebijakan perawatan yang bertujuan menjamin agar mesin-mesin dapat beroperasi secara optimal untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi perusahaan (Sudrajat, 2011).

Manajemen perawatan fasilitas mempunyai peranan penting dalam mendukung beroperasinya suatu sistem secara lancar. Sistem perawatan perlu dilakukan untuk meminimasi *downtime*, sehingga aktivitas proses transformasi bahan baku menjadi produk jadi dapat berjalan dengan lancar. Konsep ini juga harus dapat menunjang sistem kesiapan sarana produksi, sehingga perlu dilakukan program perawatan.

Menurut Kurniawan (2013), sistem perawatan yang efektif dalam pemeliharaan fasilitas industri atau mesin adalah *preventive maintenance* (perawatan preventif). Perawatan preventif umumnya dilakukan secara terjadwal dan berkala contohnya seperti kegiatan inspeksi dan perbaikan, penggantian dan pembersihan. Beberapa keuntungan dalam melakukan perawatan berkala yaitu mengurangi kerusakan peralatan dan *downtime* sehingga terjaga kontinuitas kerjanya dan memaksimalkan masa pakai dari peralatan.

PT Tiara Kurnia merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi pupuk. PT Tiara Kurnia membuat produk sesuai pesanan dari konsumennya. Produk yang dihasilkan oleh PT Tiara Kurnia adalah produk pupuk “Kurniaganik”, yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Sesuai dengan namanya, bahan pupuk non kimiawi tersebut berasal dari kotoran hewan, kompos, blothong (limbah tebu dari pabrik gula), dan mixtro. Mixtro adalah bahan suplemen yang harus digunakan dalam pembuatan pupuk organik guna

mengurai dan memudahkan unsur pupuk diserap tanah. PT Tiara Kurnia dapat memproduksi pupuk sebanyak 15 ton dalam 14 jam kerja atau satu *shift* kerja.



Gambar 1.1 Produk Pupuk Kurniaganik

Mengingat kompetensi perusahaan yang harus dicapai adalah kualitas produk yang memiliki presisi tinggi dan ketepatan waktu produksi dengan mempertimbangkan pengoptimalan sumber daya yang ada, maka perhatian khusus ditujukan kepada Divisi Produksi karena berperan langsung dalam proses produksi. Proses produksi pupuk melewati beberapa proses diantaranya proses pencampuran, pengayakan, pembentukan granule, pengeringan (*drying*) dan pendinginan (*cooling*).

Terdapat enam mesin utama yaitu *screw*, *Sifter*, *crusher*, *pan*, *dryer* dan *cooler* dalam proses pembuatan pupuk di PT Tiara kurnia. Seluruh mesin tersebut dibeli pada tahun 2015 dan memiliki usia efektif penggunaan selama 10 tahun. Mesin-mesin yang ada pada PT Tiara kurnia menggunakan strategi *corrective maintenace* dalam kegiatan perawatan untuk mengatasi kegagalan mesin yang terjadi. Strategi *corrective maintenace* dilakukan pada saat komponen atau mesin telah mengalami kegagalan atau kerusakan. Namun strategi *corrective maintenace* yang telah diterapkan perusahaan masih menunjukkan downtime mesin yang cukup tinggi. Tabel 1.1 menunjukkan data downtime mesin produksi pupuk pada PT Tiara Kurnia periode Januari 2017 – desember 2019.

Tabel 1.1

Tabel Data *Downtime* Mesin Produksi periode Januari 2017 - Desember 2019.

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tahun	Nama Mesin	Total Jam Kerja (Menit)	Downtime (Menit)	% Downtime
2017	Mesin Screw 01	112980	4260	3.77
	Mesin Screw 02	112980	4470	3.96
	Mesin Sifter	112980	3780	3.35
	Mesin Crusher	112980	5430	4.81
	Mesin Granulator 01	112980	7470	6.61

	Mesin Granulator 02	112980	8670	7.67
	Mesin Granulator 03	112980	6660	5.89
	Mesin Granulator 04	112980	6735	7.02
	Mesin Dryer	112980	3120	2.76
	Mesin Cooler	112980	2430	2.15
2018	Mesin Screw 01	112980	4620	4.09
	Mesin Screw 02	112980	4350	3.85
	Mesin Sifter	112980	4170	3.69
	Mesin <i>Crusher</i>	112980	6075	5.38
	Mesin Granulator 01	112980	10920	9.67
	Mesin Granulator 02	112980	11910	10.54
	Mesin Granulator 03	112980	11115	9.84
	Mesin Granulator 04	112980	10890	9.64
	Mesin Dryer	112980	3204	2.84
	Mesin Cooler	112980	2520	2.23
2019	Mesin Screw 01	112980	4275	3.78
	Mesin Screw 02	112980	4425	3.92
	Mesin Sifter	112980	3720	3.29
	Mesin <i>Crusher</i>	112980	6750	5.97
	Mesin Granulator 01	112980	9480	8.39
	Mesin Granulator 02	112980	9645	8.54
	Mesin Granulator 03	112980	9360	8.28
	Mesin Granulator 04	112980	8550	8.72
	Mesin Dryer	112980	3480	3.08
	Mesin Cooler	112980	2670	2.36

Pada Tabel 1.1 menunjukkan data downtime keseluruhan mesin proses produksi pupuk di PT Tiara Kurnia. Berdasarkan data downtime tersebut, Mesin Granulator 02 memiliki downtime tertinggi dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya yaitu pada tahun 2017 sebesar 8670 menit kemudian pada tahun 2018 sebesar 11910 menit dan pada tahun 2019 sebesar 9645 menit. Gambar 1.2 menunjukkan Mesin Granulator 02 pada PT Tiara Kurnia



Gambar 1.2 Mesin Granulator 02

Downtime yang terjadi pada Mesin Granulator 02 disebabkan karena adanya kerusakan komponen mesin. Mesin Granulator 02 memiliki 5 komponen yang sering mengalami kerusakan. Lima komponen tersebut adalah *fanbelt*, *bearing*, *gearbox*, motor listrik dan *pulley*. Tabel 1.2 merupakan *downtime* komponen Mesin Granulator 02 dan total jam kerja Mesin Granulator PT Tiara Kurnia selama periode Januari 2017 – desember 2019.

Tabel 1.2

Tabel Data Total *Downtime* Komponen Mesin Produksi (Pan)

Tahun	Nama Komponen	Frekuensi Downtime	Total Jam Kerja (Menit)	Downtime (Menit)	% Downtime
2017	<i>Fanbelt</i>	6	112980	3240	2.87
	<i>Bearing</i>	4		495	0.44
	<i>Gearbox</i>	3		3030	2.68
	Motor Listrik	2		1905	1.69
2018	<i>Fanbelt</i>	4	112980	1980	1.75
	<i>Bearing</i>	4		3060	2.71
	<i>Gearbox</i>	4		4005	3.54
	Motor Listrik	3		2925	2.59
2019	<i>Fanbelt</i>	5	112980	2340	2.07
	<i>Bearing</i>	3		1785	1.58
	<i>Gearbox</i>	4		4155	3.68
	Motor Listrik	2		1365	1.21
	Pulley	1		1025	0.90

Sumber: PT Tiara Kurnia

Mesin Granulator berperan penting dalam proses pembentukan *granule* yaitu proses pencampuran bahan baku berupa ampas tebu, kotoran ayam dan kotoran sapi yang kemudian ditambah dengan air dan air mixtro. Proses pembentukan granule menggunakan Mesin Granulator yang memiliki peran penting dalam pembuatan pupuk. Perusahaan memiliki spesifikasi tersendiri mengenai ukuran granule yaitu sebesar 2 - 4 mm. Untuk mencapai ukuran tersebut maka dilakukan pemutaran berulang kali dengan menggunakan

Mesin Granulator. Ukuran granule yang sesuai dengan spesifikasi sangat penting agar dapat dilanjutkan ke proses berikutnya. Jika Mesin Granulator mengalami downtime maka proses selanjutnya yaitu proses *drying* tidak dapat berjalan. Downtime pada Mesin Granulator akan menyebabkan menurunnya output produksi pada mesin *dryer*. Jika output pada mesin *dryer* menurun maka output pada mesin selanjutnya juga menurun. *Downtime* yang terjadi akibat kerusakan mesin menyebabkan terhentinya proses produksi yang mengakibatkan kerugian berupa penurunan kapasitas produksi yang dapat dilihat pada tabel 1.3

Tabel 1.3
Perbandingan Permintaan Konsumen dan Hasil Produksi Pupuk Periode Januari 2017 – Desember 2019.

Tahun	Demand (ton)	Realisasi (ton)	% Realisasi
2017	1940	1690	87,11%
2018	2150	1895	88,14%
2019	2500	2255	90,20%

Sumber: PT Tiara Kurnia

Corrective maintenance merupakan perbaikan yang dilakukan yaitu berupa penggantian komponen yang rusak dengan yang baru. Apabila terjadi kerusakan pada salah satu komponen maka Mesin Granulator 02 langsung dimatikan walaupun komponen yang lainnya masih dapat beroperasi. Hal ini dilakukan karena PT Tiara Kurnia menerapkan strategi *corrective maintenance* yaitu penggantian komponen yang rusak maka untuk mengganti komponen yang rusak mesin harus dalam keadaan mati. Penggantian komponen yang rusak membutuhkan waktu yang cukup lama karena penggantian komponen dilakukan oleh teknisi sedangkan teknisi merupakan pekerja panggilan sehingga tidak selalu ada di perusahaan akibatnya dari waktu komponen mengalami kerusakan hingga komponen selesai diperbaiki, Mesin Granulator 02 dalam keadaan mati dan tidak dapat beroperasi.

Proses produksi masih dapat berjalan walaupun Mesin Granulator 02 dalam keadaan mati. Pada saat Mesin Granulator 02 mati, proses pembentukan *granule* yang seharusnya dilakukan oleh 4 Mesin Granulator maka dilakukan oleh 3 mesin saja. Setiap Mesin Granulator tidak dapat melebihi kapasitas 300 Kg ini sehingga apabila Mesin Granulator 02 tidak beroperasi maka akan mengakibatkan lini produksi kehilangan 300 Kg setiap jam.

Pada proses produksi pupuk, bahan baku selalu tersedia serta menurut perusahaan mesin yang digunakan untuk proses produksi yaitu mesin *screw*, *crusher*, Sifter, *dryer* dan *cooler* berada dalam keadaan baik dan *downtime* kerusakan mesin tersebut masih wajar.

Namun menurut PT Tiara Kurnia berdasarkan data *downtime* pada Mesin Granulator 02 cukup tinggi sehingga dapat diketahui bahwa kerusakan Mesin Granulator 02 pada proses

produksi merupakan penyebab tidak tercapainya target produksi. Hal ini perlu atasi dengan mengurangi *downtime* Mesin Granulator 02. Pada penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. RCM II dan metode *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM).

Metode RCM II merupakan rangkaian proses untuk menentukan hal yang harus dilakukan dan memastikan bahwa aset fisik berjalan dengan baik dan sesuai dengan fungsinya. Metode ini mempunyai kelebihan dalam penentuan program perawatan yang fokus pada komponen atau mesin dengan menghindari kegiatan perawatan yang tidak diperlukan melalui penentuan interval perawatan yang tepat (Moubray, 1997). *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II merupakan penggabungan analisa kualitatif dan kuantitatif dalam penentuan program pemeliharaan (Moubray, 1997). Analisa kualitatif yaitu tindakan perawatan yang akan diusulkan. Sedangkan analisa kuantitatif yaitu penentuan *initial* interval waktu perawatan komponen dengan mempertimbangkan biaya perawatan atau perbaikan komponen. FMEA digunakan untuk melakukan identifikasi penyebab kegagalan dan efek dari kegagalan komponen tersebut. Selanjutnya akan dibuat *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Decision Worksheet* untuk menentukan jenis kegiatan *maintenance* yang dilakukan untuk setiap komponen dari Mesin Granulator 02.

Metode *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) ini digunakan untuk memetakan aliran proses serta informasi dalam aktivitas *maintenance* untuk sebuah mesin. Pada metode MVSM ini, *output* yang didapat adalah jumlah waktu yang digolongkan sebagai waktu yang bernilai tambah atau *value added* (VA) dan yang tidak bernilai tambah atau *non value added* (NVA) dalam sebuah aktivitas perawatan mesin serta efisiensi perawatan. MVSM dapat menggambarkan seluruh proses *Maintenance* pada komponen Mesin Granulator 02 dengan lengkap dan sistematis, dalam hal ini keseluruhan aktivitas perawatan pada suatu komponen mesin tersebut. Perusahaan dapat menerapkan metode MVSM, karena metode MVSM dapat memvisualisasikan suatu sistem yang menjelaskan aliran material dan informasi sehingga dapat menghasilkan suatu gambaran umum sebuah proses perbaikan komponen mesin yang mudah dipahami.

Dengan menggunakan metode tersebut diharapkan mampu meminimalisir *downtime*, penentuan interval perawatan, dan juga biaya perawatan pada komponen Mesin Granulator 02. Dengan demikian PT Tiara Kurnia dapat meningkatkan keandalan pada Mesin Granulator 02 sehingga dapat memenuhi target produksi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut permasalahan yang terdapat pada PT Tiara Kurnia adalah sebagai berikut:

1. Pada Mesin Granulator 02 terdapat nilai *downtime* yang paling tinggi disebabkan oleh tingkat kerusakan mesin
2. Mesin Granulator 02 sering mengalami kerusakan mendadak ketika proses produksi sedang berlangsung.
3. Strategi perawatan yang diterapkan oleh perusahaan belum optimal karena *downtime* mesin di departemen produksi PT Tiara Kurnia cukup tinggi.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian dan identifikasi masalah tersebut yang menjadi fokus permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja kegagalan yang terjadi pada komponen Mesin Granulator 02?
2. Apa strategi *preventive maintenance* terpilih untuk masing-masing komponen Mesin Granulator 02 di PT Tiara Kurnia berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II?
3. Berapa interval waktu *preventive maintenance* masing-masing komponen Mesin Granulator 02 berdasarkan strategi perawatan *preventive maintenance* yang terpilih?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kegagalan yang terjadi pada komponen Mesin Granulator menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
2. Menentukan strategi perawatan *preventive maintenance* yang optimal dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II.
3. Menghitung interval perawatan *preventive maintenance* berdasarkan strategi perawatan *preventive maintenance* yang terpilih.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian di PT Tiara Kurnia adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui jenis kegagalan yang terjadi pada komponen Mesin Granulator menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

2. Dapat mengetahui strategi perawatan dan interval preventive maintenance yang optimal dengan menggunakan metode metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*.
3. Dapat mengetahui interval waktu perawatan *preventive maintenance* pada setiap komponen kritis untuk meminimalkan potensi *downtime* Mesin Granulator.

1.6 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan permasalahan. Hal yang dibatasi dalam penelitian ini adalah pada

1. Pengamatan dan analisa keandalan hanya dilakukan untuk komponen-komponen Mesin Granulator 02.
2. Pengamatan dan perhitungan keandalan komponen hanya dilakukan pada salah satu Mesin Granulator di departemen produksi PT Tiara Kurnia.
3. Penentuan komponen menggunakan data historis tahun 2017 – 2019.
4. Rekomendasi perbaikan berdasarkan pilar TPM hanya menggunakan 4 pilar yang terkait dengan hasil penelitian yaitu *Autonomous Maintenance, Planned Maintenance, Office TPM*, dan *Training*.

1.7 Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian di PT Tiara Kurnia adalah sebagai berikut:

1. Mesin- Mesin Granulator pada departemen produksi di PT Tiara Kurnia memiliki proses yang identik, sehingga pengamatan pada 1 mesin dapat mewakili untuk Mesin Granulator yang lain.
2. Tidak ada penambahan jumlah mesin selama kegiatan pengambilan data belangsung.
3. Proses produksi dilakukan selama 22 hari di setiap bulan.
4. Jam kerja mesin dalam 1 hari adalah 14 jam.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan penelitian diperlukan dasar-dasar teori dan argumen yang berhubungan dengan konsep-konsep permasalahan penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar teori dan argumentasi yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait sistem manajemen mutu telah banyak dilakukan sebelumnya. Lingkup penelitian dilakukan dalam organisasi, perusahaan dan UKM. Penelitian terdahulu digunakan sebagai perbandingan, penggunaan metode dan hasil yang pernah dicapai untuk mengetahui perbedaan dalam penelitian ini. Beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi adalah sebagai berikut dapat dilihat di tabel 2.1 dibawah ini

Tabel 2.1
Perbedaan Penelitian Saat Ini dengan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Objek	Tujuan	Metode dan Pembahasan	Hasil
1	Ahmad Muhsin dan Ichsyan Syarafi (2018)	PT Dua Kelinci	Menentukan nilai keandalan (<i>reliability</i>) dan laju kerusakan dari mesin CF untuk menentukan waktu perawatan mesin.	Analisis nilai <i>reliability</i> , laju kerusakan, MTTF dan MTTR	Nilai keandalan 95,9% dan laju kerusakan 0,18% untuk mesin CF 1, 89,7% dan 0,54% untuk mesin CF 2 dan 93,7% dan 0,31% untuk mesin CF 3.
2	Hamim Rachman, Annisa Kesy Garside dan Heri Mujayin Kholik (2017)	PT Indo Pusaka Berau	Memilih tindakan perawatan sistem boiler berdasarkan metode RCM dan interval penggantian komponen untuk meminimalisasi Total Minimum Downtime (TMD).	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Usulan perawatan metode RCM dapat menurunkan downtime sebesar 11,33% dari metode perawatan yang dilakukan perusahaan.

- | | | | | | |
|---|--|--------------------------|---|--|--|
| 3 | Yanuar Prawiro (2015) | CV Clean | Cool Analisis model preventive replacement sehingga dapat menurunkan downtime mesin dan biaya perawatan. | <i>Age Replacement</i> | Menurunkan downtime sebesar 22% dan menghemat biaya Rp.974.000 untuk komponen <i>seal heater</i> , 27% dan Rp.1.252.409 untuk komponen <i>knife foil</i> , 29% dan Rp.546.539 untuk komponen <i>solenoid valve</i> , 29% dan Rp.350.096 untuk komponen <i>o ring seal</i> dan 125% dan Rp.197.712 untuk komponen <i>needle bearing</i> . |
| 4 | Muhammad Arizki Zainul Ramadhan (2018) | PT Surabaya Wire | Menentukan Interval Waktu Perawatan dan memberikan tindakan dalam perawatan | <i>Reliability Centered Maintenance (RCM) II</i> | perawatan komponen side shaft dengan <i>scheduled discard task</i> selama 63 jam sekali, komponen crank shaft dengan <i>scheduled restoration task</i> selama 81 jam sekali dan electric motor dengan <i>scheduled restoration task</i> selama 374 jam sekali |
| 5 | Ekwan Hardiyanto (2017) | PT Pertamina Hulu Energi | Menentukan interval waktu perawatan pencegahan unit GCS anjungan lepas yang dapat meminimalkan biaya perawatan pencegahan | <i>TTF, TBF, Iterasi T_i dan T_p</i> untuk menentukan interval waktu | Diperoleh nilai keandalan yang bervariasi pada masing-masing sistem dengan laju biaya USD 612.339/day. Sistem suction dan discharge scrubber adalah 400 jam, sistem kompresor adalah 1200 jam, turbin gas 1600 jam, fin fan cooler 220 jam sistem support 2000 jam |
| 6 | Vivi Tri Yanti (2015) | PT ABC | melakukan perbandingan biaya dari sistem perawatan <i>corrective maintenance</i> dan <i>preventive maintenance</i> | <i>Modularity design berbasis waktu</i> | Total biaya pemeliharaan preventive dengan reliability adalah Rp 16.952.886,03, biaya pemeliharaan preventive modular design basis waktu adalah Rp 16.663.39,02 dan biaya |

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



pemeliharaan
 preventive modular
 design basis sebab
 akibat adalah Rp
 44.611.697,04

7. Penelitian ini PT Tiara Mengetahui kegagalan yang FMEA, RCM II -
 Kurnia terjadi pada komponen, dan MVSM
 mengetahui strategi perawatan
 yang optimal dan interval
 perawatan yang tepat, dan
 mengetahui biaya perawatan
 yang optimal

2.2 Konsep Manajemen Perawatan

Perawatan (Maintenance) adalah hal yang sangat penting agar mesin selalu dalam kondisi yang baik dan siap pakai. Perawatan adalah fungsi yang memonitor dan memelihara fasilitas pabrik, peralatan, dan fasilitas kerja dengan merancang, mengatur, menangani, dan memeriksa pekerjaan untuk menjamin fungsi dari unit selama waktu operasi (*uptime*) dan meminimisasi selang waktu berhenti (*downtime*) yang diakibatkan oleh adanya kerusakan maupun perbaikan (Manzini, 2010). Contoh kegiatan perawatan ialah melakukan inspeksi mesin sudah dilubrikasi atau belum, apakah ada komponen/*part* yang rusak sehingga harus digantikan komponen lainnya, kegiatan perawatan ini diperoleh dari penelitian yang dilakukan oleh (Prima, 2010) pada komponen mesin Kompresor.

Manajemen pemeliharaan adalah pengelolaan perawatan dan mesin-mesin tetap siap dipakai (*ready for use*). Pemahaman tentang istilah perawatan yakni terdapat beberapa kegiatan seperti berikut (Kurniawan, 2013):

1. *Inspection* (inspeksi)

Inspeksi adalah aktivitas pengecekan untuk mengetahui keberadaan atau kondisi dari fasilitas produksi. Inspeksi biasanya berupa aktivitas yang membutuhkan panca indra dan analisis yang kuat dari setiap pelaksanaan, bahkan ada pula yang melakukannya dengan menggunakan alat bantu, sehingga kesimpulan yang dihasilkan dapat lebih mendekati kondisi nyata (akurat).

2. *Repair* (perbaikan)

Repair adalah aktivitas yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi mesin yang mengalami gangguan tersebut, sehingga dapat beroperasi seperti sebelum terjadi gangguan tersebut, dimana prosesnya hanya dilakukan untuk perbaikan yang sifatnya kecil. Biasanya *Repair* tidak terlalu banyak mengganggu kontinuitas proses produksi.

3. *Overhaul* (perbaikan menyeluruh)

Adalah aktivitas menyeluruh. Aktivitas ini memiliki makna yang sama dengan *Repair*, hanya saja ruang lingkupnya lebih besar. Perawatan ini dilakukan apabila kondisi mesin berada dalam keadaan rusak parah, sementara kemampuan untuk mengganti dengan yang baru tidak ada. *Overhaul* biasanya dapat mengganggu kegiatan produksi dan membutuhkan biaya yang besar.

4. *Replacement* (penggantian)

Adalah aktivitas penggantian mesin. Biasanya mesin memiliki kondisi yang lebih baik akan menggantikan mesin sebelumnya. *Replacement* dilakukan jika kondisi alat sudah tidak memungkinkan lagi untuk beroperasi, atau sudah melewati umur ekonomis penggunaan. *Replacement* membutuhkan investasi yang besar bagi perusahaan, sehingga alternatif ini biasanya menjadi pilihan terakhir setelah *repair* dan *overhaul*.

Konsep manajemen perawatan berawal dari keinginan manusia untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan terhadap objek yang dimilikinya, sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia, dapat berfungsi dengan baik dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang diinginkan. Selain itu perawatan juga berawal dari keinginan manusia untuk memiliki sistem yang lebih teratur, rapi, bersih dan fungsional.

Perawatan yang dilakukan akan menjadi efisien jika konsep manajemen masuk kedalam aktivitas tersebut. Efisiensi adalah penggunaan sumber daya yang sekecil mungkin untuk memperoleh keluaran (*output*) yang semaksimal mungkin. Sumber daya perawatan yang berupa manusia, mesin dan bahan baku, akan berfungsi dengan baik apabila konsep manajemen diterapkan.

2.3 Pengertian Perawatan

Berikut adalah pengertian perawatan atau pemeliharaan dari berbagai sumber:

Menurut Dhillom (2006) Pemeliharaan adalah semua aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan kondisi sebuah item atau peralatan, atau mengembalikannya ke dalam kondisi tertentu. Kemudian dengan penekanan inti definisi yang sejalan Ansori dan Mustajib (2013) di dalam bukunya mendefinisikan perawatan atau *maintenance* sebagai konsepsi dari semua aktivitas yang di perlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas/mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awal.

Menurut Ngadiyono (2010) kegiatan pemeliharaan meliputi *maintenance*, *repair* dan *overhaul*. Jadi pemeliharaan dapat didefinisikan sebagai semua tindakan yang bertujuan

untuk mempertahankan atau memulihkan komponen atau mesin ke keadaan ideal sehingga dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan kebutuhan perusahaan.

Menurut Assauri (2008) perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memelihara dan menjaga peralatan atau fasilitas dan mengadakan perbaikan atau penggantian sehingga dapat memperoleh suatu kegiatan proses produksi yang memuaskan dan sesuai dengan yang direncanakan.

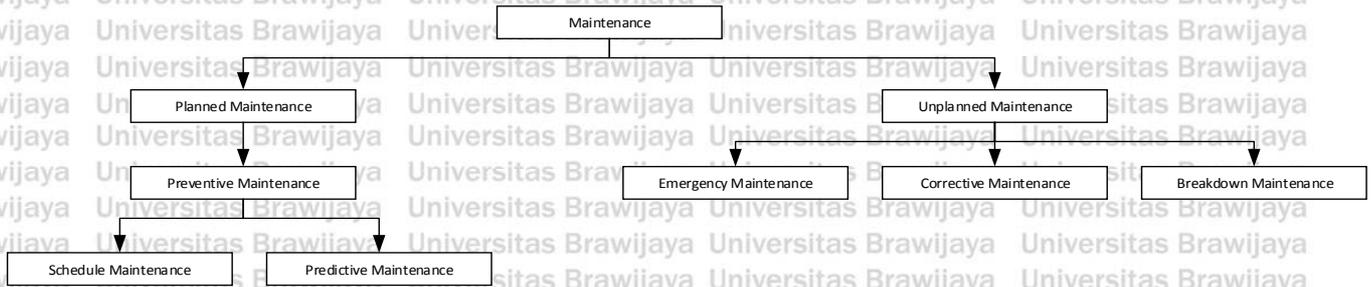
2.4 Tujuan Manajemen Perawatan

Tujuan perawatan menurut Hasriyono (2009) yang utama antara lain:

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dari kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya maintenance secara efektif dan efisien keseluruhannya.
5. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi (mengurangi *downtime*).
6. Untuk memperpanjang usia kegunaan asset yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya.
7. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi yang maksimum.
8. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
9. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamatan dan sebagainya.

2.5 Klasifikasi Perawatan

Secara umum perawatan terhadap fasilitas industri diklasifikasikan menjadi 2, yaitu perawatan terencana (*Planned Maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*Unplanned Maintenance*). Hal ini dapat digambarkan melalui gambar 2.1 berikut



Gambar 2.1 Bagan Klasifikasi Perawatan

Sumber: Ansori (2013)

Perawatan (maintenance) dapat dibagi menjadi dua yaitu perawatan terencana (*Planned Maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*Unplanned Maintenance*). Untuk *Planned Maintenance* merupakan aktivitas perawatan yang dilakukan secara terencana, sehingga mekanismenya dapat terlaksana sebelum terjadinya kerusakan dan frekuensi perawatannya sudah terjadwal. Perawatan ini dapat meminimasi waktu tunggu dan meminimasi kerugian yang dialami oleh perusahaan karena proses produksi terhenti.

Aktivitas *planned maintenance* terdiri atas *Preventive Maintenance* merupakan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin dan agar umur pemakaian pada mesin tersebut dapat bertahan dengan lama. Contoh perawatan model ini adalah pembersihan, pengendalian kondisi mesin, perbaikan kecil, *tune up*, pelumasan dan penyetulan. Dimana aktivitas *preventive maintenance* dapat digolongkan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

- a. *Schedule Maintenance* merupakan perawatan yang bertujuan mencegah terjadinya kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Rentang waktu perawatan ditentukan berdasarkan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan.
- b. *Predictive Maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan sebelum mesin mengalami kegagalan, namun sudah menunjukkan penurunan kinerja. *Predictive Maintenance* dilakukan berdasarkan kecenderungan perubahan yang dimonitor terhadap kondisi fungsional atau fisik dari mesin tersebut sebelum terjadinya kegagalan.

Untuk *Unplanned Maintenance* merupakan perawatan yang dilakukan setelah terjadi kegagalan, dan kegagalan tersebut biasanya tidak dapat diduga sebelumnya, sehingga perusahaan mengalami kerugian dikarenakan adanya gangguan terhadap kontinuitas proses produksi. Perawatan ini memiliki frekuensi perawatan yang tidak terjadwal. Perawatan unplanned dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu sebagai berikut:

- a. *Emergency Maintenance* merupakan perawatan yang dilakukan secara tiba-tiba, karena ketidaktahuan kerusakan mesin. Perawatan darurat biasanya terjadi saat perusahaan berupaya untuk memenuhi target produksi, sementara kondisi alat tidak mendukung secara tiba-tiba.
- b. *Corrective Maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan sehingga peralatan tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan perawatan korektif meliputi seluruh aktivitas mengembalikan sistem dari keadaan rusak menjadi beroperasi kembali. Perbaikan baru terjadi ketika mengalami kerusakan, walaupun terdapat beberapa perbaikan yang dapat diundur.
- c. *Breakdown Maintenance* dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan dengan cara mesin/peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Kebijakan ini merupakan strategi yang kasar dan kurang baik karena dapat menimbulkan biaya tinggi, kehilangan kesempatan untuk mengambil keuntungan bagi perusahaan karena diakibatkan terhentinya mesin, keselamatan kerja tidak terjamin, kondisi mesin tidak diketahui, dan tidak ada perencanaan waktu, tenaga kerja, maupun biaya yang baik.

2.6 Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance*)

Kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menentukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu yang digunakan dalam proses produksi. *Preventive Maintenance* sangat efektif digunakan untuk fasilitas produksi yang termasuk dalam “*critical unit*”. Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk kedalam *critical unit*, apabila:

1. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan dan keselamatan para pekerja.
2. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
3. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
4. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas ini adalah cukup besar dan mahal.

Menurut Assauri (2008), dalam prakteknya, proses *preventive maintenance* yang dilakukan dalam perusahaan dapat dibedakan menjadi dua macam berdasarkan aktivitas atau kegiatannya yaitu:

1. *Routine maintenance*, adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin, misalnya setiap hari. Sebagai contoh dari kegiatan routine maintenance adalah pembersihan fasilitas atau peralatan, pelumasan (*lubrication*) atau pengecekan oli, serta pengecekan bahan bakar dan mungkin termasuk pemanasan (*warming up*) dari mesin-mesin selama beberapa menit sebelum dipakai untuk produksi.
2. *Periodic maintenance*, adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu, misalnya setiap satu minggu sekali. *periodic maintenance* dapat juga dilakukan dengan memakai lamanya jam kerja mesin atau fasilitas produksi sebagai jadwal kegiatan, misalnya setiap seratus jam pemakaian mesin sekali.

2.7 Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Menurut O'Connor (2001) *Corrective maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah mesin atau fasilitas produksi mengalami gangguan atau kerusakan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Aktivitas *corrective maintenance* sering disebut aktivitas perbaikan. *Corrective maintenance* biasanya tidak dapat kita rencanakan terlebih dahulu karena kita hanya bisa memperbaikinya setelah terjadi kerusakan, bahkan terkadang perbaikan tersebut bisa tertunda dan terlambat.

Perbaikan yang dilakukan akibat terjadinya kerusakan dapat terjadi akibat tidak dilakukannya *preventive maintenance* maupun telah diterapkan *preventive maintenance*, akan tetapi sampai pada suatu waktu tertentu fasilitas produksi atau peralatan yang ada tetap rusak. Dalam hal ini, *corrective maintenance* bersifat perbaikan menunggu sampai kerusakan terjadi dahulu, kemudian baru diperbaiki agar fasilitas produksi maupun peralatan yang ada dapat dipergunakan kembali dalam proses produksi sehingga operasi dalam proses produksi dapat berjalan lancar dan kembali normal.

Tindakan *corrective maintenance* ini terlihat lebih murah biayanya dibandingkan tindakan *preventive maintenance*. Hal ini dapat terjadi selama gangguan kerusakan belum terjadi pada fasilitas maupun peralatan ketika proses produksi berlangsung. Namun, saat kerusakan terjadi selama proses produksi maka biaya perawatan akan mengalami peningkatan akibat terhentinya proses produksi. Selain itu biaya-biaya perawatan dan pemeliharaan akan membengkak pada saat terjadinya kerusakan tersebut. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tindakan *corrective maintenance* lebih memusatkan permasalahan setelah permasalahan itu terjadi, bukan menganalisa masalah untuk mencegah agar tidak terjadi.

2.8 Failure (Kegagalan/Kerusakan)

Menurut Setiawan (2008) bahwa bagi perusahaan pabrik yang sangat peduli dengan *downtime/breakdown time* produksi akibat kerusakan mesin pihak manajemen tidak puas telah diperbaiki mesin dan berproduksi kembali, mereka pada umumnya akan mempertanyakan mengapa kerusakan itu bisa sampai terjadi oleh karena itu analisis dilakukan.

Penerapan dalam menganalisis kerusakan mesin hampir sama dengan yang lain, namun yang menjadi perhatian bagi pihak yang terkait (*maintenance* dan *engineering*) adalah bagian komponen itu bisa mengalami kerusakan, kesimpulan dari analisis akan menjadi dasar untuk mencegah kerusakan itu terulang kembali. Selain hal tersebut, yang menjadi perhatian juga adalah setiap kerusakan komponen pasti akan meninggalkan tanda mengapa kerusakan tersebut dapat terjadi.

Alur cara pemikiran untuk menganalisis akan dijelaskan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Setiawan, 2008):

1. Memutuskan perlu atau tidak dilakukan analisis

Bila kerusakan itu kurang berarti atau kecil jumlahnya atau tidak mempengaruhi proses yang dianggap penting, maka analisis tidak perlu dilakukan, karena apabila dilakukan analisis yang memerlukan waktu kerja yang cukup lama dan membutuhkan pengeluaran biaya untuk pengecekan. Tidak semua kerusakan perlu dianalisis, ada kerusakan yang langsung dapat diperbaiki dan diketahui penyebab utamanya.

2. Mencari tahu apa yang terjadi setelah kerusakan

Salah satu cara seorang teknisi agar dapat dengan cepat memperbaiki kerusakan adalah dengan menanyakan kepada operator yang mengoperasikan mesin tersebut sehari-hari maupun saat terjadi kerusakan. Hal ini berguna untuk mengetahui jenis-jenis kerusakan mesin dan tanda-tanda kerusakan kecil Sebelum menjadi kerusakan fatal. Mencari informasi sebanyak-banyaknya apa yang sebenarnya terjadi dan segala kemungkinan yang dapat digali dari informasi operator mesin.

3. Melakukan penyelidikan awal kerusakan pada lokasi mesin

Setelah kerusakan terjadi sebaiknya tidak melakukan tindakan seperti membersihkan dan merapikan mesin yang rusak. Hal yang perlu dilakukan adalah mengumpulkan data sebanyak-banyaknya berupa gambar atau foto dari berbagai sudut mengenai bagian mesin yang rusak dan posisi bagian yang rusak.

4. Mengumpulkan data-data pendukung

Mengumpulkan data pada saat pengoperasian mesin tersebut dan membandingkan dengan kondisi desain awal mesin. melakukan pencatatan seperti waktu kejadian, suhu, *ampere* listrik, *voltage*, beban kerja, kelembaban, tekanan atau *pressure* mesin (*pressure gauge*), pelumasan atau pelumasan yang dilakukan, bahan material, *standart operating machine* (SOP), korosi yang terjadi, data vibrasi atau getaran, dan lain sebagainya. Intinya adalah membandingkan kondisi operasi normal mesin dengan kondisi pada saat mesin rusak.

5. Menentukan penyebab kerusakan

Menentukan penyebab kerusakan mesin setelah melihat langsung kerusakan mesin. untuk menentukan penyebab timbulnya kerusakan merupakan keputusan yang sulit dan memerlukan waktu yang cukup lama, oleh karena itu diperlukan sejumlah analisis teknik. Hal yang terpenting adalah mengetahui apakah ada parameter-parameter tertentu yang berubah selama terjadi kerusakan dan apakah mesin mengalami perubahan desain.

6. Memeriksa dan menganalisis kerusakan utama

Pengecekan dan analisis dilakukan dengan alat tambahan misalnya dengan mikroskop untuk melihat struktur komponen mekanikal. Untuk dapat melakukan hal tersebut memerlukan data referensi cukup canggih untuk membandingkan hasil pengecekan dari mikroskop dengan data referensi yang ada. Hasil tampilan kerusakan yang satu dapat menjadi data referensi untuk kerusakan yang lainnya. Pemeriksaan pada struktur atau bagian yang patah memerlukan suatu cabang ilmu untuk mendalami masalah secara lebih mendetail. Referensi tampilan patahan tersebut dapat diperoleh dari buku atau organisasi yang khusus membahas analisis kerusakan (*root cause failure analysis*).

7. Pemeriksaan karakteristik material dari komponen mekanik yang rusak

Pemeriksaan dapat dilakukan dengan tes atau uji kekerasan (*hardness test*), tes ultrasonik, tes komponen, dan lain-lain yang berhubungan dengan material penyusun komponen. Intinya adalah membandingkan hasil pengujian dengan standar desain komponen mesin pada awalnya.

8. Pemeriksaan dengan bahan kimia dan analisis metalurgi

Penggunaan bahan kimia tertentu dan ilmu metalurgi dapat menunjukkan bukti kelemahan dari material yang digunakan. Dalam hal ini perlu seseorang yang ahli dalam bidang metalurgi.

9. Menentukan tipe kerusakan dan penyebab kerusakan

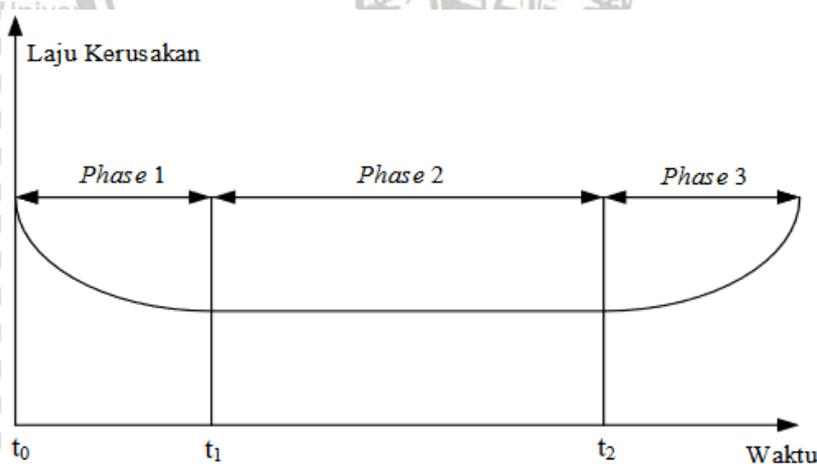
Mengulangi kembali langkah-langkah sebelumnya sehingga diperoleh jawaban yang benar-benar akurat. Pertanyaan-pertanyaan selama analisis yang belum ada solusinya akan mengurangi hasil akurasi analisis tersebut.

10. Menentukan akar permasalahan

Setelah diketahui dengan jelas penyebab kerusakan utama, maka untuk menentukan akar permasalahan, pertanyaan seperti mengapa kerusakan itu harus terjadi harus dijawab dengan tuntas. Jawabannya dapat berupa alasan faktor manusia dan manajemen, misalnya: Departemen desain dan *engineering* melakukan kesalahan, pengoperasian yang tidak sesuai dengan standar, departemen maintenance tidak melakukan *preventive maintenance* dengan benar. Apabila penyebab kesalahan yang terjadi berkaitan dengan faktor manusia, maka harus dilakukan suatu perubahan oleh pihak manajemen.

2.9 Pola Waktu Kegagalan Alat

Peralatan atau produk yang terdapat pada suatu sistem tidak dapat digunakan secara terus-menerus karena setiap peralatan mempunyai umur. Umur untuk setiap peralatan atau produk tersebut sangat sulit untuk ditentukan secara pasti. Walaupun sulit untuk ditentukan secara pasti, setiap peralatan atau mesin mempunyai pola kegagalan seperti kurva bak mandi, atau biasa disebut *Bathub Hazard Rate Curve* yang dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini



Gambar 2.2 *Bathub Hazard Rate Curve*

Sumber: John Moubray (1997).

Kurva *Bathub Hazard Rate Curve* terbagi dalam tiga area, yaitu:

1. *Phase 1*, disebut : Masa Awal (laju kegagalan menurun). Pada fase ini, laju kegagalan (*hazard rate*) suatu sistem mengalami penurunan, dan biasanya hal ini merupakan ciri awal penggunaan mesin. Pada fase menunjukkan dapat terjadi kegagalan dini.

Kegagalan dini terjadi akibat proses yang tidak terpantau oleh bagian *quality control*. Probabilitas kegagalan pada saat ini akan lebih besar dibanding pada saat yang akan datang.

2. *Phase 2*, disebut : Masa Berguna (laju kegagalan konstan). Fase ini memiliki laju kegagalan yang cenderung konstan dan merupakan laju kegagalan yang rendah. Fase ini biasa disebut *usefull life*. Kegagalan yang terjadi pada fase ini biasanya diakibatkan oleh pembebanan yang tiba-tiba yang besarnya diluar batas kemampuan komponen atau kondisi ekstrim lainnya. Biasanya penggantian alat terjadi pada fase.
3. *Phase 3*, disebut : Masa Aus (laju kegagalan meningkat). Fase ini memiliki laju kegagalan yang cenderung tajam atau meningkat, hal ini dikarenakan mulai memburuknya kondisi alat atau komponen sehingga fase ini disebut pemakaian yang melebihi umur komponen (*wear out*).

2.10 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan dalam memastikan bahwa aset-aset fisik dapat berjalan dengan baik dalam menjalankan fungsi yang dikehendaki oleh pemakainya (Kimura, 2002). Penerapan RCM lebih menitik beratkan pada penggunaan analisis kualitatif untuk komponen-komponen yang dapat menyebabkan kegagalan pada suatu sistem. Sedangkan alat yang dipergunakan dalam melakukan analisis kualitatif adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Decision Diagram*.

Moubray (1997) menyatakan bahwa pada dasarnya proses RCM dapat ditelusuri dengan menggunakan 7 pertanyaan tentang aset atau sistem yang diteliti, yaitu :

1. Apakah fungsi dan performansi standar operasional dari aset ?
2. Bagaimana aset tersebut rusak, atau gagal dalam menjalankan semua fungsinya ?
3. Apakah penyebab masing-masing kegagalan fungsi tersebut ?
4. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan ?
5. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi ?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kerusakan tersebut ?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan ?

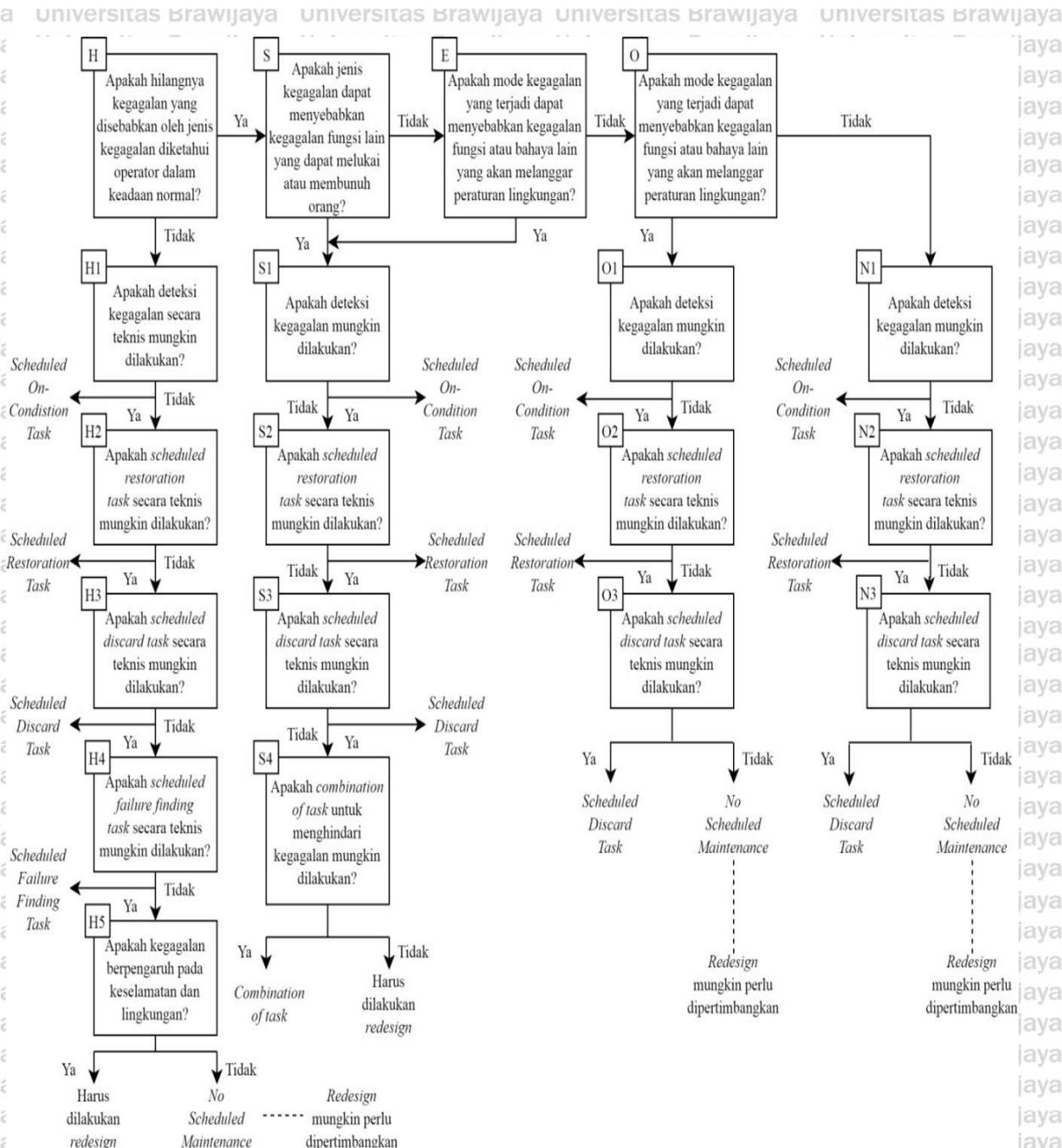
2.11 Reliability Centered Maintenance (RCM) II

Reliability Centered Maintenance (RCM) banyak mengalami perkembangan menjadi RCM II karena sudah terjadi penyesuaian terhadap hasil RCM II. Tujuan diterapkannya metode RCM II pada sebuah perusahaan menurut Moubray (1997) adalah :

1. Adanya jaminan integritas keselamatan (*safety*) dan lingkungan (*environment*) dengan bertujuan untuk meminimalkan *hazard* yang berkaitan dengan keselamatan dan lingkungan pada komponen.
2. Perbaikan kinerja operasi (*output, product quality, dan customer service*) dengan lebih memperhatikan seluruh rangkaian kegiatan perawatan guna menentukan solusi sesuai dengan kondisi.
3. Efektivitas biaya pemeliharaan yang lebih baik dengan lebih memfokuskan kegiatan perawatan yang memiliki efek langsung pada performansi proses produksi.
4. *Lifetime* peralatan lebih lama dengan melakukan tindakan perawatan yang diberikan dalam *scheduled on-condition task*.
5. Data pemeliharaan yang lebih baik dan lebih lengkap dengan melakukan dokumentasi setiap tindakan perawatan terhadap tiap-tiap komponen mesin.

2.11.1 *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Decision Diagram*

RCM II *decision diagram* digunakan untuk menentukan *proactive task* atau jenis kegiatan perawatan yang sesuai dengan masing-masing komponen. H1/S1/O1/N1 untuk mencatat apakah *on condition task* dapat digunakan untuk meminimalkan terjadinya failure mode, H2/S2/O2/N2 untuk mencatat apakah *scheduled restoration task* dapat digunakan untuk mencegah failure dan H3/S3/O3/N3 untuk mencatat apakah *scheduled discard task* dapat digunakan untuk mencegah *failure*. RCM II *decision diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini



Gambar 2.3 RCM II Decision Diagram

Sumber: Pranoto, 2015:225

2.11.2 Reliability Centered Maintenance (RCM) II Decision Worksheet

RCM II decision worksheet merupakan dokumen kerja penting yang digunakan dalam aplikasi RCM untuk mencatat jawaban terhadap pertanyaan dalam decision diagram RCM (Ebeling, 1997). Pada decision worksheet dianalisis konsekuensi dari adanya kegagalan apakah berpengaruh terhadap keselamatan (S), lingkungan (E), atau berpengaruh terhadap kerugian operasional (O). Berikut adalah kolom-kolom yang ada dalam decision worksheet.

Tabel 2.2

RCM II *Decision Worksheet**Unit/Item**Item/Komponen*

No	Item	Consequence Evaluation								Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be Done By
		F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	H			
									O1 N1	O2 N2	O3 N3	4	5	4	

Keterangan:

F = Function

FF = Functional Failure

FM = Failure Mode

H = Hidden Failure

S = Safety Effect

E = Environmental Effect

O = Operational Effect

Berikut ini penjelasan dari setiap bagian yang ada dalam RCM II *Decision Worksheet*:

a. *Information Reference*

Information reference merupakan informasi yang diperoleh dari FMEA atau RCM II *decision worksheet* yaitu dengan memasukkan informasi mengenai function, failure function, failure mode dari komponen. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai *information reference*

Kolom Function (F) adalah fungsi dari komponen yang diharapkan oleh user tetap berada dalam level kemampuan dari peralatan tersebut sejak awal dibuat

Kolom Function Failure (FF) adalah kegagalan dari suatu komponen untuk melaksanakan *system function* yang diharapkan

Kolom Failure Mode (FM) adalah jenis kerusakan yang terjadi pada komponen sehingga menyebabkan komponen gagal beroperasi

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai *Information reference* yang terdapat pada RCM II *Decision Worksheet* dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3

*Information reference*RCM II *Decision Worksheet**Information reference*

F

FF

FM

b. *Consequence Evaluation*

Consequene evaluation adalah konsekuensi yang ditimbulkan karena kegagalan fungsi. Dalam RCM II failure consequence dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu *hidden failure*, *safety effect*, *environmental effect*, *operational effect*, dan *non operational effect*. Kolom H, S, E, O, dan N digunakan untuk mencatat jawaban dari pertanyaan konsekuensi dari tiap penyebab kegagalan. Kolom berikutnya, yaitu kolom H1, H2, H3, dan seterusnya mencatat tindakan proaktif apa yang akan dilakukan.

c. *Proactive Task dan Default Action*

Proactive task merupakan tindakan atau kondisi yang diambil dalam menegah terjadinya *failure mode*. Dalam penentuan tindakan tersebut akan dibantu dengan *decision diagram*. Jika jawaban dari pertanyaan yang ada pada RCM II *decision diagram* memenuhi pernyataan maka kolom akan diisi dengan *Yes* (Y), jika tidak memenuhi maka kolom akan diisi dengan *No* (N). Kolom H1/S1/O1/N1 digunakan untuk mencatat *scheduled on ondition task* yang dilakukan untuk mengantisipasi *failure mode*. Kolom H2/S2/O2/N2 digunakan untuk mencatat *scheduled restoration task* yang dilakukan. Kolom H3/S3/O3/N3 digunakan untuk mencatat *scehduled discard task* yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan. Kolom H4/H5/S4 digunakan untuk mencatat *default action* yang akan dilakukan.

d. *Proposed Task*

Dari hasil keputusan yang didapatkan kemudian diaplikasikan dalam tindakan perawatan untuk mencegah *functional failure*. Dalam *proposed task* dijelaskan tindakan perencanaan yang dipilih sebagai kegiatan perawatan yang diusulkan.

e. *Initial Interval*

Initial interval digunakan untuk mencatat interval waktu perawatan yang optimal dari masing-masing *task* yang diberikan untuk *scheduling restoration* atau *discard task*.

f. *Can be Done By*

Digunakan untuk mencatat siapa yang akan melaksanakan kegiatan perawatan.

2.11.3 System Function dan Functional Failure

Tujuan dari perawatan adalah menentukan fungsi dan menghubungkan fungsi tersebut dengan performansi harapan dari aset-aset dengan pertimbangan tertentu. Kegiatan perawatan dapat tercapai jika dalam menjalankan performansinya mampu dideteksi berbagai tipe atau jenis kegagalan (*failure*). Penanganan terhadap kegagalan dapat dilakukan dengan baik jika metode perawatan diimplementasikan secara tepat sesuai

dengan bentuk kegagalannya atau manajemen kegagalan (*management of failure*).

System function bertujuan agar informasi terkait fungsi dapat menyediakan atau mendefinisikan fungsi dalam sistem. Analisis yang akan dilakukan berdasarkan fungsi dan bukan mengenai peralatan yang ada pada sistem. Kegagalan fungsional (*functional failure*) menjelaskan bagaimana sistem mengalami kegagalan dan apa saja usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah dan mengurangi serta mendeteksi terjadinya kegagalan (Ansori dan Mustajib, 2013).

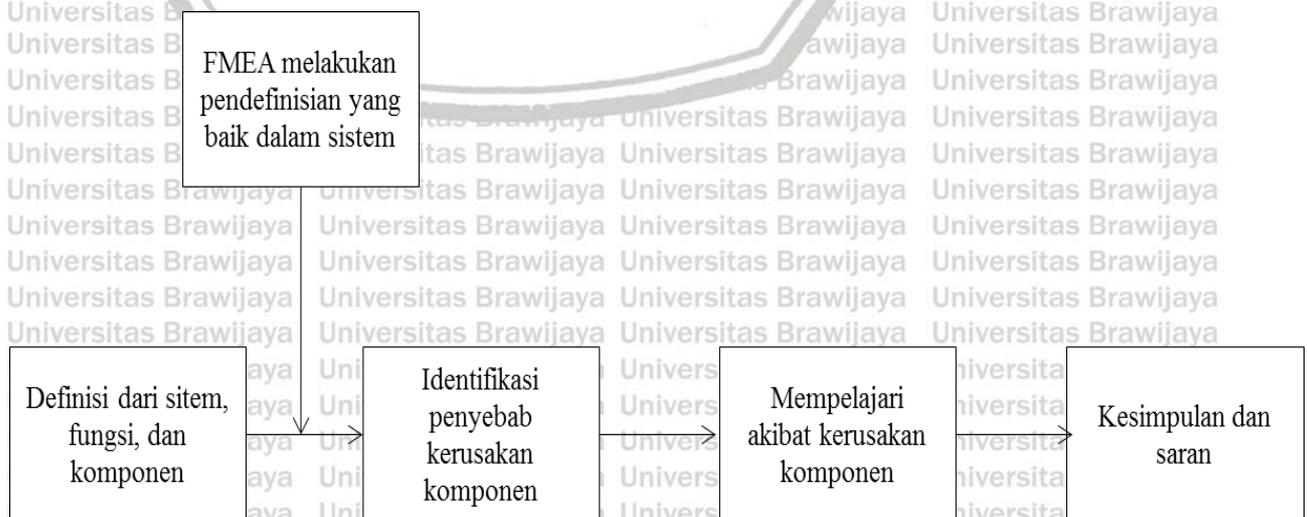
2.11.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam jenis kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen-komponen, menganalisis pengaruh-pengaruh terhadap keandalan sistem dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan *level item-item* khusus dari sistem dan tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki dan mengeleminasi atau mereduksi probabilitas dari mode kegagalan yang kritis (Kimura, 2002).

FMEA bertujuan melakukan perbaikan dengan cara:

1. Mengidentifikasi model-model kegagalan pada komponen, peralatan, dan sistem.
2. Menentukan akibat yang potensial pada peralatan, sistem yang berhubungan dengan setiap model kegagalan.
3. Membuat rekomendasi untuk menambah keandalan komponen, peralatan, dan sistem.

Terdapat empat langkah utama dalam kinerja dari FMEA dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Langkah FMEA

FMEA dapat me-*review* berbagai keagalannya, penyebab keagalannya serta dampak kegagalan yang ditimbulkan untuk masing-masing komponen untuk berbagai mode kegagalan dan juga dampaknya pada sistem. FMEA *Worksheet* dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4
FMEA *Worksheet*

<i>Item</i>	<i>Potential Function Failure</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	-----------------	------------------	------------------	------------

Sumber: Besterfield (2003)

Dalam mengerjakan FMEA harus mengidentifikasi terlebih dahulu tentang *severity*, *occurance*, *detection* dan juga hasil akhir yang berupa *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan (Besterfield, 1996). Berikut ini merupakan penjelasan dari *severity*, *occurance*, *detection* dan *Risk Priority Number* (RPN)

1. *Severity*

Severity adalah langkah pertama untuk menganalisis resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian yang mempengaruhi output proses atau dampak tersebut. Tingkatan penilaian dari *Severity* dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5
Rating *Severity*

Ranking	Akibat (Effect)	Keterangan	Non Productive Time
1	Tidak ada akibat	Kegagalan tidak memberikan efek	≤ 3 jam
2	Akibat sangat ringan	Kegagalan memberikan efek yang dapat diabaikan	>12 jam – 14 jam
3	Akibat ringan	Kegagalan memberikan efek minor pada sistem	>12 jam – 14 jam
4	Akibat sangat rendah	Kegagalan mempengaruhi sistem	>12 jam – 14 jam
5	Akibat rendah	Kegagalan mempengaruhi 10% kerja sistem	>24 jam – 2x24 jam
6	Akibat sedang	Kegagalan mempengaruhi 25% kerja sistem	>24 jam – 3x24 jam
7	Akibat tinggi	Kegagalan mempengaruhi 50% kerja sistem	>24 jam – 4x24 jam
8	Akibat sangat tinggi	Kegagalan mengganggu sistem secara total	>24 jam – 5x24 jam
9	Akibat berbahaya	Kegagalan dapat membahayakan operator dan sistem dengan adanya peringatan terlebih dahulu	>24 jam – 6x24 jam
10	Akibat sangat berbahaya	Kegagalan dapat membahayakan operator dan sistem tanpa adanya peringatan	>6x24 jam

Sumber: Besterfield (1996)

2. Occurance

Occurance merupakan skala kemungkinan bahwa kegagalan tersebut akan terjadi.

Tingkatan penilaian dari *occurance* dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut

Tabel 2.6

Rating Occurance

Ranking	Probabilitas Kegagalan	Kriteria Vertikal	Probabilitas Terjadinya Kegagalan per Tahun	Kemungkinan Kegagalan
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan yang hampir tidak pernah terjadi	<1	Lebih dari 1000 jam operasi mesin
2	Sangat sedikit sekali	Kerusakan yang jarang terjadi	1-4	6001-10000 jam operasi
3	Sangat sedikit	Kerusakan yang terjadi sangat sedikit	5-9	3001 – 6000 jam operasi mesin
4	sedikit	Kerusakan yang terjadi sedikit	10-49	2001 – 6000 jam operasi mesin
5	Rendah	Kerusakan yang terjadi pada tingkat rendah	50-149	1001— 6000 jam operasi mesin
6	Medium	Kerusakan yang terjadi pada tingkat medium	150-249	401 – 1000 jam operasi mesin
7	Agak tinggi	Kerusakan yang terjadi agak tinggi	250-300	101 – 400 jam operasi mesin
8	Tinggi	Kerusakan yang terjadi tinggi	300-365	11 – 100 jam operasi mesin
9	Sangat tinggi	Kerusakan yang terjadi sangat tinggi	366-500	2 – 10 jam operasi mesin
10	Hampir selalu	Kerusakan selalu terjadi	>500	Kurang dari 2 jam operasi mesin

Sumber: Besterfield (1996)

3. Detection

Detection merupakan skala pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Penjelasan detection untuk masing-masing tingkatan dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7

Rating Detection

Ranking	Deteksi	Kemungkinan deteksi oleh kontrol
1	Hampir Pasti	Terjadinya kegagalan dapat dilakukan pencegahan (prevention) karena komponen memiliki desain yang lengkap (fixture design) dan desain bagian (part design); Tidak ada bagian yang tidak sesuai karena komponen memiliki error-proofed pada proses atau produk desain
2	Sangat tinggi	Terjadinya kegagalan dideteksi dari sistem otomatis (automated control) yang akan mendeteksi kegagalan ; Mencegah bagian yang tidak sesuai terjadi
3	tinggi	Deteksi failure mode pada stasiun kerja dilakukan oleh automated control yang akan mendeteksi bagian yang tidaksesuai dan mengunci bagian tersebut untuk mencegah proses kerusakan yang lebih parah
4	Tinggi moderate	Deteksi failure mode setelah proses kegagalan terjadi dilakukan oleh automated control yang akan mendeteksi bagian yang tidaksesuai dan mengunci bagian tersebut untuk mencegah proses kerusakan yang lebih parah
5	Moderate	Deteksi failure mode pada stasiun kerja dilakukan oleh operator melalui penggunaan

		variable gauging atau pada stasiun kerja oleh operator melalui penggunaan atribut pengukuran (gauging) (pemeriksaan torsi manual menggunakan kunci inggris)
6	Rendah	Deteksi failure mode setelah proses kegagalan terjadi dilakukan oleh operator melalui penggunaan variable gauging atau pada stasiun kerja oleh operator melalui penggunaan atribut pengukuran (gauging) (pemeriksaan torsi manual menggunakan kunci inggris)
7	Sangat rendah	Deteksi failure mode pada stasiun kerja dilakukan oleh operator melalui visualisasi/ suara atau setelah proses kegagalan melalui penggunaan atribut pengukuran (gauging) (pemeriksaan torsi manual menggunakan kunci inggris)
8	Sedikit kemungkinan	Deteksi failure mode setelah kegagalan terjadi yang dilakukan oleh operator melalui visualisasi atau suara
9	Sangat sedikit kemungkinan	failure mode tidak mudah di deteksi
10	Tidak pasti/ tidak terdeteksi	Tidak ada proses control terhadap failure mode/ kegagalan, tidak bisa mendeteksi kegagalan atau kegagalan tidak dianalisis

Sumber: Besterfield (1996)

5. Risk Priority Number (RPN)

RPN merupakan hasil dari skor *severity*, *occurrence*, *detection*. RPN digunakan untuk memprioritaskan tindakan. Semakin besar nilai RPN, maka semakin besar pula perhatian yang perlu diberikan. RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut

$$RPN = S \times O \times D$$

Angka ini digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang serius sebagai petunjuk ke arah tindakan perbaikan.

2.11.5 Failure Mode

Pemetaan jenis kerusakan merupakan langkah lanjutan untuk mengidentifikasi terhadap semua kejadian yang terbukti menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi berupa jenis-jenis kegagalan. Pemetaan jenis kerusakan ini disebut dengan *failure mode* (Moubray, 1997). Hal ini dilakukan sebelum dilakukannya identifikasi terhadap kegagalan sistem (*functional failure*).

2.11.6 Failure Effect

Langkah berikutnya dari proses RCM adalah membuat daftar akibat dari kegagalan, yang menjelaskan apa saja yang terjadi ketika masing-masing akibat kegagalan terjadi (Moubray, 1997). Penjelasan tersebut harus mencakup semua informasi yang dibutuhkan untuk mendukung proses evaluasi terhadap konsekuensi dari kegagalan tersebut, yang meliputi :

1. Bukti (jika ada) bahwa kegagalan telah terjadi.
2. Dengan cara bagaimana (jika ada) kegagalan tersebut mengancam keselamatan dan lingkungan.

3. Dengan cara bagaimana (jika ada) kegagalan tersebut berakibat pada produksi dan operasional.
4. Kerusakan fisik apa (jika ada) yang diakibatkan kegagalan tersebut.
5. Apa yang dilakukan untuk memperbaiki kegagalan tersebut.

2.11.7 Failure Consequence

Menurut Moubray (1997), dalam proses RCM, konsekuensi dari kegagalan diklasifikasikan dalam empat bagian, yaitu :

1. *Hidden Failure Consequences*(H)

Salah satu kegagalan fungsi yang tidak dapat dideteksi oleh operator bahwa telah terjadi kegagalan dalam kondisi normal.

2. *Safety*(S) *and Environmental Consequences*(E)

Sebuah kegagalan dapat dikatakan mempunyai konsekuensi terhadap keselamatan, ketika dapat melukai atau membunuh seseorang. Sedangkan dikatakan memiliki konsekuensi terhadap lingkungan jika dapat melanggar standar regulasi lingkungan, baik regional maupun internasional.

3. *Operational Consequences*(O)

Suatu kegagalan dikatakan memiliki konsekuensi operasional ketika berakibat pada produksi atau operasional (*output*, kualitas produk, pelayanan pada konsumen atau biaya operasional untuk perbaikan komponen).

4. *Non-Operational Consequences*(N)

Bukti kegagalan pada kategori ini adalah yang bukan tergolong pada konsekuensi keselamatan ataupun produksi, jadi kegagalan ini hanya melibatkan biaya komponen

Berikut ini penjelasan mengenai failure consequence yang terdapat pada RCM II Decision

Diagram dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8

Failure Consequence

<i>Failure Consequence</i>	Keterangan	
	Yes	No
Kolom H (<i>Hidden Failure Consequences</i>)	<i>Failure Mode</i> diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal	<i>Failure Mode</i> tidak diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal
Kolom S (<i>Safety</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada keselamatan kerja operator	<i>Failure Mode</i> tidak berdampak pada keselamatan kerja operator
Kolom E (<i>Environmental Consequences</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada keselamatan atau kelestarian lingkungan	<i>Failure Mode</i> tidak berdampak pada keselamatan atau kelestarian lingkungan
Kolom O (<i>Operational Consequences</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada <i>output</i> produksi	<i>Failure Mode</i> tidak berdampak pada <i>output</i> produksi

2.11.8 Proactive Task

Proactive task merupakan suatu tindakan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan, untuk menghindari *item* dari kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan (*failed state*). Kegagalan ini dikenal dengan *predictive maintenance* dan *preventive maintenance*. Menurut Moubray (1997), dalam RCM *predictive maintenance* telah dikategorikan pada aktivitas *scheduled on condition task*, sedangkan *preventive maintenance* dikategorikan pada *scheduled restoration task* atau *scheduled discard task*.

Berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing kategori *proactive task*.

1. Predictive Maintenance

Aktivitas yang digunakan pada *predictive maintenance* adalah *scheduled on condition task*, yaitu kegiatan pemeriksaan terhadap *potential failure* sehingga dapat diambil tindakan untuk mencegah terjadinya *functional failure*.

2. Preventive Maintenance

a. *Scheduled restoration task* merupakan tindakan pemulihan kemampuan item pada saat atau sebelum batas umur yang ditetapkan tanpa memperhatikan kondisinya saat itu.

Tindakan teknis dilakukan apabila:

- Kebanyakan dari item dapat bertahan pada umur tertentu
- Identifikasi umur dimana item tersebut menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kondisi kegagalan
- Memperbarui dengan sub sistem yang tahan terhadap kegagalan tersebut

b. *Scheduled discard task* merupakan tindakan penggantian komponen mesin saat atau batas umur komponen yang ditetapkan, tanpa memperhatikan kondisi komponen pada saat itu. Tindakan teknis dilakukan apabila:

- Kebanyakan dari item dapat bertahan pada umur tersebut
- Identifikasi umur dimana item tersebut menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kondisi kegagalan

c. *Scheduled on condition task* merupakan kegiatan pemeriksaan terhadap *potential failure* sehingga tindakan dapat diambil untuk mencegah terjadinya *functional failure*.

Teknik on-condition task terbagi menjadi 4 bagian yaitu:

- *Statistic process control* yaitu suatu teknik pencegahan didasarkan pada variasi kualitas produk yang dihasilkan
- *Primary effect monitoring techniques* yaitu dimana prosesnya melibatkan peralatan yang ada untuk proses monitoring
- *Conditioning monitoring techniques* yaitu dimana prosesnya melibatkan peralatan

khusus untuk proses monitoring kondisi peralatan

2.11.9 Proposed Task dan Initial Interval

Initial interval adalah jarak perawatan yang optimal pada *proposed task* yang telah ditentukan. *Proposed task* merupakan tindakan pencegahan sebagai tindakan nyata untuk menerjemahkan hasil dari *proactive task* dan *default action*. *Can be done by* dapat diisi dengan siapa yang diberikan tanggung jawab untuk melaksanakan *proposed task* tersebut. Mencakup pihak-pihak yang berkaitan secara langsung dengan peralatan (Moubray, 1997).

2.11.10 Default Action

Default action dilakukan ketika *predictive task* yang efektif tidak mungkin dapat dilakukan untuk menyelesaikan masalah (Moubray, 1997). Berikut ini merupakan macam-macam dari *default action*.

1. Scheduled Failure Finding

Yaitu meliputi tindakan *checking* secara periodik atau interval waktu tertentu terhadap fungsi-fungsi yang tersembunyi untuk mengetahui apakah peralatan tersebut telah mengalami kerusakan.

2. Redesign

Yaitu tindakan membuat perubahan untuk membangun kembali suatu sistem. Hal ini mencakup modifikasi terhadap perangkat keras dan juga perubahan prosedur.

3. No Scheduled Maintenance

Yaitu kegiatan dimana tidak ada usaha untuk mengantisipasi (*preventive*) terhadap suatu *failure mode* yang terjadi sehingga *failure* tersebut dibiarkan terjadi baru kemudian diperbaiki. Tindakan ini juga disebut *run-to-failure*.

Tabel 2.9

Default action

Default action	Persyaratan kondisi
Kolom H4 <i>Scheduled Failure</i>	<i>Hidden failure</i> dapat dicegah apabila <i>failure mode</i> dapat dideteksi secara teknik
Kolom H5 <i>Redesign</i>	<i>Hidden failure</i> dapat dicegah dengan melaksanakan perubahan design pada mesin
Kolom S4 <i>Combination task</i>	<i>Safety Effect</i> dapat dicegah apabila dilakukan kombinasi aktivitas <i>proactive task</i>

Sumber : Moubray (1997)

2.12 Teori Keandalan

Reliability atau keandalan dari suatu produk atau sistem menyampaikan konsep dapat diandalkan atau sistem tersebut sukses beroperasi dengan tidak adanya kegagalan. Lebih tepatnya, *reliability* didefinisikan sebagai Keandalan produk atau sistem adalah probabilitas suatu barang atau sistem mampu melakukan fungsi tertentu untuk periode waktu tertentu jika beroperasi secara normal. Berikut adalah pendapat beberapa ahli mengenai keandalan:

Menurut Ebeling; 1997, *Reliability* atau keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi.

Menurut Blancard, 1994; *Reliability* atau keandalan merupakan probabilitas bahwa sebuah unit akan memberikan kemampuan yang memuaskan untuk suatu tujuan tertentu dalam periode waktu tertentu ketika dalam kondisi lingkungan tertentu.

Menurut Govil(1990) keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu.

2.13 Analisis Keandalan

Keandalan suatu mesin dapat diketahui dan dinilai dari data yang didapat dari analisis keandalan. Dalam analisis keandalan, suatu mesin memiliki dua keadaan (*state*) yaitu, keadaan baik dan keadaan buruk. Keadaan baik dilambangkan dengan angka 1, dan keadaan buruk dilambangkan dengan angka 0. Misalkan x adalah variabel yang menggambarkan kondisi mesin, dan $x(t)$ adalah kondisi mesin terhadap waktu. $x = 1$ (mesin dalam kondisi baik). $x = 0$ (mesin dalam kondisi buruk).

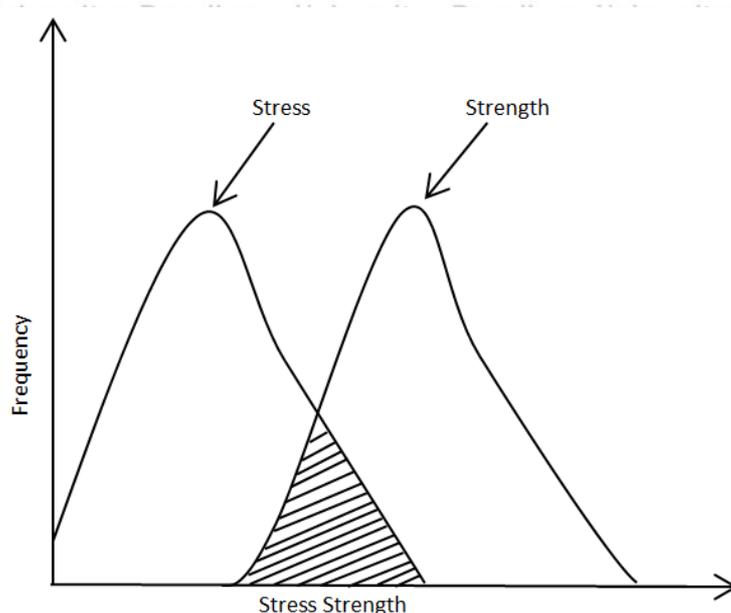
$x(t) = 1$, merupakan kondisi mesin dalam keadaan baik pada saat t

$x(t) = 0$, merupakan kondisi mesin dalam keadaan buruk pada saat t

Model yang digunakan untuk menganalisis keandalan suatu mesin adalah Model *Stress Strength*. Analisis *Stress Strength* adalah salah satu model yang menganalisis suatu mesin dengan memfokuskan pada aspek *Stress* dan *Strength*. Analisis ini adalah analisis yang sering digunakan. *Strength* yaitu kekuatan material penyusun mesin tersebut dan *Stress* adalah batasan-batasan yang dimiliki oleh mesin tersebut (apabila di luar batasan, kerja mesin akan menurun).

Nilai keandalan pada Model *Stress Strength* dapat dihitung jika fungsi densitas (pdf) variabel random *Stress* dan *Strength* diketahui. Misalkan fungsi densitas untuk *Strength* (S)

dinotasikan dengan $f_s(S)$ dan fungsi densitas untuk *Stress* (s) dinotasikan dengan $f_s(s)$ dimana posisi distribusi variabel *Stress* dan variabel *Strength* disajikan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva Interferensi *Stress* Dan *Strength*
Sumber: Ben-Daya (2009)

Daerah yang diarsir merupakan daerah dimana kerusakan terjadi (daerah kegagalan). Kerusakan terjadi apabila $Stress > Strength$. Bisa dikatakan, semakin kecil daerah kegagalan, maka semakin andal mesin tersebut.

2.14 Fungsi Keandalan

Keandalan (*Reliability*) adalah suatu probabilitas dimana sistem dapat berfungsi dengan baik pada periode tertentu (periode t). Untuk menggambarkan menggambarannya secara matematis dimana variable acak kontinu T yang mewakili waktu sistem (Mesin), selama mengalami kerusakan ($T \geq 0$), maka keandalan dapat diekspresikan sebagai berikut (Fajar Kurniawan, 2013).

$$R(t) = \Pr \{T \geq t\} \quad (2-1)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

Keterangan :

$R(t)$ = Probabilitas Waktu Kerusakan Mesin

$\Pr \{T \geq t\}$ = Probabilitas waktu sampai kerusakan mesin

dimana $R(t) \geq 0$, $R(0) = 1$

Jika nilai t diketahui, maka $R(t)$ merupakan probabilitas waktu, dimana mesin mengalami kerusakan adalah lebih besar atau sama dengan t , sehingga:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - \Pr\{T \geq t\} = \Pr\{T < t\} \quad (2-2)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

Keterangan :

$F(t)$ = Fungsi Probabilitas Keandalan Mesin

dimana $F(t) \geq 0$, $F(0) = 0$ dan $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$

maka $F(t)$ adalah probabilitas yang menunjukkan suatu kerusakan mesin terjadi sebelum waktu t .

Apabila $R(t)$ dianggap sebagai fungsi keandalan dan $F(t)$ adalah fungsi distribusi kumulatif dari distribusi kerusakan. Fungsi tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} \quad (2-3)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

Fungsi ini disebut sebagai fungsi kepadatan (*Probability Density Function/PDF*).

Fungsi ini menjabarkan bentuk karakteristik distribusi kerusakan. PDF mempunyai dua fungsi, yaitu:

$$F(t) = \int_0^{\infty} F(t') dt' \quad (2-4)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

$$R(t) = \int_0^{\infty} F(t') dt' \quad (2-5)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

Fungsi $R(t)$ secara normal digunakan pada saat keandalan sudah diketahui, dan fungsi $F(t)$ biasanya digunakan pada saat probabilitas kerusakan diketahui.

2.15 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time To Failure adalah rata-rata waktu suatu sistem akan beroperasi sampai terjadi kegagalan pertama kali. Waktu rata-rata kegagalan (MTTF) dari suatu komponen yang memiliki fungsi densitas kegagalan (*failure density function*) $f(t)$ didefinisikan sebagai berikut:

$$MTTF = R(t) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (2-6)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

Dimana rata-rata (mean) adalah nilai yang diharapkan (*expected value*) dari distribusi peluang $f(t)$, atau dapat juga menggunakan persamaan berikut:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2-7)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

Nilai rata-rata dari distribusi kerusakan, merupakan salah satu cara yang digunakan dari beberapa cara, untuk menghitung tendensi sentral, cara yang lain adalah berdasarkan nilai tengah (median) yang di definisikan sebagai berikut:

$$R(t_{med}) = 0,5m = P_r \{t \geq t_{med}\} \quad (2-8)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

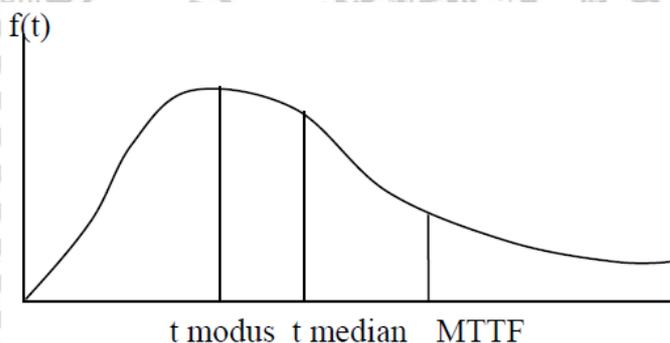
Median akan membagi distribusi menjadi 2 bagian, dimana 50% dari kerusakan diperoleh dari sebelum median kerusakan, dan 50% lainnya berdasarkan dari setelah median waktu kerusakan.

Persamaan ketiga yang sering digunakan adalah modus (mode), yang di definisikan sebagai berikut:

$$f(t_{mode}) = \max_{0 \leq t \leq 1} f(t) \quad (2-9)$$

Sumber: Kurniawan (2013)

Pada Gambar 2.6 menunjukkan lokasi dari rata-rata, median dan modus untuk distribusi dengan kemiringan ke kanan



Gambar 2.6 Perbandingan antara Tendensi Sentral

Sumber: Kurniawan (2013)

Ebelling (1997) dan Roussand (2004) menyatakan dalam Mean Time To Failure atau MTTF juga dikenal 3 jenis distribusi antara lain:

1. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (2-10)$$

2. Distribusi Lognormal

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2} \quad (2-11)$$

3. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2-12)$$

2.16 Mean Time to Repair (MTTR)

Menurut Ebeling (1997), Mean Time to Repair (MTTR) adalah waktu rata-rata dari interval waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen atau mesin. MTTR diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

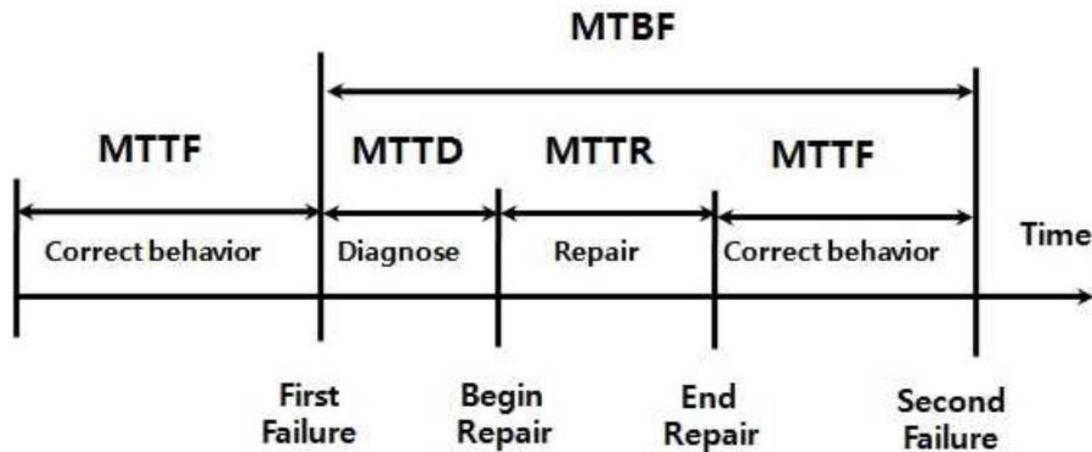
$$\text{Mean Time to Repair} = \int_0^{\infty} th(t)dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt$$

Keterangan:

$h(t)$ = Fungsi Kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan (TTR)

$H(t)$ = Fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan (TTR)

Hubungan antara *Mean Time to Failure*, *Mean Time to Repair* dan *Mean Time Before Failure* dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Diagram Hubungan MTTF, MTTR dan MTBF

Berdasarkan gambar 2.7 dapat diketahui bahwa waktu dari komponen dapat beroperasi normal hingga terjadi kerusakan pertama merupakan *Mean Time to Failure* (MTTF).

Waktu dari kerusakan pertama hingga komponen diperbaiki merupakan *Mean Time to Diagnose* (MTTD). Waktu dari komponen mulai diperbaiki hingga komponen selesai diperbaiki merupakan *Mean Time to Repair* (MTTR). Kemudian waktu dari selesai perbaikan dimana komponen dapat beroperasi dengan normal hingga komponen mengalami kerusakan kembali merupakan *Mean Time to Failure* (MTTF). Selanjutnya waktu dari komponen mengalami kegagalan pertama kemudian komponen diperbaiki, lalu komponen dapat beroperasi normal hingga komponen mengalami kegagalan kembali disebut dengan *Mean Time Before Failure* (MTBF)

2.17 Failure Rate Function ($\Delta(T)$)

Lambang $\lambda(t)$ dikenal sebagai nilai resiko atau fungsi nilai kerusakan. Nilai ini memberikan alternatif pemecahan untuk menjelaskan distribusi kerusakan. Nilai kerusakan dalam beberapa kasus, dapat dikategorikan menjadi 3, antara lain sebagai berikut:

1. *Increase Failure Rate (IFR)*

Terjadi apabila karakteristik kerusakan meningkat (bertambah), misalnya kerusakan mesin akibat korosi, usia, *fatigue*, friksi. Hal ini dapat diantisipasi dengan melakukan perawatan preventif, penggantian *spare part* dan teknologi, dengan kata lain part yang tidak berfungsi dapat diperbaiki, dan mesin tetap bekerja. Kondisi ini biasanya disebut *Wear Out*.

2. *Decrease Failure Rate (DFR)*

Terjadi jika karakteristik kerusakan menurun (berkurang), misalnya kerusakan cacat proses, retak, *spare part* yang *reject*, kontrol kualitas yang buruk dan kemampuan kerja yang buruk. Hal ini dapat diantisipasi dengan melakukan perawatan *screening*, kontrol kualitas dan tes level penerimaan. Kondisi seperti ini memiliki karakteristik yang biasa disebut dengan *Burn In*.

3. *Constan Failure Rate (CFR)*

Terjadi apabila karakteristik kerusakan konstan, misalnya kerusakan mesin akibat *human error* dan lingkungan. Hal ini dapat diantisipasi dengan melakukan *redudancy* dan pelatihan. Kondisi mesin berada dalam kondisi yang prima, yang biasa disebut dengan *Useful Life*.

2.18 Distribusi Kerusakan

Identifikasi distribusi bertujuan untuk mengetahui distribusi dari data interval antar kerusakan dari mesin atau komponen dan lama waktu perbaikan kerusakan. Mesin atau komponen pasti memiliki karakteristik kerusakan yang beraneka ragam dan berbeda beda. Apabila sebuah mesin yang sama namun dioperasikan dalam kondisi yang berbeda, maka akan berbeda pula karakteristik kerusakannya. Bahkan adapun pada mesin yang sama digunakan dalam kondisi yang sama akan memiliki karakteristik kerusakan yang berbeda pula. Dalam hal ini, untuk menganalisa perawatan untuk mesin dapat menggunakan beberapa jenis distribusi yang umum biasanya digunakan dalam kajian perawatan mesin yaitu distribusi normal, distribusi lognormal dan distribusi weibull.

Adapun notasi yang digunakan adalah (Kurniawan, 2013):

t = interval waktu

$f(t)$ = probability density function

$F(t)$ = cumulative distribution function

$R(t)$ = reliability function

$\lambda(t)$ = hazard / failure rate

σ = standar deviasi

μ = mean / rata-rata

s = scale parameter

t_{med} = median

β = shape parameter

θ = scale parameter

MTTF = mean time to failure

2.18.1 Distribusi Normal

Distribusi normal biasa disebut dengan kurva lonceng (*bell curve*) karena fungsi kepadatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng. Distribusi normal dapat digunakan jika disebabkan oleh besarnya variasi random yang tidak bergantung (saling bebas/independent). Distribusi ini sangat baik digunakan untuk phase saat *wear out* mesin. Parameter dalam distribusi normal yaitu μ dan σ . Fungsi-fungsi yang ada pada distribusi normal adalah sebagai berikut (Kurniawan, 2013):

1. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2-13)$$

Dimana $\Phi(z)$ diperoleh dari Tabel Standarisasi Normal dan Lognormal

2. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(t-\mu)^2}{\sigma^2}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)} \quad (2-14)$$

3. Fungsi kepadatan probabilitas kerusakan

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(t-\mu)^2}{\sigma^2}\right) \quad (2-15)$$

4. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2-16)$$

Dimana $\Phi(z)$ diperoleh dari Tabel Standarisasi Normal dan Lognormal

2.18.2 Ditribusi Lognormal

Distribusi Lognormal menggunakan dua parameter yaitu s sebagai parameter bentuk (*scale parameter*) dan t_{med} yang merupakan nilai tengah atau median dari suatu distribusi kerusakan. Fungsi yang terdapat dalam distribusi lognormal adalah sebagai berikut (Kurniawan, 2013):

1. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (2-17)$$

Dimana $\Phi(z)$ diperoleh dari Tabel Standarisasi Normal dan Lognormal

2. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}st} \exp\left[-\frac{1}{2s^2}\left(\ln \frac{t}{t_{med}}\right)^2\right]}{1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)} \quad (2-18)$$

3. Fungsi kepadatan probabilitas kerusakan

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}st} \exp\left[-\frac{1}{2s^2}\left(\ln \frac{t}{t_{med}}\right)^2\right] \quad (2-19)$$

4. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (2-20)$$

Dimana $\Phi(z)$ diperoleh dari Tabel Standarisasi Normal dan Lognormal

2.18.3 Ditribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan salah satu distribusi yang sering digunakan dalam model distribusi masa hidup (*life time*). Distribusi Weibull merupakan distribusi empirik sederhana yang mewakili data yang aktual, karena keuntungan dari distribusi ini yaitu dapat digunakan walaupun kapabilitas dan sampelnya sedikit. Kemampuannya dapat menunjukkan bentuk distribusi data yang terbaik. Distribusi ini biasa digunakan dalam menggambarkan karakteristik kerusakan dan keandalan pada komponen.

Distribusi weibull mempunyai 2 parameter yang digunakan yaitu β (*shape parameter*) dan θ (*scale parameter*). Fungsi yang terdapat dalam distribusi weibull adalah sebagai berikut (Kurniawan, 2013):

1. Fungsi keandalan

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right) \quad (2-21)$$

2. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{t}{\alpha}\right)}{\exp\left(-\frac{t}{\alpha}\right)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (2-22)$$

Dimana $\theta > 0, \beta > 0, t \geq 0$

3. Fungsi kepadatan probabilitas kerusakan

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{t}{\alpha}\right) \quad (2-23)$$

4. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad (2-24)$$

2.19 Identifikasi Ditribusi Awal

Menurut Ebeling (1997) dalam Kristina (2010) dalam mengidentifikasi distribusi awal dapat dilakukan dengan menggunakan metode least square (kuadrat terkecil). Perhitungan dengan menggunakan metode ini adalah:

1. Nilai tengah kerusakan (median)

$$F(t) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (2-25)$$

2. *Index Of Fit* (r)

Dalam menentukan jenis distribusi yang hendak digunakan untuk menghitung keandalan, *Mean Time To Failure*, langkah yang harus dilakukan adalah mencari nilai r (*correlation coefficient*). Rumus *index of fit* dapat menggunakan rumus yang terdapat dalam statistik. Partono dan Idrus (2010) mengatakan rumus *correlation coefficient* adalah sebagai berikut:

- a. *Correlation coefficient* distribusi normal dan lognormal

$$r_{\text{normal dan lognormal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}} \quad (2-26)$$

- b. *Correlation coefficient* distribusi weibull

$$r_{\text{weibull}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (2-27)$$

Menurut Walpole (1997) perhitungan identifikasi distribusi awal untuk masing masing distribusi adalah sebagai berikut:

- a. Distribusi Normal

$$x_i = t_i \quad (2-28)$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1} \quad (2-29)$$

Dimana nilai z_i diperoleh dari Tabel Standarisasi Normal dan Lognormal

b. Distribusi Lognormal

$$x_i = \ln(t_i) \quad (2-30)$$

$$y_i = z_i = \Phi^{-1} \quad (2-31)$$

Dimana nilai z_i diperoleh dari Tabel Standarisasi Normal dan Lognormal

c. Distribusi Weibull

$$x_i = \ln t_i \quad (2-32)$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] \quad (2-33)$$

2.20 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi dimaksudkan untuk memastikan bahwa distribusi data yang telah dipilih benar-benar mewakili data. Uji kecocokan distribusi yang dilakukan adalah uji spesifik Goodness of Fit yang membandingkan antara hipotesa nol yang menyatakan bahwa data kerusakan mengikuti distribusi dugaan awal dan hipotesa alternatif menyatakan bahwa data kerusakan tidak mengikuti distribusi dugaan awal. Test ini adalah uji yang diambil setelah menentukan distribusi awal yang digunakan untuk membandingkan dua hipotesis yang berlawanan, yaitu :

H_0 : Data kerusakan atau perbaikan mendekati distribusi tertentu.

VS

H_1 : Data kerusakan atau perbaikan tidak mendekati distribusi tertentu.

Menurut Ebeling (1997), pengujian masing-masing distribusi berbeda-beda seperti pada berikut ini:

1. Uji Kolmogorov-Smirnov Test

Menurut Ebeling (1997), Hipotesis yang digunakan untuk uji *kolmogorov-Smirnov* adalah:

H_0 : Data time failure berdistribusi normal

vs

H_1 : Data time failure tidak berdistribusi normal (lognormal)

Tes statistik, $D_n = \max(D_1, D_2)$

Dimana :

$$D_1 = \max \left(\frac{t_i - \mu}{s} \right) - \left(\frac{t_i - 1}{n} \right) \quad (2-34)$$

$$D_2 = \max \left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{t_i - \mu}{s} \right) \quad (2-35)$$

$$\text{Cumulative Probability } F(t) = \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) \quad (2-36)$$

$$\mu = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \ln(ti)}{n} \right) \quad (2-37)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln(ti) - \mu)^2}{n}} \quad (2-38)$$

Dimana:

t_i = *time to failure* ke- i

μ = rata-rata *time to failure*

s = standar deviasi

n = banyaknya data

Bila nilai $D_n < D_{crit}$ maka H_0 diterima, Nilai D_{crit} diperoleh dari tabel *critical value for the Kolmogorov-Smirnov test for normality*. Perbedaan pengujian distribusi normal dengan lognormal adalah pada penggunaan t_i apabila lognormal menggunakan nilai $\ln(t_i)$ sedangkan distribusi normal menggunakan (t_i) .

2. Uji Mann's Test untuk Distribusi Weibull

Menurut Ebeling (1997), Hipotesis yang digunakan dalam uji *mann's test* adalah :

H_0 : Data time failure berdistribusi Weibull

vs

H_1 : Data time failure tidak berdistribusi Weibull

Uji statistiknya adalah:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[\frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[\frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right]} \quad (2-39)$$

Dengan:

$$k_1 = \left[\frac{r}{2} \right] \quad (2-40)$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] \quad (2-41)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \quad (2-42)$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,5} \right) \right] \quad (2-43)$$

Dimana:

t_i = *time to failure* ke- i

M_i = nilai pendekatan Mann untuk data ke- i

M = nilai dari Mann's Test

r = banyaknya data

α = derajat kebebasan (0,01)

Apabila $M > F_{\text{crit}}$ atau $M > F_{(0,01;2k2;2k1)}$ maka H_0 ditolak. Namun sebaliknya apabila $M < F_{\text{crit}}$ atau $M < F_{(0,01;2k2;2k1)}$ maka H_0 diterima. Nilai F_{crit} diperoleh dari tabel distribusi F dengan derajat kebebasan pada pembilang $v_1 = 2k_1$ dan derajat kebebasan pada penyebut $v_2 = 2k_2$.

2.21 Parameter Distribusi

Salah satu faktor yang penting dalam menentukan keandalan suatu mesin atau komponen dan dalam mengetahui tingkat kerusakan suatu mesin atau komponen adalah parameter dari setiap distribusi.

Menurut Ebellling (1997), rumus yang digunakan dalam menentukan parameter distribusi antara lain:

1. Distribusi Normal

Parameter dalam distribusi normal adalah μ dan σ .

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (2-44)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}} \quad (2-45)$$

Dimana:

t_i = data waktu kerusakan ke- i

n = banyaknya data kerusakan

μ = rata-rata *time to failure*

σ = standar deviasi *time to failure*

2. Distribusi Lognormal

Parameter yang digunakan dalam distribusi lognormal adalah s (parameter bentuk) dan t_{med} (median).

$$t_{\text{med}} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n} \quad (2-46)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln(t_i) - \mu)^2}{n}} \quad (2-47)$$

Dimana:

t_i = data waktu kerusakan ke- i

n = banyaknya data kerusakan

t_{med} = rata-rata *time to failure*

s = standar deviasi *time to failure*

3. Distribusi Weibull

$$\beta = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\ln \frac{tn}{ti} \right)} \quad (2-48)$$

$$\theta = \frac{tn}{n\beta} \quad (2-49)$$

Dimana:

t_i = data waktu kerusakan ke- i

n = banyaknya data kerusakan

2.22 Model Matematis Perawatan

Menurut Ansori dan Mustajib (2013) terdapat berbagai macam biaya dalam perawatan, dimana biaya tersebut adalah biaya-biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dalam melakukan kegiatan, antara lain adalah:

1. Biaya tenaga kerja

Merupakan biaya tenaga kerja yang dikeluarkan untuk merawat komponen-komponen mesin agar mesin tetap terjaga kondisinya. Perhitungan biaya ini didasarkan pada besarnya gaji tenaga kerja perbulan dibagi dengan jam kerja efektif tenaga kerja tersebut selama bulan yang bersangkutan. Biaya tenaga kerja untuk melakukan perawatan dan perbaikan dianggap sama.

2. Biaya suku cadang

Merupakan biaya penggantian kerusakan komponen atau pembelian komponen baru.

3. Biaya akibat perawatan

Merupakan pendapatan yang hilang selama mesin atau fasilitas produksi mengalami kegagalan (gabungan dari biaya operasional dan laba perusahaan).

Model matematis perawatan sangat penting dalam mendukung perhitungan usia pakai peralatan dan penentuan waktu optimal peralatan. Sebelum dilakukan perhitungan total biaya perawatan, terlebih dahulu menghitung biaya kegagalan. Berikut ini merupakan rumus perhitungan *failure cost* (C_f) dan *preventive cost* (C_p).

$$C_f = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times T_f] + \text{Harga Komponen} \quad (2-50)$$

$$C_p = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times T_p] + \text{Harga Komponen} \quad (2-51)$$

Sumber: Putra, 2010

Dirumuskan bahwa total biaya perawatan merupakan penjumlahan kumulatif biaya kegagalan dan biaya perawatan sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$TC = C_F f_F + C_P f_P \quad (2-52)$$

$$TC = C_F \left[\frac{1}{TM} \int_0^{TN} \lambda(t) dt \right] + C_P \left[\frac{1}{TM} \right], \text{ maka}$$

$$TC = \frac{C_P}{TM} + \frac{C_F}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} \quad (2-53)$$

Untuk memperoleh TC minimum maka $\frac{dT_c}{dT_m} = 0$ sehingga diperoleh

$$TM = \theta \left[\frac{C_P}{C_F(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (2-54)$$

Dimana :

TC : Biaya total perawatan

C_F : Biaya perbaikan atau pergantian karena rusaknya komponen untuk setiap siklus

f_F : Frekuensi kegagalan

C_P : Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan persiklus

f_P : Frekuensi perawatan

TM : (*preventive maintenance*) dalam satuan jam

2.23 Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)

Menurut Kannan (2006), *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan alur kegiatan perawatan yang dikembangkan dari *Value Stream Mapping* (VSM) untuk mengidentifikasi pemborosan. Pemborosan tersebut terjadi pada setiap kegiatan perawatan yang tidak memberikan nilai tambah terhadap proses perawatan tersebut. MVSM adalah metode yang menghasilkan *output* berupa jumlah waktu pada aktivitas perawatan didalamnya memiliki aktivitas bernilai tambah (*value added*) dan aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah (*non value added*) serta efisiensi perawatan.

Terdapat kerangka (*framework*) yang akan dilakukan untuk menentukan gambaran pada *current state map* dan *future state map* (Kannan, 2006). Dalam hal ini kerangka tersebut ada tujuh kategori yang digunakan untuk mewakili fungsi pemeliharaan sebenarnya. MVSM berfungsi untuk menggambarkan aktivitas perawatan aktual perusahaan sehingga didapatkan gambaran aktivitas yang memiliki nilai tambah *Mean Time To Repair* (MTTR). Aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah *Mean Time To Organize* (MTTO) dan *Mean Time To Yield* (MTTY), serta keseluruhan jumlah waktu operasi atau *Mean Maintenance Lead Time* (MMLT).

Simbol MVSM disediakan untuk masing – masing kategori ini. Berikut ini adalah definisi masing – masing dari tujuh kategori (Kannan, 2006):

1. *Equipment Breakdown*

Kegiatan ini merupakan peristiwa aktual dari suatu peralatan yang dapat menghentikan produksi akibat pemeliharaan persyaratan.

2. *Processes*

Ini adalah kegiatan aktual yang terjadi dari waktu suatu peralatan dihentikan pada saat memproduksi *finished good*. Dalam khas operasi pemeliharaan, ada delapan proses yang berbeda diantaranya adalah menyampaikan masalah, mengidentifikasi masalah, mengidentifikasi sumber daya, mencari sumber daya, mengasihkan perintah kerja, perbaikan peralatan, menjalankan peralatan sampai dengan *finish work order*.

3. *Physical Flow*

Urutan proses aliran fisik sangat penting untuk *baseline* keseluruhan proses pemeliharaan. Dalam beberapa kasus urutan proses yang dapat menggambarkan kesempatan untuk perbaikan.

4. *Information Flow*

Aliran fisik proses tergantung pada aliran informasi untuk memungkinkan aliran fisik. Hal ini menginformasikan suatu kendala yang ada dalam sistem.

5. *Data Boxes*

Terkait dengan setiap proses terdapat kotak data yang menyediakan informasi tentang setiap proses. Informasi ini kritis dalam menentukan kesempatan untuk perbaikan.

6. *Delay*

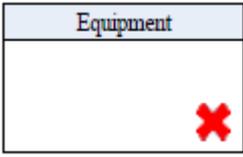
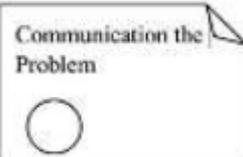
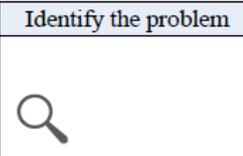
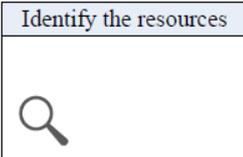
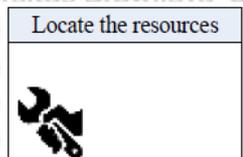
Ada kemungkinan penundaan antara setiap dua proses. Keterlambatan ini dipandang sebagai *non value added* yang meningkatkan MMLT sampai respon kepada pelanggan. Dalam fungsi pemeliharaan khas, ada tiga jenis keterlambatan. Keterlambatan tersebut terjadi karena ketidaktersediaan operator peralatan, karena tidak tersedianya peralatan dan suku cadang dan *delay* karena tidak tersedianya personil pemeliharaan yang tepat.

7. *Timeline*

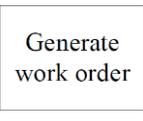
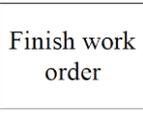
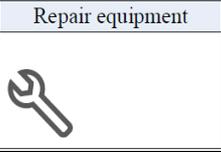
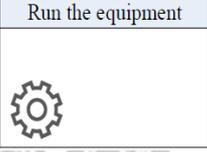
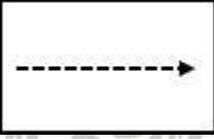
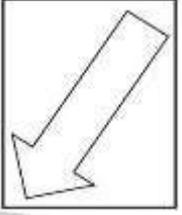
Timeline menyajikan dua kategori waktu. Kategori pertama adalah waktu yang memiliki nilai tambah dan biasanya terkait dengan proses. Kategori kedua adalah waktu yang tidak memiliki nilai tambah dan berhubungan baik dengan proses maupun penundaan dalam sistem.

Secara khusus, ketujuh kategori ini digunakan untuk MTTO, MTTR, dan MTTY yang disajikan pada tabel 2.10

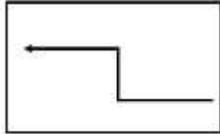
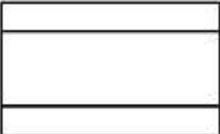
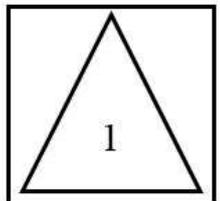
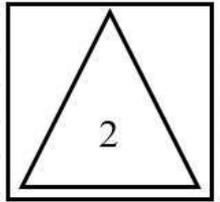
Tabel 2.10
MVSM Framework

Framework Category	Sub-Catagory	Symbol	Symbol Name	Definition	MMLT Category
Equipment Breakdown			Equipment Breakdwon	Simbol <i>breakdown</i> digunakan untuk menggambarkan komponen dalam keadaan rusak	MTTO, MTTR, MTTY
Process	Communication		Communicated The Problem	Proses yang melibatkan keterkaitan masalah pada peralatan operator untuk pemeliharaan pribadi saat kerusakan peralatan	MTTO
	Identification		Identify The Problem	Proses ini melibatkan identifikasi masalah pada peralatan rusak	MTTO
			Identify The Resources	Proses ini mengidentifikas i sumber persediaan seperti komponen, karyawan dan lain – lain yang diperlukan untuk kinerja pekerjaan perbaikan	MTTO
Locate		Locate The Resources	Proses ini melibatkan penempatan / pemecahan sumber persediaan yang dibutuhkan untuk pekerjaan perbaikan	MTTO	

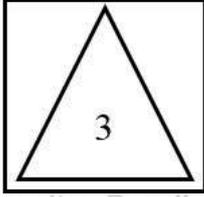
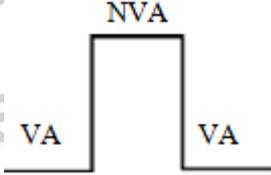
Tabel 2.10
MVSM Framework (Lanjutan)

Framework Category	Sub-Category	Symbol	Symbol Name	Definition	MMLT Category
Process	Work Order		Generate Work Order	Proses yang menghasilkan perintah pekerjaan pemeliharaan	MTTO
			Finish Work Order	Proses ini menyelesaikan perintah pekerjaan pemeliharaan	MTTO
	Repair		Repair Equipment	Proses yang melibatkan operasi perbaikan komponen dengan benar	MTTO
Physical Flow	Yield		Run The Equipment	Proses yang melibatkan operasi setelah perbaikan komponen hingga memproduksi produk	MTTO
	Push Arrow		Push Arrow	Push arrow menggambarkan urutan aliran fisik dari proses. Dua bagian urutan proses pemeliharaan disambungkan oleh panah ini	MTTO, MTTR, MTTY
Information Flow	Down Arrow		Down Arrow	Down arrow menggambarkan aliran fisik diantara kerusakan komponen dan aktivitas pertama dalam value stream	MTTO
	Manual		Straight Arrow	Straight arrow menggambarkan aliran manual informasi dari catatan, laporan atau wawancara. Frekuensi dan catatan lainnya disediakan sepanjang garis	MTTO, MTTR, MTTY

Tabel 2.10
MVSM Framework (Lanjutan)

Framework Category	Sub-Category	Symbol	Symbol Name	Definition	MMLT Category
Information Flow	Electronic		Wiggle Arrow	Wiggle arrow mempresentasikan informasi <i>electronic flow</i> dari internet, intranet, LAN, WAN. Frekuensi dan cacatan lain disediakan sepanjang garis	MTTO, MTTR, MTTY
Data Box			Data Box	<i>Data box</i> digunakan untuk mencatat informasi dari setiap proses pemeliharaan. Berbagai informasi ditempatkan dalam kotak ini menjadi waktu proses dari setiap proses pemeliharaan	MTTO, MTTR, MTTY
Delay	Unavailability of equipment operator		Delay 1	Simbol <i>delay 1</i> digunakan untuk menggambarkan keterlambatan dalam permulaan dari proses pemeliharaan karena tidak tersedianya peralatan operator untuk menunjang pemeliharaan karyawan tentang komponen yang rusak	MTTO
	Unavailability of tools and parts		Delay 2	Simbol <i>delay 2</i> digunakan untuk menggambarkan keterlambatan karena tidak tersedianya alat yang sesuai dan komponen yang dibutuhkan demi melakukan tugas pemeliharaan	MTTO

Tabel 2.10
MVSM Framework (Lanjutan)

Framework Category	Sub-Catagory	Symbol	Symbol Name	Defintion	MMLT Category
Delay	Unavailability of appropriate maintenance personel		Delay 3	Simbol delay 3 digunakan untuk menggambarkan keterlambatan dalam proses pemeliharaan karena tidak tersedianya karyawan pemeliharaan	MTTO, MTTY
Time Line			Time Line	Simbol time line digunakan untuk mencatat informasi tentang waktu value added (VA) dan non value added (NVA). Waktu NVA dicatat paling atas dari time line dan aktivitas VA dicatat di bagian bawah dari time line	MTTO, MTTR, MTTY

2.23.1 Variable yang digunakan dalam Maintenance Value Stream Mapping

Konsep *Mean Maintenace Lead Time* (MMLT) dianalogikan sesuai dengan konsep *lead time* dalam kegiatan manufaktur dalam pengukuran waktu untuk kegiatan perawatan.

MMLT didefinisikan sebagai rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan perawatan mesin sehingga mesin tersebut dapat dipastikan telah mampu dioperasikan dengan normal. MMLT didapatkan dari MMLT membagi kegiatan perawatan ke dalam beberapa level kegiatan. Dalam MVSM tidak dilakukan pengujian terhadap dampak dari buruk atau kurangnya strategi perawatan di rantai produksi, melainkan digunakan sebagai alat untuk mengukur waktu aktivitas perawatan. Secara matematis,

MMLT dirumuskan dengan persamaan: $MMLT = MTTO + MTTR + MTTY$ dimana:

a. *MTTO (Mean Time To Organize)*

Rata-rata waktu yang diperlukan untuk mengkoordinasikan tugas-tugas untuk memulai kegiatan perawatan mesin/peralatan setelah diketahui adanya kerusakan atau berdasarkan jadwal yang telah dibuat

b. *MTTR (Mean Time To Repair)*

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas perawatan mesin/peralatan

c. *MTTY (Mean Time To Yield)*

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memastikan bahwa mesin/peralatan dapat digunakan kembali setelah kegiatan perawatan mesin/peralatan dilakukan

Berdasarkan definisi tersebut, komponen waktu yang memberikan nilai tambah bagi kegiatan perawatan adalah *MTTR* karena hanya komponen waktu ini merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan perawatan atau perbaikan terhadap mesin/peralatan. Untuk dua komponen waktu lainnya, yaitu *MTTO* dan *MTTY* merupakan kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah (*nonvalue added time*). Oleh karena itu, *value added time* dan *non value added time* ditunjukkan dengan persamaan:

$$\text{Value added time} = \text{MTTR} \quad (2.55)$$

$$\text{Non Value added time} = \text{MTTO} + \text{MTTY} \quad (2.56)$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{\text{MTTR}}{\text{MMLT}} \times 100\% \quad (2.57)$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{\text{MTTO} + \text{MTTY}}{\text{MMLT}} \times 100\% \quad (2.58)$$

Dimana :

MTTR = *Mean Time To Repair*

MTTY = *Mean Time To Yield*

MMLT = *Mean Maintenance Lead Time*

MMTO = *Mean time to organize*

Adapun efisiensi perawatan dihitung dengan menggunakan persentase dari *MTTR* dibandingkan dengan *MMLT*. Secara matematis:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{\text{MTTR}}{\text{MMLT}} \times 100\% \quad (2.59)$$

2.24 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan suatu aktivitas perawatan yang mengikut sertakan semua elemen dari perusahaan, yang bertujuan untuk menciptakan suasana kritis (critical mass) dalam lingkungan industri guna mencapai zero defect dan zero accident (Kurniawan, 2013)

Total Productive Maintenance (TPM) berfokus pada seluruh elemen-elemen yang tidak hanya pada satu titik tertentu seperti kualitas dari produktivitas mesin ataupun peralatan, bahan-bahan untuk pendukung sarana produksi tapi selain itu juga banyak perhatian lebih seperti untuk peningkatan produktivitas karyawan, operator yang bertugas nantinya sebagai pemegang endali dalam produksi dan pada mesin perlatan tersebut. (Corder, 1996)

Munculnya gagasan dari *Total Productive Maintenance (TPM)* adalah bertemunya antara lini produksi dan lini maintenance atau perawatan dalam sebuah yang sama-sama di lingkup kecil pada waktu itu mengalami sebuah permasalahan dan kedua lini tersebut dapat memecahkan masalah dengan melakukan pertukaran ide pemecahan masalah tersebut. Dalam hal ini peran penting TPM sangat dibutuhkan terutama dalam hal perusahaan manufaktur antara pelanggan, kualitas produk, harga, dan lama pengiriman produk. *Total Productive Maintenance* selain itu dapat juga sebagai peran penting dalam hal menjaga pealatan perusahaan dengan kerjasama antara seluruh organ dalam lingkup perusahaan. (Besterfield, 1999). Secara meyeluruh definisi *total productive maintenance* mencakup 5 elemen :

1. Tujuan TPM itu sendiri dapat melahirkan perawatan yang terencana untuk menjaga agar mesin tetap dalam koridor berjalan lancar dan normal dan juga berumur panjang.
2. Peneran dapat ditempatkan di berbagai lini departemen. Contohnya lini teknik, perawatan dan produksi.
3. Tujuan lain TPM untuk meningkatkan lebih dari sebelumnya mengenai efektivitas mesin atau peralatan.
4. Keterlibatan lini TPM yaitu keseluruhan pegawai atau karyawan dari tingkatan manajemen paling atas sampai tingkatan palaing bawah.
5. Metode ini adalah merupakan pengembangan dari perawatan yang terencana.

Dalam hal ini peran dari pemeliharaan dan perawatan sangat penting bagi perusahaan maufaktur terutama yang beroperasi di bidang bagian peralatan mesin. Oleh karena itu sebagian besar perusahaan harus sudah wajib menerapkan *total productive maintenance* sebagai hal terpenting dalam menjaga produtivitas peralatan mesin. *Total Productive Maintenance (TPM)* mempunyai pilar utama adalah 8 pilar dapat disebut juga 8 tiang kuat TPM (*Eight Pillar of Total Productive Maintenance*). 8 tiang / pilar TPM (*Total Productive Maintenance*) ditujukan sebagian besar pada teknik lebih aktif dan terencana agar dapat menjaga agar kualitas mesin atau peralatan tetap dalam mondisi terbaik.

1. *Autonomous Maintenance /Jishu Hozen* (Perawatan Otonomis)

Pilar pertama ini dapat diberikan tugas untuk perawatan secara rutin kepada orang operator seperti pengecekan dan inspeksi peralatan atau mesin, pembersihan peralatan atau mesin, dan pemberian lubrikasi pelumas. Dengan tujuan tersebut diharapkan operator mempunyai rasa seperti ke barannya sendiri sehingga peralatan tersebut dapat terus terjaga walaupun milik perusahaan. Selain itu dapat memberi pengetahuan yang lebih mendalam kepada operator tentang peralatan yang sedang dipakai. Dengan Pilar ini, Peralatan atau Mesin dijamin bersih dan terpeliharasi karena tanggung jawab tersebut serta dapat menetapkan potensi yang tidak diinginkan atau kerusakan yang lebih parah atau yang tidak diinginkan.

2. *Focused Improvement / Kobetsu Kaizen* (Perbaikan yang terfokus)

Membentuk grup kerja yang aktif guna dapat menganalisis mesin-mesin kerja yang rusak, tidak normal, bermasalah dengan usulan-usulan perbaikan untuk memberikan sebuah solusi. Kelompok grup kerja dalam melakukan *Focused Improvement* juga bisa mendukung kinerja sebuah perusahaan untuk mencapai targetnya, karena mendapatkan karyawan-karyawan yang mempunyai kemampuan dan bertalenta.

3. *Planned Maintenance* (Perawatan Terencana)

Pilar ke tiga ini dapat kita ketahui yang berguna sebagai pengatur jadwal dari kegagalan suatu peralatan atau mesin. Hal ini dapat ditentukan dari kerusakan-kerusakan yang pada waktu kemarin atau lalu pernah terjadi dan juga berdasar banyak kerusakan yang pernah terjadi dan juga dapat diprediksi untuk kerusakan yang terjadi. Pilar ini mempunyai nilai keuntungan yang baik yaitu dapat memprediksi kerusakan sehingga dapat mengurangi mesin yang mati mendadak dan dapat mengendalikan suatu kerusakan tersebut.

4. *Quality Maintenance* (Perawatan Kualitas)

Pilar ke empat ini adalah masalah kualitas dari suatu produk yang tujuannya suatu peralatan mesin dapat mengetahui dan mencegah kesalahan-kesalahan melalui peralatan yang ada pada waktu produksi sehingga kualitas tetap terjaga. Kecepatan dalam meramalkan kesalahan dengan baik juga dapat nantinya menghasilkan produksi yang seperti biasanya sesuai standar perusahaan. Jika semua tersebut telah dilakukan maka produk cacat juga akan berkurang yang akhirnya bisa menghemat biaya dengan kualitas tetap terbaik.

5. *Training dan Education* (Pelatihan dan Pendidikan)

Dari *Education dan Training* dalam metode ini diperlukan dengan cara sebuah pendidikan dan pelatihan untuk mnambah wawasan dan pengetahuan dari *Total Productive Maintenance* (TPM). Dengan minimnya keahlian dan ilmu pada mesin atau alat yang dipakai saat bekerja bisa menyebabkan terjadi rusak pada mesin peralatan atau bisa merendahnya mesin dalam hal ini efektivitasnya yang akhirnya perusahaan akan merugi. setelah dilakukan pelatihan-pelatihan, pada hal ini kapabilitas operator peralatan dapat ditingkatkan menjadi lebih tinggi lagi dengan tujuan dapat melakukan hal-hal mengenai perawan (*maintenance*) dari yang paling bawah untuk lainya pada bagian *engginer* atau teknik dapat dilatih dalam hal meningkatkan kemampuannya baik secara teori maupun praktek lapangan untuk menganalisis kerusakan-kerusakan mesin apa saja atau peralatan kerja dan kemampuan lain untuk melakukan perawatan dan pencegahan sebelum semua terjadi. Pelatihan pada tingkatan ini dapat meningkatkan kemampuan dari pada seorang manajer dalam mendidik dan membimbing karyawan atau tenaga kerjanya atau biasa disebut (*mentoring dan Coaching skills*) dalam penerapan TPM (*Total Productive Maintenance*).

6. *Safety, Health and Environment* (Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan)

Pada bagian ini parakaryawan pekerja ditujukan harus mampu dan dapat bekerja untuk berdasarannya dalam suatu lingkungan yang sehat setiap hari dan memenuhi stadar keamanan. Dengan demikian, perusahaan diwajibkan untuk memenuhi dan menyediakan berupa sarana lingkungan yang sehat dan aman sesuai dengan SOP serta bebas dari kondisi yang berbahaya bagi seluruh keselamatan pekerja. Tujuan dari pilar ini adalah untu menjaga keselamatan saat kerja, dan bebas dari seluruh kecelakaan yang tidak diinginkan (*Accident Free*).

7. *Early Equipment Management* (Manajemen Awal pada Peralatan kerja)

Selajutnya pada pilar ketujuh merupakan pilar *Total Productive Maintenance* merupakan kumpula pengalaman atau yang pernah didapat saat melakukan perawatan dan perbaikan suatu peralatan mesin dengan tujuan mesin yang baru dibeli dapat bekerja secara prosedur kenormalanan. Tujuan dari pilar ini adalah untuk memberikan kinerja mesin yang optimal dan bekerja secara menyeluruh dengan waktuk yang singkat.

8. *TPM in Office* (TPM dalam Administrasi)

Selanjutnya pada 8 pilar terakhir dalam *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah menyebarkan atau memperluas pilar ini ke dalam bagian administrasi. Dengan demikian, tujuan pilar *Total Productive Maintenance* (TPM) ini agar seluruh pihak dalam organisasi (perusahaan) ini memiliki konsep atau rancangan dan ide yang sama termasuk staff administrasi (pembelian, perencanaan, dan keuangan).

Manfaat yang didapat dari *Total Productive Maintenance* (TPM) dalam perusahaan untuk membuat rencana kerja dalam jangka lama maka dapat dilakukan melalui faktor-faktor tersebut (Cudney, 2013) :

1. untuk meningkatkan atau menambah produktivitas dengan menggunakan dasar-dasar *Total Productive Maintenance* (TPM) yang bertujuan untuk mengatasi kerugian yang terjadi pada perusahaan.
2. untuk menambah dan meningkatkan produksi dari segi kualitas dengan *Total Productive Maintenance* (TPM), dan mengurangi dan menghilangkan kerusakan yang sering terjadi pada peralatan dan mesin dengan cara-cara penanggulangan masalah yang sudah terfokus.
3. Dapat menepati pesanan konsumen dengan tidak molor. Hal tersebut dapat meminimalisir gangguan yang akan terjadi pada perusahaan.
4. untuk produksi diharapkan bisa lebih rendah.
5. Memeberikan jaminan kesehatan dan keselamatan lingkungan menjadi lebih baik lagi dari sebelumnya.
6. Dapat meningkatkan dari motivasi atau pemikiran serta dorongan agar bisa menjadi tanggungjawab pada setiap individu.



(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian, tempat dan waktu penelitian, juga tahapan-tahapan dilakukannya penelitian agar proses penelitian dapat terarah, terstruktur, dan sistematis. Kemudian pada bab ini juga akan dijelaskan mengenai diagram alir penelitian yang akan dilakukan agar penelitian ini lebih sistematis.

3.1 Jenis Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Metode deskriptif merupakan suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu sistem pemikiran ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif ini untuk membuat deskripsi, gambaran, atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki. (Nazir, 2007).

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada:

Tempat : PT Tiara Kurnia
Jl. Raya Garotan, Kecamatan Wajak, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
Waktu : Februari 2020 – Sampai selesai

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Pelaksanaan dalam penelitian ini membutuhkan langkah-langkah yang sistematis. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Tahap Penelitian

1. Studi lapangan
Langkah awal yang perlu dilakukan adalah melakukan studi lapangan untuk mendapatkan gambaran dari kondisi sebenarnya obyek yang akan diteliti. Hal ini akan sangat bermanfaat bagi peneliti karena dari hasil studi lapangan ini peneliti dapat mengetahui permasalahan yang sebenarnya terjadi pada perusahaan

2. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Tahap ini diperlukan untuk mencari informasi yang membantu dalam proses pemecahan masalah yang diamati. Sumber literatur diperoleh dari buku di perpustakaan, perusahaan, internet serta berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian.

3. Identifikasi Masalah

Merupakan tahap awal pemahaman terhadap suatu permasalahan yang muncul untuk mencari solusi permasalahan tersebut. Masalah yang diidentifikasi adalah terjadinya ketidاكلancaran proses produksi dan tingginya *downtime* karena terjadi kerusakan atau kegagalan (*failure*) secara tiba-tiba. Hal ini disebabkan oleh tingkat keandalan mesin yang rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai keandalan mesin adalah dengan memperbaiki sistem manajemen perawatan dalam perusahaan sehingga tidak terdapat kerugian pada perusahaan akibat target penyelesaian mesin yang tidak tercapai.

4. Perumusan masalah

Tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah yang ada di lapangan. Perumusan masalah digunakan untuk menentukan tujuan dari penelitian serta memudahkan dalam menentukan metode penelitian.

5. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini ditunjukkan untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis pengukuran.

3.3.2 Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan penumpulan data primer dan sekunder. Berikut meruakan uraian dari dataprimer dan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Data primer

Data primer merupakan bentuk pengambilan data secara langsung. Data primer yang digunakan adalah data yang diambil dengan cara langsung melalui identifikasi, pengukuran dan pengamatan. Data primer yang dikumpulkan pada PT Tiara Kurnia dilakukan melalui wawancara, observasi dan diskusi. Data primer yang di dapatkan

adalah data penyebab kegagalan komponen Mesin Granulator 02 dan data efek kegagalan komponen Mesin Granulator 02

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan pengambilan data secara tidak langsung. Data sekunder yang digunakan adalah data historis yang telah dimiliki perusahaan. Data sekunder yang digunakan dan dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Profil dan sejarah perusahaan
- b. Data tahap produksi pupuk
- c. Data total *downtime* mesin produksi pupuk selama tahun 2017-2019.
- d. Data frekuensi *downtime* Mesin Granulator dalam 3 tahun terakhir 2017-2019.
- e. Data tanggal *Corrective Maintenance* (waktu rusak dan waktu perbaikan) komponen Mesin Granulator dalam 3 tahun terakhir 2017-2019.
- f. Data waktu *downtime* Mesin Granulator (lamanya waktu perbaikan komponen) dalam 3 tahun terakhir (2017-2019).
- g. Data harga pokok produksi pupuk
- h. Data gaji karyawan teknisi
- i. Data waktu kegiatan perawatan *corrective maintenance*

3.3.3 Pengolahan data

Setelah semua data terkumpul, kemudian dilakukan pengolahan data. Adapun langkah-langkah dari pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Penentuan *System Function* dan *Function Failure*

Tahap selanjutnya adalah menentukan *system function* yang bertujuan untuk mendefinisikan fungsi dalam sistem dan menentukan *functional failure* untuk menjelaskan bagaimana sistem tersebut mengalami kegagalan dan usaha untuk mencegah atau mengurangi serta mendeteksi kegagalan tersebut.

2. Identifikasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Selanjutnya data olahan *System Function and Function Failure* serta data penyebab dan efek kegagalan digunakan untuk menentukan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk menganalisis terjadinya suatu kegagalan.

3. Penyusunan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Information Worksheet*

Reliability Centered Maintenance (RCM) II *information worksheet* digunakan untuk menginformasikan mengenai jenis-jenis kerusakan, penyebab kerusakan, dan efek yang ditimbulkan dari kerusakan suatu komponen dan nantinya akan digunakan

sebagai masukan pada RCM II *decision worksheet*

4. Penentuan Jenis Distribusi dan Nilai parameter Data TTR dan TTF

Sebelum membuat jadwal penggantian komponen terlebih dahulu harus diketahui jenis distribusi waktu antar kerusakan dan data lamanya waktu perbaikan tiap komponen.

Pengujian jenis distribusi dan nilai parameter setiap data TTR dan TTF komponen dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 16. Data waktu kerusakan diuji menggunakan empat pola distribusi, yaitu distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi eksponensial, dan distribusi *weibull*.

5. Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) dan *Mean Time to Failure* (MTTF)

Waktu lama perbaikan digunakan untuk menghitung tingkat harapan siklus perbaikan yang akan diterapkan (MTTR). Penentuan waktu antar kerusakan tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai kemungkinan terjadi kerusakan pada waktu tertentu (MTTF) dan mengetahui kemungkinan lama mesin dapat beroperasi sampai waktu tertentu untuk menghitung tingkat harapan panjang siklus perawatan.

6. Penyusunan RCM II *Decision Worksheet*

Tahapan perancangan aktivitas pemeliharaan ini dilakukan dengan membuat sebuah rancangan desain aktivitas pemeliharaan pada RCM II *decision worksheet*. RCM *decision worksheet* menunjukkan langkah-langkah yang tepat yang dapat dilakukan oleh PT Tiara Kurnia. RCM II *decision worksheet* ini juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis pemeliharaan yang tepat yang ada di sistem amatan.

7. Penggambaran *Current State Map Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM)

Tahapan penggambaran ini dilakukan dengan melakukan pendataan aktivitas perawatan *corrective maintenance*, selanjutnya melakukan penggambaran *current state map* dengan mengklasifikasikan kegiatan perawatan komponen kedalam 3 kategori yaitu MTTO (*Mean Time To Organize*), MTTY (*Mean Time To Yeild*) dan MTTR (*Mean Time To Repair*). Selanjutnya dilakukan penggambaran menggunakan diagram *value stream mapping*. Kemudian melakukan perhitungan efisiensi perawatan mesin.

8. Penggambaran *Future State Map Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM)

Tahapan penggambaran ini dilakukan dengan melakukan pendataan aktivitas perawatan *corrective maintenance*, selanjutnya melakukan penggambaran *future state map* dengan mengklasifikasikan kegiatan perawatan komponen kedalam 3 kategori yaitu MTTO (*Mean Time To Organize*), MTTY (*Mean Time To Yeild*) dan MTTR (*Mean Time To Repair*). Selanjutnya dilakukan penggambaran menggunakan diagram *value stream mapping* lalu melakukan perhitungan efisiensi perawatan mesin.

Selanjutnya melakukan analisis penyebab kegiatan NVA menggunakan diagram ishikawa, selanjutnya ditentukan waktu proses kegiatan preventive maintenance masing-masing komponen

9. Perhitungan Interval Waktu Perawatan

Selanjutnya menghitung interval waktu perawatan (TM) untuk setiap komponen berdasarkan jenis distribusi dan nilai parameter data waktu kerusakan yang telah dihitung pada tahap sebelumnya sehingga nantinya akan diketahui interval perawatan optimal untuk setiap komponen.

10. Perhitungan Total Biaya Perawatan (TC)

Selanjutnya melakukan perhitungan total biaya perawatan (TC) untuk masing-masing komponen. Pada tahap ini perhitungan total biaya perawatan dihitung berdasarkan dua strategi perawatan, yaitu berdasarkan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan interval perawatan (TM).

11. Perhitungan Keandalan (R) Komponen

Selanjutnya melakukan perhitungan nilai keandalan (R) untuk masing-masing komponen. Pada tahap ini perhitungan keandalan dihitung berdasarkan dua strategi perawatan, yaitu berdasarkan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan interval perawatan (TM) sama seperti total biaya perawatan (TC).

3.3.4 Tahap Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai analisis dan interpretasi dari pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan terdiri dari analisis aliran proses, analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), analisis RCM II *decision worksheet*, analisis terhadap hasil perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) yang menghasilkan interval perawatan dan analisis *current state maintenance value stream mapping* (MVS_M) serta hasil analisis *future state maintenance value stream mapping* (MVS_M)

3.3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini diambil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan juga saran baik untuk perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya

1. Kesimpulan

Kesimpulan menjelaskan kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian mengenai nilai parameter distribusi, nilai keandalan komponen Mesin Granulator setelah diterapkan *preventive maintenance*.

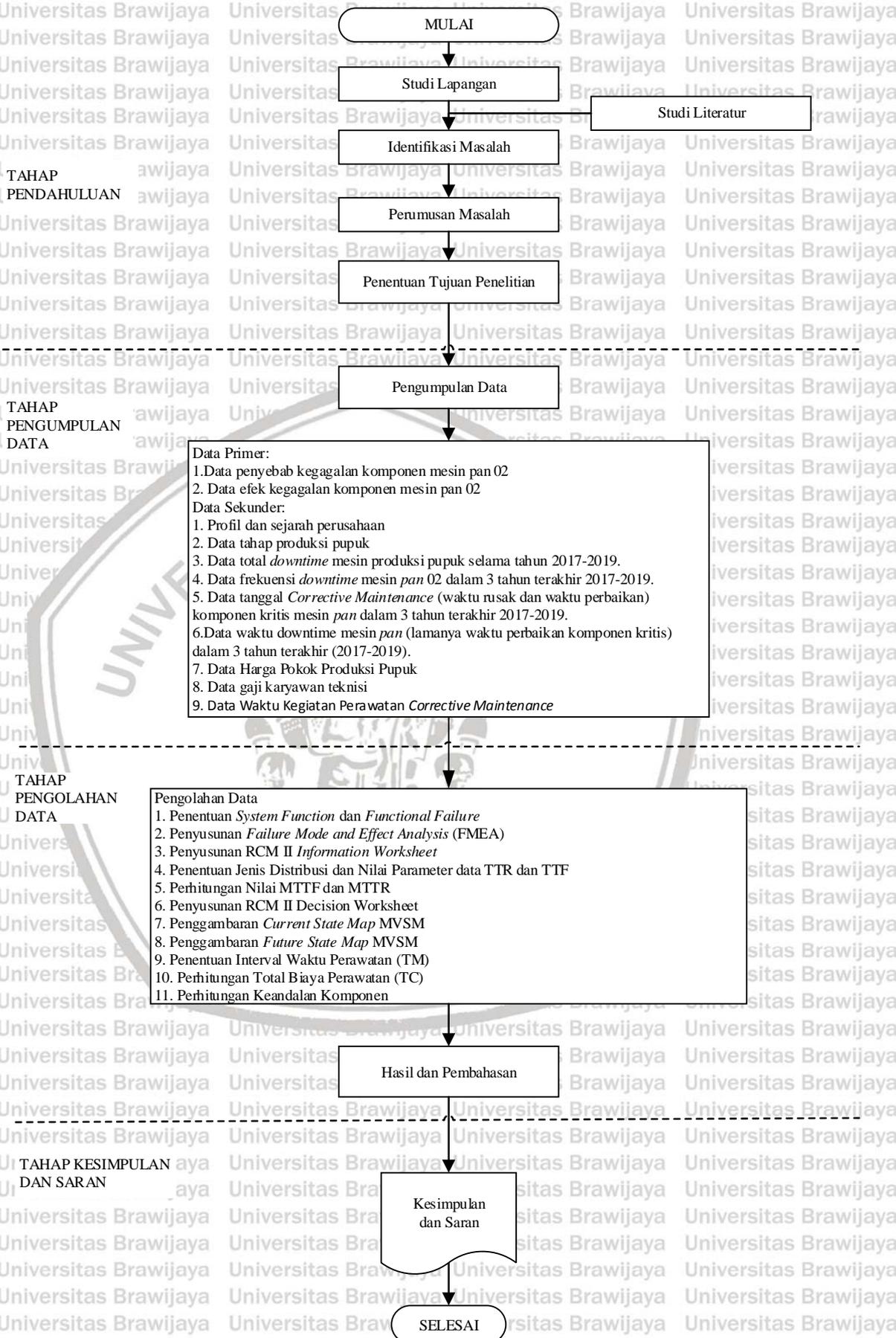
2. Saran

Saran memberikan pengembangan lebih lanjut atas metode yang telah dibuat dari penelitian yang telah dilakukan serta berisi tentang saran yang diberikan peneliti.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian yang dilakukan agar dapat terarah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka perlu dibuat langkah-langkah penelitian secara jelas. Pada gambar 3.1 digambarkan proses penelitian, berikut merupakan diagram alir penelitian:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses pengumpulan data, pengolahan data dan perhitungan sampai dengan analisis berdasarkan metode penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya. Hasil dan pengumpulan dan pengolahan data selanjutnya akan diinterpretasi untuk mendapatkan hubungan sebab akibat dan permasalahan dan usulan perbaikan untuk permasalahan tersebut.

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Gambaran umum objek penelitian akan menjelaskan mengenai sejarah perusahaan PT Tiara Kurnia, bidang usaha, visi dan misi perusahaan dan struktur organisasi. Berikut merupakan uraian dari objek penelitian

4.1.1 Sejarah Perusahaan

PT Tiara Kurnia didirikan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan akan pupuk organik di Indonesia. Saat ini kesadaran masyarakat akan pentingnya penggunaan pupuk organik untuk peningkatan kualitas tanah semakin tinggi, sehingga kebutuhan masyarakat petani akan pupuk organik yang berkualitas semakin tinggi pula.

PT Tiara Kurnia menawarkan produk berupa pupuk organik dengan merek "KURNIAGANIK" yang telah mendapatkan sertifikasi dari Sucofindo Surabaya Jawa Timur dan Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian Jurusan Tanah dengan mutu memenuhi persyaratan sesuai SK Menteri Pertanian tentang Pupuk Organik dan Pembenahan Tanah. Ide awal pendirian PT Tiara Kurnia adalah untuk memenuhi kebutuhan akan pupuk organik di Indonesia khususnya di Jawa Timur sejak tahun 2000. Penelitian dari organik sebenarnya sudah dimulai pada tahun 2000, berbagai uji coba dilakukan di bagian produksi pupuk organik "PT TIARA KURNIA" di Kompleks Kebun Percobaan (Buncob) Malang. Awalnya, pupuk yang bisa meningkatkan panen padi dan tanaman lainnya ini berbentuk serbuk yang mirip kompos.

4.1.2 Bidang Usaha

PT Tiara Kurnia adalah salah satu produsen pupuk organik di Indonesia. PT Tiara Kurnia telah melakukan riset dan mengembangkan inovasi untuk mengantisipasi akan

adanya peningkatan kebutuhan pupuk organik. Adapun varian pupuk baru yang kini telah dikembangkan oleh PT Tiara Kurnia adalah pupuk “KURNIAGANIK”. Sesuai dengan namanya, bahan pupuk non kimiawi tersebut berasal dari kotoran hewan, kompos, blothong (limbah tebu dari pabrik gula), dan mixtro. Mixtro adalah bahan suplemen yang harus digunakan dalam pembuatan pupuk organik guna mengurai dan memudahkan unsur pupuk diserap tanah.

Untuk membantu mensukseskan Program Pemerintah Go Organik 2010, PT Tiara Kurnia bekerja sama dengan PT Petrokimia Gresik untuk memproduksi pupuk Petroganik, PT Pertani untuk memproduksi pupuk Bintang Kuda Laut dan PT Shang Hyang Seri (Persero) untuk memproduksi pupuk Elang Biru. PT Tiara Kurnia adalah produsen pupuk organik dengan merek dagang Kurniaganik dengan keunggulan produk:

1. Kandungan C-organik tinggi
2. Aman dan ramah lingkungan (bebas mikroba patogen)
3. Bebas dari biji-bijian dan gulma
4. Menggemburkan dan menyuburkan tanah
5. Meningkatkan daya simpan dan daya serap air
6. Sesuai untuk semua jenis tanah dan jenis tanaman
7. Berbentuk granul, sehingga mudah dalam aplikasi
8. Kadar air rendah sehingga lebih efisien dalam pengangkutan dan penyimpanan
9. Kaya akan unsur mikroorganisme pengurai dalam tanah sehingga unsur mikro maupun makro dapat terpenuhi
10. Dikemas dalam kantong kedap air

4.1.3 Visi dan Misi Perusahaan

Dalam menjalankan perusahaan, PT Tiara Kurnia memiliki Visi dan Misi yang digunakan sebagai landasan. Visi merupakan tujuan atau target yang ingin dicapai oleh suatu organisasi atau perusahaan, sedangkan misi adalah cara-cara yang dilakukan untuk tercapainya tujuan tersebut. Adapun visi dan misi perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Visi :
 - a. Menjadikan PT Tiara Kurnia sebagai salah satu produsen pupuk yang berdaya saing tinggi dan produknya paling diminati konsumen.
 - b. Mengembangkan sistem pertanian organik di Indonesia

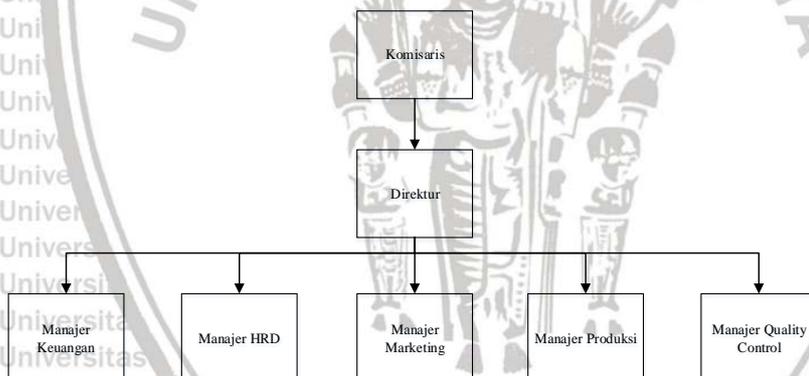
2. Misi

- a. Menghasilkan produk pupuk organik yang berkualitas dan mudah didapat oleh masyarakat.
- b. Mendukung penyediaan pupuk nasional untuk tercapainya Program Swasembada Pangan.
- c. Meningkatkan hasil usaha untuk menunjang kelancaran kegiatan operasional dan pengembangan usaha perusahaan.

4.1.4 Struktur Organisasi

Struktur organisasi sangat diperlukan oleh perusahaan untuk mengetahui tugas dan wewenang tiap-tiap bagian. PT Tiara Kurnia melakukan pembagian tugas, kewajiban, dan wewenang untuk menjamin kelancaran kerja dan mencegah terjadinya ketimbangan operasional kerja. Struktur organisasi PT Tiara Kurnia terdiri dari komisaris sebagai pimpinan tertinggi kemudian dibawahnya ada direktur yang membawahi beberapa manajer, seperti manajer keuangan, HRD, marketing, produksi dan quality control.

Struktur organisasi PT Tiara Kurnia dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Tiara Kurnia

Adapun uraian jabatan sesuai dengan tugas dan tanggung jawab adalah sebagai berikut:

1. Komisaris

- a. Memimpin segala kegiatan perusahaan.
- b. Mengambil segala keputusan demi kelangsungan perusahaan.
- c. Menandatangani segala kontrak perjanjian kerjasama maupun kontrak-kontrak penting lainnya.

2. Direktur

- a. Membantu komisaris dalam menjalankan tugasnya.

- b. Menggantikan fungsi komisaris apabila komisaris berhalangan, setelah diberi wewenang khusus oleh komisaris.
 - c. Memonitor kinerja semua kepala bagian.
3. Manajer Keuangan
- a. Mengendalikan keuangan perusahaan dengan dimonitor direktur
 - b. Membuat laporan penerimaan dan pengeluaran
 - c. Melaporkan hasil laporan yang sudah diperiksa kepada direktur berupa jurnal dan neraca laporan keuangan.
4. Manajer Human Resource Development
- a. Menyusun, merencanakan, mengawasi dan mengevaluasi anggaran biaya kegiatan secara efektif dan efisien.
 - b. Bertanggung jawab terhadap perencanaan, pengawasan dan melaksanakan evaluasi terhadap jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan oleh perusahaan.
 - c. Melaksanakan kegiatan-kegiatan pembinaan, pelatihan dan kegiatan lain yang berhubungan dengan pengembangan mental, keterampilan dan pengetahuan karyawan sesuai dengan standard perusahaan.
 - d. Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rekapitulasi absensi karyawan, perhitungan gaji, tunjangan dan bonus.
5. Manajer Marketing
- a. Mengendalikan semua proses marketing/promosi perusahaan
 - b. Memeriksa laporan penjualan.
 - c. Merencanakan pemasaran produk.
 - d. Melaporkan hasil penjualan yang sudah diperiksa kepada direktur
6. Manajer Produksi
- a. Mengendalikan semua proses produksi perusahaan.
 - b. Mengontrol jalannya proses produksi.
 - c. Bertanggung jawab atas kelancaran proses produksi.
 - d. Bertanggung jawab atas hasil produksi.
7. Manajer Quality Control
- a. Melakukan pemantauan pengawasan mutu hasil produksi
 - b. Menilai efektifitas kinerja pada divisi quality
 - c. Melakukan penilaian terhadap keluhan yang terjadi pada teknis pelaksanaan ataupun hasil produksi.
 - d. Membuat laporan hasil pengawasan terhadap mutu produk

4.2 Proses Produksi

PT Tiara Kurnia merupakan perusahaan yang menghasilkan pupuk organik. Berikut merupakan uraian mengenai bahan baku yang digunakan dalam proses produksi, sarana produksi dan proses produksi pupuk.

4.2.1 Bahan Baku Produksi

Dalam kegiatan produksinya, PT Tiara Kurnia menggunakan beberapa macam bahan baku yaitu:

1. Bahan baku utama: terdiri dari kotoran sapi, kotoran ayam, dan blothong. Supplier berasal dari PT Sapindo dan masyarakat sekitar PT Tiara Kurnia.
2. Bahan baku pendukung: mikroba, kapur pertanian, mixtro.

4.2.2 Sarana Produksi

Sarana produksi merupakan fasilitas produksi yaitu mesin yang digunakan oleh perusahaan dan tenaga kerja yang dimiliki. Berikut merupakan uraian mesin dan tenaga kerja pada PT Tiara Kurnia:

1. Mesin

Pada proses pembuatan pupuk terdapat alat bantu produksi berupa mesin yang digunakan untuk memproses bahan baku hingga menjadi pupuk. Terdapat enam mesin untuk mengolah pupuk yaitu mesin *screw*, *Sifter*, *crusher*, *pan*, *dryer* dan *cooler*.

Mesin *screw* digunakan untuk mencampur bahan baku yaitu kotoran hewan, kompos, dan limbah tebu dari pabrik gula atau yang disebut blothong secara bersamaan. Mesin

Sifter berfungsi untuk mengayak untuk memilah campuran berdasarkan ukuran. Pada bagian mesin sentirk terdapat jaring/ *mesh* dimana hasil ayak yang berhasil melewati

mesh. Mesin *crusher* berfungsi untuk menghancurkan atau mereduksi ukuran dari hasil ayak yang masih kasar. Mesin Granulator yang diatur dengan kemiringan 45°

dengan perputaran 16-20 putaran permenit dimana dilakukan pencampuran bahan baku pupuk dengan air dan air mixtro sehingga terbentuk *granule*. Mesin *dryer*

berfungsi untuk memanaskan *granule* agar kuman dan bakteri mati. Meisn *cooler*

berfungsi sebagai pendinginan dimana terdapat aliran udara dengan suhu kamar ke dalam *cooler*. Jumlah masing-masing mesin ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1
Data Mesin PT Tiara Kurnia.

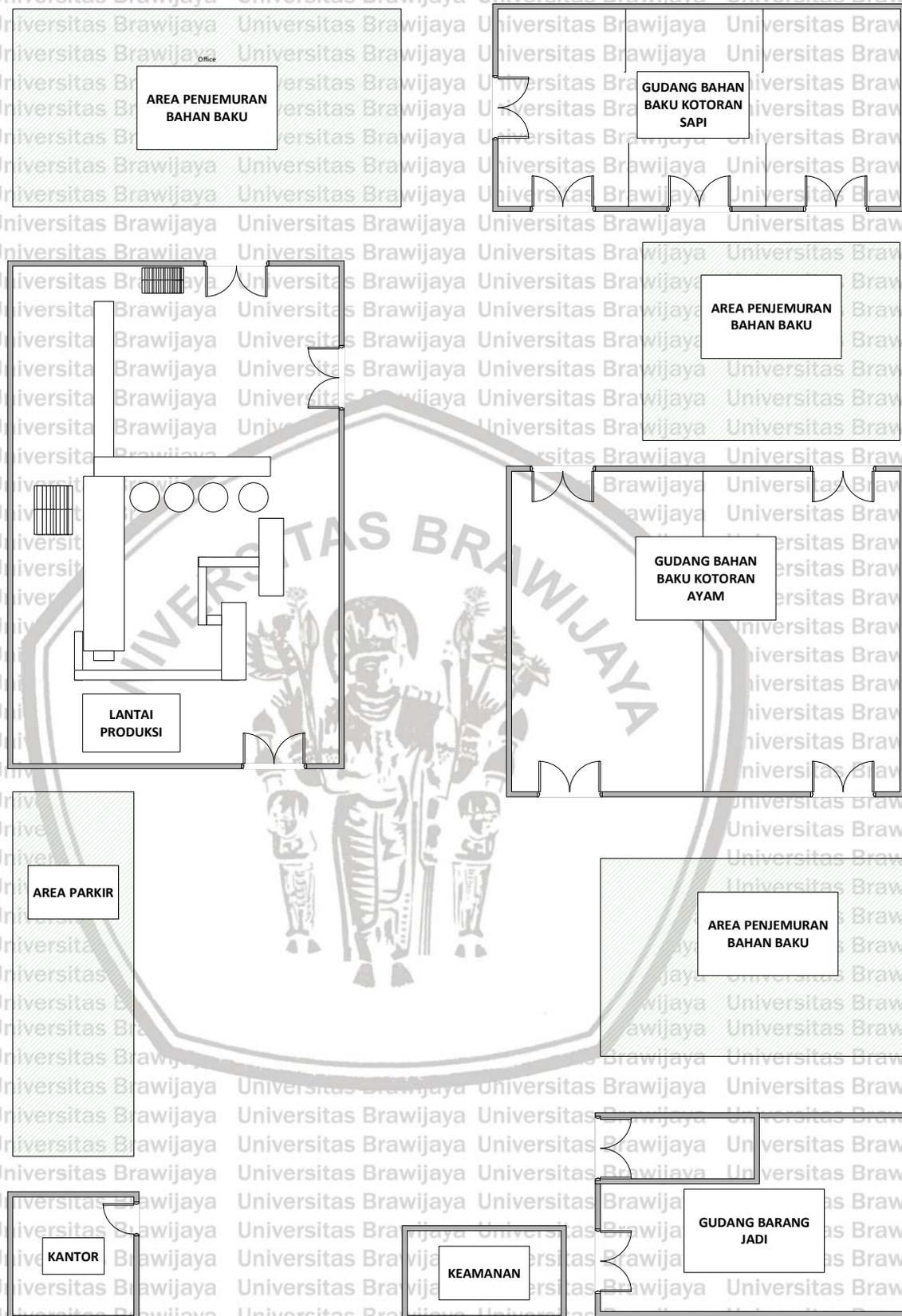
No	Nama Mesin	Jumlah (Unit)
1	Screw	2
2	Sifter	1
3	Crusher	1
4	Pan	4
5	Dryer	1
6	Cooler	1

2. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dimiliki oleh PT Tiara Kurnia seluruhnya berjumlah 100 pekerja yang dibagi menjadi satu *shift* dalam satu hari kerja masing-masing *shift* karyawan bekerja selama 14 jam kerja. Proses produksi dilakukan di lantai produksi dengan luas 96 m² di lantai produksi terdapat mesin produksi produksi pupuk sedangkan area diluar lantai produksi terdapat area penjemuran bahan baku, gudang bahan baku, gudang produk jadi, kantor dan bengkel. Area produksi perusahaan dapat dilihat pada

Gambar 4.2



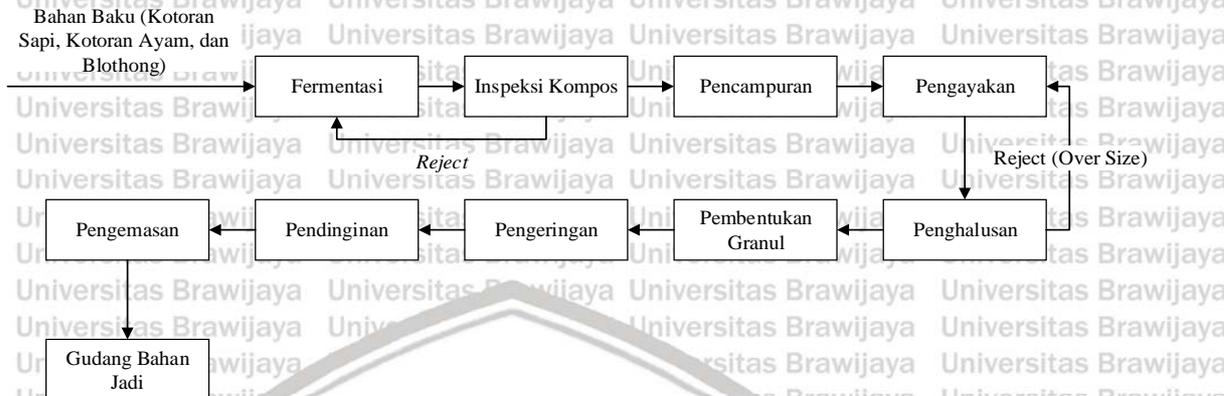


Gambar 4.2 Area produksi pupuk
Sumber: PT Tiara Kurnia

4.2.3 Proses Produksi

Untuk membuat pupuk organik maka dibutuhkan proses untuk mengolah dari bahan baku hingga menjadi produk jadi. Proses produksi pupuk organik dapat dilihat pada

Gambar 4.3



Gambar 4.3 Tahap proses produksi pupuk
Sumber: PT Tiara Kurnia

Proses produksi pupuk organik granula terdiri atas beberapa tahapan, yaitu:

1. Proses Fermentasi dan Inspeksi Kompos

Tahap awal dalam pembuatan pupuk organik yaitu proses fermentasi. Proses fermentasi ini dilakukan dengan menyiram cairan mikroorganisme ke kotoran sapi dan kotoran ayam. Fermentasi adalah suatu reaksi oksidasi reduksi di dalam sistem biologi yang menghasilkan energi, dimana sebagai donor dan asektor elektron digunakan senyawa organik. Fermentasi anaerobik merupakan oksidasi senyawa-senyawa oleh kerja enzim mikroorganisme, zat oksigen tidak terlibat di dalam proses yang membangkitkan energi. Mekanisme proses fermentasi ada dua macam, yakni fermentasi secara aerobik dan anaerobik. Fermentasi secara aerobik, oksigen mutlak dibutuhkan, sedangkan proses fermentasi anaerobik berjalan tanpa adanya oksigen. Laju dekomposisi bahan organik dipengaruhi tergantung dari beberapa faktor yaitu ukuran bahan, kandungan C/N bahan organik, kekuatan struktur bahan baku, kelembaban, aerasi, suhu dan jenis mikroorganisme yang terlibat serta pengadukan (Sutanto, 2002). Pada proses fermentor dilakukan secara anaerobik, terjadi reaksi fermentasi pada suhu 30o dan tekanan 1 atm selama kurang lebih 30- 60 hari. Setelah proses fermentasi selesai, kompos yang berupa kotoran sapi dan ayam dijemur sampai bisa dihaluskan dan memenuhi mutu kompos yang ditetapkan perusahaan yaitu :

- a. Berwarna coklat tua hingga hitam mirip dengan warna tanah.
- b. Kadar air menjadi 10%-15%

- c. Tidak larut dalam air.
- d. Nisbah C/N rasio sebesar 20-20, tergantung dari bahan baku dan derajat humifikasinya.
- e. Berefek baik jika diaplikasikan.
- f. Suhunya kurang lebih sama dengan suhu lingkungan, 28-30 C.
- g. Tidak berbau.

Bahan baku yang telah difermentasi kemudian akan dilakukan uji kualitas, jika belum memenuhi mutu yang telah disebutkan, maka akan dilakukan proses fermentasi ulang.

2. Pencampuran

Setelah proses fermentasi dan penjemuran, bahan baku kompos kompos kotoran sapi, kotoran ayam dan limbah tebu atau blothong diangkut dari gudang bahan baku menuju area proses produksi menggunakan mesin traktor. Bahan baku diangkut menuju mesin *screw* dimana proses pencampuran tiga bahan baku terjadi. Terdapat dua mesin *screw* yang digunakan untuk mencampur bahan baku.

3. Pengayakan

Pengayakan dilakukan dengan tujuan agar ukuran dari bahan baku memenuhi syarat dan seragam. Proses pengayakan menggunakan mesin pengayak yang disebut dengan mesin *Sifter*. Cara kerja pada mesin *Sifter* ini terdapat *mesh* dimana material yang berhasil melewati *mesh* selanjutnya akan dibawa menuju Mesin Granulator sedangkan material yang masih kasar (berukuran besar) yang tidak berhasil melewati *mesh* akan dibawa menuju mesin *crusher*.

4. Penghalusan

Bahan baku yang tidak melewati *mesh* dibawa menuju proses penghalusan menggunakan mesin *crusher*. Mesin *crusher* berfungsi untuk menghaluskan bahan baku atau pupuk organik. Pisau pada *crusher* berfungsi untuk mencacah atau menghaluskan kompos, jika pisau mengalami kerusakan maka akan mempengaruhi hasil dari penghalusan, yaitu kompos yang dihasilkan tidak halus sempurna (masih kasar). Kompos yang telah dihaluskan akan dibawa kembali menuju mesin *Sifter* untuk dilakukan proses pengayakan ulang. Begitu seterusnya hingga ukuran dari bahan baku dapat melewati *mesh* pada mesin *Sifter*.

5. Pembentukan Granul

Kompos yang telah dihaluskan selanjutnya akan dikirim ke stasiun kerja pembuatan granul. Dalam proses pembuatan granul, kompos dimasukan ke dalam pan granulator yang memiliki sudut kemiringan 45° dengan perputaran 16-20 putaran permenit secara bertahap

dan dalam keadaan mesin berputar. Selama proses granulasi berlangsung disemprotkan larutan mixtro. Mixtro adalah bahan suplemen yang harus digunakan Petroganik guna mengurai dan memudahkan unsur pupuk diserap tanah, bahan inilah yang menjadi ciri khas Petroganik. Bahan baku organik yang saling melekat karena adanya mixtro dan bergerak berputar mengikuti gerakan pan granulator sehingga terbentuk granul. Pada proses granulasi kadang dilakukan pengadukan bahan secara manual dengan sekop pada pan agar bahan tidak banyak yang menempel pada plat pan yang nantinya akan dapat memperbesar ukuran granul.

6. Pengeringan

Pupuk organik granula yang baru keluar dari pan granulator kemudian diangkut oleh conveyor untuk dikeringkan dengan *rotary dryer* melalui saluran inlet berbentuk pipa karena biasanya masih basah oleh mextron. Ujung saluran inlet ini berada di ujung seberang blower yang menghembuskan udara panas dari heater di depan blower sehingga pupuk granul yang masih basah bisa langsung dirotasikan didalam mesin rotary driyer. Pada proses pengeringan ini, suhu dalam rotary driyer dijaga konstan dengan kisaran 165C. Pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air pada pupuk organik yang sudah berbentuk granul yang jika terdapat kelebihan air, misalnya akan menyebabkan terjadinya pengembunan didalam kemasan sehingga mudah ditumbuhi cendawan. Selain itu, pemberian suhu tinggi juga dapat mematikan bakteri coli yang terdapat pada kotoran hewan. Kadar air yang diperbolehkan untuk pupuk organik granul dengan penambahan mikroba adalah 10-20 persen sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian No. 28/Permentan/SR.130/5/ 2009 tentang pupuk organik.

7. Pendinginan

Pendinginan pupuk organik menggunakan *rotary cooler*. *Rotary cooler* merupakan drum sederhana yang berputar mengangkat granula kemudian menjatuhkannya pada arus udara yang masuk sehingga mengakibatkan perpindahan panas antara granula dengan udara tersebut. Bagian utama dari *rotary cooler* adalah tabung yang berputar dengan *blower* sebagai pendinginnya. Prinsip kerja *cooler* adalah membuang udara panas dari partikel granul dengan menggunakan blower yang menghisap udara dan mengalirkan ke luar bangunan *feedmill* lewat peralatan yang disebut *cyclone*. Proses *cooling* akan menurunkan kandungan uap air sebanyak 4%. Tujuan dari pendinginan ini adalah untuk mendinginkan pupuk organik yang masih panas karena pengeringan dalam *rotary driyer* dan untuk menjaga kualitas pupuk.

8. Pengemasan dan Penyimpanan

Pupuk organik yang selesai didinginkan kemudian dikemas dan selanjutnya dibawa menuju gudang bahan jadi. Fungsi kemasan harus menampilkan sejumlah faktor penting sebagai berikut:

a. Faktor Pengamanan

Melindungi produk terhadap berbagai kemungkinan yang dapat menjadi penyebab timbulnya kerusakan barang. Misal: cuaca, sinar, jatuh, tumpukan, kuman.

b. Faktor pendistribusian

Mudah didistribusikan dari pabrik ke distributor atau pengecer sampai ke tangan konsumen. Di tingkat distributor dan pengecer, kemudahan penyimpanan dan pemajangan perlu dipertimbangan.

c. Faktor komunikasi

Sebagai media komunikasi yang menerangkan atau mencerminkan produk, citra merek dan juga sebagai bagian dari promosi dengan pertimbangan mudah dilihat, dipahami dan diingat.

d. Faktor ergonomik

Berbagai pertimbangan agar kemasan mudah dibawah, dipegang, dibuka dan mudah disimpan.

e. Faktor estetika

Keindahan merupakan daya tarik visual yang mencakup pertimbangan penggunaan warna, bentuk/logo, ilustrasi, huruf dan tata letak untuk mencapai mutu daya tarik visual secara optimal.

f. Faktor identitas

Secara keseluruhan, kemasan harus berbeda dengan kemasan yang lain, yakni memiliki identitas produk agar mudah dikenali dan membedakannya dengan produk-produk yang lain. Kantong kemasan terdiri atas dua lapis, yaitu kantong bagian dalam yang kedap air dan kantong bagian luar berupa kantong plastik. Kemasan dipasarkan dengan ukuran 42 kg. Kantong kemasan bagian depan, terdapat label yang menginformasikan nama produk, nama perusahaan, ukuran dan izin dari Departemen Pertanian. Sedangkan kantong kemasan bagian belakang terdapat label komposisi dari pupuk organik tersebut.

4.3 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data pendukung yang nantinya akan digunakan dalam proses pengolahan data. Data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

4.3.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang secara langsung didapatkan dan objek yang diteliti dan biasanya dilakukan dengan metode observasi dan wawancara. Data primer pada penelitian ini didapatkan melalui proses wawancara dan *brainstorming* dengan teknisi *maintenance* untuk mendapatkan data komponen Mesin Granulator, data penyebab kegagalan Mesin Granulator dan identifikasi efek dari kegagalan tersebut, dan juga penilaian FMEA untuk setiap kegagalan komponen.

4.3.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data mengenai objek yang diteliti dan didapatkan secara tidak langsung. Data sekunder biasanya didapatkan dan data historis (*historical*) milik perusahaan. Data sekunder yang dikumpulkan merupakan data kerusakan Mesin Granulator 02 yang mengakibatkan *downtime*. Beberapa data sekunder yang diperoleh dan PT Tiara Kurnia mengenai Mesin Granulator di stasiun produksi diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Data *Corrective Maintenance*

Data *corrective maintenance* merupakan data waktu rusak, waktu mulai perbaikan dan waktu selesai diperbaiki dari masing-masing komponen Mesin Granulator 02 di departemen produksi dan tahun 2017 hingga tahun 2019. Data waktu rusak, waktu mulai diperbaiki dan waktu selesai perbaikan dapat dilihat pada lampiran 10

Tabel 4.2 menjelaskan mengenai waktu kerusakan hingga waktu selesai perbaikan tiap kerusakan komponen *fanbelt*. Data kerusakan komponen *fanbelt* ini diambil dari data historis departemen produksi PT Tiara Kurnia selama 3 tahun terakhir mulai tahun 2017 hingga tahun 2019.

Tabel 4.2
Data *Corrective Maintenance* Komponen *Fanbelt*

No	Tahun	Waktu Rusak	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Diperbaiki
1	2017	13 februari	13.00	13 februari 13.00
2		15 maret	17.15	15 maret 17.15
3		11 april	14.45	11 april 14.45
4		26 juni	22.00	26 juni 22.00

5	2018	12 september	8.45	12 september	8.45	15 september	20.45
6		23 oktober	15.00	23 oktober	15.00	27 oktober	13.15
7	2019	16 januari	9.30	16 januari	9.30	22 januari	16.15
8		13 juli	11.00	13 juli	11.00	19 juli	16.00
9	2018	13 september	15.45	13 september	15.45	18 september	22.45
10		9 november	17.45	9 november	17.45	15 november	15.30
11	2019	14 januari	19.00	14 januari	19.00	18 januari	21.00
12		18 maret	10.15	18 maret	10.15	22 maret	16.15
13	2018	20 juni	10.00	20 juni	10.00	27 juni	7.30
14		10 september	13.30	10 september	13.30	16 september	16.30
15	2019	21 november	9.00	21 november	9.00	25 november	14.00

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tabel 4.3 menjelaskan mengenai waktu kerusakan hingga waktu selesai perbaikan tiap kerusakan komponen *bearing*. Data kerusakan komponen *bearing* ini diambil dari data historis departemen produksi PT Tiara Kurnia selama 3 tahun terakhir mulai tahun 2017 hingga tahun 2019.

Tabel 4.3

Data *Corrective Maintenance* Komponen *Bearing*

No	Tahun	Waktu Rusak	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Diperbaiki			
1	2017	23 februari	16.00	23 februari	16.00	28 februari	12.30
2		22 juni	15.00	22 juni	15.00	28 juni	10.00
3		10 agustus	8.00	10 agustus	8.00	13 agustus	10.30
4		22 desember	9.15	22 desember	9.15	28 desember	17.15
5	2018	2 april	13.45	2 april	13.45	9 april	9.45
6		25 juni	14.30	25 juni	14.30	2 juli	19.45
7		14 september	16.15	14 september	16.15	18 september	17.30
8	2019	3 desember	14.00	3 desember	14.00	10 desember	16.00
9		15 april	13.45	15 april	13.45	19 april	9.00
10		5 agustus	10.00	5 agustus	10.00	9 agustus	9.45
11	2018	8 Desember	9.45	8 Desember	9.45	12 Desember	10.00

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tabel 4.4 menjelaskan mengenai waktu kerusakan hingga waktu selesai perbaikan tiap kerusakan komponen *gearbox*. Data kerusakan komponen *gearbox* ini diambil dari data historis departemen produksi PT Tiara Kurnia selama 3 tahun terakhir mulai tahun 2017 hingga tahun 2019.

Tabel 4.4

Data *Corrective Maintenance* Komponen *Gearbox*

No	Tahun	Waktu Rusak	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Diperbaiki			
1	2017	3 maret	10.00	3 maret	10.00	8 maret	18.00
2		19 juli	9.30	19 juli	9.30	25 juli	8.30
3		28 november	20.15	28 november	20.15	5 desember	19.30
4	2018	9 januari	12.30	9 januari	12.30	15 januari	15.15
5		18 mei	21.30	18 mei	21.30	24 mei	8.45
6	2019	23 agustus	13.00	23 agustus	13.00	29 agustus	16.45
7		13 november	10.00	13 november	10.00	16 november	10.00
8		25 januari	21.00	25 januari	21.00	29 januari	14.45
9	2018	2 mei	16.30	2 mei	16.30	7 mei	16.45
10		10 juli	22.45	10 juli	22.45	15 juli	15.30
11	2019	19 Desember	15.30	19 Desember	15.30	22 Desember	10.30

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tabel 4.5 menjelaskan mengenai waktu kerusakan hingga waktu selesai perbaikan tiap kerusakan komponen Motor Listrik. Data kerusakan komponen Motor Listrik ini diambil dari data historis departemen produksi PT Tiara Kurnia selama 3 tahun terakhir mulai tahun 2017 hingga tahun 2019.

Tabel 4.5
Data *Corrective Maintenance* Komponen Motor Listrik

No	Tahun	Waktu Rusak		Waktu Mulai Perbaikan		Waktu Selesai Diperbaiki	
1	2017	18 april	9.00	18 april	9.00	24 april	16.00
2		31 oktober	15.15	31 oktober	15.15	7 november	15.00
3	2018	10 april	10.45	10 april	10.45	13 april	21.45
4		20 september	19.30	20 september	19.30	28 september	13.00
5		23 desember	11.00	23 desember	11.00	28 desember	22.00
6	2019	15 mei	16.30	15 mei	16.30	21 mei	10.30
7		26 Agustus	17.45	26 Agustus	17.45	20 Agustus	17.45

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tabel 4.6 menjelaskan mengenai waktu kerusakan hingga waktu selesai perbaikan tiap kerusakan komponen pulley. Data kerusakan komponen pulley ini diambil dari data historis departemen produksi PT Tiara Kurnia selama 3 tahun terakhir mulai tahun 2017 hingga tahun 2019.

Tabel 4.6
Data *Corrective Maintenance* Komponen Pulley

No	Tahun	Waktu Rusak		Waktu Mulai Perbaikan		Waktu Selesai Diperbaiki	
1	2019	30 Juli	14.00	30 Juli	14.00	27 Juli	13.15

Sumber: PT Tiara Kurnia

2. Perhitungan *Time to Failure* (TTF)

Berdasarkan data *corrective maintenance* maka dapat dihitung lama waktu dari waktu rusak hingga waktu selesai perbaikan. Waktu antara komponen rusak hingga komponen selesai diperbaiki merupakan waktu antar kerusakan atau *Time To Failure* (TTF). TTF dihitung untuk masing-masing komponen Mesin Granulator 02 di departemen produksi dari tahun 2017 hingga tahun 2019

Tabel 4.7 menjelaskan mengenai data *Time to Failure* komponen *Fanbelt* yang dihitung dari jarak waktu antara kerusakan pertama dengan kerusakan berikutnya.

Tabel 4.7
Data *Time to Failure* (TTF) Komponen *Fanbelt*

No	Tahun	Waktu Rusak		Waktu Selesai Perbaikan		TTF (jam)
1	2017	13 februari	13.00	16 feb	17.30	-
2		15 maret	17.15	20 maret	14.30	283.00
3	2018	11 april	14.45	17 april	13.15	218.75
4		26 juni	22.00	29 juni	21.00	660.75
5		12 september	8.45	15 september	20.45	722.25
6	2019	23 oktober	15.00	27 oktober	13.15	352.25
7		16 januari	9.30	22 januari	16.15	785.25

8	2019	13 juli	11.00	19 juli	16.00	1340.75
9		13 september	15.45	18 september	22.45	552.25
10		9 november	17.45	15 november	15.30	515.50
11		14 januari	19.00	18 januari	21.00	577.50
12		18 maret	10.15	22 maret	16.15	552.75
13		20 juni	10.00	27 juni	7.30	893.75
14		10 september	13.30	16 september	16.30	787.00
15	21 november	9.00	25 november	14.00	670.50	

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tabel 4.8 menjelaskan mengenai data *Time to Failure* komponen *Bearing* yaitu jarak waktu yang dihitung dari waktu antar kerusakan komponen *Bearing*.

Tabel 4.8
Data *Time to Failure* (TTF) Komponen *Bearing*

No	Tahun	Waktu Rusak	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (jam)
1	2017	23 februari	28 februari	12.30
2		22 juni	28 juni	10.00
3	2018	10 agustus	13 agustus	10.30
4		22 desember	28 desember	17.15
5	2018	2 april	9 april	9.45
6		25 juni	2 juli	19.45
7	2019	14 september	18 september	17.30
8		3 desember	10 desember	16.00
9	2019	15 april	19 april	9.00
10		5 agustus	9 agustus	9.45
11		8 Desember	12 Desember	10.00

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tabel 4.9 menjelaskan mengenai data *Time to Failure* komponen *Gearbox* yaitu jarak waktu yang dihitung dari waktu antar kerusakan komponen *Gearbox*.

Tabel 4.9
Data *Time to Failure* (TTF) Komponen *Gearbox*

No	Tahun	Waktu Rusak	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (jam)
1	2017	3 maret	8 maret	18.00
2		19 juli	25 juli	8.30
3		28 november	5 desember	19.30
4	2018	9 januari	15 januari	15.15
5		18 mei	24 mei	8.45
6		23 agustus	29 agustus	16.45
7		13 november	16 november	10.00
8	2019	25 januari	29 januari	14.45
9		2 mei	7 mei	16.45
10		10 juli	15 juli	15.30
11		19 Desember	22 Desember	10.30

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tabel 4.10 menjelaskan mengenai data *Time to Failure* komponen Motor Listrik yaitu jarak waktu yang dihitung dari waktu antar kerusakan komponen Motor Listrik.

Tabel 4.10
Data *Time to Failure* (TTF) Komponen Motor Listrik

No	Tahun	Waktu Rusak	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (jam)
1	2017	18 april	24 april	16.00
2		31 oktober	7 november	15.00

3	2018	10 april	10.45	13 april	21.45	1538.25
4		20 september	19.30	28 september	13.00	1578.75
5		23 desember	11.00	28 desember	22.00	840.00
6	2019	15 mei	16.30	21 mei	10.30	1357.50
7		20 Agustus	10.30	26 Agustus	17.45	1837.00

Sumber: PT Tiara Kurnia

Tabel 4.11 menjelaskan mengenai data *Time to Failure* komponen pulley yaitu jarak waktu yang dihitung dari waktu antar kerusakan komponen pulley.

Tabel 4.11

Data *Time to Failure* (TTF) Komponen Pulley

No	Tahun	Waktu Rusak		Waktu Selesai Perbaikan		TTF (jam)
1	2019	27 Juli	13.15	30 Juli	14.00	1714

Sumber: PT Tiara Kurnia

4.4 Pengolahan Data

Pada sub-bab ini akan dilakukan pengolahan data pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini. Mengidentifikasi *System Function* dan *Functional Failure* untuk mendeskripsikan fungsi komponen Mesin Granulator dan kegagalan yang mungkin dialami oleh komponen tersebut. Kemudian menyusun *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), pengujian distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR), menghitung interval perawatan, menghitung biaya perawatan yang optimal, dan menyusun RCM II Decision Worksheet.

4.4.1 Identifikasi System Function dan Functional Failure

Identifikasi *System Function* dan *Functional Failure* dilakukan untuk mengetahui fungsi komponen dari sistem yang diamati dan kegagalan yang mungkin terjadi pada komponen tersebut. *System Function* dan *Functional Failure* digunakan untuk penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). *System Function* dan *Functional Failure* didapatkan berdasarkan wawancara dengan pihak teknis dan observasi langsung. Berikut ini merupakan *system function* dan *functional failure* komponen dari Mesin Granulator, dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12

System Function dan *Functional Failure* Komponen Mesin Granulator 02

No	Komponen	<i>System Function</i>	<i>Functional Failure</i>
1	<i>Fanbelt</i>	Berfungsi untuk menghubungkan motor listrik dengan <i>gearbox</i> agar dapat menggerakkan pan	<i>Fanbelt</i> tidak dapat menggerakkan <i>gearbox</i>
2	<i>Bearing</i>	Berfungsi sebagai bantalan atau tumpuan untuk poros pan saat pan sedang berputar	<i>Bearing</i> tidak dapat menumpu poros pan dengan baik
3	<i>Gearbox</i>	Berfungsi sebagai penghubung	<i>Gearbox</i> tidak dapat menyalurkan energi

4	Motor Listrik	antara motor listrik dengan pan sekaligus mereduksi kecepatan motor listrik untuk memutar pan Berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik agar <i>gearbox</i> dapat berputar untuk menggerakkan pan	dari motor listrik untuk memutar pan Motor listrik tidak dapat menghasilkan energi untuk memutar pan
5	Pulley	Berfungsi untuk mentransmisikan daya perputaran dari <i>fanbelt</i>	Pulley aus sehingga <i>fanbelt</i> mengalami slip

4.4.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis kualitatif terhadap komponen Mesin Granulator yaitu *Fanbelt*, Bearing, *Gearbox*, Motor Listrik dan *pulley*. FMEA menggambarkan tingkat *Severity* (efek dari kegagalan), *Occurence* (tingkat keserangan terjadinya kerusakan), *Detection* (deteksi kerusakan) dan penentuan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Kategori-kategori penilaian tersebut didapatkan dari hasil observasi dan wawancara dengan teknisi di PT Tiara Kurnia. Berikut ini merupakan hasil analisis FMEA yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13

Failure Mode and Effect Analysis Komponen Mesin Granulator 02

No	Komponen	Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect
1	<i>Fanbelt</i>	<i>Fanbelt</i> tidak dapat menggerakkan <i>gearbox</i>	<i>Fanbelt</i> longgar atau putus	Menyebabkan <i>gearbox</i> tidak dapat berputar dan selanjutnya pan tidak dapat berputar
2	Bearing	Bearing tidak dapat menumpu poros pan dengan baik	Bearing aus atau retak	Menyebabkan putaran dari pan tidak stabil yang membuat suara atau vibrasi yang tinggi
3	<i>Gearbox</i>	<i>Gearbox</i> tidak dapat menyalurkan energi dari motor listrik untuk memutar pan	Roda gigi <i>Gearbox</i> aus atau patah	Menyebabkan pan tidak berputar
4	Motor Listrik	Motor listrik tidak dapat menghasilkan energi untuk memutar pan	Motor listrik mengalami konsleting	Menyebabkan pan tidak berputar
5	Pulley	Pulley aus sehingga <i>fanbelt</i> mengalami slip	Pulley mengalami <i>missalignment</i>	Menyebabkan pulley tidak dapat menggerakkan <i>fanbelt</i> dengan baik

4.4.2.1 Perhitungan Nilai Severity

Nilai *severity* adalah nilai yang digunakan untuk menunjukkan seberapa besar dampak yang diakibatkan oleh suatu kegagalan yang memengaruhi output proses. Penentuan nilai *severity* diperoleh dengan melakukan diskusi dengan bagian teknisi PT Tiara Kurnia

mengenai seberapa besar dampak yang ditimbulkan ketika terjadi kerusakan komponen.

Tabel 4.14 berikut ini merupakan nilai *severity* dari Mesin Granulator.

Tabel 4.14

Nilai *Severity* Komponen Mesin Granulator 02

No	Komponen	Keterangan	Severity (S)
1	<i>Fanbelt</i>	Kegagalan mempengaruhi 25% kerja sistem.	6
2	<i>Bearing</i>	Kegagalan mempengaruhi 25% kerja sistem.	6
3	<i>Gearbox</i>	Kegagalan mempengaruhi 50% kerja sistem.	7
4	Motor Listrik	Kegagalan mempengaruhi 50% kerja sistem.	7
5	Pulley	Kegagalan mempengaruhi sistem	4

Dari tabel 4.12 dapat dilihat dampak yang ditimbulkan dari *potential failure* komponen Mesin Granulator selama periode 2017-2019, dimana komponen *gearbox* dan motor listrik adalah komponen yang paling mempengaruhi kinerja sistem dan memberikan efek yang tinggi ketika terjadi kegagalan dibandingkan dengan komponen lainnya, oleh karena itu komponen *gearbox* dan motor listrik diberi nilai 7. Komponen *fanbelt* diberikan nilai 6 karena kegagalan dapat mempengaruhi kerja sistem dan memberi efek cukup tinggi. Sedangkan untuk komponen bearing diberikan nilai 5 karena kegagalan fungsi memberi efek sedang pada sistem dan komponen pulley diberikan nilai 4 karena kegagalan fungsi memberi akibat sangat rendah.

4.4.2.2 Perhitungan Nilai Occurrence

Nilai *occurrence* adalah nilai yang digunakan untuk menunjukkan frekuensi terjadinya kegagalan komponen. Penilaian *occurrence* diperoleh dengan melakukan diskusi dengan bagian teknisi PT Tiara Kurnia. Berikut merupakan nilai *occurrence* pada komponen Mesin Granulator yang terdapat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15

Nilai *Occurance* Komponen Mesin Granulator 02

No	Komponen	Frekuensi Kegagalan/Tahun	Occurance (O)
1	<i>Fanbelt</i>	5 kali/tahun	3
2	<i>Bearing</i>	4 kali/tahun	2
3	<i>Gearbox</i>	4 kali/tahun	2
4	Motor Listrik	2 kali/tahun	2
5	Pulley	<1 kali/tahun	1

Berdasarkan Tabel 4.13 diatas dapat diketahui bahwa frekuensi terjadinya kegagalan pada komponen *fanbelt* memiliki nilai *occurrence* sebesar 3. Hal ini disebabkan karena frekuensi kegagalan adalah antara 5 - 9 kali kegagalan per tahun. Kerusakan tersebut termasuk ke dalam kerusakan yang sangat sedikit. Komponen bearing, *gearbox* dan motor listrik diberikan nilai 2 dimana frekuensi terjadinya kegagalan berada pada range 1 - 4 kali

per tahun. Kerusakan tersebut termasuk ke dalam kerusakan yang sangat sedikit sekali. Komponen pulley memiliki nilai 1, dikarenakan kegagalan pada komponen pulley kurang dari 1 kali tiap tahunnya. Kerusakan tersebut termasuk ke dalam kerusakan yang hampir tidak pernah terjadi.

4.4.2.3 Perhitungan Nilai Detection

Nilai *detection* adalah nilai yang digunakan untuk menunjukkan kemampuan suatu sistem untuk mengendalikan atau mendeteksi kegagalan yang terjadi selama proses produksi. Penentuan nilai *detection* diperoleh berdasarkan diskusi dengan bagian teknisi PT Tiara Kurnia mengenai kemampuan sistem dalam mendeteksi adanya kerusakan pada suatu komponen. Tabel 4.16 berikut ini merupakan nilai *detection* dari Mesin Granulator.

Tabel 4.16
Nilai *Detection* Komponen Mesin Granulator 02

No	Komponen	Detection	Detection (D)
1	Fanbelt	Deteksi failure mode setelah kegagalan terjadi yang dilakukan oleh operator melalui visualisasi atau suara	8
2	Bearing	Deteksi failure mode setelah kegagalan terjadi yang dilakukan oleh operator melalui visualisasi atau suara	8
3	Gearbox	Deteksi failure mode setelah kegagalan terjadi yang dilakukan oleh operator melalui visualisasi atau suara	8
4	Motor Listrik	Tidak ada proses control terhadap failure mode/ kegagalan, tidak bisa mendeteksi kegagalan atau kegagalan tidak dianalisis	10
5	Pulley	Deteksi failure mode pada stasiun kerja dilakukan oleh operator melalui visualisasi/ suara atau setelah proses kegagalan melalui penggunaan atribut pengukuran (gauging) (pemeriksaan torsi manual menggunakan kunci inggris)	7

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat diketahui bahwa kerusakan fungsi komponen motor listrik memiliki nilai *detection* yang tertinggi, yaitu sebesar 8. Hal tersebut Nilai tersebut diberikan karena perawatan *preventive* memiliki sedikit kemungkinan untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan yang terjadi pada komponen motor listrik. Komponen *bearing* diberikan nilai 5 karena kemungkinan cukup untuk mendeteksi mode kegagalan. Untuk komponen *gearbox* diberi nilai 7 karena deteksi kegagalan sangat rendah untuk diketahui. Komponen *fanbelt* diberikan nilai 6 karena kemungkinan rendah untuk mendeteksi mode kegagalan. Sedangkan komponen yang paling mudah untuk diketahui mode kegagalannya adalah komponen *pulley* dengan nilai *detection* sebesar 4.

4.4.2.4 Perhitungan Nilai Risk Priority Number (RPN)

Setelah mendapatkan 3 kriteria penilaian yaitu nilai *severity* (S), *occurrence* (O) dan *detection* (D) dari setiap jenis kerusakan yang terjadi pada komponen Mesin Granulator, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN menunjukkan tingkat prioritas komponen yang dianggap beresiko dan petunjuk ke arah tindakan perbaikan yang akan dilakukan. Tabel 4.17 berikut ini merupakan hasil perhitungan nilai RPN pada masing-masing komponen Mesin Granulator.

Tabel 4.17
Nilai RPN Komponen Mesin Granulator 02

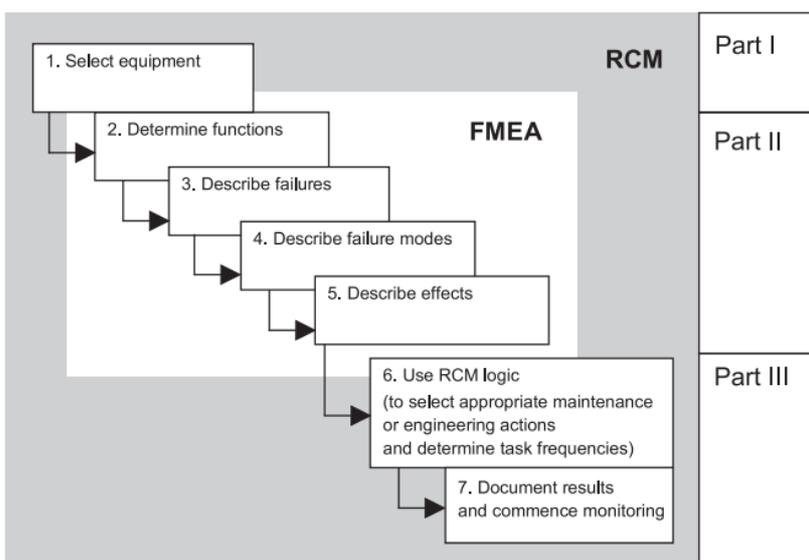
No	Komponen	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Fanbelt	Fanbelt longgar atau putus	Menyebabkan <i>gearbox</i> tidak dapat berputar dan selanjutnya pan tidak dapat berputar	6	3	8	144
2	Bearing	Bearing aus atau retak	Menyebabkan putaran dari pan tidak stabil yang membuat suara atau vibrasi yang tinggi	6	2	8	96
3	Gearbox	Roda gigi <i>Gearbox</i> aus atau patah	Menyebabkan pan tidak berputar	7	2	8	112
4	Motor Listrik	Motor listrik mengalami konsleting	Menyebabkan pan tidak berputar	7	2	10	140
5	Pulley	Pulley mengalami <i>missalignment</i>	Menyebabkan pulley tidak dapat menggerakkan <i>fanbelt</i> dengan baik	4	1	7	28

Dari Tabel 4.17 diatas dapat diketahui nilai RPN dari setiap komponen Mesin Granulator yang mengalami kegagalan. Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai RPN komponen *fanbelt*.

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Severity (S)} \times \text{Occurance (O)} \times \text{Detection (D)} \\ &= 6 \times 3 \times 8 \\ &= 144 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 4.17 dapat bahwa nilai RPN dari setiap komponen pada Mesin Granulator. Nilai RPN tertinggi menunjukkan bahwa komponen tersebut adalah komponen yang perlu diprioritaskan dalam hal perawatan. Komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah komponen *fanbelt* dengan nilai RPN sebesar 144, komponen motor listrik dengan nilai sebesar 140, komponen *gearbox* dengan nilai sebesar 112 dan komponen

bearing dengan nilai sebesar 96 dan *pulley* sebesar 28. Hasil tersebut menggambarkan bahwa komponen *fanbelt*, komponen *gearbox*, komponen motor listrik, dan komponen *bearing* adalah komponen yang paling membutuhkan prioritas untuk dilakukan perbaikan dibandingkan dengan komponen lain. Berdasarkan diskusi dengan perusahaan mengenai hasil RPN tersebut maka penelitian ini berfokus pada 4 komponen utama Mesin Granulator 02 yang mengalami kegagalan. Komponen *pulley* tidak terpilih karena nilai RPN paling rendah selain itu dari *severity* dapat dilihat bahwa sangat sedikit kegagalan *pulley* mempengaruhi sistem, kemudian dari *occurrence* kegagalan *pulley* terjadi kurang dari 1 kali pertahun dan dari *detection* kegagalan *pulley* rendah untuk dideteksi sehingga kegagalan *pulley* tidak menjadi prioritas dalam perawatan.



Gambar 4.4 Proses Pembuatan *Reliability Centered Maintenance* II

Pada gambar 4.4 menunjukkan hubungan antara FMEA dan RCM II dimana dapat diketahui bahwa analisa FMEA merupakan input untuk analisa RCM II. Hasil dari Identifikasi *system function* dan *functional failure* serta FMEA yaitu berupa *failure mode*, *failure effect* dan RPN merupakan proses kedua dalam RCM II setelah dilakukan penentuan pemilihan Mesin Granulator 02 untuk dianalisis. *Output* dari FMEA yaitu nilai RPN yang menunjukkan prioritas perawatan beserta dengan *failure mode* dan *failure effect* yang ditimbulkan. Prioritas perawatan berfokus pada 4 komponen utama yaitu komponen *fanbelt*, *bearing*, *gearbox* dan motor listrik. Dengan mengetahui *failure mode* dan *failure effect* yang telah diidentifikasi menggunakan FMEA maka selanjutnya *output* tersebut dianalisis menggunakan RCM II untuk mengetahui strategi perawatan terpilih sesuai dengan *failure mode* dan *failure effect*.

4.4.3 Reliability Centered Maintenance (RCM) II Information Worksheet

Setelah melakukan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan perhitungan nilai RPN, langkah selanjutnya yaitu penyusunan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Information Worksheet*. Pada Tabel 4.18 berikut ini merupakan RCM II *information worksheet* dari komponen Mesin Granulator.

Tabel 4.18
RCM II *Information Worksheet*

RCM II <i>Information Worksheet</i>		Sistem : Pembentukan Granul							
		Sub Sistem : Mesin Granulator 02							
No	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Fanbelt	Berfungsi untuk menghubungkan motor listrik dengan <i>gearbox</i> agar dapat menggerakkan pan	Fanbelt tidak dapat menggerakkan <i>gearbox</i>	Fanbelt longgar atau putus	Menyebabkan <i>gearbox</i> tidak dapat berputar dan selanjutnya pan tidak dapat berputar	6	3	6	108
2	Bearing	Berfungsi sebagai bantalan atau tumpuan untuk poros pan saat pan sedang berputar	Bearing tidak dapat menumpu poros pan dengan baik	Bearing aus atau retak	Menyebabkan putaran dari pan tidak stabil yang membuat suara atau vibrasi yang tinggi	6	2	6	72
3	Gearbox	Berfungsi untuk mereduksi kecepatan motor listrik untuk memutar Mesin Granulator dan sebagai penghubung antara motor listrik dengan pan	Gearbox tidak dapat menyalurkan energi dari motor listrik untuk memutar pan	Roda gigi <i>Gearbox</i> aus atau patah	Menyebabkan pan tidak berputar	7	2	7	98
4	Motor Listrik	Berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik agar <i>gearbox</i> dapat berputar untuk menggerakkan pan	Motor listrik tidak dapat menghasilkan energi untuk memutar pan	Motor listrik mengalami konsleting	Menyebabkan pan tidak berputar	7	2	8	112

4.4.4 Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-rata Waktu Kegagalan & Perbaikan

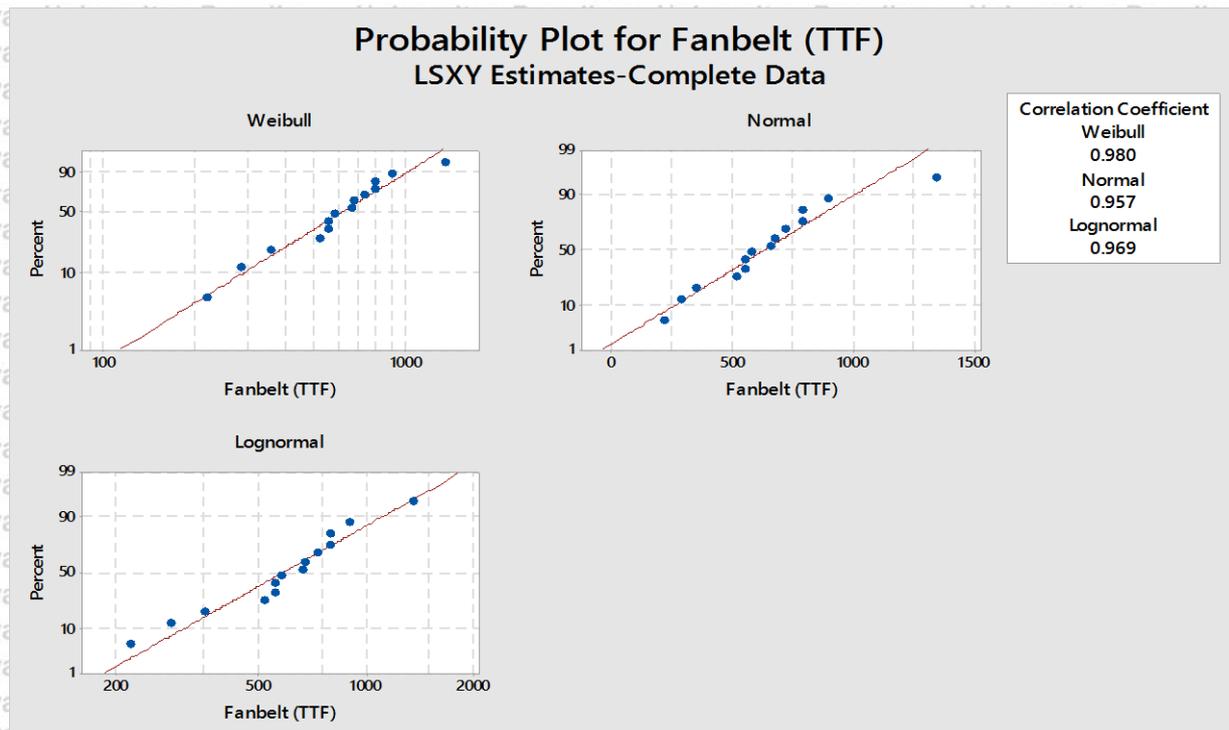
Pengolahan data kuantitatif yaitu menentukan pola distribusi dari data *Time to Failure* (TTF) dan data waktu perbaikan atau *Time to Repair* (TTR) dari komponen Mesin Granulator 02, selanjutnya akan dilakukan pengolahan. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan pola distribusi dari data TTF dan TTR dengan melakukan pendugaan pada data-data tersebut berdasarkan karakteristik dari macam-macam jenis distribusi. Distribusi yang sering digunakan untuk menggambarkan pola kerusakan suatu mesin atau komponen adalah distribusi Weibull, Normal dan Lognormal. Pada penelitian ini, pendugaan akan dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18. Data-data tersebut akan mengikuti pola salah satu dari tiga jenis distribusi yang paling sering digunakan untuk menggambarkan pola atau model kerusakan. Setelah diketahui jenis distribusi dan parameter dari data TTF dan TTR, maka dilakukan perenghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dari data *Time to Failure* dan *Mean Time to Repair* (MTTR) dari data *Time to Repair* untuk setiap komponen pada Mesin Granulator 02.

4.4.4.1 Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-rata Waktu Kegagalan & Perbaikan Komponen Fanbelt

Penentuan distribusi data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) serta perhitungan rata-rata waktu kegagalan atau *Mean Time to Failure* (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan atau *Mean Time to Repair* (MTTR) komponen *fanbelt* adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Distribusi *Time to Failure* (TTF)

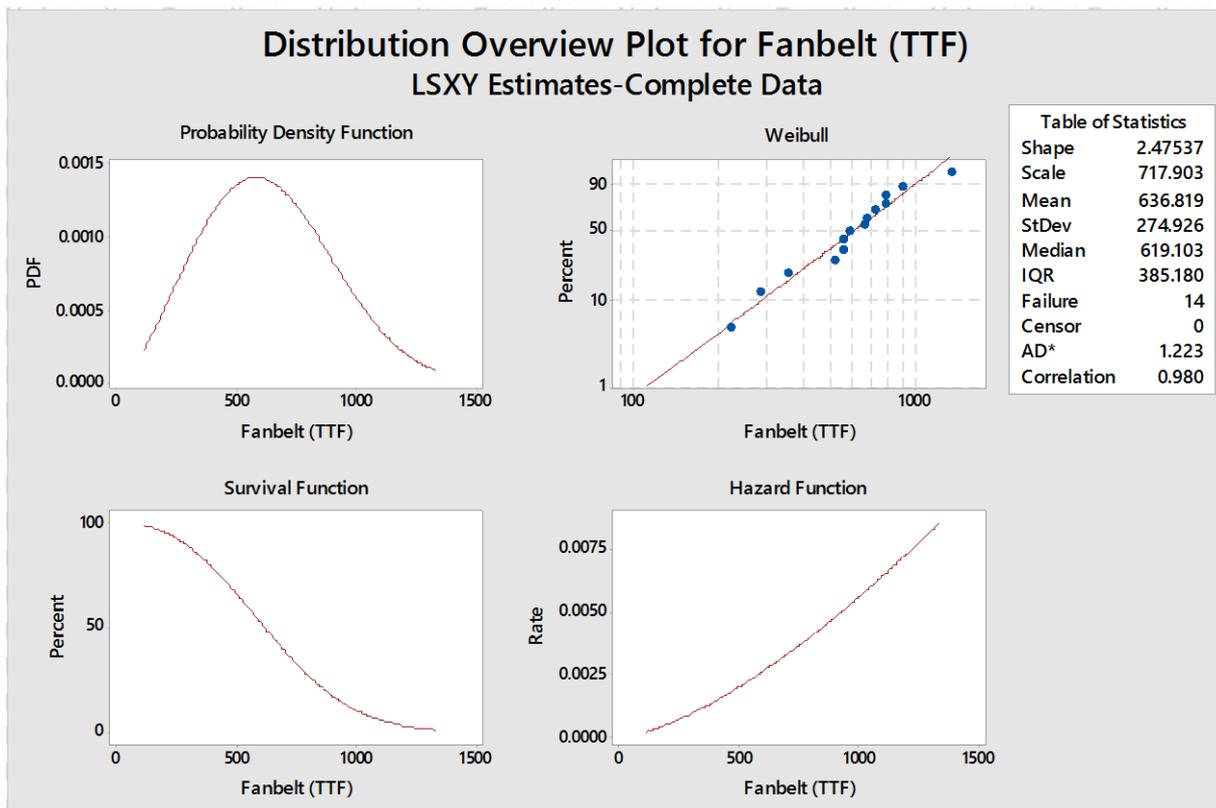
Penentuan jenis distribusi *Time to Failure* (TTF) dari komponen *fanbelt* dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18. Langkah-langkah untuk melakukan pengujian distribusi pada Minitab 18 pertama dengan memasukkan TTF komponen *fanbelt* pada worksheet software Minitab 18, kemudian mengolah data tersebut dengan klik Stat – Reliability/Survival – Distributin Analysis (Right Correcting) – Distribution ID Plot. Lalu langkah selanjutnya, Select Data yang telah dimasukkan ke dalam kolom Variables. Kemudian klik Specify dan pilih distribusi weibull, normal dan lognormal, lalu klik OK. Gambar 4.5 berikut ini merupakan hasil pengujian distribusi data TTF komponen *fanbelt*.



Gambar 4.5 Hasil pengujian distribusi data TTF komponen *fanbelt*

Dari Gambar 4.5 yaitu hasil pengujian distribusi data TTF komponen *fanbelt* dengan menggunakan software Minitab 18, dapat diketahui nilai correlation coefficient dari setiap distribusi. Distribusi weibull memiliki nilai sebesar 0,980, distribusi normal sebesar 0,957 dan distribusi lognormal sebesar 0,969. Dari hasil distribusi tersebut, maka dipilih nilai correlation coefficient yang memiliki nilai yang paling besar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0,980 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTF dari komponen *fanbelt* berdistribusi weibull.

Setelah mengetahui jenis distribusi dari data TTF komponen *fanbelt*, selanjutnya dilakukan penentuan parameter dengan masih menggunakan software Minitab 18. Langkah yang dilakukan untuk mengetahui nilai parameter dari komponen *fanbelt*, pertama dengan klik Stat – Reliability/Survival – Distributin Analysis (Right Correcting) – Distribution Overview Plot. Lalu langkah selanjutnya, Select Data yang telah dimasukkan ke dalam kolom Variables. Kemudian klik Parametric Analysis dan pilih distribusi terpilih untuk setiap data TTF, lalu klik OK. Gambar 4.6 berikut ini menunjukkan hasil nilai parameter dari data TTF komponen *fanbelt*.



Gambar 4.6 Nilai parameter data TTF komponen *fanbelt*

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui nilai parameter dari data TTF komponen *fanbelt* dengan menggunakan software Minitab 18. Hasil tersebut menunjukkan nilai parameter β (shape) sebesar 2,47 dan nilai parameter θ (scale) sebesar 717,90. Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan pada *Mean Time to Failure* (MTTF).

2. Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF)

Setelah mengetahui jenis distribusi dan parameter dari data *Time to Failure* (TTF), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF). Data TTF dari komponen *fanbelt* berdistribusi weibull, maka rumus yang digunakan untuk menghitung MTTF komponen *fanbelt* adalah menggunakan rumus (2-12). Dengan menggunakan rumus tersebut maka diperlukan penentuan nilai menggunakan tabel fungsi gamma yang dapat dilihat pada lampiran 1. Tabel fungsi gamma digunakan untuk perhitungan MTTF pada masing-masing komponen. Berikut ini merupakan perhitungan MTTF untuk komponen *fanbelt*.

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \theta \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\ &= 717,90 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{2.47}\right) \end{aligned}$$

$$= 717,90 \times \Gamma(1,4048583)$$

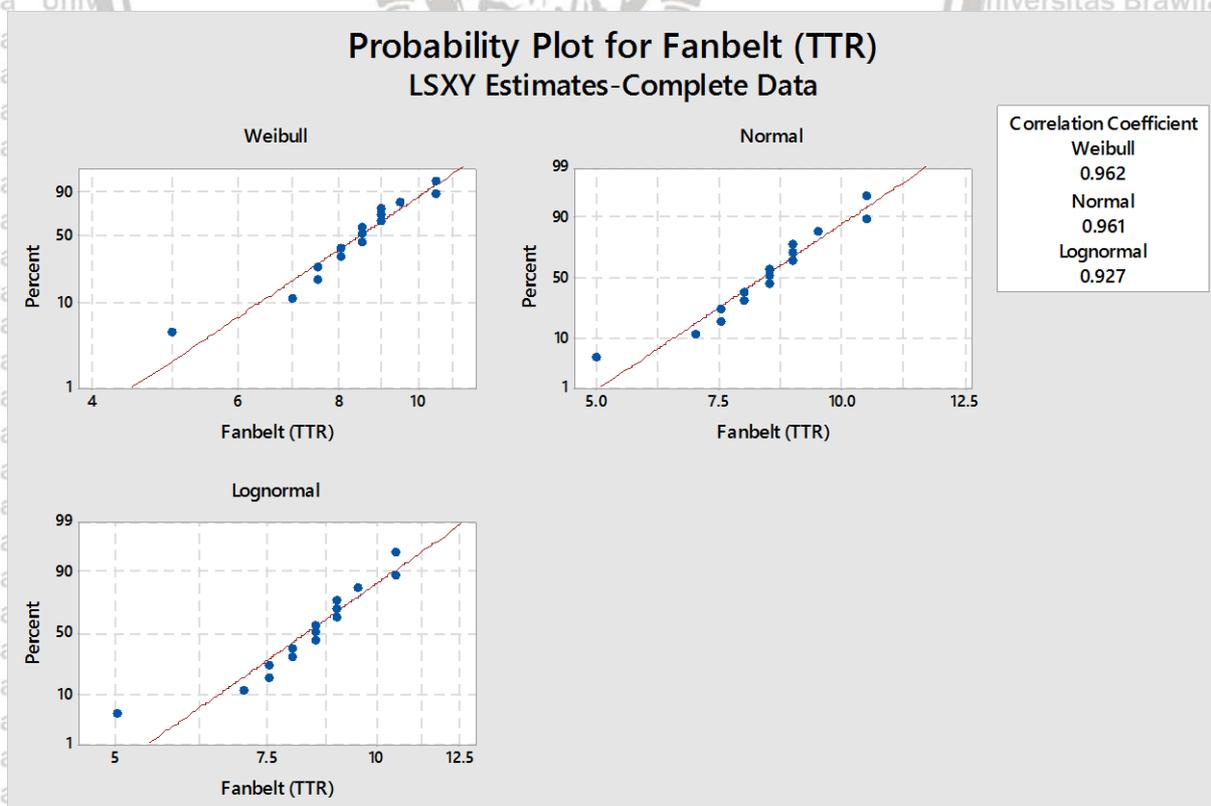
$$= 717,90 \times 0,88726 \text{ (diperoleh dari tabel fungsi gamma)}$$

$$= 636,96 \text{ jam}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil dengan nilai MTTF komponen *fanbelt* sebesar 636,96 jam.

3. Penentuan Distribusi *Time to Repair* (TTR)

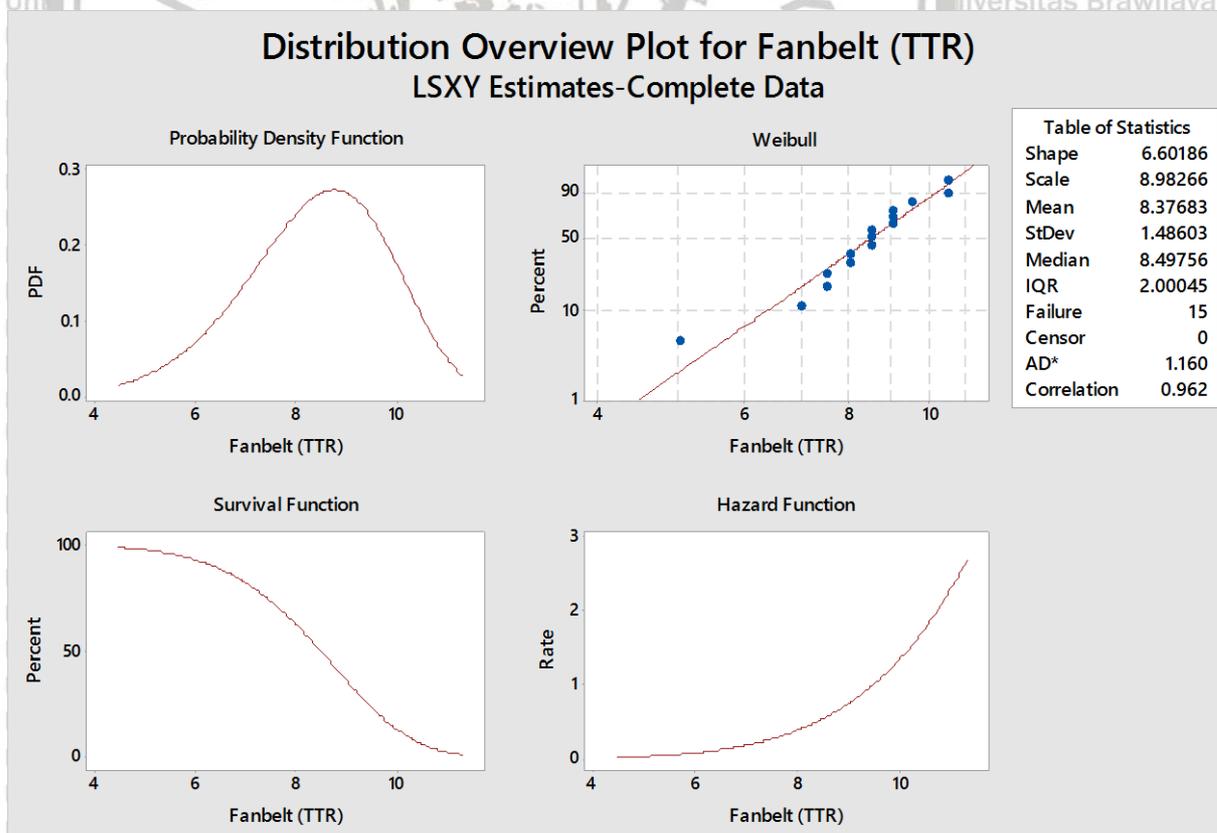
Penentuan jenis distribusi *Time to Repair* (TTR) dari komponen *fanbelt* dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18. Langkah-langkah untuk melakukan pengujian distribusi pada Minitab 18 pertama dengan memasukkan TTR dari komponen *fanbelt* pada worksheet software Minitab 18, kemudian mengolah data tersebut dengan klik Stat – Reliability/Survival – Distributin Analysis (Right Correcting) – Distribution ID Plot. Lalu langkah selanjutnya, Select Data yang telah dimasukkan ke dalam kolom Variables. Kemudian klik Specify dan pilih distribusi weibull, normal dan lognormal, lalu klik OK. Setelah melakukan langkah-langkah tersebut, maka akan didapatkan hasil pengujian distribusi pada TTR komponen *fanbelt*. Gambar 4.7 berikut ini merupakan hasil pengujian distribusi data TTR komponen *fanbelt*.



Gambar 4.7 Hasil pengujian distribusi data TTR komponen *fanbelt*

Dari Gambar 4.7 yaitu hasil pengujian distribusi data TTR komponen *fanbelt* dengan menggunakan software Minitab 18, dapat diketahui nilai correlation coefficient dari setiap distribusi. Distribusi weibull memiliki nilai sebesar 0,962, distribusi normal sebesar 0,961 dan distribusi lognormal sebesar 0,927. Dari hasil distribusi tersebut, maka dipilih nilai correlation coefficient yang memiliki nilai yang paling besar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0,962 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTR dari komponen *fanbelt* berdistribusi weibull.

Setelah mengetahui jenis distribusi dari data TTR komponen *fanbelt*, selanjutnya dilakukan penentuan parameter dengan masih menggunakan software Minitab 18. Langkah yang dilakukan untuk mengetahui nilai parameter dari komponen *fanbelt* pertama dengan klik Stat – Reliability/Survival – Distributin Analysis (Right Correcting) – Distribution Overview Plot. Lalu langkah selanjutnya, Select Data yang telah dimasukkan ke dalam kolom Variables. Kemudian klik Parametric Analysis dan pilih distribusi terpilih untuk setiap data TTR, lalu klik OK. Gambar 4.8 berikut ini menunjukkan hasil nilai parameter dari data TTR komponen *fanbelt*.



Gambar 4.8 Nilai parameter data TTR komponen *fanbelt*

Dari Gambar 4.8 dapat diketahui nilai parameter dari data TTR komponen *fanbelt* dengan menggunakan software Minitab 18. Hasil tersebut menunjukkan nilai parameter β (shape) sebesar 6,602 dan nilai parameter θ (scale) sebesar 8,983. Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan pada Mean Time to Repair (MTTR)..

4. Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR)

Setelah mengetahui jenis distribusi dan parameter dari data *Time to Repair* (TTR), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time to Repair* (MTTR). Data TTR dari komponen *fanbelt* berdistribusi weibull, maka rumus yang digunakan untuk menghitung MTTR komponen *fanbelt* adalah menggunakan rumus (2-12). Berikut ini merupakan perhitungan MTTR untuk komponen *fanbelt*.

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \theta \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\ &= 8,983 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{6,602}\right) \\ &= 8,983 \times \Gamma(1,152) \\ &= 8,983 \times 0,932 \text{ (diperoleh dari tabel fungsi gamma)} \\ &= 8,372 \text{ jam} \end{aligned}$$

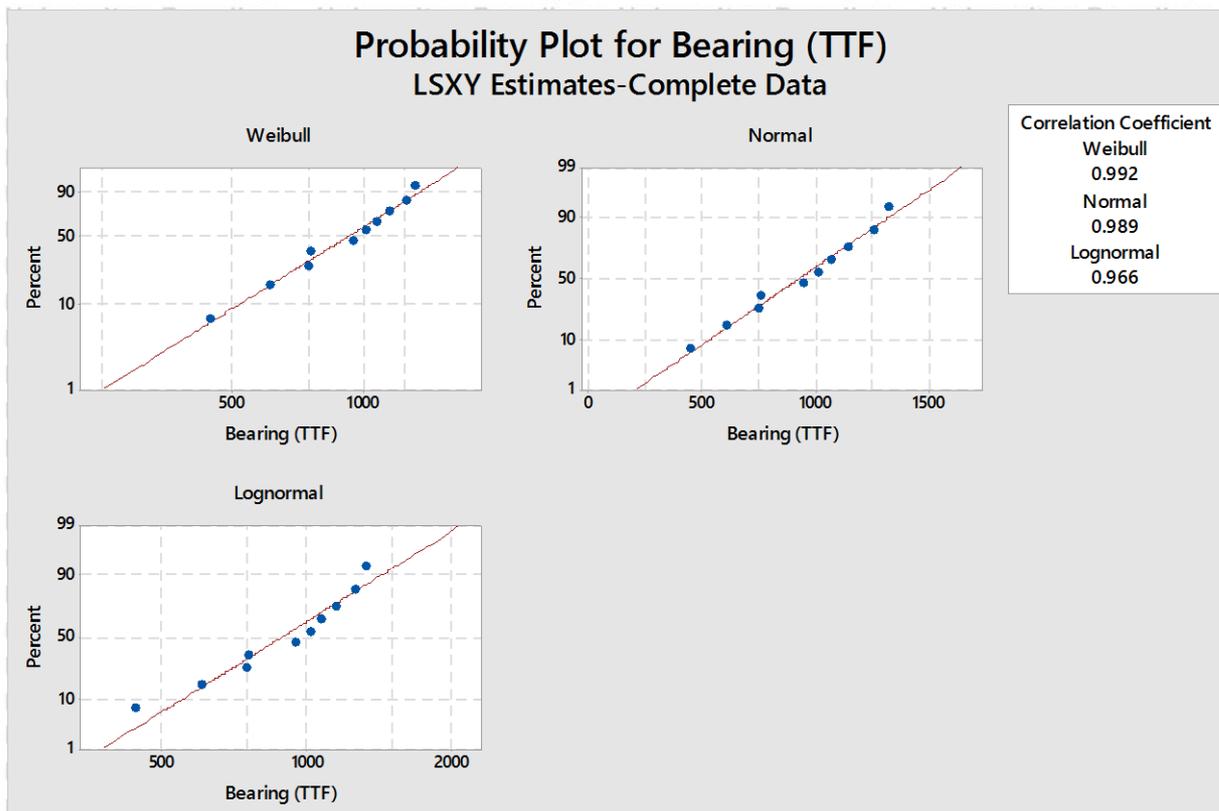
Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil dengan nilai MTTR komponen *fanbelt* sebesar 8,372 jam.

4.4.4.2 Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-Rata Waktu Kegagalan & Perbaikan Komponen Bearing

Penentuan distribusi data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) serta perhitungan rata-rata waktu kegagalan atau *Mean Time to Failure* (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan atau *Mean Time to Repair* (MTTR) komponen *bearing* adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Distribusi *Time to Failure* (TTF)

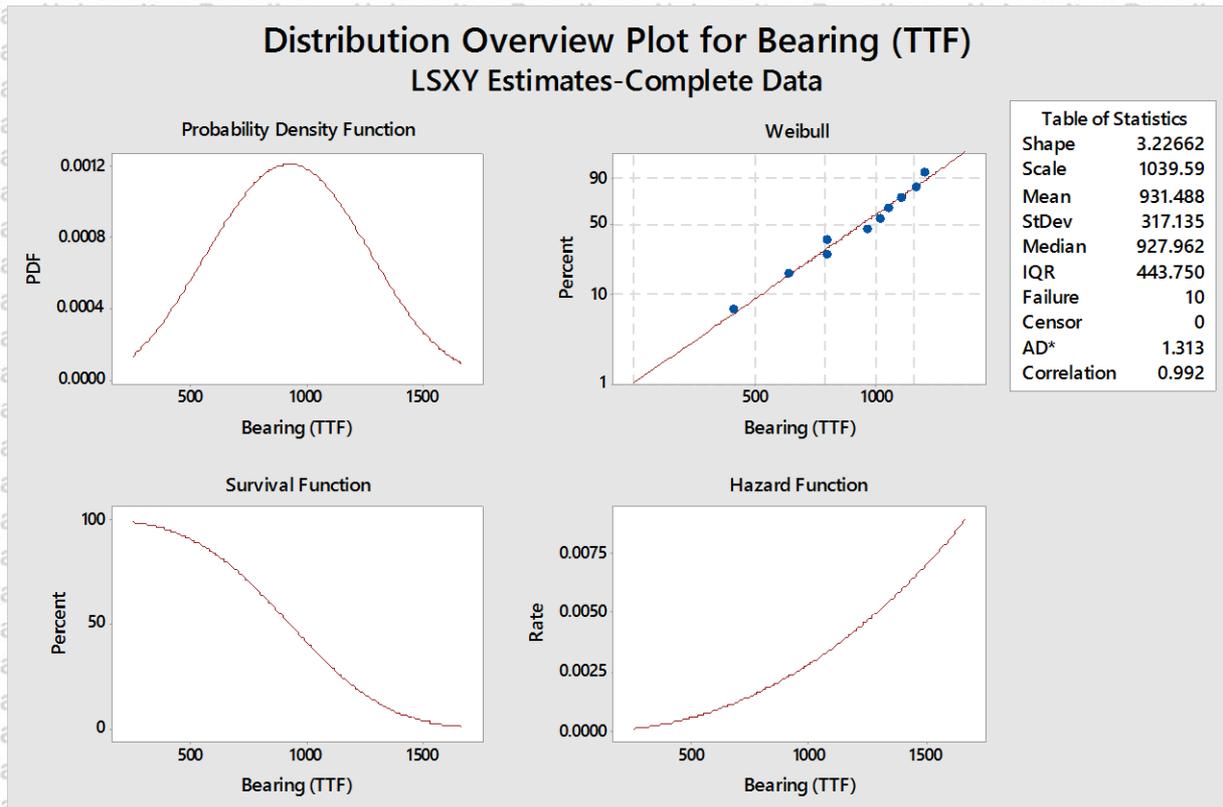
Penentuan jenis distribusi *Time to Failure* (TTF) dari komponen *bearing* dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18 dengan memilih jenis distribusi yaitu weibull, normal dan lognormal. Gambar 4.9 berikut ini merupakan hasil pengujian distribusi TTF komponen *bearing*.



Gambar 4.9 Hasil pengujian distribusi data TTF komponen *bearing*

Dari Gambar 4.9 yaitu hasil pengujian distribusi data TTF komponen *bearing* dengan menggunakan software Minitab 18, dapat diketahui nilai correlation coefficient dari setiap distribusi. Distribusi weibull memiliki nilai sebesar 0,992, distribusi normal sebesar 0,989 dan distribusi lognormal sebesar 0,966. Dari hasil distribusi tersebut, maka dipilih nilai correlation coefficient yang memiliki nilai yang paling besar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0,992 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTF dari komponen *fanbelt* berdistribusi weibull.

Setelah mengetahui jenis distribusi dari data TTF komponen *bearing*, selanjutnya dilakukan penentuan parameter dengan masih menggunakan software Minitab 18 yaitu dengan melalui penentuan parametrik analisis pada setiap distribusi terpilih. Gambar 4.10 berikut ini menunjukkan hasil nilai parameter dari data TTF komponen *bearing*.



Gambar 4.10 Nilai parameter data TTF komponen bearing

Dari Gambar 4.10 dapat diketahui nilai parameter dari data TTF komponen bearing dengan menggunakan software Minitab 18. Hasil tersebut menunjukkan nilai parameter β (shape) sebesar 3,226 dan nilai parameter θ (scale) sebesar 1.039,59. Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan pada *Mean Time to Failure* (MTTF).

2. Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF)

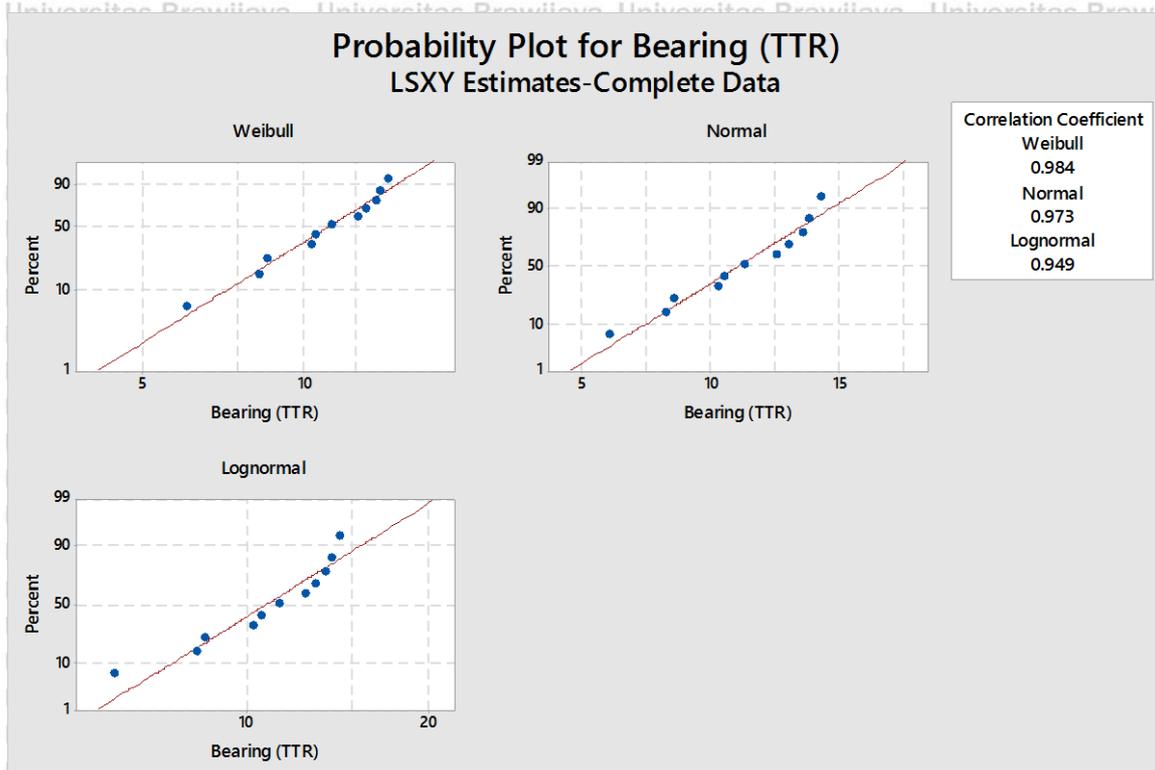
Setelah mengetahui jenis distribusi dan parameter dari data *Time to Failure* (TTF), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF). Data TTF dari komponen bearing berdistribusi weibull, maka rumus yang digunakan untuk menghitung MTTF komponen bearing adalah menggunakan rumus (2-12). Berikut ini merupakan perhitungan MTTF untuk komponen bearing.

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \theta \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\
 &= 1.039,59 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{3,226}\right) \\
 &= 1.039,59 \times \Gamma(1,309) \\
 &= 1.039,59 \times 0,89747 \text{ (diperoleh dari tabel fungsi gamma)} \\
 &= 933,0 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil dengan nilai MTTF komponen *bearing* sebesar 933,0 jam.

3. Penentuan Distribusi *Time to Repair* (TTR)

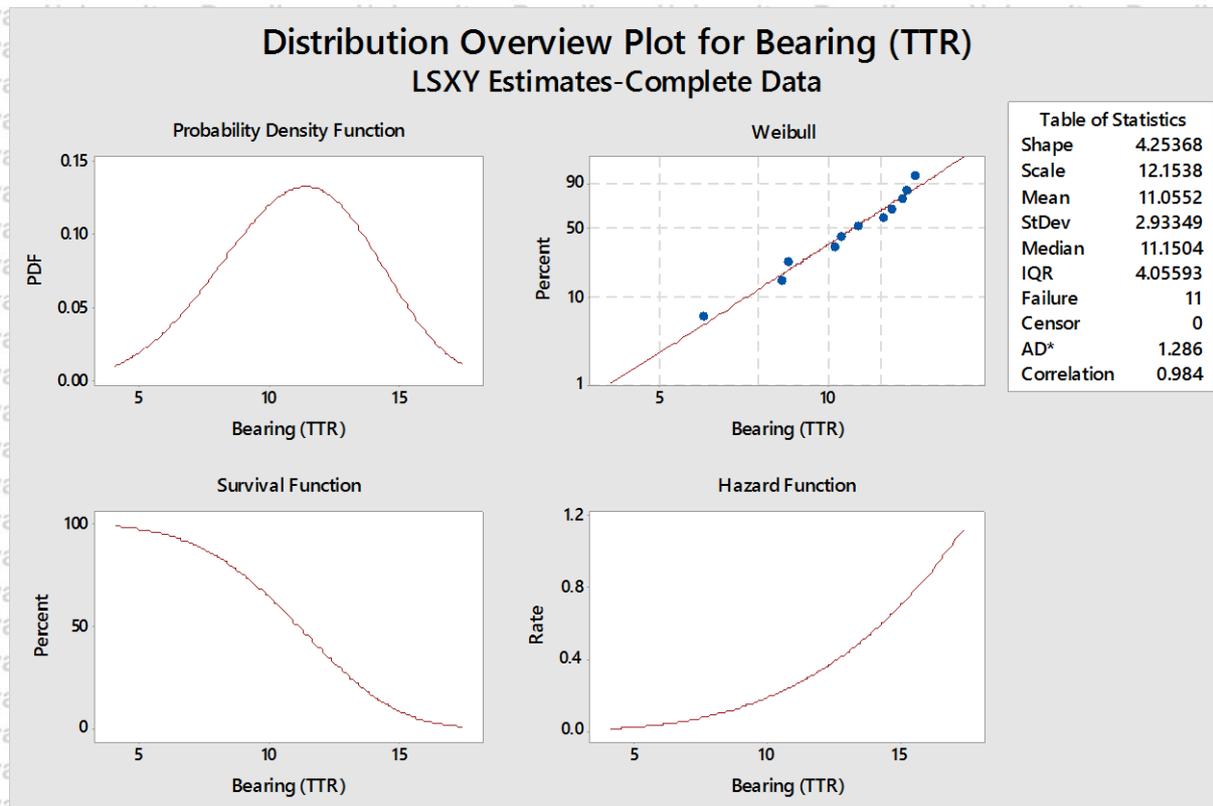
Penentuan jenis distribusi *Time to Repair* (TTR) dari komponen *bearing* dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18 dengan memilih jenis distribusi yaitu weibull, normal dan lognormal. Gambar 4.11 berikut ini merupakan hasil pengujian distribusi TTR komponen *bearing*.



Gambar 4.11 Hasil pengujian distribusi data TTR komponen *bearing*

Dari Gambar 4.11 yaitu hasil pengujian distribusi data TTR komponen *bearing* dengan menggunakan software Minitab 18, dapat diketahui nilai correlation coefficient dari setiap distribusi. Distribusi weibull memiliki nilai sebesar 0,984, distribusi normal sebesar 0,973 dan distribusi lognormal sebesar 0,949. Dari hasil distribusi tersebut, maka dipilih nilai correlation coefficient yang memiliki nilai yang paling besar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0,984 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTR dari komponen *bearing* berdistribusi weibull. Setelah mengetahui jenis distribusi dari data TTR komponen *fanbelt*, selanjutnya dilakukan penentuan parameter dengan masih menggunakan software Minitab 18 yaitu dengan melalui penentuan parametrik analisis pada setiap distribusi

terpilih. Gambar 4.12 berikut ini menunjukkan hasil nilai parameter dari data TTF komponen *bearing*.



Gambar 4.12 Nilai parameter data TTR komponen *bearing*

Dari Gambar 4.12 dapat diketahui nilai parameter dari data TTR komponen *bearing* dengan menggunakan software Minitab 18. Hasil tersebut menunjukkan nilai parameter β (shape) sebesar 4,254 dan nilai parameter θ (scale) sebesar 12,154. Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan pada Mean Time to Repair (MTTR).

4. Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Setelah mengetahui jenis distribusi dan parameter dari data *Time to Repair* (TTR), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time to Repair* (MTTR). Data TTR dari komponen *bearing* berdistribusi weibull, maka rumus yang digunakan untuk menghitung MTTR komponen *bearing* adalah menggunakan rumus (2-12). Berikut ini merupakan perhitungan MTTR untuk komponen *bearing*.

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \theta \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\
 &= 12,154 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{4,254}\right) \\
 &= 12,154 \times \Gamma(1,235)
 \end{aligned}$$

$$= 12,154 \times 0,910 \text{ (diperoleh dari tabel fungsi gamma)}$$

$$= 11,060 \text{ jam}$$

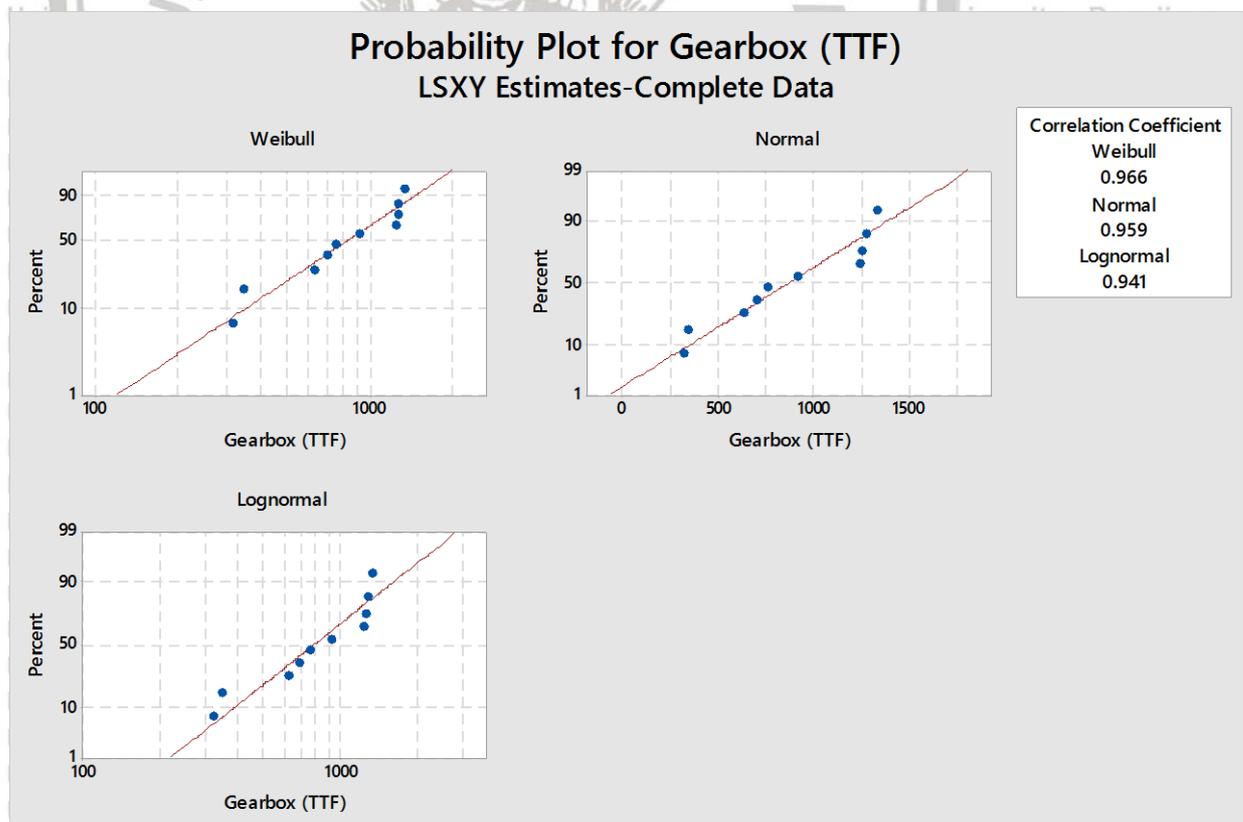
Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil dengan nilai MTTR komponen *bearing* sebesar 11,060 jam.

4.4.4.3 Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-Rata Waktu Kegagalan & Perbaikan Komponen Gearbox

Penentuan distribusi data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) serta perhitungan rata-rata waktu kegagalan atau *Mean Time to Failure* (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan atau *Mean Time to Repair* (MTTR) komponen *gearbox* adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Distribusi *Time to Failure* (TTF)

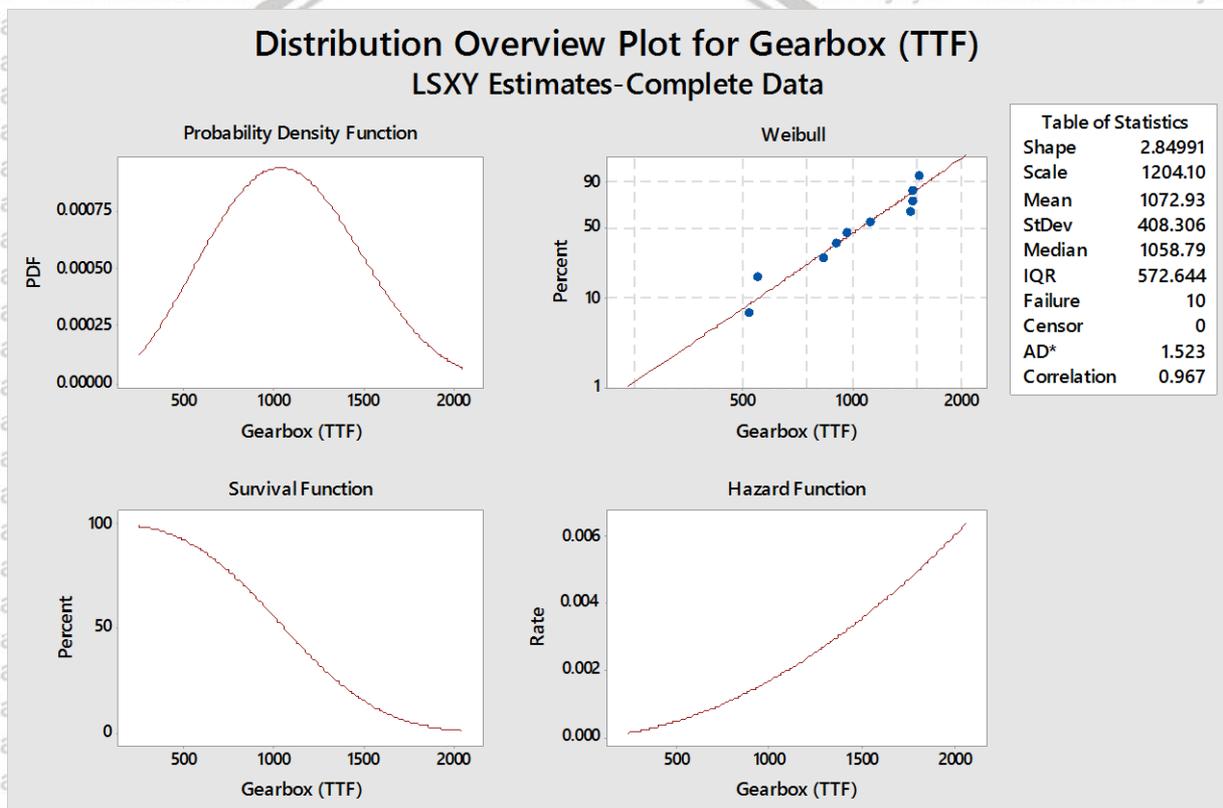
Penentuan jenis distribusi *Time to Failure* (TTF) dari komponen *gearbox* dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18 dengan memilih jenis distribusi yaitu weibull, normal dan lognormal. Gambar 4.13 berikut ini merupakan hasil pengujian distribusi TTF komponen *gearbox*.



Gambar 4.13 Hasil pengujian distribusi data TTF komponen *gearbox*

Dari Gambar 4.13 yaitu hasil pengujian distribusi data TTF komponen *gearbox* dengan menggunakan software Minitab 18, dapat diketahui nilai correlation coefficient dari setiap distribusi. Distribusi weibull memiliki nilai sebesar 0,966, distribusi normal sebesar 0,959 dan distribusi lognormal sebesar 0,941. Dari hasil distribusi tersebut, maka dipilih nilai correlation coefficient yang memiliki nilai yang paling besar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0,966 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTF dari komponen *gearbox* berdistribusi weibull.

Setelah mengetahui jenis distribusi dari data TTF komponen *gearbox*, selanjutnya dilakukan penentuan parameter dengan masih menggunakan software Minitab 18 yaitu dengan melalui penentuan parametrik analisis pada setiap distribusi terpilih. Gambar 4.14 berikut ini menunjukkan hasil nilai parameter dari data TTF komponen *gearbox*.



Gambar 4.14 Nilai parameter data TTF komponen *gearbox*

Dari Gambar 4.14 dapat diketahui nilai parameter dari data TTF komponen *gearbox* dengan menggunakan software Minitab 18. Hasil tersebut menunjukkan nilai parameter β (shape) sebesar 2,84 dan nilai parameter θ (scale) sebesar 1.204,10. Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan pada *Mean Time to Failure* (MTTF).

2. Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF)

Setelah mengetahui jenis distribusi dan parameter dari data *Time to Failure* (TTF), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF). Data TTF dari komponen *gearbox* berdistribusi weibull, maka rumus yang digunakan untuk menghitung MTTF komponen *gearbox* adalah menggunakan rumus (2-12). Berikut ini merupakan perhitungan MTTF untuk komponen *gearbox*.

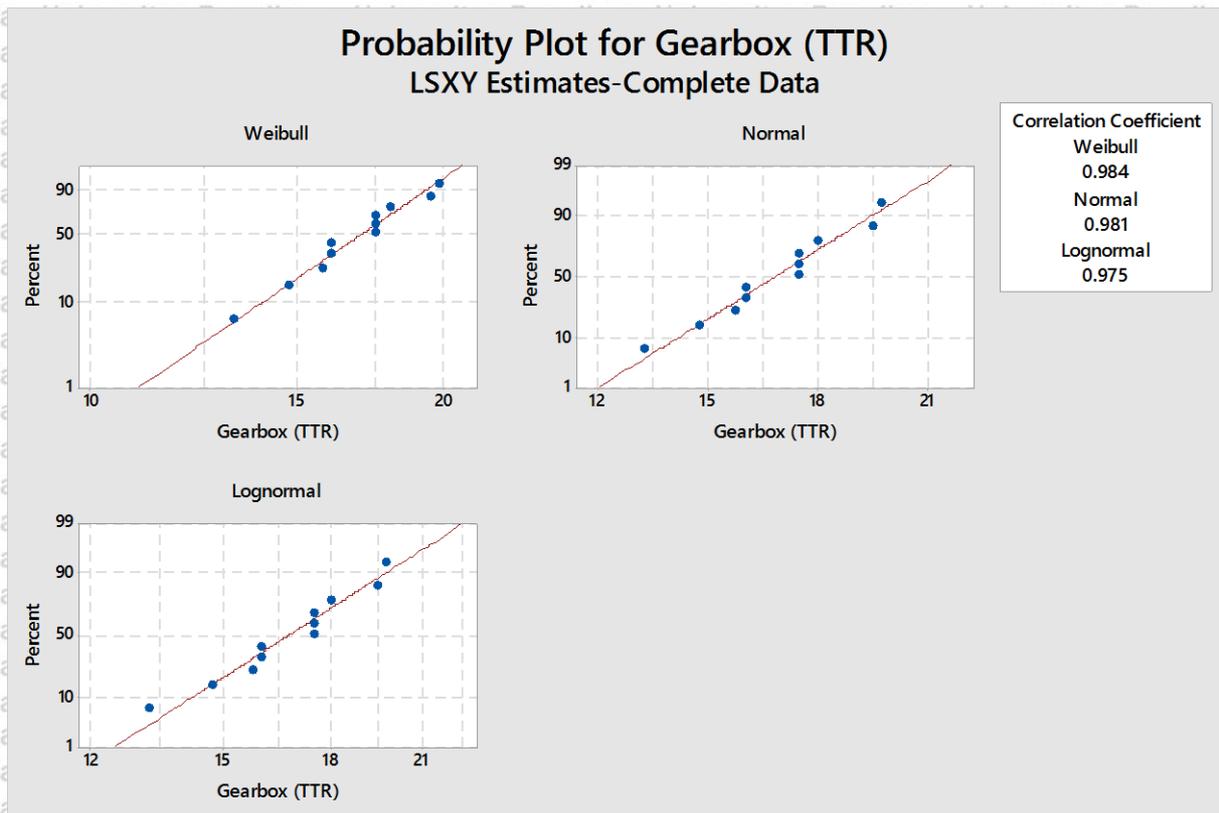
$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \theta \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\ &= 1.204,10 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{2,84}\right) \\ &= 1.204,10 \times \Gamma(1,352) \\ &= 1.204,10 \times 0.89115 \text{ (diperoleh dari tabel fungsi gamma)} \\ &= 1.073,03 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil dengan nilai MTTF komponen *gearbox* sebesar 1.073,03 jam.

3. Penentuan Distribusi Time to Repair (TTR)

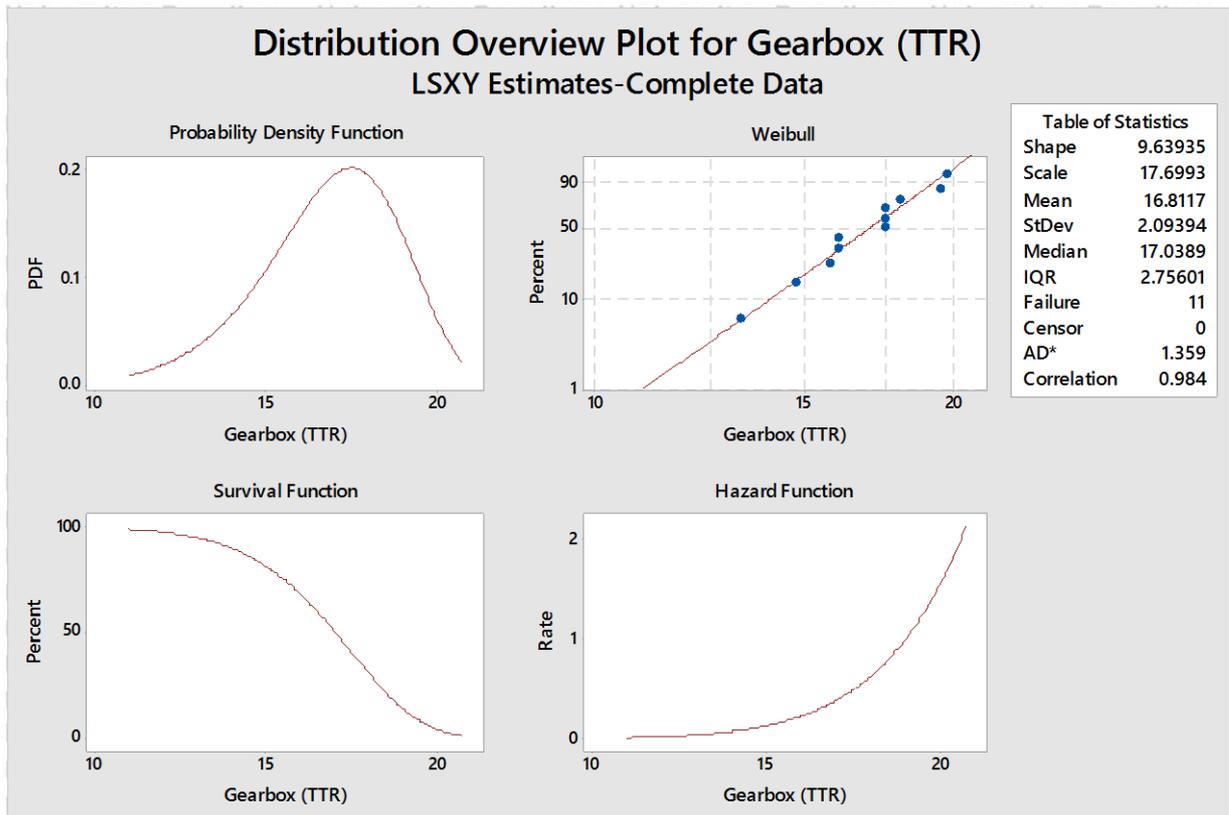
Penentuan jenis distribusi *Time to Repair* (TTR) dari komponen *gearbox* dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18 dengan memilih jenis distribusi yaitu weibull, normal dan lognormal. Gambar 4.15 berikut ini merupakan hasil pengujian distribusi TTR komponen *gearbox*.





Gambar 4.15 Hasil pengujian distribusi data TTR komponen *gearbox*

Dari Gambar 4.15 yaitu hasil pengujian distribusi data TTR komponen *gearbox* dengan menggunakan software Minitab 18, dapat diketahui nilai correlation coefficient dari setiap distribusi. Distribusi weibull memiliki nilai sebesar 0,981, distribusi normal sebesar 0,984 dan distribusi lognormal sebesar 0,975. Dari hasil distribusi tersebut, maka dipilih nilai correlation coefficient yang memiliki nilai yang paling besar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0,984 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTR dari komponen *gearbox* berdistribusi weibull. Setelah mengetahui jenis distribusi dari data TTF komponen *gearbox*, selanjutnya dilakukan penentuan parameter dengan masih menggunakan software Minitab 18 yaitu dengan melalui penentuan parametrik analisis pada setiap distribusi terpilih. Gambar 4.16 berikut ini menunjukkan hasil nilai parameter dari data TTF komponen *gearbox*.



Gambar 4.16 Nilai parameter data TTR komponen *gearbox*

Dari Gambar 4.16 dapat diketahui nilai parameter dari data TTR komponen *gearbox* dengan menggunakan software Minitab 18. Hasil tersebut menunjukkan nilai parameter β (shape) sebesar 9.639 dan nilai parameter θ (scale) sebesar 17,699. Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan pada *Mean Time to Repair* (MTTR).

4. Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Setelah mengetahui jenis distribusi dan parameter dari data *Time to Repair* (TTR), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time to Repair* (MTTR). Data TTR dari komponen *gearbox* berdistribusi weibull, maka rumus yang digunakan untuk menghitung MTTR komponen *gearbox* adalah menggunakan rumus (2-12). Berikut ini merupakan perhitungan MTTR untuk komponen *gearbox*.

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \theta \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\
 &= 17,699 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{9,639}\right) \\
 &= 17,699 \times \Gamma(1,104) \\
 &= 17,699 \times 0,950 \text{ (diperoleh dari tabel fungsi gamma)} \\
 &= 16,814 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

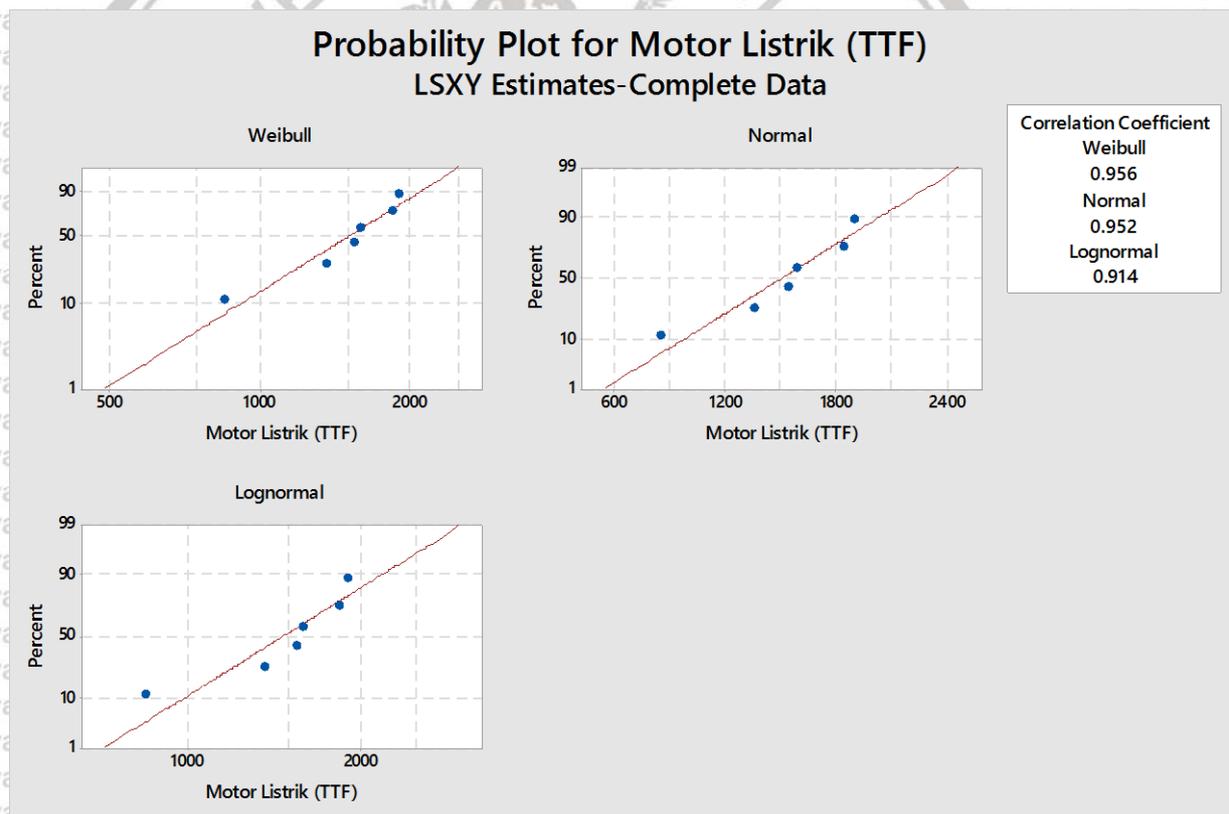
Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil dengan nilai MTTR komponen *gearbox* sebesar 16,814 jam.

4.4.4.4 Penentuan Distribusi dan Perhitungan Rata-Rata Waktu Kegagalan & Perbaikan Komponen Motor Listrik

Penentuan distribusi data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) serta perhitungan rata-rata waktu kegagalan atau *Mean Time to Failure* (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan atau *Mean Time to Repair* (MTTR) komponen Motor Listrik adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Distribusi *Time to Failure* (TTF)

Penentuan jenis distribusi *Time to Failure* (TTF) dari komponen Motor Listrik dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18 dengan memilih jenis distribusi yaitu weibull, normal dan lognormal. Gambar 4.17 berikut ini merupakan hasil pengujian distribusi TTF komponen Motor Listrik.

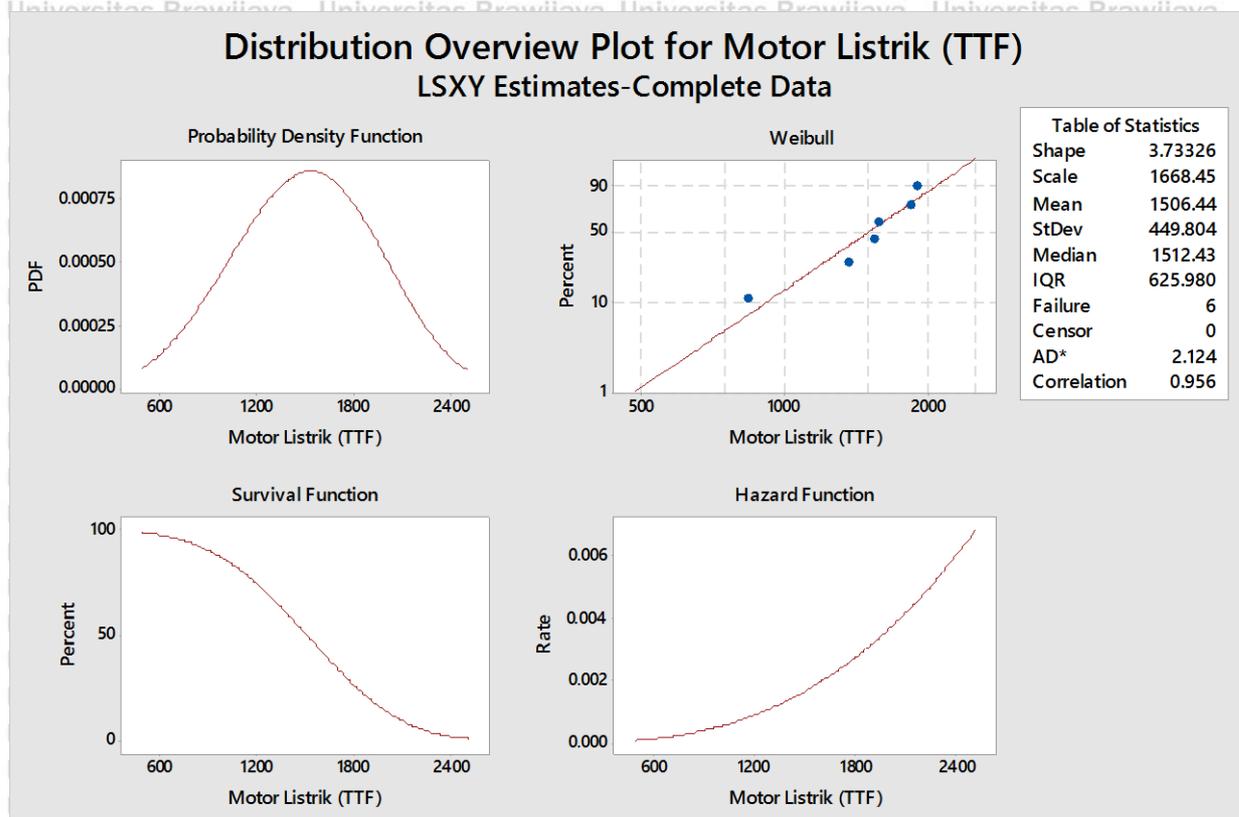


Gambar 4.17 Hasil pengujian distribusi data TTF komponen Motor Listrik

Dari Gambar 4.17 yaitu hasil pengujian distribusi data TTF komponen Motor Listrik dengan menggunakan software Minitab 18, dapat diketahui nilai correlation coefficient dari setiap distribusi. Distribusi weibull memiliki nilai sebesar 0,956, distribusi

normal sebesar 0,952 dan distribusi lognormal sebesar 0,914. Dari hasil distribusi tersebut, maka dipilih nilai correlation coefficient yang memiliki nilai yang paling besar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0,956 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTF dari komponen Motor Listrik berdistribusi weibull.

Setelah mengetahui jenis distribusi dari data TTF komponen Motor Listrik, selanjutnya dilakukan penentuan parameter dengan masih menggunakan software Minitab 18 yaitu dengan melalui penentuan parametrik analisis pada setiap distribusi terpilih. Gambar 4.18 berikut ini menunjukkan hasil nilai parameter dari data TTF komponen Motor Listrik.



Gambar 4.18 Nilai parameter data TTF komponen Motor Listrik

Dari Gambar 4.18 dapat diketahui nilai parameter dari data TTF komponen Motor Listrik dengan menggunakan software Minitab 18. Hasil tersebut menunjukkan nilai parameter β (shape) sebesar 3,73 dan nilai parameter θ (scale) sebesar 1668,45. Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan pada *Mean Time to Failure* (MTTF).

2. Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF)

Setelah mengetahui jenis distribusi dan parameter dari data *Time to Failure* (TTF), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF). Data TTF

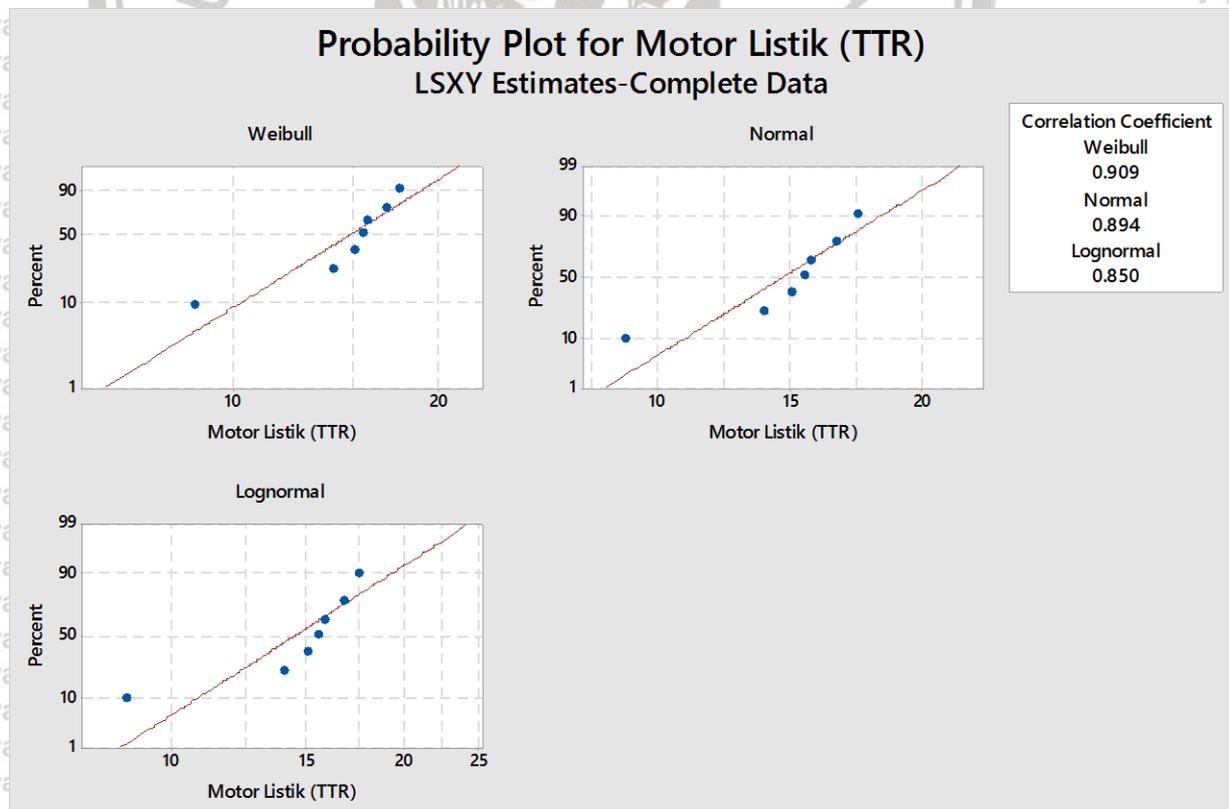
dari komponen Motor Listrik berdistribusi weibull, maka rumus yang digunakan untuk menghitung MTTF komponen Motor Listrik adalah menggunakan rumus (2-12). Berikut ini merupakan perhitungan MTTF untuk komponen Motor Listrik.

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \theta \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\
 &= 1.668,45 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{3,73}\right) \\
 &= 1.668,45 \times \Gamma(1,2681) \\
 &= 1.668,45 \times 0,9044 \text{ (diperoleh dari tabel fungsi gamma)} \\
 &= 1.508,94 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil dengan nilai MTTF komponen Motor Listrik sebesar 1.508,94 jam.

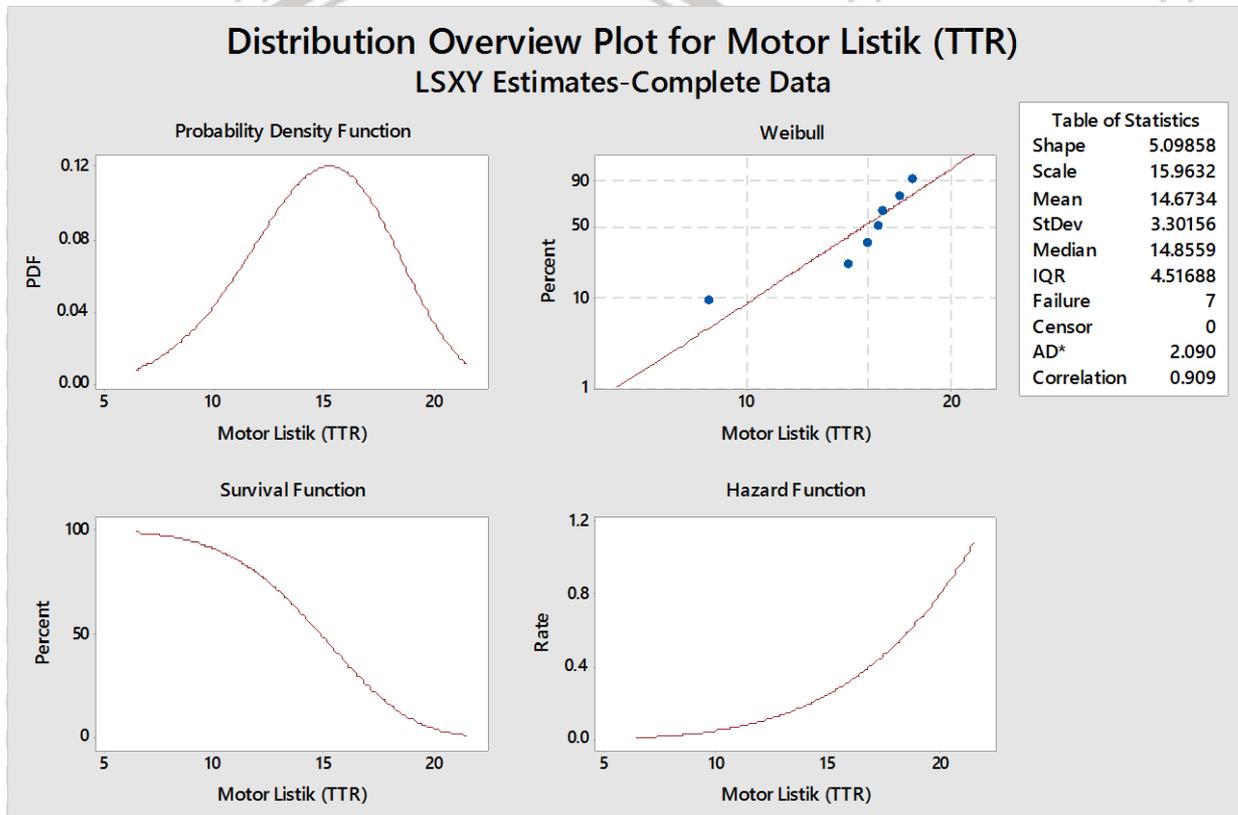
3. Penentuan Distribusi *Time to Repair* (TTR)

Penentuan jenis distribusi *Time to Repair* (TTR) dari komponen Motor Listrik dilakukan dengan menggunakan software Minitab 18 dengan memilih jenis distribusi yaitu weibull, normal dan lognormal. Gambar 4.19 berikut ini merupakan hasil pengujian distribusi TTR komponen Motor Listrik.



Gambar 4.19 Hasil pengujian distribusi data TTR komponen Motor Listrik

Dari Gambar 4.19 yaitu hasil pengujian distribusi data TTR komponen Motor Listrik dengan menggunakan software Minitab 18, dapat diketahui nilai correlation coefficient dari setiap distribusi. Distribusi weibull memiliki nilai sebesar 0,909, distribusi normal sebesar 0,894 dan distribusi lognormal sebesar 0,850. Dari hasil distribusi tersebut, maka dipilih nilai correlation coefficient yang memiliki nilai yang paling besar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0,909 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTR dari komponen Motor Listrik berdistribusi weibull. Setelah mengetahui jenis distribusi dari data TTF komponen *Motor Listrik*, selanjutnya dilakukan penentuan parameter dengan masih menggunakan software Minitab 18 yaitu dengan melalui penentuan parametrik analisis pada setiap distribusi terpilih. Gambar 4.20 berikut ini menunjukkan hasil nilai parameter dari data TTF komponen Motor Listrik.



Gambar 4.20 Nilai parameter data TTR komponen Motor Listrik

Berdasarkan Gambar 4.20 dapat diketahui nilai parameter dari data TTR komponen Motor Listrik dengan menggunakan software Minitab 18. Hasil tersebut menunjukkan nilai parameter β (shape) sebesar 5,099 dan nilai parameter θ (scale) sebesar 15,963. Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan pada *Mean Time to Repair* (MTTR)

4. Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Setelah mengetahui jenis distribusi dan parameter dari data *Time to Repair* (TTR), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time to Repair* (MTTR). Data TTR dari komponen Motor Listrik berdistribusi weibull, maka rumus yang digunakan untuk menghitung MTTR komponen Motor Listrik adalah menggunakan rumus (2-12). Berikut ini merupakan perhitungan MTTR untuk komponen Motor Listrik.

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \theta \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\ &= 15,963 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{5,099}\right) \\ &= 15,963 \times \Gamma(1,196) \\ &= 14,670 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil dengan nilai MTTR komponen Motor Listrik sebesar 14,670 jam.

4.5 Reliability Centered Maintenance (RCM) II *Decision Worksheet*

Setelah mengetahui kegagalan fungsi dari setiap komponen Mesin Granulator 02, selanjutnya disusun *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *decision worksheet*. *Decision worksheet* bertujuan untuk menentukan proposed task atau task yang dilakukan sebagai tindakan preventive pada setiap *failure mode*. Pada RCM II *decision worksheet*, terdapat beberapa kolom seperti *information worksheet*, *consequence evaluation*, *default action*, *proposed task*, *initial interval*, dan *an be done by*. Informasi pada kolom *information worksheet* didapatkan dari RCM II *information worksheet* yang berisi item, failure (F), function failure (FF), dan failure mode (FM). Kemudian, kolom *consequence evaluation* memberikan informasi mengenai konsekuensi yang dialami akibat kegagalan fungsi dari setiap komponen yang dibagi menjadi lima jenis yaitu, *hidden failure*, *safety effect*, *environmental effect*, *operational effect*, dan *non operational effect* dan didapatkan berdasarkan hasil diskusi dengan teknisi dan kepala bagian mekanik PT Tiara Kurnia. Kolom selanjutnya yaitu, H1, H2, H3, dan lain-lain memberi informasi mengenai proactive task yang terpilih. Jika jawaban *Yes*, maka diisi dengan “Y”, jika tidak maka kolom akan diisi dengan *No* (N). Lalu, pemilihan *proposed task* dilakukan sesuai dengan pertimbangan kondisi dan jenis kegagalan yang terjadi pada mesin. Tabel 4.19 menunjukkan hasil pemilihan *proposed task* pada setiap failure mode komponen Mesin Granulator 02

Tabel 4.19
RCM II *Decision Worksheet* Untuk Menentukan *Proposed Task*

<i>Unit/Item</i>		<i>Consequence Evaluation</i>											<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>
<i>Item/Komponen</i>		<i>Information Reference</i>														
N ^o	<i>Item</i>	F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4		
		O1	O2	O3	N1	N2	N3									
1	<i>Fanbelt</i>	I	A	I	Y	N	N	Y	N	N	Y				<i>Discard Task</i>	
2	<i>Bearing</i>	I	A	I	Y	N	N	Y	Y						<i>Scheduled on-condition task</i>	
3	<i>Gearbox</i>	I	A	I	Y	N	N	Y	Y						<i>Scheduled on-condition task</i>	
4	<i>Motor Listrik</i>	I	A	I	Y	N	N	Y	N	Y					<i>Scheduled restration task</i>	

4.6 Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)

Setelah mengetahui strategi perawatan preventive berdasarkan RCM II *decision worksheet* untuk masing masing komponen mesin maka selanjutnya adalah mengidentifikasi proses perawatan dengan menggunakan Metode *Maintenance Value Stream Map* (MVSM). Hal ini bertujuan untuk mengetahui waktu proses perawatan preventive dengan mempertimbangkan strategi terpilih. Waktu proses kegiatan preventive akan digunakan untuk menghitung interval waktu perawatan dimana perhitungan interval waktu perawatan dihitung dengan mempertimbangkan total biaya perawatan strategi terpilih

Metode MVSM digunakan untuk memetakan aliran proses serta informasi dalam aktivitas *maintenance* untuk sebuah mesin. Pada metode MVSM ini, *output* yang didapat adalah jumlah waktu yang digolongkan sebagai waktu yang bernilai tambah atau *value added* (VA) dan yang tidak bernilai tambah atau *non value added* (NVA) dalam sebuah aktifitas perawatan mesin serta efisiensi perawatan. Berdasarkan *map* yang dibuat, dapat ditemukan hal-hal yang berupa *waste* di setiap aliran proses.

MVSM dapat menggambarkan seluruh proses *Maintenance* pada komponen Mesin Granulator 02 dengan lengkap dan sistematis, dalam hal ini keseluruhan aktivitas perawatan pada suatu komponen mesin tersebut. Perusahaan dapat menerapkan metode MVSM, karena metode MVSM dapat memvisualisasikan suatu sistem yang menjelaskan aliran material dan informasi sehingga dapat menghasilkan suatu gambaran umum sebuah proses perbaikan komponen mesin yang mudah dipahami. Selain itu juga dapat memudahkan untuk mengambil keputusan dalam mengeliminasi kegiatan-kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added activities*). Proses perawatan yang efektif

yaitu dimana dalam proses tersebut terdapat sedikit atau bahkan tidak ada aktifitas yang tidak bernilai tambah (*Non Value Added*), dimana akan berdampak pada waktu perawatan yang lebih cepat dan waktu mesin berhenti pada saat perawatan (*Breakdown Maintenance*) menjadi lebih singkat sehingga proses produksi akan lebih efisien.

Komponen Mesin Granulator 02 sering mengalami kerusakan yang ditunjukkan pada tabel 4.20 berikut

Tabel 4.20
Data Frekuensi Kerusakan Komponen Mesin Granulator 02

No	Komponen Mesin	Tahun			Total
		2017	2018	2019	
1	Fanbelt	6	4	5	15
2	Bearing	4	4	3	11
3	Gearbox	3	4	4	11
4	Motor Listrik	2	3	2	7
5	Pulley	0	0	1	1
Total					45

Berdasarkan data frekuensi kerusakan tersebut dapat diketahui bahwa komponen Mesin Granulator 02 sering mengalami kerusakan. Maka dari itu setelah mengetahui strategi perawatan komponendari hasil *Reliability Centered Mmainenance (RCM) II* maka dilakukan penyusunan *Maintenance Values Stream Mapping (MVSM)* dengan tujuan agar dapat mengetahui proses perawatan pada kondisi saat sebelum adanya strategi perawatan *preventive* dan proses perawatan setelah adanya strategi perwatan *preventive*. Setelah itu dilakukan penyusunan perbaikan proses perawatan menyesuaikan dengan strategi perawatan yang terpilih sesuai dengan hasil RCM II *decision worksheet*.

Sebelum menggambarkan value stream mapping perlu mendefinisikan lingkup kegiatan. Dalam penelitian ini value stream mapping digunakan dalam lingkup kegiatan perawatan Mesin Granulator 02 sehingga dilakukan pendefinisian lingkup kegiatan perawatan. SIPOC diagram merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi seluruh elemen yang berkaitan dengan proyek. Diagram ini membantu menguraikan proyek yang kompleks. Diagram SIPOC kegiatan perawatan *Corrective Maintenance* dapat dilihat pada gambar 4.21 berikut.



Gambar 4.21 Diagram SIPOC Kegiatan Perawatan Corrective Maintenance

Supplier pada kegiatan perawatan yaitu *supplier sparepart* dari komponen yang mengalami kerusakan. *Sparepart* digunakan untuk mengganti komponen yang rusak.

Selanjutnya untuk input kegiatan perawatan yaitu adanya komponen yang mengalami kegagalan atau komponen tidak dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Proses kegiatan perawatan yaitu Identifikasi kegagalan, Persiapan perbaikan dan melakukan perbaikan kegagalan tersebut. Output dari kegiatan perawatan adalah komponen dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Customer dari kegiatan perawatan yaitu lantai produksi yang menggunakan Mesin Granulator 02.

Kegiatan perawatan komponen mesin merupakan tugas dan tanggung jawab dari divisi maintenance. Pada PT Tiara Kurnia kegiatan perawatan mesin menjadi tugas divisi maintenance sejak terjadi kegagalan pada suatu komponen. Dengan dibantu oleh operator untuk melakukan deteksi kegagalan selanjutnya laporan deteksi kegagalan tersebut akan ditindaklanjuti oleh divisi maintenance. Pada kegiatan *corrective maintenance*, apabila terjadi kegagalan pada komponen maka mesin akan langsung *shut down* atau dimatikan. Selanjutnya seluruh kegiatan yang terkait dengan usaha untuk memperbaiki komponen yang rusak merupakan tanggung jawab dari divisi maintenance. Termasuk kegiatan yang dilakukan oleh teknisi dalam upaya melakukan perbaikan.

Langkah penyusunan *Maintenance Values Stream Mapping* (MVSM) yaitu mengumpulkan data aktivitas perawatan pada kondisi saat ini (*current*) yaitu perusahaan melakukan perawatan *corrective maintenance* untuk masing-masing komponen penyusun Mesin Granulator 02, selanjutnya melakukan penggambaran *current state map* dan perhitungan efisiensi perawatan pada kondisi *current state*.

4.6.1 Data Aktivitas Perawatan Corective Maintenance

Kegiatan perawatan *corrective* komponen Mesin Granulator 02 di PT Tiara Kurnia dimulai dari komponen mengalami kerusakan hingga komponen selesai diperbaiki. Pada data aktivitas perawatan *corrective* terdapat durasi kegiatan perawatan yang didapatkan

dari hasil observasi. Tabel 4.21 menunjukkan rincian kegiatan perawatan komponen *fanbelt* disertai dengan durasi kegiatan

Tabel 4.21
Aktivitas Perawatan *Corrective Maintenance* Komponen *Fanbelt*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)
1	Komponen mengalami kerusakan	-
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	20
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintenance	1260
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2175
5	Identifikasi masalah	50
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45
7	Mengalokasikan sumberdaya	15
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	2400
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25
10	Melakukan perbaikan	60
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10
12	Pekerjaan perawatan selesai	0

Pada tabel 4.22 menunjukkan rincian kegiatan perawatan komponen *bearing* disertai dengan durasi kegiatan

Tabel 4.22
Aktivitas Perawatan *Corrective Maintenance* Komponen *Bearing*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)
1	Komponen mengalami kerusakan	-
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	35
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintenance	1005
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2280
5	Identifikasi masalah	15
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45
7	Mengalokasikan sumberdaya	5
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	2175
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25
10	Melakukan perbaikan	180
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10
12	Pekerjaan perawatan selesai	0

Selanjutnya pada tabel 4.23 menunjukkan rincian kegiatan perawatan komponen *gearbox* disertai dengan durasi kegiatan

Tabel 4.23
Aktivitas Perawatan *Corrective Maintenance* Komponen *Gearbox*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)
1	Komponen mengalami kerusakan	-
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	45
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	900
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	1500
5	Identifikasi masalah	180
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45
7	Mengalokasikan sumberdaya	30
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	1070
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25
10	Melakukan perbaikan	1655
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10
12	Pekerjaan perawatan selesai	0

Pada tabel 4.24 menunjukkan rincian kegiatan perawatan komponen motor listrik disertai dengan durasi kegiatan tersebut

Tabel 4.24

Aktivitas Perawatan *Corrective Maintenance* Komponen Motor Listrik

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)
1	Komponen mengalami kerusakan	-
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	15
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	900
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2580
5	Identifikasi masalah	360
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	120
7	Mengalokasikan sumberdaya	25
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	3900
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25
10	Melakukan perbaikan	1200
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10
12	Pekerjaan perawatan selesai	0

4.6.2 Penggambaran *Current State Map*

Penggambaran *current state map* bertujuan untuk mengetahui aliran proses perawatan *corrective maintenance*. Penggambaran dilakukan pada masing-masing komponen Mesin Granulator 02

a. Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen

Sebelum melakukan penggambaran maka dilakukan klasifikasi rincian kegiatan perawatan yaitu dengan pengkategorian MMLT (*Mean Maintenance Lead Time*) yaitu

pembagian aktifitas perawatan menjadi 3 kategori yaitu MTTO (*Mean Time To Organize*) contohnya menyampaikan masalah, Delay lalu MTTY (*Mean Time To Yeild*) contohnya menjalankan mesin setelah diperbaiki dan MTTR (*Mean Time To Repair*) contohnya melakukan perbaikan. serta dikategorikan lagi menjadi 2 kategori aktivitas yaitu VA (*Value Added*) dan NVA (*Non Value Added*), dimana VA terdiri dari MTTR dan NVA terdiri dari MTTO dan MTTY. Tabel 4.25 menunjukkan kegiatan perawatan komponen *fanbelt* dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas

Tabel 4.25

Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen *Fanbelt*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	20	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	1260	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2175	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	50	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	15	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	2400	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	60	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0		
	Jumlah MMLT	6060		
	MTTO	5990		
	MTTR	60		
	MTTY	10		

Selanjutnya pada tabel 4.26 menunjukkan kegiatan perawatan komponen bearing dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas

Tabel 4.26

Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen Bearing

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	35	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	1005	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2280	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	15	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	5	MTTO	NVA

8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	2175	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	180	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0		
Jumlah MMLT		5775		
MTTO		5585		
MTTR		180		
MTTY		10		

Pada tabel 4.27 menunjukkan kegiatan perawatan komponen *gearbox* dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas

Tabel 4.27

Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen *Gearbox*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	45	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintenance	900	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	1500	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	180	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	30	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	1070	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	1655	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0		
Jumlah MMLT		5460		
MTTO		3795		
MTTR		1655		
MTTY		10		

Tabel 4.28 menunjukkan kegiatan perawatan komponen motor listrik dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas

Tabel 4.28

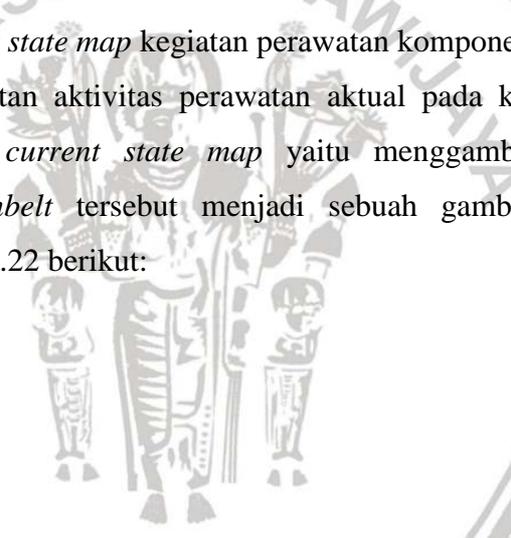
Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen Motor Listrik

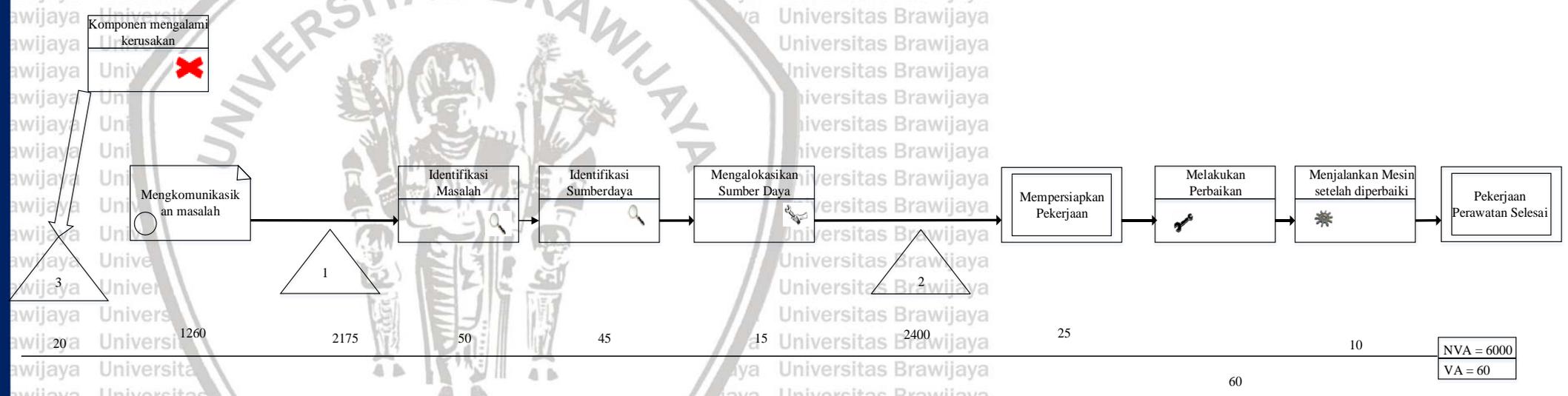
No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	15	MTTO	NVA

3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	900	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2580	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	360	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	120	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	25	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	3900	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	1200	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0		
Jumlah MMLT		9135		
MTTO		7925		
MTTR		1200		
MTTY		10		

b. Penggambaran *current state map* kegiatan perawatan komponen

Berdasarkan pengamatan aktivitas perawatan aktual pada komponen *fanbelt* maka dapat diperoleh gambar *current state map* yaitu menggambarkan urutan aktivitas perawatan komponen *fanbelt* tersebut menjadi sebuah gambar aliran proses yang ditunjukkan pada gambar 4.22 berikut:





Gambar 4.22 Current State Map Corrective Mintenance Komponen Fanbelt

Penggambaran *current state map* dilakukan untuk seluruh komponen yang dapat dilihat pada lampiran 6.

c. Perhitungan *Value Added Activity* dan *Non-Value Added Activity* Pada Aktivitas Perawatan *Corrective*

Berdasarkan penggambaran aliran aktivitas perawatan, maka didapatkan aktivitas yang memberikan nilai tambah hanya aktivitas melakukan perbaikan, sedangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah meliputi menyampaikan masalah, *delay* akibat operator lambat merespon kerusakan, identifikasi masalah, identifikasi sumberdaya, mengalokasikan sumberdaya, *Delay* akibat spare part tidak ada, mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan, dan menjalankan mesin setelah diperbaiki. Sehingga dapat dilakukan perhitungan *value added activity* kegiatan perawatan *corrective* komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{60}{6060} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 0,990\%$$

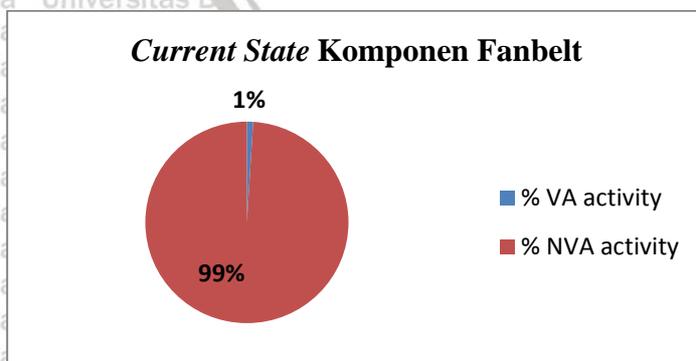
Untuk perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan *corrective* komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{6000}{6060} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 99,010\%$$

Hasil perhitungan VA dan NVA kegiatan perawatan *corrective* komponen *fanbelt* kemudian digambarkan dengan menggunakan pie chart yang ditunjukkan pada gambar 4.23



Gambar 4.23 Pie Chart Aktivitas VA dan NVA Kegiatan Perawatan Komponen *Fanbelt*

Pada gambar 4.22 menunjukkan bahwa pada aktivitas perawatan aktual komponen *fanbelt*, aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah memiliki prosentase yang lebih

besar dibandingkan aktivitas yang memberikan nilai tambah, maka hal ini menunjukkan efisiensi aktivitas perawatan tersebut rendah. Sebanyak 99,010% aktivitas perawatan yang dilakukan pada perbaikan komponen *fanbelt* tersebut merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, dan aktivitas yang memberikan nilai tambah hanya sebesar 0,990%. sehingga dapat dilakukan perhitungan efisiensi perawatan komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{60}{6060} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 0,990\%$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan VA dan NVA untuk seluruh kegiatan perawatan komponen Mesin Granulator 02 yang dapat dilihat pada lampiran 7.

Setelah menentukan strategi perawatan berdasarkan RCM II Decision Worksheet selanjutnya membuat *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) pada kegiatan perawatan yang dilakukan perusahaan saat ini. Perusahaan melakukan perawatan *corrective maintenance* untuk setiap kerusakan yang terjadi. Aktivitas perawatan *corrective* ini disebut dengan kondisi terkini (*current state*). Berdasarkan observasi dan wawancara dengan teknisi terdapat 12 aktivitas utama dalam kegiatan perawatan *corrective* pada setiap komponen. Pada tabel 4.29 menunjukkan rekapitulasi perhitungan kategori aktivitas dan kategori MMLT.

Tabel 4.29

Rekapitulasi Perhitungan Kategori Aktivitas dan Kategori MMLT

Kategori	Komponen			
	<i>Fanbelt</i>	Bearing	<i>Gearbox</i>	Motor Listrik
MTTO	5990	5585	3795	7925
MTTR	60	180	1655	1200
MTTY	10	10	10	10
Jumlah MMLT	6060	5775	5460	9135
% VA	0,990	3,117	30,311	13,136
%NVA	99,01	96,883	69,689	86,864
% Efisiensi Perawatan	0,990	3,117	30,311	13,136

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan kategori aktivitas dapat diketahui bahwa aktivitas NVA memiliki presentase lebih besar daripada aktivitas VA untuk aktivitas NVA kegiatan perawatan komponen *fanbelt* adalah sebesar 99,01% selanjutnya untuk kegiatan perawatan komponen bearing adalah sebesar 96,883%, kegiatan perawatan komponen *gearbox* adalah sebesar 69,689% dan kegiatan perawatan komponen motor listrik adalah sebesar 86,864%. Sehingga dapat diketahui bahwa hampir sebagian besar aktivitas kegiatan perawatan merupakan kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah pada proses

perawatan komponen. Aktivitas NVA pada kegiatan perawatan saat ini yaitu delay operator tidak melihat komponen yang rusak, menyampaikan masalah, delay akibat teknis lambat merespon kerusakan, identifikasi masalah, identifikasi sumberdaya, mengalokasikan sumberdaya, delay akibat *sparepart* tidak ada dan mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan. Masing-masing aktivitas NVA membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan aktivitas VA yaitu melakukan perbaikan. Untuk itu perlu dilakukan analisis penyebab mengapa aktivitas NVA memerlukan waktu yang lama.

Analisis penyebab kegiatan NVA dilakukan menggunakan diagram ishikawa. Diagram ishikawa disusun dengan melakukan brainstorming dan diskusi dengan operator, kepala divisi produksi dan kepala divisi maintenance. Berikut merupakan analisis diagram ishikawa untuk masing-masing aktivitas NVA kegiatan perawatan *current state* (*corrective maintenance*):

1. Delay Operator Tidak Melihat Komponen yang Rusak

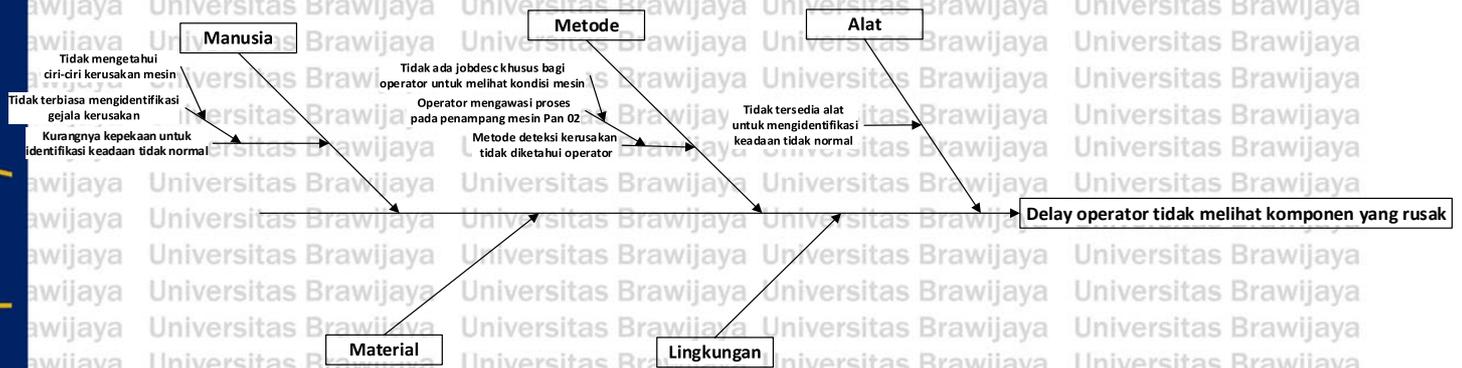
Kegiatan *corrective maintenance* dimulai ketika komponen mengalami kerusakan, selanjutnya terjadi delay operator tidak melihat komponen yang rusak. Pada proses produksi pupuk delay ini selalu terjadi ketika komponen mengalami kerusakan. Delay operator tidak melihat komponen yang rusak ini dapat mengakibatkan gejala komponen rusak menjadi semakin parah dan mengakibatkan mesin tidak dapat beroperasi keseluruhan. Rekapitulasi Durasi Aktivitas ini dapat dilihat pada tabel 4.30

Tabel 4.30

Rekapitulasi Durasi Aktivitas Delay Operator Tidak Melihat Komponen yang Rusak

No	Nama Komponen	Durasi (Menit)
1	Fanbelt	20
2	Bearing	35
3	Gearbox	45
4	Motor Listrik	15

Berdasarkan tabel 4.44 durasi operator menyadari adanya kerusakan komponen berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan karena letak komponen mesin yang berbeda-beda sehingga operator tidak dapat mengetahui adanya kerusakan dengan mudah. Penyebab adanya aktivitas Delay Operator Tidak Melihat Komponen yang Rusak secara umum digambarkan dengan diagram ishikawa pada gambar 4.24



Gambar 4.24 Diagram Ishikawa Delay Operator Tidak Melihat Komponen yang Rusak

Berikut merupakan uraian dari diagram ishikawa Delay Operator Tidak Melihat Komponen yang Rusak :

a. Manusia

Dilihat dari aspek manusia penyebab terjadinya Delay Operator Tidak Melihat Komponen yang Rusak adalah kurangnya kepekaan untuk mengidentifikasi keadaan tidak normal dari komponen Mesin Granulator 02. Hal ini disebabkan karena operator tidak terbiasa mengidentifikasi gejala kerusakan. Hal ini disebabkan oleh operator tidak mengetahui ciri-ciri atau tanda dan gejala yang muncul apabila komponen mulai rusak sehingga operator membutuhkan waktu untuk mengetahui komponen yang rusak

b. Metode

Metode deteksi kerusakan tidak diketahui operator karena operator mengawasi proses pada penampang Mesin Granulator. Hal ini disebabkan karena tidak ada jobdesc khusus untuk operator untuk melakukan pengecekan atau melihat kondisi komponen mesin sehingga operator tidak mengetahui adanya ketidaknormalan yang terjadi pada mesin

c. Mesin/Alat

Tidak tersedia alat untuk untuk mengidentifikasi keadaan tidak normal sehingga membuat operator tidak mengetahui bagaimana cara mengidentifikasi komponen yang tidak bekerja normal. Hal ini membuat operator membutuhkan waktu untuk mengidentifikasi komponen yang rusak atau mengalami gejala kerusakan.

2. Menyampaikan Masalah Kerusakan

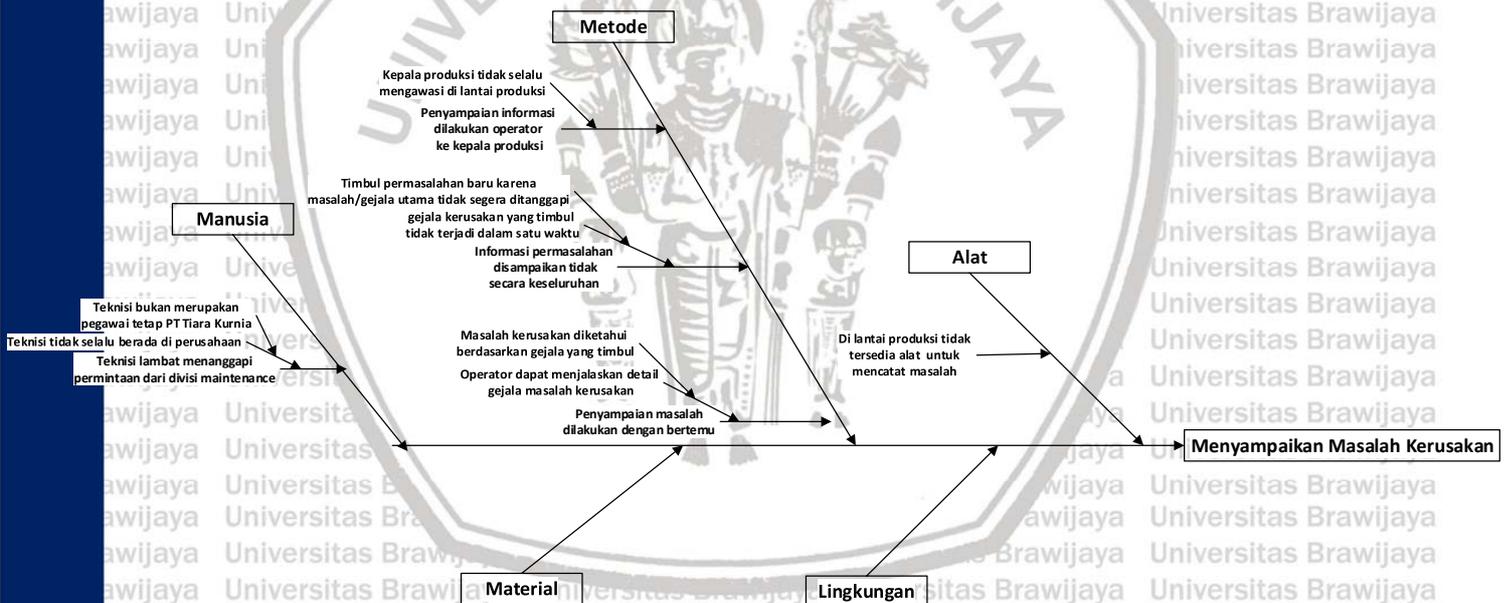
Aktivitas perawatan *corrective* selanjutnya adalah penyampaian masalah kegagalan. Dalam hal ini operator harus menginformasikan masalah yang terjadi pada komponen kepada pihak terkait agar mengetahui kondisi mesin. kegiatan ini membutuhkan waktu yang cukup lama. PT Tiara Kurnia sering membiarkan laporan dari operator karena

menganggap kerusakan yang terjadi merupakan hal yang mudah untuk ditangani. Namun pada kenyataannya kerusakan mesin berdampak pada berkurangnya produktivitas proses produksi pupuk. Kegiatan Menyampaikan Masalah Kerusakan menjadi sangat lama akibat perusahaan menganggap sepele laporan operator. Rekapitulasi durasi aktivitas ini dapat dilihat pada tabel 4.31

Tabel 4.31
Rekapitulasi Durasi Aktivitas Menyampaikan Masalah

No	Nama Komponen	Durasi (Menit)
1	Fanbelt	1260
2	Bearing	1005
3	Gearbox	900
4	Motor Listrik	900

Berdasarkan tabel 4.45 durasi hingga kerusakan komponen ditanggapi memerlukan waktu yang cukup lama. Hal ini dapat disebabkan karena perusahaan menganggap sepele adanya kerusakan pada komponen sehingga kerusakan lambat ditanggapi. Penyebab adanya aktivitas Menyampaikan Masalah Kerusakan secara umum digambarkan dengan diagram ishikawa pada gambar 4.25



Gambar 4.25 Diagram Ishikawa Menyampaikan Masalah Kerusakan

Berikut merupakan uraian dari diagram ishikawa Menyampaikan Masalah Kerusakan :

a. Manusia

Dilihat dari aspek manusia penyebab terjadinya Menyampaikan Masalah Kerusakan adalah teknisi lambat menanggapi permintaan dari divisi maintenance karena teknisi tidak selalu berada di perusahaan. Hal ini disebabkan karena teknisi bukan merupakan pegawai tetap di PT Tiara Kurnia

b. Metode

Penyampaian informasi kerusakan dilakukan dengan bertemu yaitu operator menemui operator lain dan kepala divisi produksi untuk menyampaikan informasi kerusakan. Hal ini dilakukan karena operator operator dapat menjelaskan detail gejala masalah kerusakan kepada kepala produksi. penjelasan secara detail ini dilakukan karena masalah kerusakan komponen diketahui berdasarkan gejala yang timbul. Penyebab selanjutnya adalah informasi masalah kerusakan komponen tidak disampaikan secara keseluruhan, namun hanya sebagian informasi kerusakan saja. Hal ini terjadi karena gejala yang timbul tidak terjadi dalam satu waktu. Gejala yang timbul tidak sekaligus ini disebabkan karena adanya permasalahan atau gejala kerusakan utama yang tidak segera ditangani. Kemudian penyebab selanjutnya adalah penyampaian informasi kerusakan harus disampaikan kepada kepala produksi. hal ini disebabkan karena kepala produksi tidak selalu mengawasi di lantai produksi sehingga kepala produksi tidak mengetahui adanya kerusakan apabila operator tidak memberikan informasi kepada kepala produksi.

c. Mesin/Alat

Tidak tersedia alat untuk untuk mencatat masalah kerusakan seperti bagaimana gejala yang timbul hingga langkah apa yang dilakukan sehingga membuat operator sering lupa mengenai gejala yang timbul dan kerusakan-kerusakan yang terjadi selanjutnya tidak tercatat.

3. Delay Akibat Teknisi Lambat Merespon Kerusakan

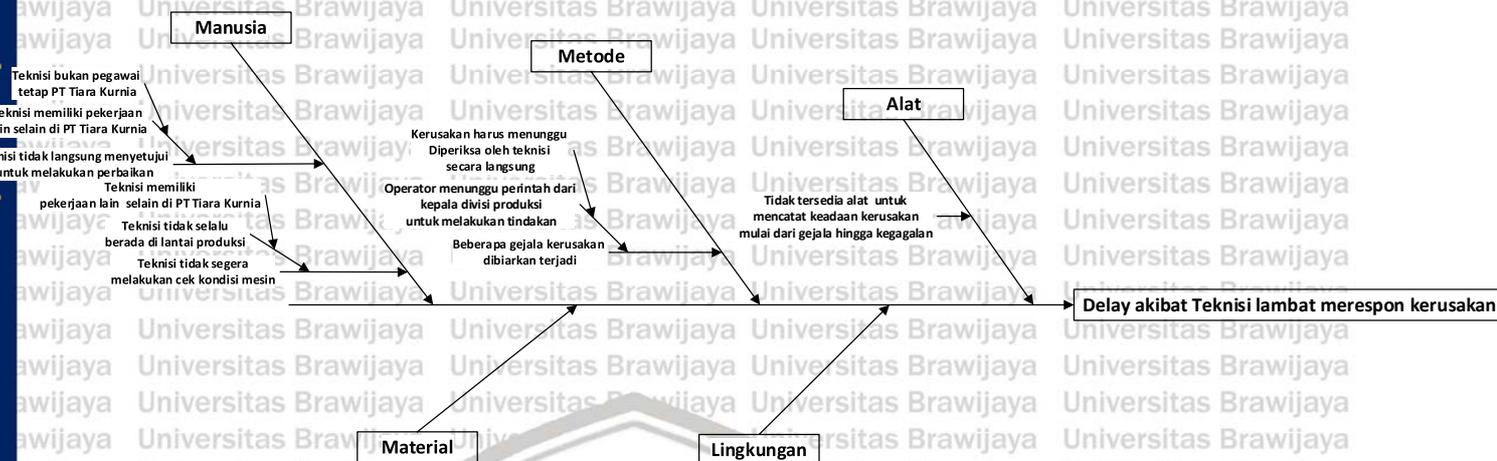
Aktivitas perawatan setelah Menyampaikan Masalah Kerusakan adalah aktivitas delay akibat teknisi lambat merespon kerusakan. Aktivitas ini terjadi karena teknisi membutuhkan waktu untuk menuju lantai produksi dan melakukan pengecekan kondisi komponen. Rekapitulasi durasi aktivitas ini dapat dilihat pada tabel 4.32

Tabel 4.32 Rekapitulasi Durasi Aktivitas Delay Akibat Teknisi Lambat Merespon Kerusakan

No	Nama Komponen	Durasi (Menit)
1	Fanbelt	2175
2	Bearing	2280
3	Gearbox	1500
4	Motor Listrik	2580

Berdasarkan tabel 4.46 durasi hingga kerusakan komponen ditanggapi oleh teknisi memerlukan waktu yang cukup lama. Hal ini dapat disebabkan karena teknisi tidak selalu

ada di perusahaan. Penyebab adanya aktivitas delay akibat teknisi lambat merespon kerusakan secara umum digambarkan dengan diagram ishikawa pada gambar 4.26



Gambar 4.26 Diagram Ishikawa Delay Akibat Teknisi Lambat Merespon Kerusakan

Berikut merupakan uraian dari diagram ishikawa delay akibat teknisi lambat merespon kerusakan:

a. Manusia

Dilihat dari aspek manusia penyebab terjadinya ishikawa delay akibat teknisi lambat merespon kerusakan adalah teknisi tidak segera melakukan cek kondisi mesin hal ini karena teknisi memiliki pekerjaan lain selain di PT Tiara Kurnia hal ini mengakibatkan teknisi membutuhkan waktu untuk merespon laporan kerusakan. Penyebab selanjutnya adalah teknisi tidak langsung menyetujui untuk melakukan perbaikan hal ini disebabkan karena teknisi memiliki pekerjaan lain selain di PT Tiara Kurnia karena teknisi bukan pegawai tetap di PT Tiara kurnia sehingga teknisi tidak selalu berada di perusahaan.

b. Metode

Beberapa gejala kerusakan dibiarkan terjadi hal ini disebabkan karena operator menunggu perintah dari kepala divisi produksi untuk melakukan tindakan. Operator harus menunggu perintah karena kerusakan yang terjadi harus menunggu diperiksa oleh teknisi secara langsung sehingga membutuhkan waktu sampai teknisi data memeriksa kerusakan

c. Mesin/Alat

Tidak tersedia alat untuk untuk mencatat masalah kerusakan seperti bagaimana gejala yang timbul hingga langkah apa yang dilakukan sehingga membuat operator sering lupa mengenai gejala yang timbul dan kerusakan-kerusakan yang terjadi selanjutnya tidak tercatat sehingga teknisi membutuhkan waktu untuk melakukan konfirmasi mengenai gejala atau kerusakan yang timbul.

4. Identifikasi masalah

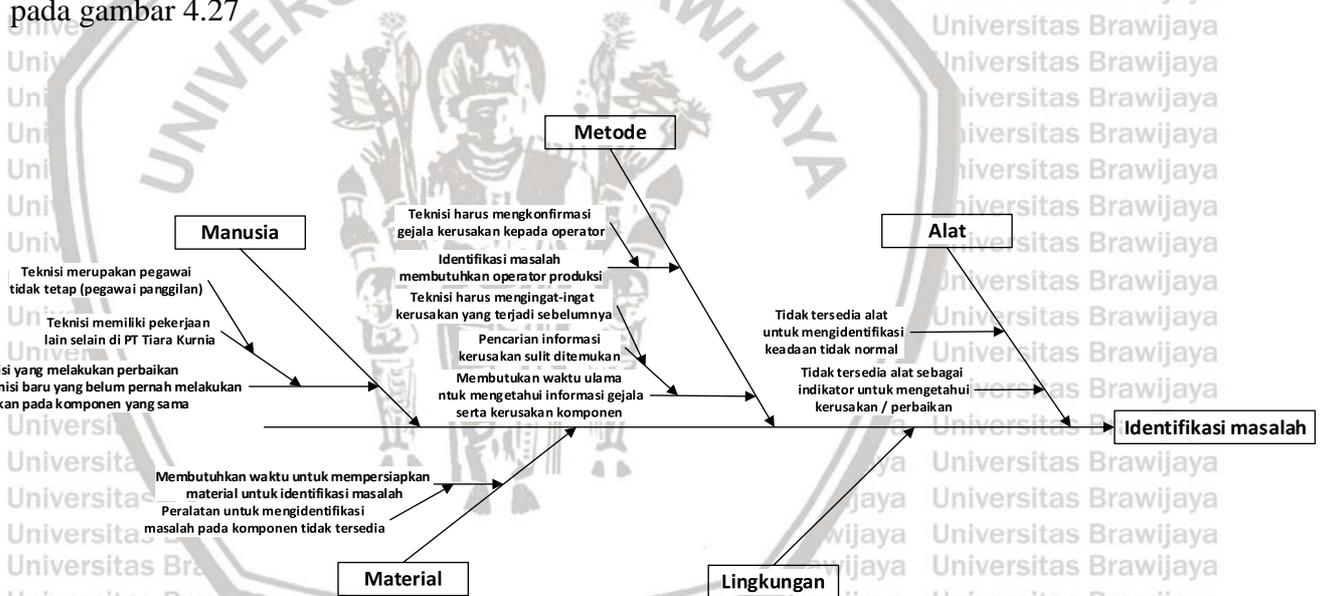
Aktivitas perawatan setelah delay akibat teknisi lambat merespon kerusakan adalah aktivitas identifikasi masalah. Aktivitas ini merupakan aktivitas teknisi untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada komponen yang rusak. Rekapitulasi durasi aktivitas ini dapat dilihat pada tabel 4.33

Tabel 4.33

Rekapitulasi Durasi Aktivitas Identifikasi Masalah

No	Nama Komponen	Durasi (Menit)
1	Fanbelt	50
2	Bearing	15
3	Gearbox	180
4	Motor Listrik	360

Berdasarkan tabel 4.47 durasi hingga kerusakan komponen ditanggapi oleh teknisi memerlukan waktu yang berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan kerumitan komponen sehingga identifikasi kerusakan membutuhkan waktu. Penyebab adanya aktivitas identifikasi masalah secara umum digambarkan dengan diagram ishikawa pada gambar 4.27



Gambar 4.27 Diagram Ishikawa Identifikasi Masalah

Berikut merupakan uraian dari diagram ishikawa Identifikasi Masalah :

a. Manusia

Dilihat dari aspek manusia penyebab terjadinya identifikasi masalah adalah teknisi yang melakukan perbaikan merupakan teknisi baru yang belum pernah melakukan perbaikan pada komponen tersebut sebelumnya sehingga membutuhkan waktu untuk mengidentifikasi masalah pada komponen yang rusak hal ini dikarenakan teknisi merupakan pegawai tidak tetap sehingga teknisi di PT Tiara Kurnia merupakan teknisi

yang dipanggil karena adanya kerusakan apabila tidak ada kerusakan maka perusahaan tidak memanggil teknisi.

b. Metode

Membutuhkan waktu lama untuk mengetahui informasi gejala serta kerusakan komponen. Hal ini disebabkan karena pencarian informasi kerusakan sulit ditemukan.

Sulitnya informasi kerusakan disebabkan karena teknisi harus mengingat ingat kerusakan yang terjadi sebelumnya sehingga metode identifikasi masalah yang digunakan berdasarkan pengalaman dari teknisi. Penyebab selanjutnya adalah identifikasi masalah membutuhkan operator produksi hal ini disebabkan karena teknisi harus mengkonfirmasi gejala kerusakan kepada operator karena teknisi tidak mengetahui secara langsung gejala yang timbul dari kerusakan.

c. Mesin/Alat

Tidak tersedia alat untuk mengidentifikasi kondisi tidak normal, selanjutnya tidak tersedia alat sebagai indikator untuk mengetahui kerusakan / kondisi komponen sudah baik atau belum.

d. Material

Membutuhkan waktu untuk mempersiapkan material untuk mengidentifikasi masalah hal ini disebabkan karena peralatan untuk mengidentifikasi masalah pada komponen tidak tersedia di perusahaan sehingga teknisi harus menduga peralatan apa yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi masalah. Hal ini dapat mengakibatkan teknisi membutuhkan waktu untuk mencari peralatan yang sesuai dengan kerusakan.

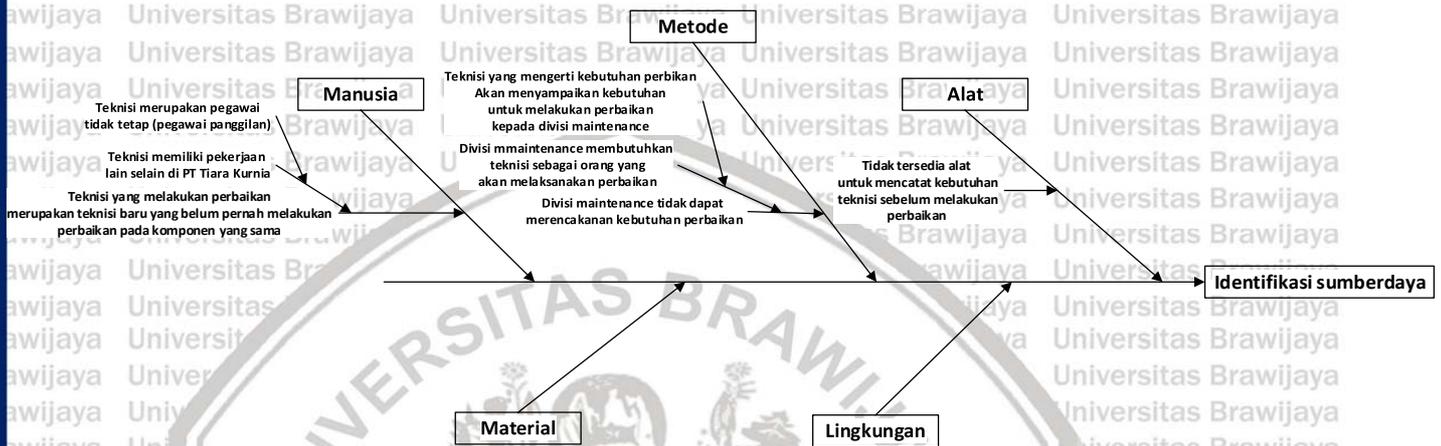
5. Identifikasi sumberdaya

Aktivitas perawatan setelah identifikasi masalah adalah aktivitas identifikasi sumberdaya. Aktivitas ini merupakan aktivitas teknisi untuk mengidentifikasi sumberdaya yang dibutuhkan untuk memperbaiki komponen yang rusak. Rekapitulasi durasi aktivitas ini dapat dilihat pada tabel 4.34

Tabel 4.34
Rekapitulasi Durasi Aktivitas Identifikasi Sumberdaya

No	Nama Komponen	Durasi (Menit)
1	Fanbelt	45
2	Bearing	45
3	Gearbox	45
4	Motor Listrik	120

Berdasarkan tabel 4.48 waktu yang dibutuhkan teknisi menentukan sumberdaya yang dibutuhkan setelah mengetahui permasalahan kerusakan hampir sama untuk setiap komponen. Hal ini dapat disebabkan karena teknisi perlu berdiskusi dengan piak perusahaan mengenai sumberdaya yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan. Penyebab adanya aktivitas identifikasi sumberdaya secara umum digambarkan dengan diagram ishikawa pada gambar 4.28



Gambar 4.28 Diagram Ishikawa Identifikasi Sumberdaya

Berikut merupakan uraian dari diagram identifikasi sumberdaya:

a. Manusia

Dilihat dari aspek manusia penyebab terjadinya identifikasi sumberdaya adalah teknisi yang melakukan perbaikan merupakan teknisi baru yang belum pernah melakukan perbaikan pada komponen tersebut sebelumnya sehingga membutuhkan waktu untuk mengidentifikasi sumberdaya pada komponen yang rusak hal ini dikarenakan teknisi memiliki pekerjaan lain selain di PT Tiara Kurnia. Teknisi merupakan pegawai tidak tetap sehingga teknisi di PT Tiara Kurnia merupakan teknisi yang dipanggil karena adanya kerusakan apabila tidak ada kerusakan maka perusahaan tidak memanggil teknisi.

b. Metode

Divisi maintenance tidak dapat merencanakan kebutuhan perbaikan hal ini disebabkan karena divisi maintenance membutuhkan teknisi sebagai orang yang akan melaksanakan perbaikan. Teknisi dibutuhkan karena teknisi menyampaikan kebutuhan untuk melakukan perbaikan kepada divisi maintenance sehingga membutuhkan waktu untuk diskusi sumberdaya apa saja yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan.

c. Mesin/Alat

Tidak tersedia alat untuk untuk mencatat kebutuhan sumberdaya sehingga membutuhkan waktu untuk membuat daftar kebutuhan sumberdaya. Tidak adanya catatan membuat teknisi harus mengingat sumberdaya apasaja yang dibutuhkan.

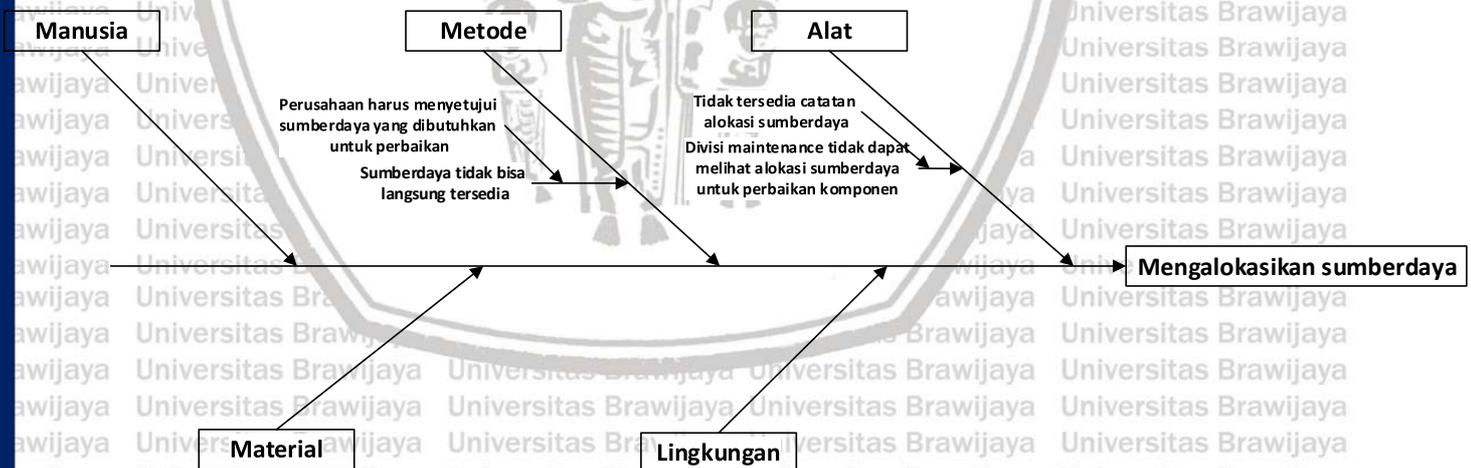
6. Mengalokasikan sumberdaya

Aktivitas perawatan setelah identifikasi sumberdaya adalah aktivitas mengalokasikan sumberdaya. Aktivitas ini merupakan aktivitas perusahaan untuk menyetujui sumberdaya yang dibutuhkan untuk memperbaiki komponen yang rusak. Rekapitulasi durasi aktivitas ini dapat dilihat pada tabel 4.35

Tabel 4.35
Rekapitulasi Durasi Aktivitas Mengalokasikan Sumberdaya

No	Nama Komponen	Durasi (Menit)
1	Fanbelt	15
2	Bearing	5
3	Gearbox	30
4	Motor Listrik	25

Berdasarkan tabel 4.49 waktu yang dibutuhkan teknisi menentukan sumberdaya yang dibutuhkan setelah mengetahui permasalahan kerusakan berbeda-beda untuk setiap komponen. Hal ini dapat disebabkan karena kebutuhan sumberdaya untuk memperbaiki kerusakan tiap komponen berbeda-beda. Penyebab adanya aktivitas mengalokasikan sumberdaya secara umum digambarkan dengan diagram ishikawa pada gambar 4.29



Gambar 4.29 Diagram Ishikawa Mengalokasikan Sumberdaya

Berikut merupakan uraian dari diagram mengalokasikan sumberdaya:

a. Metode

Sumberdaya tidak bisa langsung tersedia hal ini disebabkan karena perusahaan harus menyetujui sumberdaya yang telah disusulkan oleh teknisi terlebih dahulu. dalam hal ini

perusahaan mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi sumberdaya tersebut.

b. Mesin/Alat

Divisi maintenance tidak dapat melihat alokasi sumberdaya untuk perbaikan komponen hal ini disebabkan karena tidak tersedia alat untuk untuk mencatat alokasi sumberdaya sehingga membutuhkan waktu untuk menyetujui sumberdaya yang dibutuhkan termasuk teknisi yang akan melakukan perbaikan.

7. Delay Akibat *Sparepart* Tidak Ada

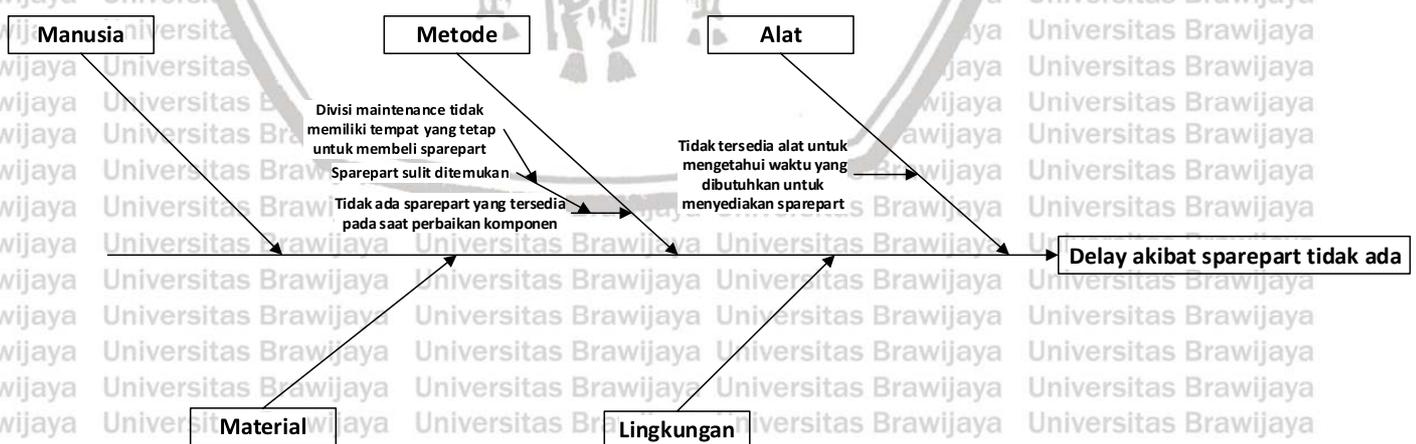
Aktivitas perawatan setelah mengalokasi sumberdaya adalah aktivitas delay akibat *sparepart* tidak ada. Aktivitas ini merupakan aktivitas perusahaan untuk mencari kebutuhan sumberdaya berupa *saprepart*. Rekapitulasi durasi aktivitas ini dapat dilihat pada tabel 4.36

Tabel 4.36

Rekapitulasi Delay Akibat *Sparepart* Tidak Ada

No	Nama Komponen	Durasi (Menit)
1	Fanbelt	2400
2	Bearing	2175
3	Gearbox	1070
4	Motor Listrik	3900

Berdasarkan tabel 4.50 waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk mencari *sparepart* membutuhkan waktu yang cukup lama untuk setiap komponen. Penyebab adanya aktivitas delay akibat *sparepart* tidak ada secara umum digambarkan dengan diagram ishikawa pada gambar 4.30



Gambar 4.30 Diagram Ishikawa Delay Akibat *Sparepart* Tidak Ada

Berikut merupakan uraian dari diagram delay akibat *sparepart* tidak ada:

a. Metode

Tidak ada sparepart yang tersedia pada saat perbaikan komponen dilakukan hal ini dapat terjadi karena sparepart sulit ditemukan. Sulitnya menemukan sparepart menyebabkan divisi maintenance tidak memiliki tempat yang tetap untuk membeli sparepart.

Perusahaan menyetujui kebutuhan *sparepart* yang telah diajukan teknisi selanjutnya perusahaan melalui divisi maintenance mencari *sparepart* yang dibutuhkan. Seringkali *sparepart* yang dibutuhkan sulit ditemukan karena divisi maintenance tidak memiliki tempat yang tetap untuk membeli *sparepart* sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencari kebutuhan *sparepart* cukup lama

b. Mesin/Alat

Tidak tersedia alat untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menyediakan *sparepart* sehingga tidak ada pengawasan mengenai waktu menunggu *sparepart* tersedia. Hal ini mengakibatkan tidak ada kontrol waktu dari divisi maintenance kepada penyedia *sparepart*.

8. Mempersiapkan Pekerjaan Yang Akan Dilakukan

Aktivitas perawatan setelah delay akibat *sparepart* tidak ada adalah aktivitas Mempersiapkan Pekerjaan Yang Akan Dilakukan. Aktivitas ini merupakan aktivitas teknisi untuk mempersiapkan kebutuhan sebelum melakukan perbaikan. Rekapitulasi durasi aktivitas ini dapat dilihat pada tabel 4.37

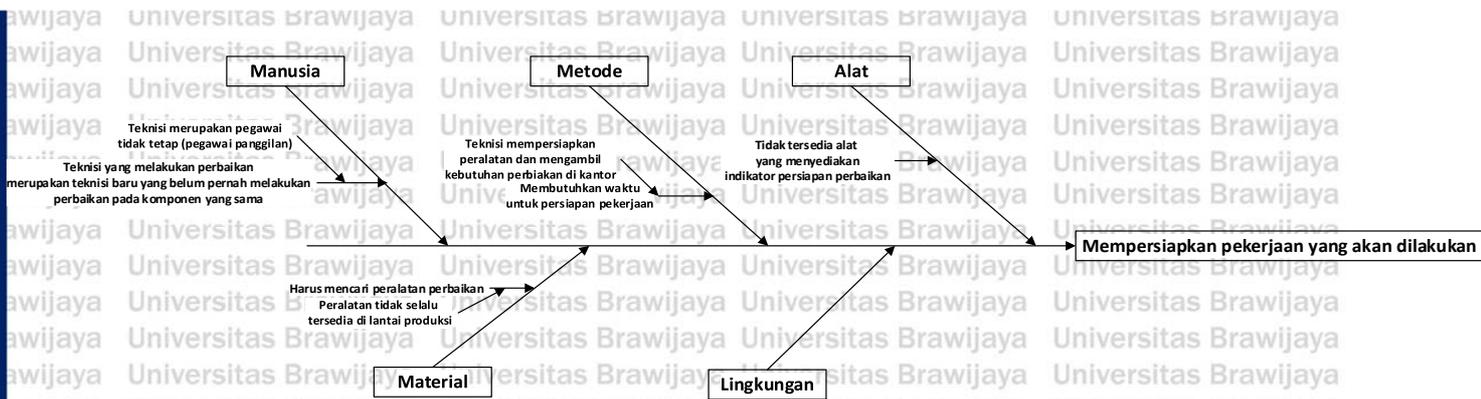
Tabel 4.37

Rekapitulasi Mempersiapkan Pekerjaan Yang Akan Dilakukan

No	Nama Komponen	Durasi (Menit)
1	Fanbelt	25
2	Bearing	25
3	Gearbox	25
4	Motor Listrik	25

Berdasarkan tabel 4.51 waktu yang dibutuhkan teknisi untuk mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan membutuhkan waktu yang sama pada setiap komponen.

Penyebab adanya aktivitas mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan secara umum digambarkan dengan diagram ishikawa pada gambar 4.31



Gambar 4.31 Diagram Ishikawa Mempersiapkan Pekerjaan Yang Akan Dilakukan

Berikut merupakan uraian dari diagram mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan:

a. Manusia

Dilihat dari aspek manusia penyebab terjadinya identifikasi masalah adalah teknisi yang melakukan perbaikan merupakan teknisi baru yang belum pernah melakukan perbaikan pada komponen tersebut sebelumnya sehingga membutuhkan waktu untuk mengidentifikasi masalah pada komponen yang rusak hal ini dikarenakan teknisi merupakan pegawai tidak tetap sehingga teknisi di PT Tiara Kurnia merupakan teknisi yang dipanggil karena adanya kerusakan apabila tidak ada kerusakan maka perusahaan tidak memanggil teknisi.

b. Metode

Membutuhkan waktu untuk mempersiapkan pekerjaan hal ini disebabkan karena teknisi mempersiapkan peralatan dan mengambil kebutuhan perbaikan di kantor perusahaan tidak langsung di lantai produksi sehingga membutuhkan waktu untuk mengambil dan mempersiapkan kebutuhan perbaikan.

c. Mesin/Alat

Tidak tersedia alat untuk melihat indikator persiapan perbaikan sehingga apabila ada kekurangan maka teknisi harus kembali mengambil peralatan di kantor.

d. Material

Membutuhkan waktu untuk mencari peralatan perbaikan hal ini karena karena peralatan perbaikan tidak tersedia di lantai produksi

4.7 Future Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)

Setelah melakukan penggambaran *current state* kegiatan perawatan *corrective* dan melakukan analisis penyebab kegiatan NVA maka langkah selanjutnya adalah menyusun tindakan rekomendasi perbaikan kegiatan perawatan dengan mempertimbangkan strategi perawatan *preventive* yang terpilih dari RCM II *decision worksheet*. Penyusunan

rekomendasi perbaikan dilakukan dengan penggambaran *future state maintenance value stream mapping* (MVSM) dan membuat *tools* yang dapat membantu kegiatan perawatan berdasarkan analisis penyebab kegiatan NVA. Langkah yang dilakukan untuk menggambarkan penggambaran *future state maintenance value stream mapping* (MVSM) yaitu dengan melakukan analisis solusi penyebab kegiatan NVA selanjutnya dilakukan penggambaran *future state maintenance value stream mapping* (MVSM)

4.7.1 Analisis Solusi Penyebab Kegiatan *Non Value Added* (NVA)

Berdasarkan diagram ishikawa setiap kegiatan NVA maka dapat ditemukan akar penyebab terjadinya kegiatan NVA. Kemudian dilakukan analisis solusi akar penyebab masing-masing kegiatan NVA dengan mempertimbangkan strategi perawatan terpilih berdasarkan RCM II. Solusi mengenai penyebab tingginya NVA berdasarkan diagram ishikawa dapat dilihat pada tabel 4.38



Tabel 4.38
Solusi Pengurangan Durasi NVA Kegiatan Perawatan

No	Kegiatan NVA	Akar Penyebab	Solusi	Keterangan
1	Delay operator tidak melihat komponen yang rusak	Manusia : tidak mengetahui ciri-ciri kerusakan mesin	Membuat worksheet kegiatan perawatan yang mencantumkan ciri-ciri kerusakan	Kegiatan Dihilangkan Pada komponen Fanbelt, Bearing, Gaerbox dan Motor Listik
		Metode : Tidak ada jobdesc khusus bagi operator untuk melihat kondisi mesin	Membuat worksheet kegiatan perawatan yang mencantumkan jobdesc	
		Alat : tidak tersedia alat untuk mengidentifikasi keadaan normal	Membuat worksheet kegiatan perawatan yang mencantumkan keadaan tidak normal	
2	Menyampaikan masalah	Manusia : Kepala Divisi produksi dan maintenance lambat menanggapi laporan	Kegiatan perawatan sudah terjadwal sehingga divisi maintenance - dapat mempersiapkan kegiatan perawatan	Kegiatan Dihilangkan Pada komponen Fanbelt, Bearing, Gaerbox dan Motor Listik
		Manusia : Teknisi bukan merupakan pegawai tetap PT Tiara Kurnia	Memberitahu teknisi jadwal discard task sehingga teknisi sudah tahu kapan harus ke perusahaan	
		Metode : Operator tidak memiliki alat komunikasi	Membuat worksheet kegiatan perawatan sebagai alat komunikasi antara operator, teknisi dan perusahaan	
		Metode : Timbul permasalahan baru karena masalah utama tidak segera ditanggapi	Kegiatan sudah terjadwal sehingga terdapat perisapan mengenai masalah yang timbul	
		Metode : Kepala produksi tidak selalu mengawasi lantai produksi	Kegiatan sudah terjadwal sehingga operator tidak perlu menyampaikan ke kepala produksi	
		Alat : dilantai produksi tidak tersedia alat untuk mencatat masalah	Worksheet kegiatan perawatan berisi kondisi dan masalah komponen saat sebelum diperbaiki dan sesudah diperbaiki	
3	Delay akibat Teknisi lambat merespon kerusakan	Manusia : teknisi memiliki pekerjaan lain selain di PT Tiara Kurnia	Kegiatan sudah terjadwal sehingga teknisis dapat menjadwalkan untuk melkakukan perbaikan	Kegiatan Dihilangkan Pada komponen Fanbelt, Bearing, Gaerbox dan Motor Listik
		Manusia : teknisi bukan pegawai tetap PT Tiara Kurnia	Kegiatan sudah terjadwal sehingga teknisis dapat menjadwalkan untuk melkakukan perbaikan	
		Metode : kerusakan harus menunggu diperiksa oleh teknisi secara langsung	Kerusakan diminimalisir dengan kegiatan perawatan discard task	
		Alat : tidak tersedia alat untuk mencatat kerusakan mulai dari gejala hingga rusak	Worksheet kegiatan perawatan berisi kondisi dan masalah komponen berupa gejala yang dapat dituliskan oleh operator	
4	Identifikasi masalah	Manusia : Teknisi bukan merupakan pegawai tetap PT Tiara Kurnia	Kegiatan sudah terjadwal sehingga teknisis dapat menjadwalkan untuk melkakukan perbaikan	Kegiatan Tetap Dilakukan dengan mengurangi durasi kegiatan

Tabel 4.38
Solusi Pengurangan Durasi NVA Kegiatan Perawatan (Lanjutan)

No	Kegiatan NVA	Akar Penyebab	Solusi	Keterangan
4	Identifikasi masalah	<p>Metode : Teknisi harus mengkonfirmasi gejala kerusakan kepada operator</p> <p>Metode : teknisi harus mengingat-ingat kerusakan yang terjadi sebelumnya</p> <p>Alat : tidak tersedia alat untuk mengidentifikasi keadaan tidak normal</p> <p>Alat : Tidak tersedia alat sebagai indikator untuk mengetahui kerusakan / perbaikan</p> <p>Material : Peralatan untuk mengidentifikasi masalah pada komponen tidak tersedia</p>	<p>Membuat worksheet kegiatan perawatan sebagai alat komunikasi antara operator, teknisi dan perusahaan</p> <p>Worksheet kegiatan perawatan berisi kondisi dan masalah komponen saat melakukan perbaikan</p> <p>Worksheet kegiatan perawatan berisi kondisi dan masalah komponen saat melakukan perbaikan</p> <p>Worksheet kegiatan perawatan berisi kondisi dan masalah komponen saat melakukan perbaikan</p> <p>Kegiatan sudah terjadwal sehingga terdapat perisapan mengenai material untuk mengidentifikasi komponen sudah dipersiapkan</p>	Kegiatan Tetap Dilakukan dengan mengurangi durasi kegiatan
5	Identifikasi sumberdaya	<p>Manusia : Teknisi bukan merupakan pegawai tetap PT Tiara Kurnia</p> <p>Metode : teknisi menyampaikan kebutuhan untuk perbaikan kepada divisi maintenance</p> <p>Alat : tidak tersedia alat untuk mencatat kebutuhan teknisi sebelum melakukan perbaikan</p>	<p>Kegiatan sudah terjadwal sehingga teknis dapat menjadwalkan untuk melkaukan perbaikan</p> <p>Kegiatan perbaikan sudah terjadwal dan tercatat di worksheet kegiatan perbaikan sehingga kebutuhan perbaikan dapat dipenuhi</p> <p>Worksheet kegiatan perawatan berisikebutuhan perawatan</p>	Kegiatan Dihilangkan Pada komponen Fanbelt, Bearing, dan Gaerbox
6	Mengalokasikan sumberdaya	<p>Metode : perusahaan harus menyetujui sumberdaya yang dibutuhkan untuk perbaikan</p> <p>Alat : tidak tersedia catatan alokasi sumberdaya</p>	<p>Persetujuan perusahaan dapat dilakukan jauh hari sebelum kegiatan perawatan dilakukan</p> <p>Worksheet kegiatan perawatan berisi alokasi teknisi</p>	Kegiatan Dihilangkan Pada komponen Fanbelt, Bearing, dan Gaerbox
7	Delay akibat <i>sparepart</i> tidak ada	<p>Metode : divisi maintenance tidak memiliki tempat yang tetap untuk membeli <i>sparepart</i></p> <p>Alat : tidak tersedia alat untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menyediakan <i>sparepart</i></p>	<p>Divisi maintenance menetapkan tempat membeli <i>sparepart</i> berdasarkan kebutuhan yang telah direncanakan</p> <p>Membuat worksheet untuk melakukan kontrol ketersediaan <i>sparepart</i></p>	Kegiatan Dihilangkan Pada komponen Fanbelt, Bearing, Gaerbox dan Motor Listik
8	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	<p>Manusia : Teknisi bukan merupakan pegawai tetap PT Tiara Kurnia</p> <p>Metode : teknisi mempersiapkan peralatan dan mengambil kebutuhan perbaikan di kantor</p> <p>Alat : tidak tersedia alat yang menyediakan indikator persiapan perbaikan</p> <p>Material : peralatan tidak tersedia di lantai produksi</p>	<p>Kegiatan sudah terjadwal sehingga teknis dapat menjadwalkan untuk melkaukan perbaikan</p> <p>Membuat wokrsheet untuk mencatat / checklist kebutuhan perawatan</p> <p>Kegiatan sudah terjadwal sehingga terdapat perisapan mengenai alat untuk mengidentifikasi komponen sudah</p>	Kegiatan Tetap Dilakukan dengan mengurangi durasi kegiatan

Berdasarkan tabel 4.38 terdapat kegiatan NVA yang dihilangkan diantaranya adalah kegiatan delay operator tidak melihat komponen yang rusak, menyampaikan masalah, delay akibat Teknisi lambat merespon kerusakan, Identifikasi sumberdaya, mengalokasikan sumberdaya dan delay akibat *sparepart* tidak ada. Kegiatan ini dihilangkan namun dengan perusahaan dan teknisi harus mempersiapkan kebutuhan perawatan setiap komponen jauh hari serta dengan membuat alat bantu untuk merencanakan kebutuhan aktivitas perbaikan. Hal ini dapat dilakukan karena masing-masing perawatan komponen telah ditentukan interval perawatannya. Kegiatan identifikasi masalah dan mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan masih tetap dilakukan pada seluruh komponen dengan mengurangi durasi kegiatan. Dua kegiatan tersebut merupakan kegiatan yang penting dilakukan sehingga kegiatan ini tidak dapat dihilangkan melainkan dapat dikurangi durasi waktu penyelesaian kegiatan.

Untuk dapat menghilangkan kegiatan dan mengurangi durasi kegiatan NVA maka diperlukan alat untuk merencanakan kegiatan perawata yang akan dibahas pada sub bab selanjutnya

4.8 Penggambaran *Future State Map*

Penggambaran *future state map* bertujuan untuk mengetahui aliran proses perawatan *preventive maintenance*. Penggambaran dilakukan pada masing-masing komponen Mesin Granulator 02

Supplier	Input	Process	Output	Customer
<ul style="list-style-type: none"> • Sparepart • Pelumas 	Komponen jatuh tempo interval perawatan	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikasi Kegagalan • Persiapan Perbaikan • Memperbaiki kegagalan 	Komponen dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya	Production Floor

Gambar 4.32 Diagram SIPOC Kegiatan Perawatan Preventive Maintenance

Supplier pada kegiatan perawatan yaitu supplier sparepart dari komponen yang mengalami kerusakan. *Sparepart* digunakan untuk strategi perawatan *discard task* yaitu penggantian komponen dan untuk strategi perawatan *restoration task* yaitu mengembalikan resistensi komponen kedalam keadaan original. Untuk pelumas digunakan untuk kegiatan *on-condition task*. Selanjutnya untuk input kegiatan perawatan yaitu komponen sudah jatuh tempo dari interval waktu perawatan yang akan ditentukan pada sub bab selanjutnya. Proses kegiatan perawatan yaitu Identifikasi kegagalan, Persiapan perbaikan dan melakukan perbaikan kegagalan tersebut. Output dari kegiatan perawatan

adalah komponen dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Customer dari kegiatan perawatan yaitu lantai produksi yang menggunakan Mesin Granulator 02.

Berikut merupakan uraian penggambaran *future state maintenance value stream mapping* (MVSM):

a. Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen

Seperti yang dilakukan pada penggambaran *current state*, sebelum melakukan penggambaran maka dilakukan klasifikasi rincian kegiatan perawatan yaitu dengan pengkategorian MMLT (*Mean Maintenance Lead Time*) yaitu pembagian aktifitas perawatan menjadi 3 kategori yaitu MTTO (*Mean Time To Organize*) contohnya menyampaikan masalah, Delay lalu MTTY (*Mean Time To Yeild*) contohnya menjalankan mesin setelah diperbaiki dan MTTR (*Mean Time To Repair*) contohnya melakukan perbaikan. Serta dikategorikan lagi menjadi 2 kategori aktivitas yaitu VA (*Value Added*) dan NVA (*Non Value Added*), dimana VA terdiri dari MTTR dan NVA terdiri dari MTTO dan MTTY. Tabel 4.53 menunjukkan kegiatan perawatan komponen *fanbelt* dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas.

Penentuan durasi pada masing-masing klasifikasi kategori dilakukan dengan mempertimbangkan hasil dari strategi terpilih RCM II decision worksheet. Pada tabel 4.39 menunjukkan kegiatan perawatan komponen *fanbelt* dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas.

Tabel 4.39

Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen *Fanbelt*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	0	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	0	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	0	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	5	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	0	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	0	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	0	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	5	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	60	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0		
	Jumlah MMLT	80		
	MTTO	10		

MTTR	60	
MTTY	10	

Menurut hasil RCM II Decision Diagram, strategi perawatan *preventive* terpilih komponen fanbelt adalah *scheduled discard task* yaitu penggantian komponen dengan yang baru dalam interval waktu 343,96 jam sekali. Berdasarkan tabel 4.39 diatas untuk *future* kegiatan perawatan komponen *fanbelt* dapat dilihat bahwa kegiatan perawatan dimulai dari komponen telah masuk waktu perbaikan, selanjutnya dilakukan identifikasi masalah yaitu melihat kondisi *fanbelt* selama 5 menit, selanjutnya mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan yaitu mempersiapkan peralatan untuk mengganti *fanbelt* dengan yang baru selama 5 menit lalu melakukan perbaikan yaitu mengganti *fanbelt* dengan yang baru selama 60 menit. Dalam melakukan perawatan komponen *fanbelt* yaitu dengan *scheduled discard task* maka perawatan dilakukan dengan kondisi Mesin Granulator 02 berhenti beroperasi. Kemudian setelah selesai diperbaiki maka selanjutnya menjalankan mesin setelah diperbaiki selama 10 menit dengan tujuan untuk melihat kondisi komponen *fanbelt* telah dapat berjalan dengan normal. Dengan demikian maka nilai NVA pada kegiatan perawatan *preventive* dapat berkurang dari kegiatan perawatan *corrective* sebelumnya. Kondisi durasi kegiatan perawatan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive* dapat dilihat pada tabel 4.40

Tabel 4.40

Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen *Fanbelt*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi Corrective (menit)	Durasi Preventive (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	20	0	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	1260	0	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2175	0	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	50	5	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45	0	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	15	0	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	2400	0	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25	5	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	60	60	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	10	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0	0		
	Jumlah MMLT	6060	80		
	MTTO	5990	10		

MTTR	60	60	
MTTY	10	10	

Berdasarkan tabel 4.40 dapat dilihat bahwa kegiatan perawatan *preventive scheduled discard task* memiliki durasi waktu kegiatan NVA yang lebih sedikit daripada kegiatan perawatan *corrective maintenance*.

Selanjutnya dilakukan klasifikasi pada komponen *bearing*. Pada tabel 4.41 menunjukkan kegiatan perawatan komponen bearing dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas

Tabel 4.41
Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen bearing

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	1		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	0	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	0	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	0	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	5	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	0	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	0	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	0	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	2	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	15	MTTR	NVA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	0	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0		
Jumlah MMLT		22		
MTTO		7		
MTTR		15		
MTTY		0		

Menurut hasil RCM II decision diagram, strategi perawatan preventive terpilih komponen bearing adalah *scheduled on-condition task* yaitu pemberian pelumas pada komponen dalam interval waktu 63,35 jam sekali. Berdasarkan tabel 4.41 diatas untuk *future* kegiatan perawatan komponen bearing dapat dilihat bahwa kegiatan perawatan dimulai dari komponen telah masuk waktu perbaikan, selanjutnya dilakukan identifikasi masalah yaitu melihat kondisi pelumasan bearing selama 5 menit, selanjutnya mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan yaitu mempersiapkan peralatan untuk melumasi *bearing* dengan oli selama 2 menit lalu melakukan perawatan yaitu memberi oli pelumas pada komponen *bearing* selama 15 menit. Dalam melakukan perawatan

komponen *bearing* yaitu dengan *scheduled on-condition task* maka perawatan dilakukan dengan kondisi Mesin Granulator 02 sedang beroperasi. Dengan demikian maka nilai NVA pada kegiatan perawatan preventive dapat berkurang dari kegiatan perawatan *corrective* sebelumnya. Kondisi durasi kegiatan perawatan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive* dapat dilihat pada tabel 4.42

Tabel 4.42
Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen *Bearing*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi Corrective (menit)	Durasi Preventive (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	35	0	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintenance	1005	0	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2280	0	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	15	5	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45	0	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	5	0	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	2175	0	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25	2	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	180	15	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	0	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0	0		
Jumlah MMLT		5775	22		
MTTO		5585	7		
MTTR		180	15		
MTTY		10	0		

Berdasarkan tabel 4.56 dapat dilihat bahwa kegiatan perawatan preventive *scheduled on-condition task* memiliki durasi waktu kegiatan NVA yang lebih sedikit daripada kegiatan perawatan *corrective maintenance*.

Selanjutnya dilakukan klasifikasi pada komponen *gearbox*. Tabel 4.43 menunjukkan kegiatan perawatan komponen *gearbox* dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas

Tabel 4.43
Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen *Gearbox*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	0	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintenance	0	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	0	MTTO	NVA

5	Identifikasi masalah	5	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	0	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	0	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	0	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	2	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	30	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	0	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0		
	Jumlah MMLT	37		
	MTTO	7		
	MTTR	30		
	MTTY	0		

Menurut hasil RCM II decision diagram, strategi perawatan preventive terpilih komponen bearing adalah scheduled on-condition task yaitu pemberian pelumas pada komponen dalam interval waktu 481,88 jam sekali. Berdasarkan tabel 4.57 diatas untuk future kegiatan perawatan komponen *gearbox* dapat dilihat bahwa kegiatan perawatan dimulai dari komponen telah masuk waktu perbaikan, selanjutnya dilakukan identifikasi masalah yaitu melihat kondisi pelumasan *gearbox* selama 5 menit, selanjutnya mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan yaitu mempersiapkan peralatan untuk melumasi *gearbox* dengan oli selama 2 menit lalu melakukan perawatan yaitu memberi oli pelumas pada komponen *gearbox* selama 30 menit. Dalam melakukan perawatan komponen *gearbox* yaitu dengan *scheduled on-condition task* maka perawatan dilakukan dengan kondisi Mesin Granulator 02 sedang beroperasi. Dengan demikian maka nilai NVA pada kegiatan perawatan *preventive* dapat berkurang dari kegiatan perawatan *corrective* sebelumnya. Kondisi durasi kegiatan perawatan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive* dapat dilihat pada tabel 4.44

Tabel 4.44
Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen *Gearbox*

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi Corrective (menit)	Durasi Preventive (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	45	0	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	900	0	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	1500	0	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	180	5	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	45	0	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	30	0	MTTO	NVA

8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	1070	0	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25	2	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	1655	30	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	0	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0	0		
Jumlah MMLT		5460	37		
MTTO		3795	7		
MTTR		1655	30		
MTTY		10	0		

Berdasarkan tabel 4.44 dapat dilihat bahwa kegiatan perawatan *preventive scheduled on-condition task* memiliki durasi waktu kegiatan NVA yang lebih sedikit daripada kegiatan perawatan *corrective maintenance*.

Kemudian dilakukan klasifikasi untuk komponen motor listrik. Tabel 4.45 menunjukkan kegiatan perawatan komponen motor listrik dengan kategori MMLT dan kategori aktivitas

Tabel 4.45
Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen Motor Listrik

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	0	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintenance	0	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	0	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	5	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	5	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	5	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	0	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	15	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	1200	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0		
Jumlah MMLT		1240		
MTTO		30		
MTTR		1200		
MTTY		10		

Menurut hasil RCM II decision diagram, strategi perawatan preventive terpilih komponen motor listrik adalah *scheduled restoration task* melakukan restorasi atau

pengembalian kondisi komponen ke keadaan original dalam interval waktu 1220,89 jam sekali. Berdasarkan tabel 4.59 diatas untuk *future* kegiatan perawatan komponen motor listrik dapat dilihat bahwa kegiatan perawatan dimulai dari komponen telah masuk waktu perawatan, selanjutnya dilakukan identifikasi masalah yaitu melihat kondisi komponen motor listrik selama 5 menit, selanjutnya melakukan identifikasi sumberdaya yaitu mengidentifikasi sub komponen motor listrik yang akan diperbaiki dengan peralatan yang tersedia selama 5 menit selanjutnya mengalokasikan sumberdaya yaitu memutuskan bagian masa saja yang akan di restorasi selama 5 menit kemudian mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan yaitu mempersiapkan peralatan untuk melakukan restorasi selama 15 menit lalu melakukan perawatan yaitu melakukan restorasi komponen selama 1200 menit. Dalam melakukan perawatan komponen motor listrik yaitu dengan *scheduled restoration task* maka perawatan dilakukan dengan kondisi Mesin Granulator 02 berhenti beroperasi. Kemudian setelah selesai diperbaiki maka selanjutnya menjalankan mesin setelah diperbaiki selama 10 menit dengan tujuan untuk melihat kondisi komponen motor listrik telah dapat berjalan dengan normal. Dengan demikian maka nilai NVA pada kegiatan perawatan *preventive* dapat berkurang dari kegiatan perawatan *corrective* sebelumnya. Kondisi durasi kegiatan perawatan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive* dapat dilihat pada tabel 4.46

Tabel 4.46

Klasifikasi Kegiatan Perawatan Komponen Motor Listrik

No.	Rincian Kegiatan Perawatan	Durasi Corrective (menit)	Durasi Preventive (menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Komponen mengalami kerusakan	-	-		
2	Operator tidak melihat komponen yang rusak	15	0	MTTO	NVA
3	Menyampaikan Masalah Kerusakan kepada kepala divisi produksi dan kepala divisi maintennce	900	0	MTTO	NVA
4	Menunggu Teknisi merespon kerusakan	2580	0	MTTO	NVA
5	Identifikasi masalah	360	5	MTTO	NVA
6	Identifikasi sumberdaya (<i>sparepart</i> , peralatan, teknisi)	120	5	MTTO	NVA
7	Mengalokasikan sumberdaya	25	5	MTTO	NVA
8	Menunggu Ketersediaan <i>sparepart</i>	3900	0	MTTO	NVA
9	Mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan	25	15	MTTO	NVA
10	Melakukan perbaikan	1200	920	MTTR	VA
11	Menjalankan mesin setelah diperbaiki (memeriksa apakah sudah berfungsi dengan normal)	10	10	MTTY	NVA
12	Pekerjaan perawatan selesai	0	0		
Jumlah MMLT		9135	960		
MTTO		7925	30		
MTTR		1200	920		

MTTY	10	10			
------	----	----	--	--	--

Berdasarkan tabel 4.46 dapat dilihat bahwa kegiatan perawatan *preventive scheduled restoration task* memiliki durasi waktu kegiatan NVA yang lebih sedikit daripada kegiatan perawatan *corrective maintenance*.

b. Penggambaran *Future State Map* Kegiatan Perawatan Komponen

Berdasarkan pengamatan aktivitas perawatan aktual pada komponen *fanbelt* maka dapat diperoleh gambar *future state map* yaitu menggambarkan urutan aktivitas perawatan komponen *fanbelt* tersebut menjadi sebuah gambar aliran proses yang ditunjukkan pada gambar 4.33 berikut:



Komponen mengalami kerusakan



NVA = 20
VA = 60

Gambar 4.33 Future State Map Preventive Maintenance Komponen Fanbelt

c. Perhitungan *Value Added Activity* dan *Non-Value Added Activity* Pada Aktivitas Perawatan

Berdasarkan penggambaran aliran aktivitas perawatan, maka didapatkan aktivitas yang memberikan nilai tambah hanya aktivitas melakukan perbaikan, sedangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah meliputi menyampaikan masalah, *delay* akibat operator lambat merespon kerusakan, identifikasi masalah, identifikasi sumberdaya, mengalokasikan sumberdaya, *Delay* akibat spare part tidak ada, mempersiapkan pekerjaan yang akan dilakukan, dan menjalankan mesin setelah diperbaiki. Sehingga dapat dilakukan perhitungan *value added activity* komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{60}{80} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 75\%$$

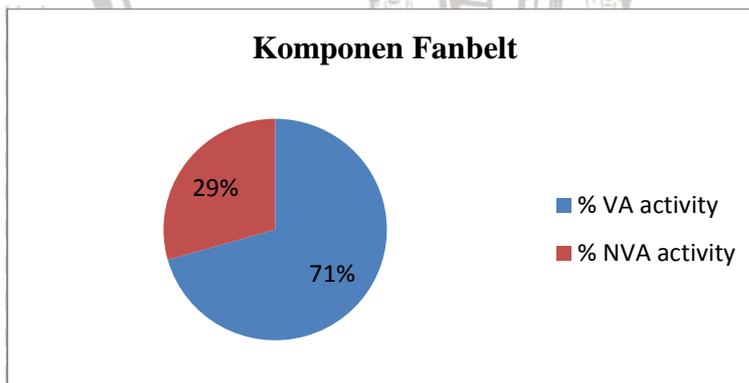
Untuk perhitungan *non value added activity* sebagai berikut:

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{20}{80} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 25\%$$

Hasil perhitungan VA dan NVA kemudian digambarkan dengan menggunakan pie chart yang ditunjukkan pada gambar 4.34



Gambar 4.34 *Pie Chart* Aktivitas VA dan NVA Kegiatan Perawatan Komponen *Fanbelt*

Pada gambar 4.34 menunjukkan bahwa pada aktivitas perawatan future komponen *fanbelt*, aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah memiliki prosentase yang lebih kecil dibandingkan aktivitas yang memberikan nilai tambah, maka hal ini menunjukkan efisiensi aktivitas perawatan tersebut tinggi. Sebanyak 25% aktivitas perawatan yang dilakukan pada perbaikan komponen *fanbelt* tersebut merupakan aktivitas yang tidak memberikan

nilai tambah, dan aktivitas yang memberikan nilai tambah hanya sebesar 75%. sehingga dapat dilakukan perhitungan efisiensi perawatan komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{60}{80} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 75\%$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan VA dan NVA untuk seluruh kegiatan *future* perawatan komponen Mesin Granulator 02 yang dapat dilihat pada lampiran x.

Rekapitulasi perhitungan kategori aktivitas kegiatan perawatan *future* state dapat dilihat pada tabel 4.47

Tabel 4.47

Rekapitulasi Perhitungan Kategori Aktivitas dan Kategori MMLT

Kategori	Komponen			
	<i>Fanbelt</i>	Bearing	<i>Gearbox</i>	Motor Listrik
MTTO	10	7	7	30
MTTR	60	15	30	920
MTTY	10	0	0	10
Jumlah MMLT	80	22	37	960
% VA	75	68,182	81,081	95,883
%NVA	25	31,818	18,919	4,167
% Efisiensi Perawatan	75	68,182	81,081	95,883

Berdasarkan perhitungan *future* MVSM dapat diketahui waktu proses yang dibutuhkan dalam melakukan strategi perawatan *preventive* untuk masing masing komponen. Waktu proses perawatan untuk komponen *fanbelt* dengan strategi terpilih *scheduled discard task* yaitu selama 80 menit. Selanjutnya Waktu proses perawatan untuk komponen bearing dengan strategi terpilih *scheduled on-condition task* yaitu selama 22 menit. Kemudian Waktu proses perawatan untuk komponen *gearbox* dengan strategi terpilih *scheduled on-condition task* yaitu selama 37 menit dan waktu proses perawatan untuk komponen motor listrik dengan strategi terpilih *scheduled restoration task* yaitu selama 960 menit. Waktu ini akan digunakan dalam perhitungan biaya perbaikan komponen *preventive*.

4.9 Penentuan Interval Waktu Perawatan dengan Mempertimbangkan Total Biaya

Perawatan Preventive

Dalam RCM II *Decision Worksheet* setelah menentukan *proposed task* maka selanjutnya adalah menentukan *initial interval* yang mempertimbangkan biaya kegiatan untuk melakukan *proposed task* yang telah ditentukan. Sebelum menentukan *initial interval* maka perlu mengitung total biaya perawatan. Biaya yang diperlukan dalam melakukan perhitungan total biaya perawatan meliputi biaya tenaga kerja, biaya kerugian,

biaya perbaikan komponen, biaya *failure* (Cf), dan biaya *preventive* (Cp). Kemudian, setelah mengetahui total biaya perawatan, selanjutnya akan dilakukan perhitungan interval perawatan untuk setiap komponen Mesin Granulator 02 ini merupakan perhitungan biaya-biaya yang dibutuhkan sampai menentukan interval waktu perawatan dan total biaya perawatan.

1. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk membayar pekerja, dalam hal ini yaitu pekerja yang melakukan tindakan maintenance pada mesin-mesin di proses pembuatan pupuk. Perhitungan biaya tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 4.48 berikut ini.

Tabel 4. 48

Biaya Tenaga Kerja

Total Biaya Tenaga Kerja (Rp/Jam)	50.000,000
-----------------------------------	------------

Sumber: PT Tiara Kurnia

PT Tiara Kurnia memberi gaji teknisi dengan hitungan per jam yaitu Rp 50.000 per jam. Sehingga gaji ini juga dapat ditetapkan sebagai gaji untuk operator yang melakukan perawatan preventive seperti on-condition task.

2. Biaya kerugian produksi

Biaya kerugian produksi merupakan biaya yang timbul akibat terjadinya *downtime*. Hal tersebut menyebabkan perusahaan mengalami kerugian karena mesin tidak dapat berproduksi. Biaya kerugian produksi didapatkan dari hasil perkalian antara jumlah produksi pupuk (kg)/jam dengan harga jual pupuk/kg. Biaya kerugian produksi berlaku untuk *discard task* dan *scheduled restoration task*. Hal ini disebabkan karena untuk melakukan task tersebut Mesin Granulator 02 harus dalam kondisi mati. Sehingga mesin tidak dapat digunakan dalam proses produksi. mesin yang tidak dapat melakukan proses produksi akan menimbulkan kerugian. Dalam satu hari kerja terdapat 7 jam kerja dengan kapasitas produksi 15 ton sehingga dalam 1 jam kerja kapasitas produksi sebanyak 1071,428571 kg Berikut ini merupakan perhitungan dari biaya kerugian produksi.

$$\text{Jumlah produksi pupuk (kg)/jam} = 1071,428571 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga jual pupuk/kg} = \text{Rp } 45.000,000/\text{kg}$$

$$\text{Biaya kerugian produksi} = \text{jumlah produksi pupuk (kg)/jam} \times \text{harga jual pupuk/kg}$$

$$= 1071,428571 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 45.000,000/\text{kg}$$

$$= \text{Rp } 48.214,286$$

Untuk melakukan *scheduled on-condition task* Mesin Granulator 02 tidak harus dimatikan artinya proses produksi dapat terus berjalan sembari melakukan task tersebut. Sehingga tidak ada biaya kerugian produksi. Rekapitulasi biaya kerugian produksi masing-masing proposed task dapat dilihat pada tabel 4.49

Tabel 4.49
Rekapitulasi Biaya Kerugian Produksi Masing-masing *Proposed Task*

No	Proposed Task	Biaya Kerugian Produksi
1.	Scheduled Restoration Task	Rp 48.214,286
2	Discard task	Rp 48.214,286
3	Scheduled On-Condition Task	Rp 0

3. Biaya Perbaikan Komponen Waktu *Corrective*

Biaya perbaikan komponen adalah biaya yang timbul karena adanya kerusakan komponen yang membutuhkan penggantian atau perbaikan komponen pada Mesin Granulator 02. Sedangkan, waktu *corrective* adalah waktu yang diperoleh dari hasil perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) dan waktu *preventive* adalah waktu yang digunakan oleh perusahaan untuk melakukan perbaikan serta pengecekan sebelum mesin dioperasikan. Harga komponen, waktu *corrective*, dan waktu *preventive* Mesin Granulator 02 dapat dilihat pada Tabel 4.50 berikut ini.

Tabel 4. 50
Harga Komponen dan Waktu *Corrective* Komponen Mesin Granulator 02

No	Nama Komponen	Harga Komponen (Rp)	Waktu <i>Corrective</i> (Jam)
1.	<i>Fanbelt</i>	Rp30.540	8,372
2.	Bearing	Rp65.000	11,06
3.	<i>Gearbox</i>	Rp450.000	14,67
4.	Motor Listrik	Rp500.000	16,814

Sumber: PT Tiara Kurnia

4. Biaya Perbaikan Komponen Waktu *Preventive*

Biaya perbaikan komponen *preventive* adalah biaya yang timbul untuk melakukan task *preventive* komponen pada Mesin Granulator 02 yang telah ditentukan sebelumnya.

Waktu *preventive* adalah waktu yang digunakan oleh perusahaan untuk melakukan *proposed task*. Biaya melakukan task *preventive* sesuai dengan *proposed task* dan waktu *preventive* Mesin Granulator 02 dapat dilihat pada Tabel 4.51

Harga untuk *discard task* yaitu mengganti komponen *fanbelt* yang putus adalah sebesar Rp 30.450 untuk *scheduled on-condition task* yaitu dengan memberikan perawatan berkala untuk mengetahui dan memperbaiki potential failure biaya yang dikeluarkan untuk

task ini yaitu sebesar Rp 5.250 *Task* ini dilakukan pada komponen *bearing*. Untuk komponen *gearbox* dilakukan *scheduled on-condition task* juga dengan biaya Rp 5.250. Sedangkan motor listrik dilakukan *scheduled restoration task* yaitu merupakan kegiatan untuk mengembalikan resistensi kegagalan komponen ke keadaan semula atau original. Harga yang dikeluarkan untuk *scheduled restoration task* pada motor listrik adalah sebesar Rp 95.000

Waktu preventive ditentukan berdasarkan waktu VA (*Value Added*) dan NVA (*Non-Value Added*) hasil penggambaran *future state mapping* pada masing-masing komponen. Waktu proses perawatan untuk komponen *fanbelt* dengan strategi terpilih *scheduled discard task* yaitu selama 80 menit. Selanjutnya waktu proses perawatan untuk komponen *bearing* dengan strategi terpilih *scheduled on-condition task* yaitu selama 22 menit. Kemudian waktu proses perawatan untuk komponen *gearbox* dengan strategi terpilih *scheduled on-condition task* yaitu selama 37 menit dan waktu proses perawatan untuk komponen motor listrik dengan strategi terpilih *scheduled restoration task* yaitu selama 960 menit.

Tabel 4. 51
Harga Komponen dan Waktu *Preventive* Komponen Mesin Granulator 02

No	Nama Komponen	Proposed Task	Harga (Rp)	Waktu Preventive (Jam)	Waktu Preventive (Menit)
1.	<i>Fanbelt</i>	<i>Discard Task</i>	Rp 30.540	1,333333333	80
2.	<i>Bearing</i>	<i>Scheduled on-condition task</i>	Rp 5.250	0,366666667	22
3.	<i>Gearbox</i>	<i>Scheduled on-condition task</i>	Rp 5.250	0,616666667	37
4.	Motor Listrik	<i>Scheduled restoration task</i>	Rp 95.000	4	960

5. Biaya *Failure* (Cf) dan Biaya *Preventive* (Cp)

Failure cost (Cf) adalah biaya yang timbul akibat terjadinya kerusakan mesin atau *downtime* yang menyebabkan proses produksi terhenti. Perhitungan biaya Cf meliputi biaya tenaga kerja, biaya kerugian, waktu *corrective*, dan harga komponen. *Preventive cost* (Cp) adalah biaya yang timbul karena adanya kegiatan perawatan sebelum mesin mengalami *downtime*. Perhitungan biaya Cp meliputi biaya tenaga kerja, biaya kerugian, waktu *preventive*, dan harga komponen. Berikut ini merupakan perhitungan *failure cost* (Cf) dan *preventive cost* (Cp) untuk komponen *fanbelt* Mesin Granulator 02 dengan menggunakan rumus (2-17) dan (2-18).

$$\begin{aligned}
 Cf &= [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tf] + \text{Harga Komponen} \\
 &= [(Rp 50.000,000 + Rp48.214,286) \times 8,372 \text{ jam}] + Rp 30.540,000 \\
 &= Rp404.099.140
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times T_p] + \text{Harga Komponen} \\
 &= [(\text{Rp } 50.000,00 + \text{Rp } 48.214,286) \times 1,333 \text{ jam}] + \text{Rp } 30.540,000 \\
 &= \text{Rp } 64.382.921
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, perhitungan komponen Mesin Granulator 02 lainnya dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Pada Tabel 4.52 berikut ini merupakan hasil rekapitulasi *failure cost* (Cf) and *preventive cost* (Cp).

Tabel 4.52
Failure Cost (Cf) dan Preventive Cost (Cp) Komponen Mesin Granulator 02

No	Nama Komponen	Failure Cost (Cf)	Preventive Cost (Cp)
1.	Fanbelt	Rp 404.099.140	Rp 64.382.921
2.	Bearing	Rp 533.868.000	Rp 23.583
3.	Gearbox	Rp 708.487.071	Rp 36.083
4.	Motor Listrik	Rp 812.015.700	Rp 193.152.143

Berdasarkan Tabel 4.22 dapat diketahui bahwa biaya yang dikeluarkan untuk perawatan komponen dengan menggunakan waktu *preventive* lebih kecil daripada biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan komponen dengan menggunakan waktu *corrective*.

6. Interval Waktu Perawatan

Setelah menghitung *failure cost* (Cf) dan *preventive cost* (Cp) setiap komponen pada Mesin Granulator 02, langkah selanjutnya adalah menghitung interval perawatan untuk setiap komponen kritis tersebut. Berikut ini merupakan perhitungan interval waktu perawatan komponen *fanbelt* yang dilakukan dengan menggunakan rumus (2-54).

$$\begin{aligned}
 TM &= \theta \left[\frac{C_p}{C_f(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\
 TM &= 717,90 \left[\frac{\text{Rp } 64.382.921}{\text{Rp } 404.099,140(2,475 - 1)} \right]^{\frac{1}{2,47}} \\
 TM &= 460,1170 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa interval waktu perawatan untuk komponen *fanbelt* Mesin Granulator 02 adalah sebesar 460,1170 jam. Perhitungan interval waktu perawatan komponen Mesin Granulator 02 lainnya dapat dilihat pada Lampiran 3. Rekapitulasi perhitungan interval waktu perawatan komponen (TM) dapat dilihat pada tabel 4.53. Interval waktu perawatan akan digunakan sebagai jangka waktu atau penjadwalan untuk dilakukan kegiatan pemeliharaan dan perawatan rutin mesin.

Tabel 4.53
Rekapitulasi Perhitungan Interval Waktu Perawatan Komponen (TM)

No	Nama Komponen	TM (Jam)
1.	<i>Fanbelt</i>	460,1170
2.	Bearing	36,2426
3.	<i>Gearbox</i>	30,2074
4.	Motor Listrik	1220,5164

7. Total Biaya Perawatan

Setelah mendapatkan interval waktu perawatan untuk masing-masing komponen Mesin Granulator 02, maka dilakukan perhitungan total biaya perawatan. Perhitungan dilakukan dengan menghitung total biaya perawatan sebelum dan setelah menggunakan interval waktu perawatan. Berikut ini merupakan perhitungan total biaya perawatan untuk komponen *fanbelt* Mesin Granulator 02 dengan menggunakan rumus (2-19).

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

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

$$TC = \frac{\text{Rp } 64.382.921}{636,96} + \frac{\text{Rp } 404.099,140}{717,90^{2,47}} 636,96^{2,47-1}$$

$$TC = \text{Rp } 572.914$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

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

$$TC = \frac{\text{Rp } 64.382.921}{343,96} + \frac{\text{Rp } 404.099,140}{717,90^{2,47}} 343,96^{2,47-1}$$

$$TC = \text{Rp } 369.826$$

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui total biaya perawatan sebelum dan sesudah menggunakan interval waktu perawatan (TM) untuk komponen *fanbelt* Mesin Granulator 02. Perhitungan total biaya perawatan untuk masing-masing komponen Mesin Granulator 02 lainnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Pada Tabel 4.54 berikut ini merupakan hasil rekapitulasi interval waktu perawatan dan total biaya perawatan sebelum dan sesudah menggunakan TM setiap komponen Mesin Granulator 02.

Tabel 4.54

Interval Waktu Perawatan dan Total Biaya Perawatan Sebelum dan Sesudah Menggunakan TM Komponen Mesin Granulator 02

Komponen	MTTF (Jam)	TM (Jam)	TC (MTTF)	TC (TM)
----------	------------	----------	-----------	---------

<i>Fanbelt</i>	636,96	460,1170	Rp 572.914	Rp 369.826
Bearing	933	36,2426	Rp 403.664	Rp 943
<i>Gearbox</i>	1073,03	30,2074	Rp 475.506	Rp 1.841
Motor Listrik	1508,94	1220,5164	Rp 497.816	Rp 304.117

Berdasarkan Tabel 4.54 di atas dapat diketahui perbandingan total biaya sebelum dan sesudah menggunakan interval waktu perawatan (TM). Sesudah menggunakan interval waktu perawatan total biaya lebih kecil daripada sebelum menggunakan interval waktu perawatan

4.9.1 Perhitungan Keandalan Komponen Mesin Granulator 02

Perhitungan keandalan setiap komponen mesin Pan 02 dilakukan dengan menghitung keandalan sebelum dan sesudah menggunakan interval waktu perawatan (TM). Berikut ini merupakan perhitungan keandalan komponen *fanbelt* Mesin Granulator 02 menggunakan rumus (2-7).

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

Data *Time to Failure* (TTF) komponen *fanbelt* memiliki bentuk distribusi weibull, sehingga untuk menghitung keandalan komponen *fanbelt* saat ini, digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Data *t* (*time to failure*) yang digunakan dalam perhitungan keandalan *fanbelt* adalah *t* rata-rata (Mean Time to Failure). Perhitungan keandalan komponen *fanbelt* adalah sebagai berikut.

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

$$R(t) = 1 - 0,525$$

$$R(t) = 0,4753 \sim 47,5\%$$

Jadi, nilai keandalan *fanbelt* saat ini adalah sebesar 47,5 %.

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

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

$$R(t) = 1 - 0,14941$$

$$R(t) = 0,85058 \sim 85,05\%$$

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui nilai keandalan sebelum dan sesudah menggunakan interval waktu perawatan (TM) untuk komponen *fanbelt* Mesin Granulator 02. Perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing komponen Mesin Granulator 02 lainnya dapat dilihat pada Lampiran 5. Pada Tabel 4.55 berikut ini merupakan hasil rekapitulasi nilai keandalan sebelum dan sesudah menggunakan TM setiap komponen mesin PAN 02.

Tabel 4.55
Nilai Keandalan Sebelum dan Sesudah Menggunakan TM Komponen Mesin Granulator 02

Komponen	% Keandalan (MTTF)	% Keandalan (TM)
<i>Fanbelt</i>	47,53	85,05
Bearing	49,39	99,98
<i>Gearbox</i>	48,67	92,90
Motor Listrik	50,30	95,73

Berdasarkan Tabel 4.55 di atas dapat diketahui perbandingan nilai keandalan sebelum dan sesudah menggunakan interval waktu perawatan (TM). Dapat disimpulkan bahwa nilai keandalan sesudah menggunakan TM setiap komponen Mesin Granulator 02 lebih tinggi dibandingkan nilai keandalan sebelum menggunakan TM.

Tabel 4.56 menunjukkan hasil keseluruhan dari *decision worksheet*. Pada kolom *initial interval* berisi interval waktu perawatan yang telah dihitung dengan mempertimbangkan *failure cost* (Cf) dan *preventive cost* (Cp). Kolom *can be done by* memberikan informasi mengenai pihak yang akan melakukan kegiatan perawatan atau perbaikan terhadap komponen mesin yang mengalami kegagalan.

Tabel 4.56
RCM II *Decision Worksheet*

Unit/Item																
Item/Komponen																
Information Reference		Consequence Evaluation			H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be Done By			
No	Item	F	FF	FM	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H 4	H 5	S 4		
1	<i>Fanbelt</i>	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				Discard Task	460,1170	Teknisi
2	Bearing	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				Scheduled on-condition task	36,2426	Operator
3	<i>Gearbox</i>	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				Scheduled on-condition task	30,2074	Operator
4	Motor Listrik	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				Scheduled restoration	1220,5164	Teknisi

4.10 Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan yang dilakukan adalah analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), penentuan distribusi data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR), perhitungan *Mean Time to Failure* (TTF) dan *Mean Time to Repair* (TTR) untuk data komponen Mesin Granulator 02, total biaya perawatan dan keandalan dengan mempertimbangkan interval waktu perawatan, dan analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II.

4.10.1 Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) memberi informasi mengenai potensi kegagalan komponen serta penyebab dan akibat yang ditimbulkan dari kegagalan setiap komponen Mesin Granulator 02. Informasi tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi tindakan yang bisa dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi potensi kegagalan. Melalui penyusunan FMEA dapat diketahui komponen pada Mesin Granulator 02 dengan melakukan perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN) dan memilih nilai RPN tertinggi. Berdasarkan perhitungan nilai RPN, didapatkan 4 komponen Mesin Granulator 02, yaitu komponen *fanbelt*, bearing, *gearbox*, dan motor listrik. Nilai RPN tertinggi ada pada komponen motor listrik, yaitu sebesar 112. Komponen motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik agar *gearbox* dapat berputar untuk menggerakkan pan. Kegagalan fungsi yang terjadi pada motor listrik yaitu motor listrik mengalami konsleting sehingga pan tidak dapat berputar. Nilai severity komponen motor listrik sebesar 7 karena kegagalan mengganggu 50% kerja sistem, untuk nilai occurrence diberikan nilai sebesar 2 karena kegagalan terjadi sebanyak 4 kali dalam satu tahun dan nilai detection sebesar 8 karena perawatan preventive memiliki sedikit kemungkinan untuk mendeteksi penyebab kegagalan. Komponen selanjutnya yaitu komponen *fanbelt* dengan nilai RPN sebesar 108. Komponen *fanbelt* berfungsi untuk menghubungkan motor listrik dengan *gearbox* agar dapat menggerakkan pan. Kegagalan fungsi yang terjadi pada *fanbelt* yaitu *Fanbelt* longgar atau putus sehingga tidak dapat menggerakkan *gearbox*. Nilai severity komponen motor sebesar 6 karena kegagalan mengganggu 25% kerja sistem, untuk nilai occurrence diberikan nilai sebesar 3 karena

kegagalan terjadi sebanyak 5 kali dalam satu tahun dan nilai detection sebesar 6 karena perawatan preventive memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab kegagalan. Komponen selanjutnya adalah komponen *gearbox* dengan nilai RPN sebesar 56. Komponen *gearbox* Berfungsi sebagai penghubung antara motor listrik dengan pan sekaligus mereduksi kecepatan motor listrik untuk memutar pan Kegagalan fungsi yang terjadi pada *gearbox* yaitu Roda gigi pada *Gearbox* aus atau patah sehingga tidak dapat menyalurkan energi dari motor listrik untuk memutar pan Nilai severity komponen *gearbox* sebesar 7 karena kegagalan mengganggu 50% kerja sistem, untuk nilai occurrence diberikan nilai sebesar 2 karena kegagalan terjadi sebanyak 4 kali dalam satu tahun dan nilai detection sebesar 4 karena perawatan preventive memiliki kemungkinan cukup tinggi untuk mendeteksi penyebab kegagalan. Komponen yang terakhir yaitu komponen bearing dengan nilai RPN sebesar 56. Komponen bearing Berfungsi sebagai bantalan atau tumpuan untuk poros pan saat pan sedang berputar. Kegagalan fungsi yang terjadi pada bearing yaitu Bearing aus atau retak sehingga tidak dapat menumpu poros pan dengan baik yang menyebabkan putaran pan macet Nilai severity komponen bearing sebesar 5 karena kegagalan mengganggu 10% kerja sistem, untuk nilai occurrence diberikan nilai sebesar 2 karena kegagalan terjadi sebanyak 4 kali dalam satu tahun dan nilai detection sebesar 5 karena perawatan preventive memiliki kemungkinan cukup untuk mendeteksi penyebab kegagalan.

4.10.2 Analisis Penentuan Distribusi Data *Time to Failure* (TTF) Dan *Time to Repair* (TTR) Komponen Mesin Granulator 02

Komponen Mesin Granulator 02 yang telah diketahui jenis kerusakannya berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan perhitungan nilai RPN, selanjutnya dilakukan identifikasi pola distribusi dari data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) setiap komponen tersebut. Identifikasi pola distribusi dilakukan untuk menentukan parameter yang sesuai dengan jenis distribusi data yang terpilih. Langkah pertama yang dilakukan dalam penentuan pola distribusi adalah menduga pola distribusi dari data TTF dan TTR sesuai dengan karakteristik beberapa jenis distribusi yang ada, setelah itu dilakukan pengujian data dengan menggunakan *software* Minitab 18. Rekapitulasi hasil pengujian distribusi dan nilai parameter data TTF setiap komponen Mesin Granulator 02 dengan menggunakan *software* Minitab 18 dapat dilihat pada Tabel 4.57

Tabel 4.57

Jenis Distribusi dan Nilai Parameter Data TTF Komponen Mesin Granulator 02

Nama Komponen	Jenis Distribusi	Parameter	
		β (Shape)	θ (Scale)
Fanbelt	Weibull	2,475	717,903
Bearing	Weibull	3,226	1039,59
Gearbox	Weibull	2,849	1204,10
Motor Listrik	Weibull	3,733	1668,45

Sedangkan untuk rekapitulasi pengujian distribusi untuk TTR dapat dilihat pada tabel 4.58

Tabel 4.58

Jenis Distribusi dan Nilai Parameter Data TTR Komponen Mesin Granulator 02

Nama Komponen	Jenis Distribusi	Parameter	
		β (Shape)	θ (Scale)
Fanbelt	Weibull	5,934	47,389
Bearing	Weibull	4,731	50,263
Gearbox	Weibull	6,599	63,657
Motor Listrik	Weibull	6,026	56,574

Berdasarkan karakteristik beberapa jenis distribusi yang ada, semua data TTF dan TTR pada tabel 4.57 dan 4.58 untuk setiap komponen Mesin Granulator 02 diduga berdistribusi weibull. Hal tersebut terjadi karena dilihat dari karakteristik distribusi weibull yang merupakan distribusi yang memiliki peranan penting pada persoalan keandalan (*reliability*) dan analisis perawatan dan biasa digunakan untuk menggambarkan umur dari suatu komponen yang berkaitan dengan laju kerusakan. Langkah selanjutnya setelah dilakukan pendugaan jenis distribusi, yaitu melakukan pengujian data TTF dan TTR komponen Mesin Granulator 02 dengan menggunakan software Minitab 18 untuk memastikan bahwa data TTF dan TTR benar berdistribusi weibull atau tidak. Selanjutnya dilakukan pengujian masih menggunakan *software* Minitab 18 untuk mengetahui nilai parameter masing-masing data dan digunakan untuk melakukan perhitungan MTTF dan MTTR.

4.10.3 Analisis Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) Untuk Time to Failure (TTF) Komponen Mesin Granulator 02

Nilai parameter data TTF komponen Mesin Granulator 02 yang telah diketahui digunakan untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dengan menggunakan rumus sesuai dengan jenis distribusi data yang telah terpilih. MTTF adalah rata-rata interval waktu pada saat komponen tersebut selesai diperbaiki sampai komponen tersebut mengalami kerusakan kembali. Rekapitulasi hasil perhitungan MTTF setiap komponen Mesin Granulator 02 dapat dilihat pada Tabel 4.59

Tabel 4.59

Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) Mesin Granulator 02

Nama Komponen	MTTF (Jam)
<i>Fanbelt</i>	636,96
Bearing	933
<i>Gearbox</i>	1073,03
Motor Listrik	1508,94

Hasil perhitungan MTTF untuk komponen *fanbelt* sebesar 636,96 jam, berarti rata-rata komponen tersebut dapat beroperasi sekitar 636,96 jam hingga tiba waktu kerusakan berikutnya, begitu pula untuk komponen lainnya. Sedangkan untuk MTTF komponen bearing sebesar 933jam, komponen *gearbox* sebesar 1073,03 jam dan komponen motor listrik sebesar 1508,94 jam

4.10.4 Analisis Perhitungan *Mean To Repair* (MTTR) Untuk *Time to Repair* (TTR) Komponen Mesin Granulator 02

Nilai paramater data TTR komponen Mesin Granulator 02 yang telah diketahui digunakan untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) dengan menggunakan rumus sesuai dengan jenis distribusi data yang telah terpilih. MTTR adalah rata-rata waktu yang digunakan untuk memperbaiki komponen yang mengalami kerusakan. Rekapitulasi hasil perhitungan MTTR setiap komponen Mesin Granulator 02 dapat dilihat pada Tabel 4.60

Tabel 4.60

Nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) Mesin Granulator 02

Nama Komponen	MTTR (Jam)
<i>Fanbelt</i>	44.05
Bearing	46.02
<i>Gearbox</i>	62.65
Motor Listrik	59.38

Hasil perhitungan MTTR untuk komponen *fanbelt* sebesar 44.05 jam, berarti waktu rata-rata komponen tersebut diperbaiki sekitar 44.05 jam sehingga pada saat komponen tersebut diperbaiki maka mesin tidak dapat beroperasi (downtime) sehingga waktu diperbaiki hingga mesin dapat digunakan kembali membutuhkan waktu 44.05 begitu pula untuk komponen lainnya. Sedangkan untuk MTTF komponen bearing sebesar 46.02 jam, komponen *gearbox* sebesar 62.65 jam dan komponen motor listrik sebesar 59.38 jam

4.10.5 Analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II

Pada subbab ini dijelaskan mengenai *proposed task* dan interval waktu perawatan yang diusulkan pada RCM II *decision worksheet*. Berikut ini merupakan uraian mengenai RCM II *decision worksheet*. Pada komponen *fanbelt*, kolom F tertulis 1, ini berarti fungsi

dari *fanbelt* adalah sebagai penghubung motor listrik dengan *gearbox* agar dapat menggerakkan pan. Selanjutnya, pada baris pertama kolom FF tertulis A, ini berarti *functional failure* yang dialami oleh function 1 yaitu *Fanbelt* longgar atau putus sehingga tidak dapat menggerakkan *gearbox*. Apabila function 1 mengalami kegagalan fungsi lainnya maka akan ditulis B pada baris kedua kolom FF dengan terlebih dahulu memberikan uraian jenis kegagalan tersebut pada kolom function failure. Pada kolom FM tertulis angka 1 berarti function 1 dengan *functional failure* A disebabkan oleh *failure mode* 1 yaitu melewati batas waktu penggunaannya. Apabila function 1 dengan *functional failure* 1 disebabkan oleh function mode lainnya, maka kolom FM pada baris kedua akan diberi angka 2 dengan terlebih dahulu memberikan uraian tentang *failure mode* tersebut pada kolom *failure mode*, sehingga F1 dengan FF1 disebabkan oleh FM2. Tetapi, dalam penelitian ini setiap fungsi komponen memiliki 1 function failure dan 1 failure mode.

Pada information reference menghasilkan 1-A-1, pada kolom H di *consequence evaluation* ditulis Y (*Yes*), yang berarti failure mode diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal. Pada kolom S ditulis N (*No*), yang berarti failure mode tidak berdampak pada keselamatan operator. Pada kolom E ditulis N (*No*), yang berarti *failure mode* tidak berdampak pada keselamatan lingkungan dan pada kolom O ditulis Y (*Yes*), yang berarti failure mode berdampak pada output produksi. Selanjutnya pada kolom H1/S1/O1/N1 ditulis N (*No*), yang berarti kegiatan mendeteksi kegagalan tidak *feasible* dilakukan dengan *on-condition task*. Selanjutnya pada kolom H2/S2/O2/N2 ditulis N (*No*), yang berarti kegiatan mendeteksi kegagalan tidak *feasible* dilakukan dengan *scheduled restoration task*. Selanjutnya pada kolom H3/S3/O3/N3 ditulis Y (*Yes*) sehingga *proposed task* yang dipilih adalah *scheduled discard task*. Hal tersebut berarti dilakukan penggantian *fanbelt* dengan yang baru sesuai dengan interval waktu perawatan yaitu 343,96 jam dan aktivitas tersebut dilakukan oleh teknisi. Pada komponen bearing dilakukan tindakan *scheduled on-condition task* dengan interval waktu perawatan 63,55 jam. Tindakan yang dilakukan pada komponen bearing adalah melakukan pemberian pelumas pada bearing. Untuk komponen *gearbox* dilakukan tindakan *scheduled restoration task* dengan interval waktu perawatan 481,88 jam dengan melakukan restorasi unruk mengembalikan resistensi *gearbox* ke keadaan semula. Untuk komponen motor listrik juga dilakukan *scheduled restoration task* dengan interval waktu 720,89 jam yang bertujuan untuk mengembalikan resistensi kegagalan motor listrik pada keadaan semula atau original.

4.10.6 Analisis Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)

Setelah menentukan strategi perawatan berdasarkan RCM II Decision Worksheet selanjutnya membuat *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) pada kegiatan perawatan yang dilakukan perusahaan saat ini. Perusahaan melakukan perawatan *corrective maintenance* untuk setiap kerusakan yang terjadi. Aktivitas perawatan *corrective* ini disebut dengan kondisi terkini (*current state*). Berdasarkan observasi dan wawancara dengan teknisi terdapat 12 aktivitas utama dalam kegiatan perawatan *corrective* pada setiap komponen. Pada tabel 4.61 menunjukkan rekapitulasi perhitungan kategori aktivitas dan kategori MMLT.

Tabel 4.61: Rekapitulasi Perhitungan Durasi Kegiatan *Current State* MVSM

Kategori	Komponen			
	<i>Fanbelt</i>	<i>Bearing</i>	<i>Gearbox</i>	<i>Motor Listrik</i>
MTTO	5990	5585	3795	7925
MTTR	60	180	1655	1200
MTTY	10	10	10	10
Jumlah MMLT	6060	5775	5460	9135
% VA	0,990	3,117	30,311	13,136
%NVA	99,01	96,883	69,689	86,864
% Efisiensi Perawatan	0,990	3,117	30,311	13,136

Berdasarkan penggambaran *current state mapping* dan perhitungan efisiensi perawatan yang dapat dilihat pada tabel 4.61 didapatkan bahwa aktivitas *non value added* (NVA) masih lebih banyak dibandingkan dengan aktivitas *value added*. Oleh karena itu, selanjutnya dilakukan analisis penyebab kegiatan NVA menggunakan diagram *ishikawa*. Analisis ini dilakukan untuk seluruh kegiatan NVA. Terdapat 8 aktivitas NVA yang dianalisis menggunakan diagram *ishikawa*. dari masing-masing diagram *ishikawa* akan diidentifikasi akar penyebab terjadinya NVA. Selanjutnya ditentukan solusi dari akar penyebab berdasarkan diagram *ishikawa*. Solusi yang ditemukan adalah berupa penghilangan NVA atau pengurangan durasi NVA yang masih diperlukan. Berdasarkan analisis diagram *ishikawa* akar penyebab durasi NVA yang lama disebabkan karena kurangnya informasi antara operator, teknisi, kepala produksi dan divisi *maintenance*. Aliran informasi yang dibutuhkan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi keadaan tidak normal komponen
2. Mencatat permasalahan
3. Mencatat gejala hingga rusak
4. Mencatat kebutuhan perbaikan
5. Mencatat alokasi sumberdaya

6. Mencatat waktu yang dibutuhkan untuk mendatangkan *sparepart*
7. Indikator persiapan perbaikan

Berdasarkan analisis solusi tersebut selanjutnya dilakukan penggambaran *future MVSM* dengan NVA yang telah dihilangkan atau NVA yang durasinya telah dikurangi:

Tabel 4.62
Rekapitulasi Perhitungan Durasi Kegiatan *Future State MVSM*

Kategori	Komponen			
	<i>Fanbelt</i>	Bearing	<i>Gearbox</i>	Motor Listrik
MTTO	10	7	7	30
MTTR	60	15	30	920
MTTY	10	0	0	10
Jumlah MMLT	80	22	37	960
% VA	75	68,182	81,081	95,883
%NVA	25	31,818	18,919	4,167
% Efisiensi Perawatan	75	68,182	81,081	95,883

Berdasarkan tabel 4.62 dapat diketahui bahwa efisiensi perawatan untuk masing-masing komponen meningkat dari pada saat *current state*. Selain itu durasi kegiatan juga lebih pendek dari *current state*. Hal ini disebabkan karena penentuan durasi VA juga mempertimbangkan strategi terpilih dari RCM II.

4.10.7 Analisis Penentuan Interval Waktu Perawatan dengan Mempertimbangkan Total Biaya Perawatan

Hasil perhitungan interval waktu perawatan digunakan sebagai pertimbangan dalam melakukan perhitungan total biaya perawatan dan keandalan. Perhitungan total biaya perawatan optimal dan keandalan dilakukan dengan membandingkan antara interval waktu perawatan dengan nilai MTTF. Tujuan dari perbandingan perhitungan ini adalah untuk mengetahui total biaya perawatan yang paling optimal dan diajukan sebagai saran untuk perusahaan. Hasil rekapitulasi perbandingan total biaya perawatan dan keandalan untuk setiap komponen Mesin Granulator 02 dapat dilihat pada Tabel 4.63 berikut ini.

Tabel 4.63
Rekapitulasi Perbandingan Total Biaya Perawatan dan Keandalan

No	Komponen	MTTF (Jam)	TM (Jam)	TC (MTTF)	TC (TM)	R (MTTF)	R (TM)
1	<i>Fanbelt</i>	636,96	343,96	Rp 624.977	Rp 471.877	47,53%	85,05%
2	Bearing	933	63,55	Rp 405.507	Rp 3.306	49,39%	99,98%
3	<i>Gearbox</i>	1073,03	481,88	Rp 567.443	Rp 309.453	48,67%	92,90%
4	Motor Listrik	1508,94	1220,89	Rp 434.882	Rp 183.749	50,30%	95,73%

Berdasarkan Tabel 4.63 di atas, dapat diketahui bahwa dengan menggunakan interval waktu perawatan (TM), total biaya perawatan untuk setiap komponen Mesin Granulator 02 lebih kecil dan nilai keandalan lebih meningkat dibandingkan dengan

menggunakan MTTF. Untuk komponen *fanbelt* dengan interval waktu perawatan sebesar 636,96 jam, total biaya perawatan yang awalnya sebesar Rp 74.294 per jam mengalami penurunan menjadi Rp 26.065 per jam. Selain itu, nilai keandalan komponen *fanbelt* yang awalnya bernilai 47,53 % mengalami peningkatan menjadi 99,87 % Untuk komponen bearing dengan interval waktu perawatan sebesar 933 jam, total biaya perawatan yang awalnya sebesar Rp 405.496 per jam mengalami penurunan menjadi Rp 3.147 per jam. Selain itu, nilai keandalan komponen bearing yang awalnya bernilai 49,39 % mengalami peningkatan menjadi 99,98 %. Untuk komponen *gearbox* dengan interval waktu perawatan sebesar 1073,03 jam, total biaya perawatan yang awalnya sebesar Rp 477.377 per jam mengalami penurunan menjadi Rp 4.339 per jam. Selain itu, nilai keandalan komponen *gearbox* yang awalnya bernilai 48,67 % mengalami peningkatan menjadi 99,98 % Terakhir, untuk komponen motor listrik dengan interval waktu perawatan sebesar 1508,94 jam, total biaya perawatan yang awalnya sebesar Rp 371.110 per jam mengalami penurunan menjadi Rp 5.227 per jam. Selain itu, nilai keandalan komponen motor listrik yang awalnya bernilai 50,30 % mengalami peningkatan menjadi 99,98 %. Dari penjabaran hasil perbandingan tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa dengan menggunakan interval waktu perawatan (TM) total biaya perawatan bisa lebih optimal dan nilai keandalan meningkat dibandingkan menggunakan MTTF.

4.11 Rekomendasi perbaikan

Rekomendasi perbaikan yang dilakukan menggunakan metode pilar Total Productive Maintenance. Terdapat delapan pilar TPM namun dalam penelitian ini hanya berfokus pada empat pilar TPM yang diantaranya adalah *Autonomous Maintenance*, *Planned Maintenance*, *Tool management (Office TPM)* dan *Training*. Empat pilar dalam TPM ini merupakan pilar yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Pilar TPM dapat meningkatkan produktivitas sebagai rekomendasi perbaikan yang dilakukan pada identifikasi *failure mode* Tabel 4.64 menunjukkan rekomendasi perbaikan berdasarkan konsep untuk 4 pilar TPM terhadap empat komponen.

Tabel 4.64

Rekomendasi Perbaikan Berdasarkan Empat Pilar TPM

Komponen	<i>Failure Mode</i>	<i>Autonomous Maintenance</i>	<i>Planned Maintenance</i>	<i>Tool Management (Office TPM)</i>	<i>Training</i>
<i>Fanbelt</i>	<i>Fanbelt</i> longgar atau putus	- Memberikan <i>jobdesc</i> kepada operator untuk melakukan pengecekan terhadap gejala kerusakan komponen	Melakukan strategi <i>schedule discard task</i> setiap 460,1170 jam sekali	Membuat dan memberikan catatan gejala kerusakan kepada operator sehingga operator dapat	Melakukan training agar operator dapat mengetahui gejala kerusakan dan

repository.ub.ac.id			<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan strategi <i>preventive maintenance</i> yaitu <i>schedule discard task</i> dengan aktivitas perawatan mengganti <i>fanbelt</i> dengan rutin sesuai dengan interval perawatan 	<p>mencatat gejala kerusakan</p> <p>Membuat dan memberikan <i>worksheet</i> kegiatan perawatan kepada teknisi agar teknisi dapat mengisi dan melakukan kegiatan sesuai <i>worksheet</i> kegiatan perawatan komponen</p>	<p>tindakan awal untuk mencegah gejala kerusakan menimbulkan gejala kerusakan yang lebih parah</p> <p>Memberikan edukasi kepada operator untuk mengisi catatan gejala kegagalan yang diberikan oleh perusahaan</p>
2	<i>Bearing</i> aus atau retak	<i>Bearing</i> aus atau retak	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan strategi <i>preventive maintenance</i> yaitu <i>schedule on-condition task</i> dengan aktivitas perawatan memberi pelumas <i>bearing</i> dengan rutin sesuai dengan interval perawatan - Memberikan <i>jobdesc</i> kepada operator untuk melakukan pengecekan terhadap gejala kerusakan komponen - Memberikan <i>jobdesc</i> kepada operator untuk melakukan pemberian oli sesuai dengan strategi terpilih 	<p>Melakukan strategi <i>schedule discard task</i> setiap 36,2426 jam sekali</p> <p>Membuat dan memberikan catatan gejala kerusakan dan <i>worksheet</i> kegiatan perawatan kepada operator sehingga operator dapat mencatat gejala kerusakan pada catatan gejala kerusakan dan operator dapat mengisi dan melakukan kegiatan sesuai <i>worksheet</i> kegiatan perawatan komponen</p>	<p>Melakukan training agar operator dapat mengetahui gejala kerusakan dan tindakan awal untuk mencegah gejala kerusakan menimbulkan gejala kerusakan yang lebih parah</p> <p>Memberikan edukasi kepada operator untuk mengisi catatan gejala kegagalan dan <i>worksheet</i> kegiatan perawatan yang diberikan oleh perusahaan</p> <p>Melakukan training agar operator dapat melakukan pemberian pelumas dengan benar</p>
3	<i>Gearbox</i> Roda gigi aus atau patah	Roda gigi <i>Gearbox</i> aus atau patah	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan strategi <i>preventive maintenance</i> yaitu <i>schedule on-condition task</i> dengan aktivitas perawatan memberi pelumas <i>gearbox</i> dengan rutin sesuai dengan interval perawatan - Memberikan <i>jobdesc</i> kepada operator untuk melakukan pengecekan terhadap gejala kerusakan komponen - Memberikan <i>jobdesc</i> kepada operator untuk 	<p>Melakukan strategi <i>schedule discard task</i> setiap 30,2074 jam sekali</p> <p>Membuat dan memberikan catatan gejala kerusakan dan <i>worksheet</i> kegiatan perawatan kepada operator sehingga operator dapat mencatat gejala kerusakan pada catatan gejala kerusakan dan operator dapat mengisi dan melakukan kegiatan sesuai <i>worksheet</i> kegiatan perawatan komponen</p>	<p>Melakukan training agar operator dapat mengetahui gejala kerusakan dan tindakan awal untuk mencegah gejala kerusakan menimbulkan gejala kerusakan yang lebih parah</p> <p>Memberikan edukasi kepada operator untuk mengisi catatan</p>

			melakukan pemberian oli sesuai dengan strategi terpilih			gejala kegagalan dan worksheet kegiatan perawatan yang diberikan oleh perusahaan
4	Motor Listrik	Motor listrik mengalami konsleting	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan strategi <i>preventive maintenance</i> yaitu <i>schedule restoration task</i> dengan aktivitas perawatan melakukan <i>rewinding</i> sesuai dengan interval perawatan - Memberikan <i>jobdesc</i> kepada operator untuk melakukan pengecekan terhadap gejala kerusakan komponen 	Melakukan strategi <i>schedule discard task</i> setiap 1220,5164 jam sekali	Membuat dan memberikan catatan gejala kerusakan kepada operator sehingga operator dapat mencatat gejala kerusakan pada catatan gejala kerusakan	Melakukan training agar operator dapat mengetahui gejala kerusakan dan tindakan awal untuk mencegah gejala kerusakan menimbulkan gejala kerusakan yang lebih parah
					Membuat dan memberikan worksheet kegiatan perawatan kepada teknisi agar teknisi dapat mengisi dan melakukan kegiatan sesuai <i>worksheet</i> kegiatan perawatan komponen	Memberikan edukasi kepada operator untuk mengisi catatan gejala kegagalan yang diberikan oleh perusahaan

Pilar TPM yang digunakan sebagai rekomendasi perbaikan yaitu *Autonomous Maintenance, Planned Maintenance, Tool managemet (Office TPM)* dan *Training*. Penjelasan mengenai rekomendasi perbaikan berdasarkan pilar TPM adalah sebagai berikut:

1. *Autonomous Maintenance*

Autonomous Maintenance atau *Jishu Hozen* memberikan tanggung jawab perawatan rutin kepada operator seperti pemberian lubrikasi/minyak dan inspeksi mesin. Dengan demikian, operator atau pekerja yang bersangkutan memiliki rasa kepemilikan yang tinggi, meningkatkan pengetahuan pekerja terhadap peralatan yang digunakannya. Berdasarkan hasil dari RCM II dapat diketahui bahwa setiap komponen memiliki strategi perawatan yang berbeda-beda untuk komponen fanbelt yaitu *scheduled discard task*, komponen bearing yaitu *scheduled on condition task*, komponen gearbox yaitu *scheduled on condition task* dan untuk komponen motor listrik yaitu *scheduled restoration task*. Tindakan atas strategi terpilih yaitu komponen fanbelt dengan mengganti komponen fanbelt,

komponen bearing dan gearbox dengan memberikan pelumas dan komponen motor listrik dengan melakukan *rewinding*. Untuk tindakan strategi *scheduled discard task* dan *scheduled retoration task* yaitu mengganti komponen fanbelt dan melakukan *rewinding* pada komponen motor listrik dilakukan oleh teknisi sedangkan untuk strategi *scheduled on-condition task* yaitu memberikan pelumas dapat dilakukan oleh operator

Berdasarkan strategi yang terpilih tersebut maka perusahaan dapat melibatkan peran operator untuk menjalankan strategi perawatan. Berdasarkan analisis *future MVSM* dapat diketahui bahwa terdapat kegiatan perawatan yang membutuhkan perencanaan dari pihak manajemen perusahaan serta membutuhkan peran operator agar kegiatan perawatan dapat berjalan sesuai dengan *future MVSM*. Kegiatan yang membutuhkan operator yaitu kegiatan pencatatan gejala kerusakan hal ini dilakukan karena operator merupakan orang yang selalu berada di lini produksi. catatan gejala kerusakan sangat bermanfaat bagi teknisi agar identifikasi masalah dilakukan dengan cepat sehingga waktu yang dibutuhkan pada saat melakukan kegiatan perawatan lebih efektif dan efisien

Dengan Pilar *Autonomous Maintenance*, komponen dapat dipastikan terlubrikasi dengan baik serta dapat mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah.

2. *Planned Maintenance*

Pilar *Planned Maintenance* menjadwalkan tugas perawatan berdasarkan tingkat kerusakan yang pernah terjadi dan atau tingkat kerusakan yang ditentukan berdasarkan *failure mode*. Berdasarkan hasil perhitungan interval perawatan dengan memperhatikan total biaya perawatan maka dapat diketahui interval perawatan untuk masing-masing komponen yaitu komponen fanbelt dilakukan setiap 460,117 jam sekali komponen bearing dilakukan setiap 36,242 jam sekali komponen gearbox dilakukan setiap 30,207 jam sekali komponen motor listrik dilakukan setiap 1220,5164 jam sekali. Dengan *Planned Maintenance* maka dapat melakukan perencanaan kegiatan perawatan baik untuk teknisi, pihak manajemen maupun untuk operator agar lebih siap untuk menjalankan tugas perawatan

3. *Tool managemet (Office TPM)*

Office TPM harus diprogram agar bisa meningkatkan produktivitas, efisiensi fungsi administrasi, serta identifikasi dan eliminasi kesalahan — kesalahan yang terjadi dalam berbagai proses. Berdasarkan analisis diagram *ishikawa* maka dapat diketahui proses *NVA* dalam aliran *MVSM* yang dapat dikurangi ataupun dihilangkan. Mengurangi waktu proses atau menghilangkan proses *NVA* tersebut dapat dilakukan apabila manajemen melakukan

perencanaan sebelum kegiatan perawatan dilaksanakan. Pada penelitian ini telah ditentukan interval waktu perawatan masing-masing komponen sehingga pihak manajemen harus dapat menyediakan sumberdaya yang diperlukan sebelum jatuh tempo waktu perawatan. Dalam hal ini terdapat 3 alat perencanaan yang direkomendasikan agar future MVSM dapat dijalankan. Alat perencanaan tersebut yaitu *worksheet* kegiatan perawatan, catatan gejala kerusakan dan daftar kebutuhan perawatan.

Worksheet kegiatan perawatan disediakan oleh perusahaan yang kemudian diisi oleh orang yang melakukan tindakan perawatan yaitu teknisi atau operator. Untuk catatan gejala kerusakan disediakan oleh perusahaan dan diisi oleh operator dan daftar kebutuhan perawatan disediakan oleh perusahaan dan teknisi yang mengisi untuk mengetahui kebutuhan perawatan seperti alat dan *sparepart* komponen.

4. *Training*

Pilar *Training* dan *Education* ini diperlukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan TPM (*Total Productive Maintenance*). Dalam hal ini kurangnya pengetahuan operator terhadap gejala kerusakan yang timbul dapat menimbulkan gejala kerusakan yang lebih parah pada komponen tersebut dan menyebabkan kerusakan komponen yang akhirnya merugikan perusahaan. Berdasarkan identifikasi pada diagram ishikawa operator sering tidak peka dan tidak mengetahui gejala kerusakan yang timbul pada komponen. Hal ini disebabkan karena operator tidak mengetahui apa saja gejala kerusakan dan bagaimana cara mengatasi gejala tersebut agar tidak menimbulkan kerusakan. Pengetahuan akan hal tersebut dibutuhkan oleh operator sebagai orang pertama yang mengetahui kondisi dilantai produksi sehingga edukasi dan training terhadap operator sangat dibutuhkan. Selain edukasi mengenai gejala, operator dan teknisi perlu di training mengenai cara pengisian alat perencanaan pada *office* TPM yang telah dijelaskan sebelumnya. Hal ini dilakukan agar TPM dapat diterapkan untuk seluruh aspek perusahaan termasuk operator dan teknisi.

Dalam menerapkan kegiatan future maintenance value stream mapping (MVSM) maka diperlukan perencanaan kegiatan dan sumberdaya yang terkait kegiatan tersebut sehingga kegiatan NVA dapat diminimalisir. Berdasarkan akar penyebab kegiatan NVA maka dapat diidentifikasi bahwa terdapat kebutuhan suatu alat sebagai tempat aliran informasi sebelum dilakukan kegiatan perawatan sesuai dengan interval waktu perawatan yang telah ditentukan pada RCM II Decision *worksheet*. Kebutuhan aliran informasi di lantai produksi dan perusahaan adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi keadaan tidak normal komponen
2. Mencatat permasalahan

3. Mencatat gejala hingga rusak
4. Mencatat kebutuhan perbaikan
5. Mencatat alokasi sumberdaya
6. Mencatat waktu yang dibutuhkan untu mendatangkan *sparepart*
7. Indikator persiapan perbaikan

Berdasarkan kebutuhan untuk informasi tersebut maka dapat dibuat alat sebagai wadah aliran informasi yaitu berupa worksheet kegiatan perawatan, daftar kebutuhan perawatan komponen dan catatan gejala kerusakan komponen. Uraian mengenai alat perencanaan tersebut sesuai dengan *office TPM* pada tabel 4.67 adalah sebagai berikut:

1. *Worksheet* Kegiatan Perawatan

Worksheet kegiatan perawatan merupakan lembar yang digunakan untuk mencatat kegiatan pada saat teknisi melakukan perawatan. Lembar ini berisi nama mesin yaitu mesin yang akan dilakukan perawatan, selanjutnya terdapat nama komponen yaitu nama komponen mesin yang akan dilakukan perawatan selanjutnya terdapat strategi terpilih yaitu strategi yang terpilih pada RCM II decision diagram untuk fanbelt yaitu scheduled discsrd task, bearing dan gearbox yaitu scheduled on-condition task dan motor listrik yaitu scheduled restoration task. Selanjutnya terdapat interval yang berisi interval waktu perawatan yaitu untuk fanbelt inteval perawatan dilakukan setiap 343,96 jam kemudian untuk bearing inteval perawatan dilakukan setiap 63,55 jam kemudian untuk gearbox fanbelt inteval perawatan dilakukan setiap 481,88 jam kemudian untuk motor listrik fanbelt inteval perawatan dilakukan setiap 1220,89 jam. Selanjutnya terdapat nama teknisi yang melakukan perawatan. Lalu terdapat hari, tanggal dan jam dilakukan perawatan

Untuk menjawab kebutuhan aliran informasi dari akar penyebab kegiatan NVA maka terdapat identifikasi masalah yang berisi permasalahan sebelum dilakukan perawatan komponen yang disertai dengan dokumentasi masalah. Kegiatan ini dilakukan selama 5 menit sehingga dalam lembar juga dituliskan durasi kegiatan agar teknisi mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan. Selanjutnya terdapat mempersiapkan pekerjaan yaitu berisi alat, perlengkapan dan *sparepart* yang dibutuhkan dalam perawatan dimana persiapan ini harus ada pada saat melakukan perawatan. Disediakan checklist agar teknisi dapat melakukan cek terhadap ketersediaan peralatan dan *sparepart*. Kegiatan ini membutuhkan waktu selama 5 menit.

Selanjtnya terdapat melakukan perbaikan yang disediakan kolom untuk menuliskan waktu *start* dan *finish* kegiatan perawatan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui waktu aktual yang dibutuhkan dalam perawatan. Selanjutnya menjalankan mesin dimana proses

perawatan telah selesai dan teknisi menuliskan kondisi akhir komponen yang diperbaiki beserta dokumentasi komponen yang berjalan normal. Sehingga dengan menggunakan worksheet ini kebutuhan informasi mencatat permasalahan dan indikator persiapan perawatan dapat terpenuhi. Contoh worksheet kegiatan perawatan dapat dilihat pada tabel 4.65



Tabel 4.65
Worksheet Kegiatan Perawatan Komponen Fanbelt

WORKSHEET KEGIATAN PERAWATAN		
Nama Mesin	: Pan 02	
Nama Komponen	: Fanbelt	
Strategi Terpilih	: Scheduled Discard Task	
Interval	: 343,96 jam	
Teknisi	: Mas Amin	
Hari, Tanggal	: Selasa, 03 Januari 2021	
Pukul	: 07.05	
Identifikasi Masalah (5 Menit)		
No	Uraian Masalah	Dokumentasi
1		
2		
3		
4		
Mempersiapkan Pekerjaan (5 Menit)		
Toolbox	<input type="checkbox"/>	
Fanbelt Baru	<input type="checkbox"/>	
Melakukan perbaikan (60 Menit)		
Start (Pukul)	Finish (Pukul)	
Menjalankan Mesin (10 Menit)		
No	Kondisi (dalam 10 menit)	Dokumentasi
1	Berjalan Normal	
2		
3		

2. Daftar Kebutuhan Kegiatan Perawatan

Daftar kebutuhan perawatan merupakan daftar kebutuhan yang di butuhkan untuk melakukan perawatan komponen. Daftar ini dibuat sebagai alat komunikasi antara teknisi dengan perusahaan mengenai kebutuhan perawatan. Bagi teknisi daftar kebutuhan sangat penting untuk menyampaikan kepada perusahaan mengenai apa saja yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan selanjutnya. Daftar kebutuhan ini dapat berubah sesuai dengan kondisi komponen terakhir. Sedangkan bagi perusahaan daftar ini sangat diperlukan agar perusahaan mengetahui apa saja sumberdaya yang harus dipersiapkan untuk melakukan kegiatan perawatan selanjutnya. Selain itu perusahaan juga dapat melakukan estimasi pemesanan kebutuhan seperti kebutuhan *sparepart* hingga *sparepart* tiba sesuai deengan waktu melakukan perawatan

Dalam daftar kebutuhan kegiatan perawatan terdapat nomer, nama peralatan atau perlengkapan, fungsi dari alat tersebut, gambar alat dan persetujuan dari perusahaan apakah alat tersebut dapat diadakan dalam perawatan selanjutnya atau tidak. Pada bagian *sparepart* dituliskan pula tanggal *sparepart* dipesan, tempat pemesanan, tanggal dikirim dan tanggal diterima serta tenggat waktu *sparepart* diterima. Tenggat waktu dituliskan agar perusahaan mengetahui kapan *sparepart* harus tiba. Apabila mendekati tenggat waktu *sparepart* tidak datang maka perusahaan harus melakukan langkah untuk menyediakan *sparepart*. Contoh daftar kebutuhan *sparepart* dapat dilihat pada tabel 4.66

Tabel 4.66
Daftar Kebutuhan Perawatan Komponen

DAFTAR KEBUTUHAN PERAWATAN KOMPONEN

Nama Mesin : Pan 02
 Nama Komponen : Fanbelt
 Nama Teknisi : Mas Amin
 Hari, Tanggal : Selasa, 03 Januari 2021

PERALATAN

No	Nama	Jumlah	Fungsi	Gambar	Persetujuan

PERLENGKAPAN

No	Nama	Jumlah	Fungsi	Gambar	Persetujuan

SPAREPART

No	Nama	Jumlah	Fungsi	Gambar	Tempat Persetujuan	Tanggal Pesan/Pembelian	Tanggal Dikirim	Tanggal Diterima	Tenggat Waktu Diterima



3. Catatan Gejala Kerusakan

Catatan gejala kerusakan merupakan catatan milik operator yang digunakan untuk mencatatn gejala ketidaknormalan dari mesin. Catatan ini berfungsi sebagai informasi mengenai gejala yang timbul. Informasi ini berguna bagi teknisi untuk mengidentifikasi masalah komponen karena teknisi tidak selalu berada di lantai produksi, catatan ini berisi hari dan tanggal kejadian gejala, lalu nama operator yang mengidentifikasi gejala, selanjutnya terdapat uraian gejala seperti muncul suara yang tidak semestinya yang berasal dari mesin, perputaran lambat dan bau terbakar. Untuk gejala lainnya yang muncul dapat dituliskan sendiri oleh operator. Lalu terdapat durasi munculnya gejala serta tindakan yang dilakukan operator.

Contoh catatan gejala kerusakan dapat dilihat pada tabel 4.67

Tabel 4.67
Catatan Gejala Kerusakan

CATATAN GEJALA KERUSAKAN						
No	Hari, Tanggal	Nama Operator	Uraian Gejala	Check	Durasi Gejala	Tindakan
1			Muncul Suara yang tidak semestinya			
			Perputaran Lambat			
			Bau Terbakar			
					
					
2						
3						

BAB V PENUTUP

Pada bab ini akan disimpulkan mengenai hasil analisa dan pembahasan yang berdasarkan pengolahan data yang dilakukan. Kesimpulan dari penelitian menjawab pertanyaan yang dirumuskan dalam rumusan masalah dan mencapai tujuan yang ditetapkan dalam penelitian. Saran diberikan untuk penelitian selanjutnya yang relevan dengan penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil analisa dan pembahasan

1. Berdasarkan hasil penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat diketahui komponen pada Mesin Granulator 02. Dilihat dari perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan mempertimbangkan nilai pada masing-masing severity, occurrence dan detection dipilih 4 komponen. Kegagalan fungsi yang terjadi pada komponen motor listrik adalah Motor listrik mengalami konsleting sehingga pan tidak dapat berputar. Kegagalan fungsi yang terjadi pada komponen *fanbelt* adalah *Fanbelt* longgar atau putus sehingga tidak dapat menggerakkan *gearbox*. Kegagalan fungsi Roda gigi pada *Gearbox* aus atau patah sehingga tidak dapat menyalurkan energi dari motor listrik untuk memutar pan. Untuk kegagalan fungsi yaitu Bearing aus atau retak sehingga tidak dapat menumpu poros pan dengan baik yang menyebabkan putaran pan macet
2. Berdasarkan hasil perencanaan strategi perawatan yang optimal dalam bentuk RCM II *decision worksheet*, tindakan perawatan yang dilakukan untuk komponen motor listrik adalah *scheduled restoration task*. Teknisi melakukan restorasi atau pengembalian resistensi kegagalan komponen motor listrik. Tindakan yang dilakukan pada komponen *gearbox* adalah tindakan *scheduled on-condition task* yaitu dengan melakukan pemberian pelumas pada *gearbox*. Pada komponen *fanbelt* dilakukan tindakan *scheduled discard task* yaitu dengan melakukan penggantian komponen *fanbelt* yang lama dengan yang baru. Untuk komponen bearing dilakukan strategi tindakan *Scheduled On-Condition task* yaitu memberikan pelumas pada bearing.
3. Berdasarkan analisis dan pembahasan maka interval waktu perawatan *preventive* untuk kegiatan perawatan *scheduled discard task* komponen *fanbelt* dilakukan setiap 460,117 jam sekali Untuk kegiatan perawatan *scheduled on-condition task* komponen bearing dilakukan setiap 36,242 jam sekali. Untuk kegiatan perawatan *scheduled on-condition*

task komponen gearbox dilakukan setiap 30,207 jam sekali. Untuk kegiatan perawatan scheduled restoration task komponen motor listrik dilakukan setiap 1220,5164 jam sekali

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti dapat memberikan Saran untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan tentang perawatan mesin, baik di perusahaan ini maupun perusahaan manufaktur yang lain. Saran yang dapat diberikan antara lain sebagai berikut.

1. PT Tiara Kurnia dapat menggunakan hasil penelitian ini dengan mempertimbangkan total biaya perawatan setelah menggunakan interval waktu perawatan dengan biaya yang dikeluarkan lebih rendah sehingga dapat meningkatkan keandalan dan mengurangi PT Tiara Kurnia kehilangan potensi keuntungannya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi, Edisi Revisi*. Jakarta : LPFE-UI.
- Ben Daya, M. (2009). *Maintenance Management and Engineering Handbook*. London: Springer.
- Betranis & Suhendra, B. (2005). *Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness Sebagai Dasar Usaha Perbaikan Proses Manufaktur Pda Lini Produksi (Studi Kasus pada Stamping Productrion Division Sebuah Industri Otomotif)*. Jurnal Teknik Industri 7 (II): 91-100.
- Blanchard, S. &. (1997). *An Enhanced Approach for Implementing Total Productivir Maintenance in the Manufacturing Environment*. Journal of Quality in Maintenance Engineering. 3(I): 1-10.
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance A modern Approach*. New York: Boca Raton CRC Press.
- Ebelling, C. E. (1997). *Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Company.
- Grosh, D. L. (1988). *A Primer of Reliability Theory*. New York: Willey.
- Hardianto, A. P. (2015). *Perawatan Hoist Crane dengan Metode Maintainability and Costing untuk Mengurangi Breakdown* . JEMIS 3(II): 127-132.
- Hardiyanto, E. (2017). *Penentuan Interval Waktu Perawatan Pencegahan Pada Peralatan Gas Compression System di PT Pertamina Hulu Energi*.
- Islamidina, F. S. (2014). *Implementasi Teknik Keandalan Untuk Mengoptimalkan Interval Perawatan pasa Sistem Coal Feeder (Studikusus di PT PJB UO Paiton)*. JRMSI 2(I): 102-113.
- Kannan, S., Li, Y., Ahmed, N., and Akkad, E.Z. (2007). *Developing a Maintenance Value Stream Map. Institute of Industrial Engineers, Technical Societies and Divisions Lean Conference Proceedings*.
- Karunia, R. (2017). *Usulan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Komponen Kritis Mesin Stone Crusher Menggunakan Model Age Replacement*. Jurnal Teknik Industri, 5(III): 273-285.
- Kurniawan, F. (2013). *Manajemen Perawatan Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Levitt, J. (2003). *Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance* . USA: Industrial Press.

- Mobley, R. &. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance, International Journal of Plant Maintenance-Management 2nd Edition (ISBN 0-7506-7531-4)*. USA: Elsevier Science.
- Moubray, j. (1991). *Reliability-centered Maintenance*. London: Butterworth-Heinemann Ltd.
- Mutiara, S. R. (2014). *Perencanaan Preventive Maintenance Komponen Cane Cutter I dengan Pendekatan Ager Replacement (Studi Kasus di PG kebon Agung, Malang)*. JRMASI 2(II): 117-125.
- Nahmias, S. (2001). *Production and Operation Analysis*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Priyatna, D. (2000). *Keandalan dan Perawatan*. London: Butterworth-Heinemann Ltd.
- Ramadhan, M. A. (2018). Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance pada Nail Making Machine dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II.
- Ramadhan, M. A. (2018). Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance pada Nail Making Machine dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II.
- Rosyidi, K. S. (2015). *Peningkatan efektivitas Perawatan Mesin Perontok Bulu Unggas Dengan metode Overall Equipment Effectiveness Failure Mode Effect Analysis (Studi Kasus di Perusahaan Pengolahan Ayam Kampung Pasuruan)*. JEMIS, 3(II): 70-75.
- Setiawan, F. (2008). *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi*. Yogyakarta: Maximus.
- Sodikin, I. (2010). *Analisis Penentuan Waktu Perawatan dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu yang optimal (Studi Kasus di PG Madukismo)*. Jurnal Teknologi 3(I): 44-52.
- Sudrajat, A. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: Refika Aditama.
- Walas, S. M. (1988). *Chemical Process Equipment and Design, 3rd Edition*. USA: Butterworth Publisher.
- Wijaya, C. &. (t.thn.). *Evaluasi Penjadwalan Perawatan untuk Meningkatkan Reliability Mixer Scanima pada PT. X*. jurnal Teknik Industri 2(I): 70-77.
- Yanti, V. T. (2015). Penerapan Preventive Maintenance dengan Menggunakan Metode Modularity Design pada Mesin Goss di PT ABC.

Lampiran 1

Tabel Fungsi Gamma

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1.01	0.99433	1.51	0.88659	2.01	1.00427	2.51	1.33875
1.02	0.98884	1.52	0.88704	2.02	1.00862	2.52	1.34830
1.03	0.98355	1.53	0.88757	2.03	1.01306	2.53	1.35798
1.04	0.97844	1.54	0.88818	2.04	1.01758	2.54	1.36779
1.05	0.97350	1.55	0.88887	2.05	1.02218	2.55	1.37775
1.06	0.96874	1.56	0.88964	2.06	1.02687	2.56	1.38784
1.07	0.96415	1.57	0.89049	2.07	1.03164	2.57	1.39807
1.08	0.95973	1.58	0.89142	2.08	1.03650	2.58	1.40844
1.09	0.95546	1.59	0.89243	2.09	1.04145	2.59	1.41896
1.10	0.95133	1.60	0.89352	2.10	1.04649	2.60	1.42962
1.11	0.94740	1.61	0.89468	2.11	1.05161	2.61	1.44044
1.12	0.94359	1.62	0.89592	2.12	1.05682	2.62	1.45140
1.13	0.93993	1.63	0.89724	2.13	1.06212	2.63	1.46251
1.14	0.93642	1.64	0.89864	2.14	1.06751	2.64	1.47377
1.15	0.93304	1.65	0.90012	2.15	1.07300	2.65	1.48519
1.16	0.92980	1.66	0.90167	2.16	1.07857	2.66	1.49677
1.17	0.92670	1.67	0.90330	2.17	1.08424	2.67	1.50851
1.18	0.92373	1.68	0.90500	2.18	1.09000	2.68	1.52040
1.19	0.92089	1.69	0.90678	2.19	1.09585	2.69	1.53246
1.20	0.91817	1.70	0.90864	2.20	1.10180	2.70	1.54469
1.21	0.91558	1.71	0.91057	2.21	1.10785	2.71	1.55708
1.22	0.91311	1.72	0.91258	2.22	1.11399	2.72	1.56964
1.23	0.91075	1.73	0.91467	2.23	1.12023	2.73	1.58237
1.24	0.90852	1.74	0.91683	2.24	1.12657	2.74	1.59528
1.25	0.90640	1.75	0.91906	2.25	1.13300	2.75	1.60836
1.26	0.90440	1.76	0.92137	2.26	1.13954	2.76	1.62162
1.27	0.90250	1.77	0.92376	2.27	1.14618	2.77	1.63506
1.28	0.90072	1.78	0.92623	2.28	1.15292	2.78	1.64868
1.29	0.89904	1.79	0.92877	2.29	1.15976	2.79	1.66249
1.30	0.89747	1.80	0.93138	2.30	1.16671	2.80	1.67649
1.31	0.89600	1.81	0.93408	2.31	1.17377	2.81	1.69068
1.32	0.89464	1.82	0.93685	2.32	1.18093	2.82	1.70506
1.33	0.89338	1.83	0.93969	2.33	1.18819	2.83	1.71963
1.34	0.89222	1.84	0.94261	2.34	1.19557	2.84	1.73441
1.35	0.89115	1.85	0.94561	2.35	1.20305	2.85	1.74938
1.36	0.89018	1.86	0.94869	2.36	1.21065	2.86	1.76456
1.37	0.88931	1.87	0.95184	2.37	1.21836	2.87	1.77994
1.38	0.88854	1.88	0.95507	2.38	1.22618	2.88	1.79553
1.39	0.88785	1.89	0.95838	2.39	1.23412	2.89	1.81134
1.40	0.88726	1.90	0.96177	2.40	1.24217	2.90	1.82736
1.41	0.88676	1.91	0.96523	2.41	1.25034	2.91	1.84359
1.42	0.88636	1.92	0.96877	2.42	1.25863	2.92	1.86005
1.43	0.88604	1.93	0.97240	2.43	1.26703	2.93	1.87673
1.44	0.88581	1.94	0.97610	2.44	1.27556	2.94	1.89363
1.45	0.88566	1.95	0.97988	2.45	1.28421	2.95	1.91077
1.46	0.88560	1.96	0.98374	2.46	1.29298	2.96	1.92814
1.47	0.88563	1.97	0.98769	2.47	1.30188	2.97	1.94574
1.48	0.88575	1.98	0.99171	2.48	1.31091	2.98	1.96358
1.49	0.88595	1.99	0.99581	2.49	1.32006	2.99	1.98167
1.50	0.88623	2.00	1.00000	2.50	1.32934	3.00	2.00000

Sumber : Ebeling, C.E, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*,
Mc Graw-Hill, New York, 1997



Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 2

Komponen *Fanbelt*

$$Cf = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tf] + Harga Komponen$$

$$= [(Rp 125.000,00 + Rp48.214,286) \times 8,372 \text{ jam}] + Rp 500.000,00$$

$$= Rp 405.196,500$$

$$Cp = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tp] + Harga Komponen$$

$$= [(Rp 125.000,00 + Rp48.214,286) \times 2 \text{ jam}] + Rp 50.000,00$$

$$= Rp 96.728.571$$

Komponen Bearing

$$Cf = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tf] + Harga Komponen$$

$$= [(Rp 125.000,00 + Rp48.214,286) \times 11,06 \text{ jam}] + Rp 1.500.000,00$$

$$= Rp 536,132,500$$

$$Cp = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tp] + Harga Komponen$$

$$= [(Rp 125.000,00 + Rp48.214,286) \times 2 \text{ jam}] + Rp 20.000,00$$

$$= Rp 145.000$$

Komponen *gearbox*

$$Cf = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tf] + Harga Komponen$$

$$= [(Rp 125.000,00 + Rp48.214,286) \times 14,67 \text{ jam}] + Rp 2.000.000,00$$

$$= Rp 711,137,321$$

$$Cp = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tp] + Harga Komponen$$

$$= [(Rp 125.000,00 + Rp48.214,286) \times 2 \text{ jam}] + Rp 100.000,00$$

$$= Rp 96.778.571$$

Komponen motor listrik

$$Cf = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tf] + Harga Komponen$$

$$= [(Rp 125.000,00 + Rp48.214,286) \times 16,814 \text{ jam}] + Rp 1.000.000,00$$

$$= Rp 813,776,750$$

$$Cp = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Kerugian Produksi) \times Tp] + Harga Komponen$$

$$= [(Rp 125.000,00 + Rp48.214,286) \times 2 \text{ jam}] + Rp 300.000,00$$

$$= Rp 96.978.571$$



Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 3

Komponen *Fanbelt*

$$TM = \theta \left[\frac{C_p}{C_f(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$TM = 717.90 \left[\frac{\text{Rp } 64.382.921}{\text{Rp}404,099,140(2.475 - 1)} \right]^{\frac{1}{2.47}}$$

$$TM = 460,1170 \text{ jam}$$

Komponen *Bearing*

$$TM = \theta \left[\frac{C_p}{C_f(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$TM = 1039.59 \left[\frac{\text{Rp } 23.583}{\text{Rp}533.868.000(3.226 - 1)} \right]^{\frac{1}{3.226}}$$

$$TM = 36,2426 \text{ jam}$$

Komponen *Gearbox*

$$TM = \theta \left[\frac{C_p}{C_f(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$TM = 1204.1 \left[\frac{\text{Rp } 36.083}{\text{Rp}708.478.071(2.849 - 1)} \right]^{\frac{1}{2.849}}$$

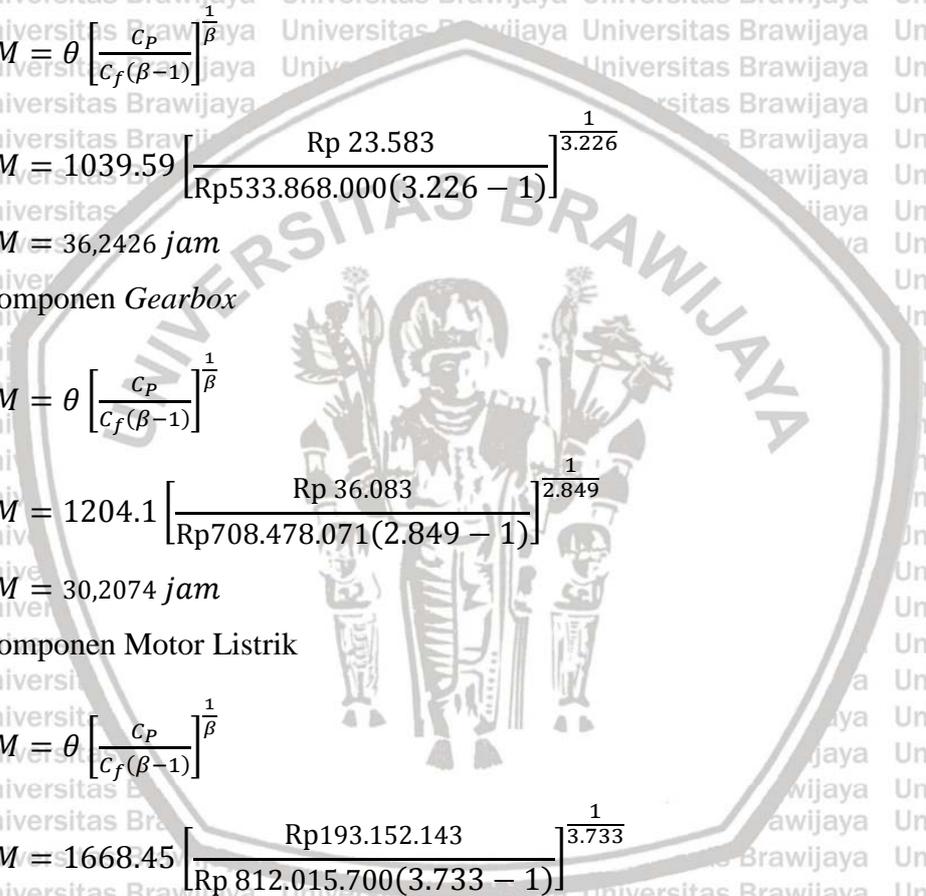
$$TM = 30,2074 \text{ jam}$$

Komponen *Motor Listrik*

$$TM = \theta \left[\frac{C_p}{C_f(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$TM = 1668.45 \left[\frac{\text{Rp}193.152.143}{\text{Rp } 812.015.700(3.733 - 1)} \right]^{\frac{1}{3.733}}$$

$$TM = 1220,5164 \text{ jam}$$





Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 4

Komponen Fanbelt

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

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

$$TC = \frac{Rp\ 64.382.921}{636.96} + \frac{Rp404,099,140}{717.90^{2.47}} 636.96^{2.47-1}$$

$$TC = Rp\ 572,914$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

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

$$TC = \frac{Rp\ 64.382.921}{343.96} + \frac{Rp\ 404,099,140}{717.90^{2.47}} 343.96^{2.47-1}$$

$$TC = Rp\ 369,826$$

Komponen Bearing

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

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

$$TC = \frac{Rp\ 23.583}{933} + \frac{Rp533.868.000}{1039,59^{3.226}} 933^{3.226-1}$$

$$TC = Rp\ 403.664$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

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

$$TC = \frac{Rp\ 23.583}{63,55} + \frac{Rp533.868.000}{1039,59^{3.226}} 63,55^{3.226-1}$$

$$TC = Rp\ 943$$

Komponen Gearbox

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

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

$$TC = \frac{Rp\ 36.083}{1073.03} + \frac{Rp708.478.071}{1204.1^{2.849}} 1073.03^{2.849-1}$$

$$TC = \text{Rp } 475.506$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

$$TC = \frac{c_p}{TM} + \frac{c_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1}$$

$$TC = \frac{\text{Rp } 36.083}{481,88} + \frac{\text{Rp } 7708.478.071}{1204,1^{2.849}} 481,88^{2.849-1}$$

$$TC = \text{Rp } 1.841$$

Komponen Motor Listrik

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

$$TC = \frac{c_p}{MTTF} + \frac{c_f}{\theta^\beta} MTTF^{\beta-1}$$

$$TC = \frac{\text{Rp } 193.152.143}{1508,94} + \frac{\text{Rp } 812.015.700}{1668,45^{3.733}} 1508,94^{3.733-1}$$

$$TC = \text{Rp } 497.816$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

$$TC = \frac{c_p}{TM} + \frac{c_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1}$$

$$TC = \frac{\text{Rp } 193.152.143}{720,89} + \frac{\text{Rp } 812.015.700}{1668,45^{3.733}} 720,89^{3.733-1}$$

$$TC = \text{Rp } 304.117$$

Lampiran 5

Komponen Fanbelt

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

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

$$R(t) = 1 - 0.524625358$$

$$R(t) = 0.475374642 \sim 47.5 \%$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

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

$$R(t) = 1 - 0.14922116$$

$$R(t) = 0.850588 \sim 85.05\%$$

Komponen Bearing

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

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

$$R(t) = 1 - 0.506057408$$

$$R(t) = 0.493942592 \sim 49.39\%$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

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

$$R(t) = 1 - 0.000121$$

$$R(t) = 0.98785 \sim 99.98\%$$

Komponen gearbox

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

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

$$R(t) = 1 - 0.513270379$$

$$R(t) = 0.486729621 \sim 48.67\%$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

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

$$R(t) = 1 - 0.070292759$$

$$R(t) = 0.907707241 \sim 92.07\%$$

Komponen motor listrik

a. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan

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

$$R(t) = 1 - 0.496985018$$

$$R(t) = 0.503014982 \sim 50.30\%$$

b. Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

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

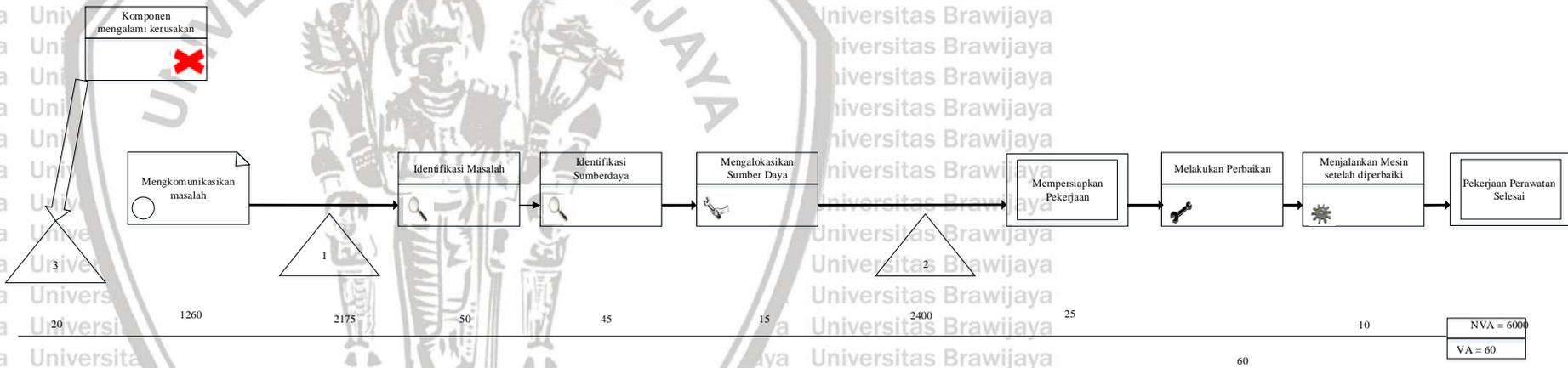
$$R(t) = 1 - 0.042664356$$

$$R(t) = 0.957335644 \sim 95.73\%$$

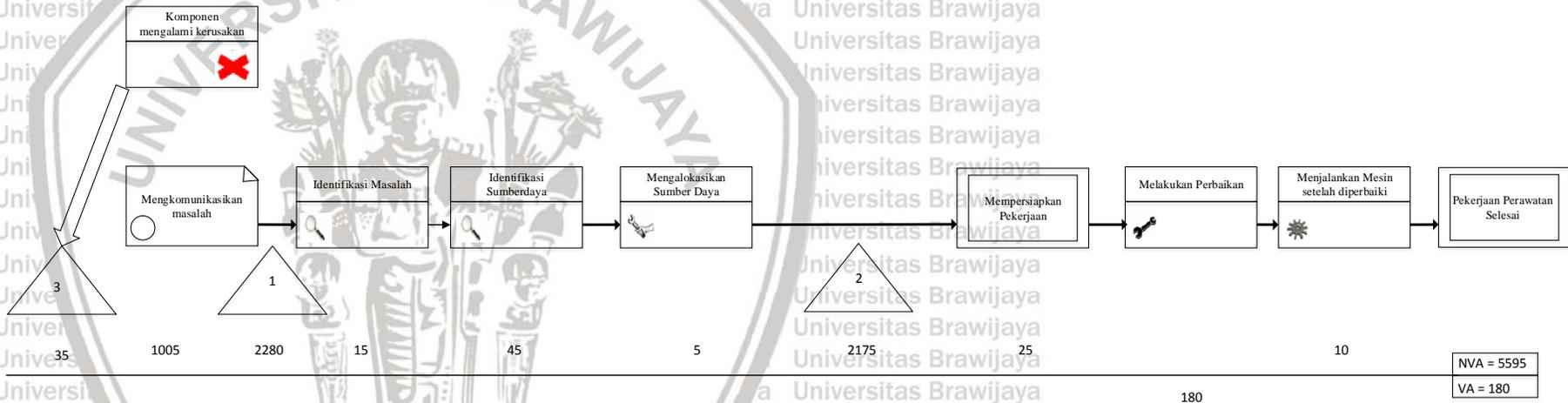


Lampiran 6

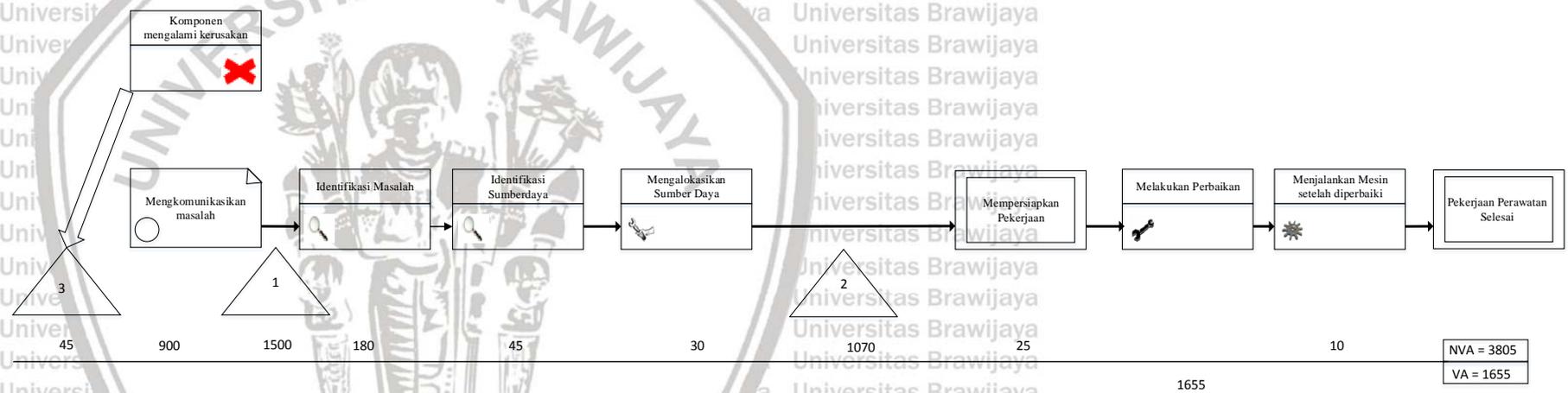
C Fanbelt



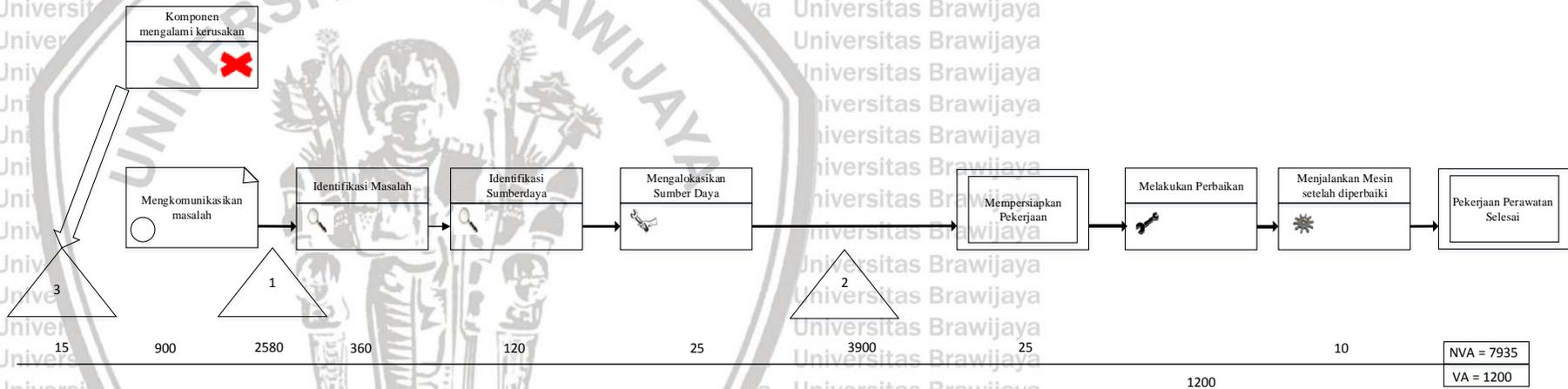
C Bearing



C Gearbox



C Motor Listrik



Lampiran 7

Komponen Fanbelt

Perhitungan *value added activity* komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{60}{6060} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 0,990\%$$

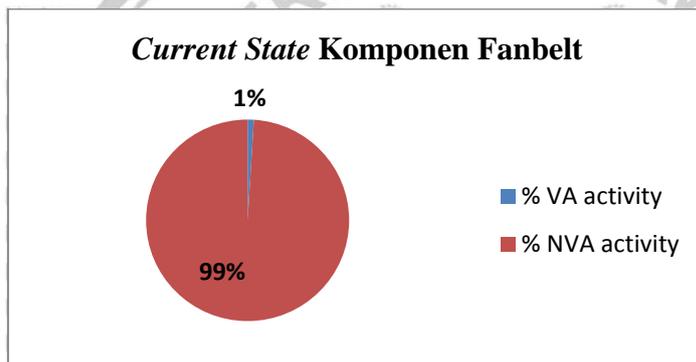
Perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{6000}{6060} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 99,010\%$$

Pie chart VA dan NVA kegiatan perawatan komponen *fanbelt* sebagai berikut:



Perhitungan efisiensi perawatan komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{60}{6060} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 0,990\%$$

Komponen Bearing

Perhitungan *value added activity* komponen bearing sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{180}{5775} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 3,117\%$$

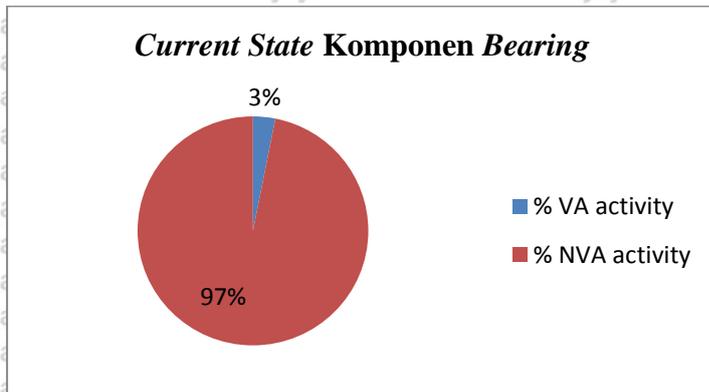
Perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan komponen bearing sebagai berikut:

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{5595}{5775} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 96,883\%$$

Pie chart VA dan NVA kegiatan perawatan komponen bearing sebagai berikut:



Perhitungan efisiensi perawatan komponen bearing sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{180}{5775} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 3,117\%$$

Komponen Gearbox

Perhitungan *value added activity* komponen *Gearbox* sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{1655}{5460} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 30,311\%$$

Perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan komponen *gearbox* sebagai berikut:

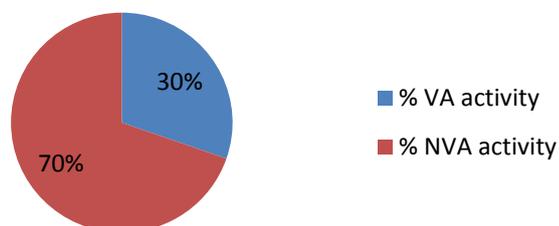
$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{3805}{5460} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 69,689\%$$

Pie chart VA dan NVA kegiatan perawatan komponen bearing sebagai berikut:

Current State Komponen Gearbox



Perhitungan efisiensi perawatan komponen *gearbox* sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{1655}{5460} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 30,311\%$$

Motor Listrik

Perhitungan *value added activity* komponen Motor Listrik sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{1200}{9135} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 13,136\%$$

Perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan komponen motor listrik sebagai berikut:

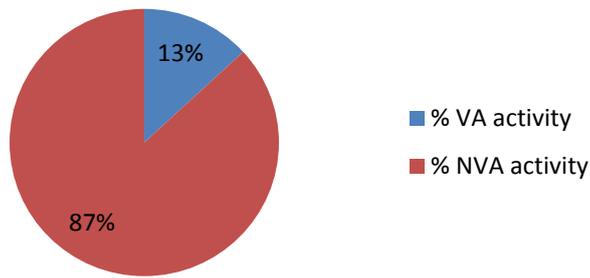
$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{7935}{9135} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 86,864\%$$

Pie chart VA dan NVA kegiatan perawatan komponen motor listrik sebagai berikut:

Current State Komponen Motor Listrik



Perhitungan efisiensi perawatan komponen motor listrik sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{1200}{9135} \times 100\%$$

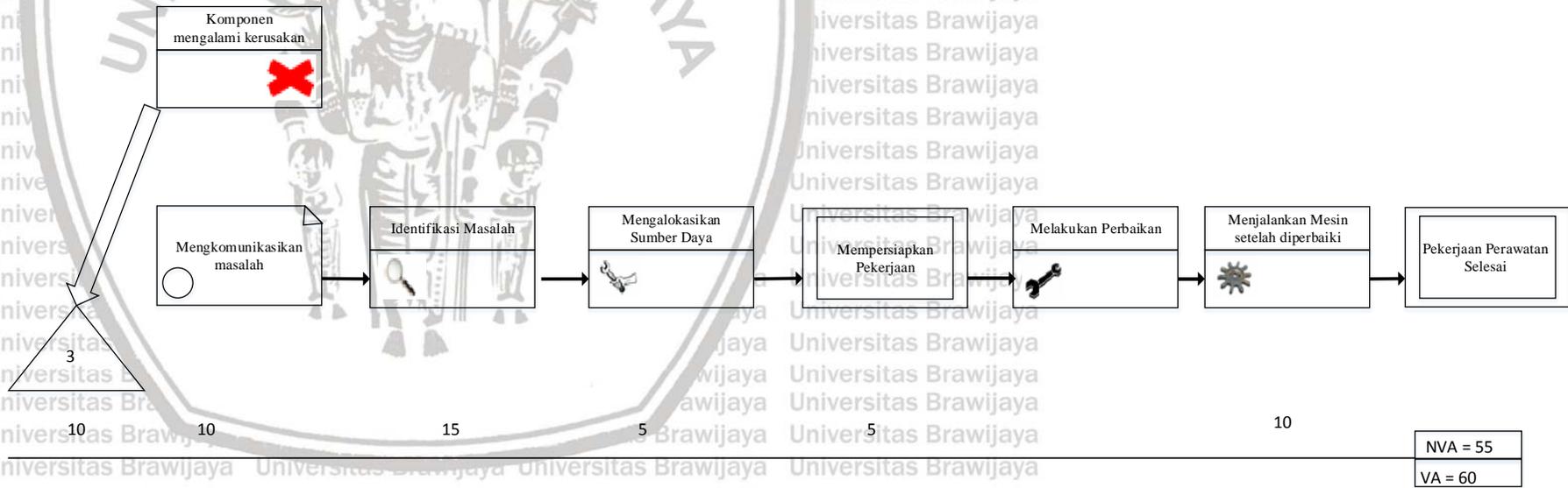
$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 13,136\%$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lmapiran 8

F Fanbelt



F Bearing



5

2

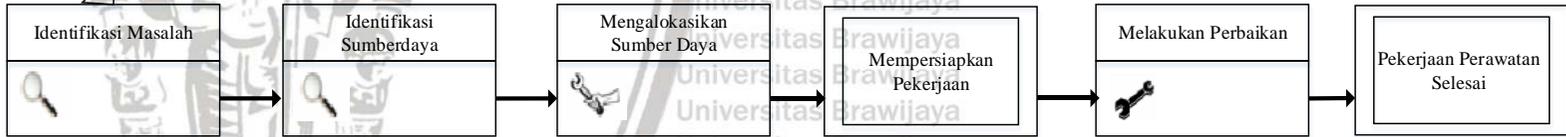
15

NVA = 7
VA = 15



F Motor Listrik

Komponen mengalami kerusakan



5

5

5

15

NVA = 40

VA = 920

920



Lampiran 9

Komponen Fanbelt

Perhitungan *value added activity* kegiatan perawatan *preventive* komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{60}{115} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 52,174\%$$

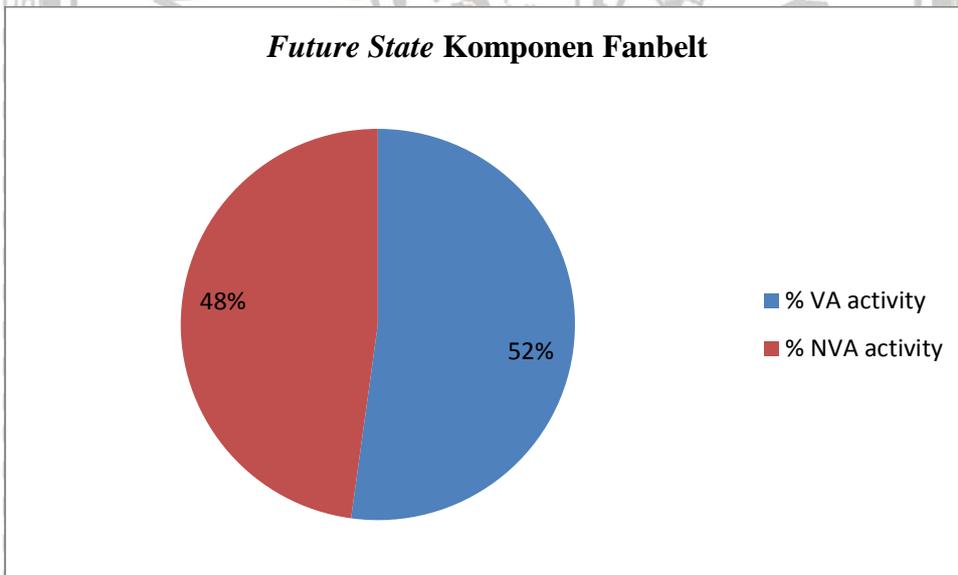
Perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan *preventive* komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{55}{115} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 47,826\%$$

Pie chart VA dan NVA kegiatan perawatan komponen *fanbelt* sebagai berikut:



Perhitungan efisiensi kegiatan perawatan *preventive* komponen *fanbelt* sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{60}{115} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 52,174\%$$

Komponen Bearing

Perhitungan *value added activity* kegiatan perawatan *preventive* komponen bearing sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{15}{22} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 68,182\%$$

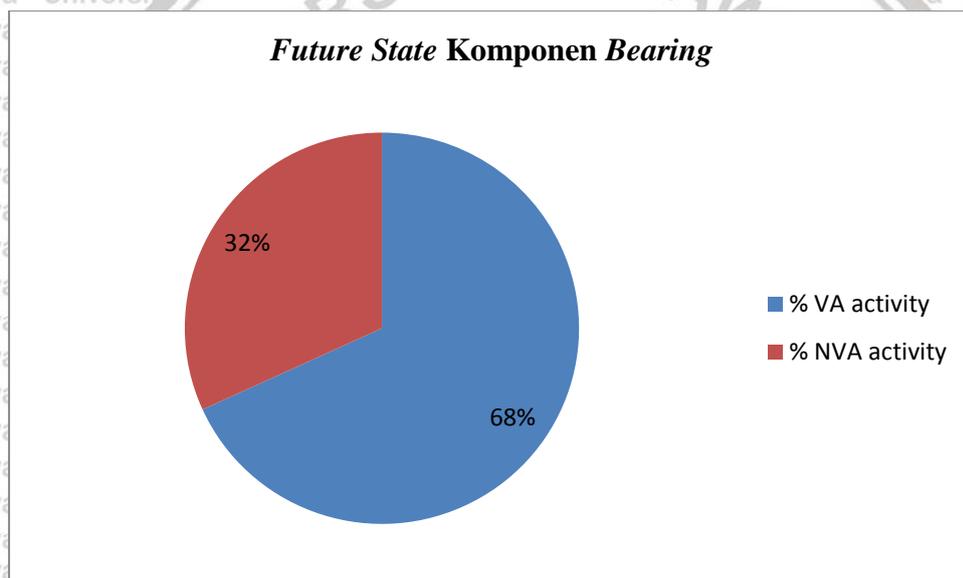
Perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan *preventive* kegiatan perawatan komponen bearing sebagai berikut:

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{7}{22} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 31,818\%$$

Pie chart VA dan NVA kegiatan perawatan *preventive* komponen bearing sebagai berikut:



Perhitungan efisiensi kegiatan perawatan *preventive* komponen bearing sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{15}{22} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 68,182\%$$

Komponen Gearbox

Perhitungan *value added activity* kegiatan perawatan *preventive* komponen gearbox sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{30}{37} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 81,081\%$$

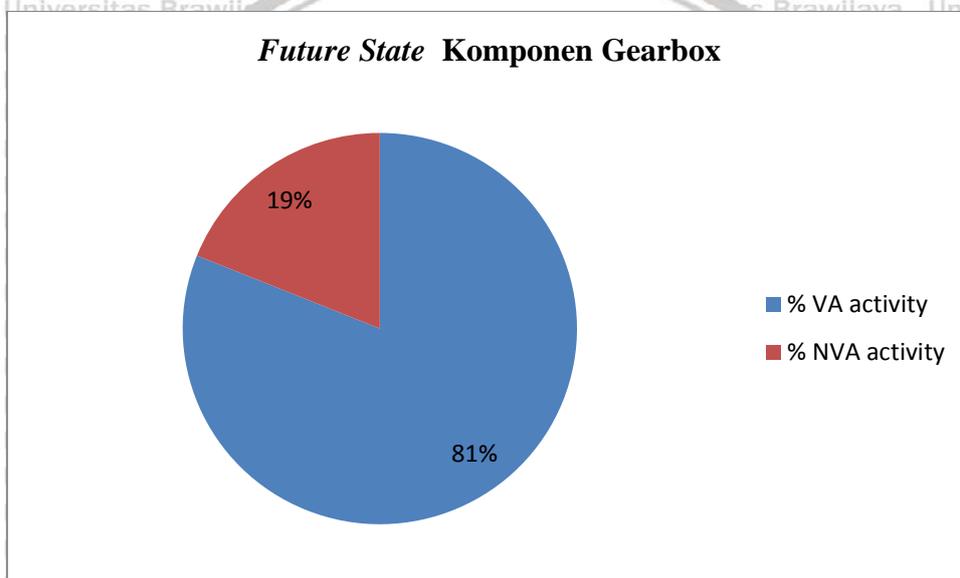
Perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan *preventive* komponen *gearbox* sebagai berikut:

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{7}{37} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 18,919\%$$

Pie chart VA dan NVA kegiatan perawatan *preventive* komponen *gearbox* sebagai berikut:



Perhitungan efisiensi kegiatan perawatan *preventive gearbox* sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{30}{37} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 81,081\%$$

Komponen Motor listrik

Perhitungan *value added activity* kegiatan perawatan *preventive* komponen motor listrik sebagai berikut:

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{MTTR}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = \frac{1200}{1240} \times 100\%$$

$$\% \text{ Value added activity} = 96,774\%$$

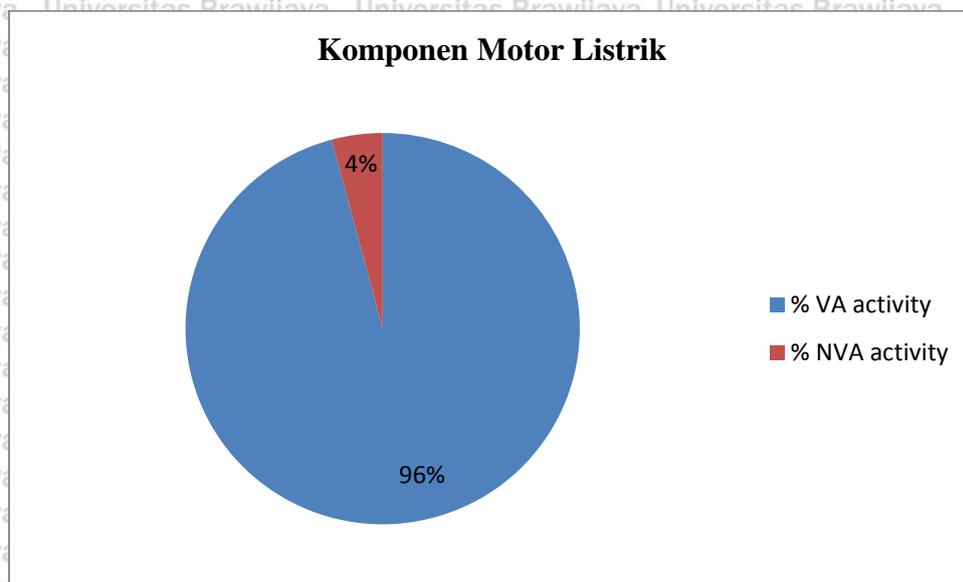
Perhitungan *non value added activity* kegiatan perawatan *preventive* kegiatan perawatan komponen motor listrik sebagai berikut:

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{MTTO+MTTY}{MTTO+MTTR+MTTY} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = \frac{40}{960} \times 100\%$$

$$\% \text{ Non value added activity} = 4,1667\%$$

Pie chart VA dan NVA kegiatan perawatan *preventive* komponen motor listrik sebagai berikut:



Perhitungan efisiensi kegiatan perawatan *preventive* komponen motor listrik sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = \frac{920}{960} \times 100\%$$

$$\% \text{ Efisiensi Perawatan} = 95,833\%$$

Lampiran 10
Data Laporan Pemeliharaan Alat



PT TIARA KURNA
KERUSAKAN KOMPONEN MESIN PAN 02
TAHUN 2017

NO	NAMA KOMPONEN	MULAI TIDAK DAPAT BEROPERASI		MULAI DAPAT BEROPERASI		KETERANGAN
		Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu	
1	Fanbelt	13 februari	13.00	16 februari	17.30	Longgar
2	Bearing	23 februari	16.00	28 februari	12.30	Aus
3	Gearbox	3 maret	10.00	8 maret	18.00	Roda gigi rusak
4	Fanbelt	15 maret	17.15	20 maret	14.30	Longgar
5	Fanbelt	11 April	14.45	17 April	13.15	Pinis
6	Motor Listrik	18 April	9.00	24 April	16.00	Kanvas
7	Bearing	22 juni	15.00	28 juni	10.00	Rusak
8	Fanbelt	19 juli	9.30	29 juni	21.00	Longgar
9	Fanbelt	10 agustus	8.00	25 juli	8.30	Roda gigi rusak
10	Motor Listrik	12 September	8.45	13 agustus	10.30	Longgar
11	Gearbox	23 oktober	15.00	15 September	20.45	Roda gigi rusak
12	Bearing	31 oktober	15.15	27 oktober	13.15	Rusak
13	Fanbelt	28 November	20.15	7 November	15.00	Pinis
14	Fanbelt	22 desember	9.15	5 desember	19.30	Pinis
15	Motor Listrik			28 desember	17.15	Roda gigi rusak
16	Gearbox					Kanvas
17	Bearing					Aus
18						

Meycha
Fahri S
Kang Samud

PT TIARA KERNIA
KERUSAKAN KOMPONEN TAHUN 2018

NAMA KOMPONEN	MULAI TIDAK DAPAT BEROPERASI		MULAI DAPAT BEROPERASI		KETERANGAN
	Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu	
1					
2					
3	Gearbox	12.30	15 Januari	15.15	
4	Fanbelt	9.30	22 Januari	16.15	
5	Bearing	13.45	9 April	9.45	
6	Motor Listrik	10.45	13 April	9.45	
7	Gearbox	21.30	24 Mei	21.45	
8	Bearing	14.30	2 Juli	8.45	
9	Fanbelt	11.00	19 Juli	19.45	
10	Gearbox	13 Agustus	29 Agustus	16.00	
11	Fanbelt	13 September	18 Agustus	16.45	
12	Bearing	14 September	18 September	22.45	
13	Motor Listrik	20 September	28 September	17.3	
14	Fanbelt	9 November	15 September	13.00	
15	Gearbox	13 November	16 November	15.30	
16	Bearing	3 desember	10 desember	16.00	
17	Motor Listrik	23 desember	28 desember	22.00	
18					

M. Fandi

PT TIARA KURNIA
KERUSAKAN KOMPONEN MESIN PAN 02
TAHUN 2019

NO	NAMA KOMPONEN	MULAI TIDAK DAPAT BEROPERASI		MULAI DAPAT BEROPERASI		KETERANGAN
		Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu	
1	Fanbelt	14 Januari	19.00	18 Januari	21.00	Panas
2	Gearbox	25 Januari	21.00	29 Januari	14.45	Roda gigi aus
3	Fanbelt	18 Maret	10.15	22 Maret	16.15	Longgar
4	Bearing	15 April	13.45	19 April	9.00	Aus
5	Gearbox	2 Mei	16.30	7 Mei	16.45	Roda gigi parah
6	Motor Listrik	15 Mei	10.00	21 Mei	7.30	Konslet
7	Fanbelt	20 Juni	22.45	27 Juni	10.30	Longgar
8	Gearbox	10 Juli	13.15	15 Juli	15.30	Roda gigi parah
9	Pulley	27 Juli	10.00	30 Juli	14.00	Tidak pas
10	Bearing	5 Agustus	13.30	9 Agustus	9.45	Retak
11	Fanbelt	10 September	9.45	16 September	16.30	Panas
12	Bearing	18 November	15.30	22 November	10.00	Aus
13	Gearbox	19 November	10.30	26 November	10.30	Roda gigi aus
14	Motor Listrik	20 November	9.00	25 November	17.45	Konslet
15	Fanbelt	21 November			14.00	Panas

Mengetahui
Mandi Susanti

