

**IMPLEMENTASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN
PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN NILAI KEANDALAN
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT*
(Studi Kasus : CV. Seken Living)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Syaila Amelda Syahputri
No. Mahasiswa : 19522284

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 15 September 2023



Syaila Amelda Syahputri

19522284

SURAT BUKTI PENELITIAN



CV. SEKEN LIVING

Jl. Besi Janglong Km.5, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman, Indonesia

Telp : 0274-4293533 Website : sekenliving.com

E-mail : sekenwood@yahoo.com

SURAT KETERANGAN

Nama yang bersangkutan di bawah ini telah melakukan pengambilan data serta menyelesaikan penelitian guna menyusun Laporan Tugas Akhir dan berjalan dengan baik tanpa ada kendala, baik dari pihak bersangkutan maupun dari pihak perusahaan.

Nama : Syaila Amelda Syahputri
NIM : 19522284
Fakultas / Prodi : Teknologi Industri / Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
Waktu Penelitian : 22 Mei 2023 – 11 September 2023

Demikian surat ini kami keluarkan sebagai bukti keterangan resmi dari CV. Seken Living untuk pihak yang bersangkutan yang telah selesai melakukan pengambilan data serta penelitian guna menyusun Laporan Tugas Akhir di perusahaan kami agar dapat dimanfaatkan sebaik – baiknya dengan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 11 September 2023

Direktur CV. Seken Living

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**IMPLEMENTASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN
PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN NILAI KEANDALAN
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT*
(Studi Kasus : CV. Seken Living)**



Yogyakarta, 15 September 2023

Dosen Pembimbing

(Dian Janari, S.T., M.T.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**IMPLEMENTASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN
PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN NILAI KEANDALAN
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT***

(Studi Kasus : CV. Seken Living)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Syaila Amelda Syahputri

No. Mahasiswa : 19 522 284

**Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta, 03 - Oktober – 2023

Tim Penguji

Dian Janari, S.T., M.T.

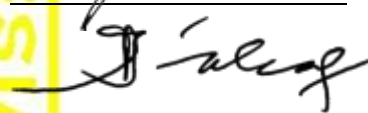
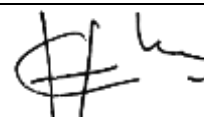
Ketua

Ir. Ali Parkhan, M.T.

Anggota I

Chancard Basumerda, S.T., M.Sc.

Anggota II

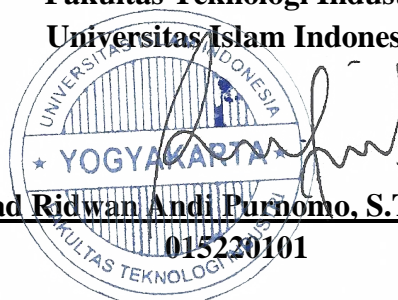




Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya tulis ini merupakan bentuk syukur dan tanggung jawab saya terhadap waktu yang telah diberikan oleh Allah SWT dengan kemurahan dan rahmatnya serta pemilik alam semesta ini. Selain itu bentuk atas bakti terhadap kedua orang tua serta keluarga tercinta saya yang selalu memberikan dukungan dan juga semangat tanpa henti hingga saat ini.

Terima kasih kepada keluarga tercinta, kedua orang tuaku serta kakak dan adik yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan serta motivasi baik secara moril maupun materil untuk selalu terikat dengan hukum syara' dan menjadi orang yang bahagia di dunia maupun di akhirat.

Terima kasih kepada seluruh sahabat saya khususnya kepada NCT dengan dukungan dan doa dalam setiap perjalanan menuntut ilmu di Universitas Islam Indonesia

Terima kasih kepada Bapak Dian Janari S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang dengan seluruh dukungan, semangat, doa dan waktunya telah diberikan dalam menemani langkah – langkah penyusunan karya tulis ini.

MOTTO

“It’s not always easy, but that’s life. Be strong because there are better days ahead.”

(Mark Lee – NCT)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarokatuh,

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kami kemudahan sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu khususnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Implementasi *Preventive Maintenance* Pada Mesin Produksi Untuk Meningkatkan Nilai Keandalan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dan *Age Replacement*” Pada CV. Seken *Living*, Kabupten Sleman, D.I Yogyakarta. Tanpa pertolongan-Nya tentunya peneliti tidak akan sanggup untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabui Muhammad SAW yang kita nanti – nantikan syafa’atna di akhirat nanti tepat pada waktunya. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh oleh mahasiswa Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri untuk memperoleh gelar sarjana strata – 1. Tugas akhir ini disusun sebagai mencari hasil analisis kualitatif dan kuantitatif pada CV. Seken *Living* Jl. Besi Jangkang Km.3, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman, Indonesia. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa dorongan moril maupun materil. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Prof., Dr., Ir., Hari Purnomo, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Adi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. Selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dian Janari S.T, M.T. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan mendidik dengan baik saat penelitian dilakukan maupun diluar penelitian sehingga Tugas Akhir ini dapat dilaksanakan dan diselesaikan dengan baik.
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi idnsutri, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
5. Mas Prastya. Selaku pembimbing lapangan yang selalu sedia dalam membantu dan memberikan saran dan motivasi selama penelitian di CV. Seken *Living*.
6. Kedua oang tua penulis Bapak Danu Syahputra dan Ibu Melania Siti Hasanah serta kakak penulis yaitu Arica Andara S.Ak., MIM, MBA, Almalia Permatasari S.T. dan adek penulis yaitu Em Danish Mulya.
7. Ibu Dr. Ir. Elisa Kusrini, M.T. Selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Inti LEM FTI UII Periode 2021/2022 yang telah menemani penulis di masa semester akhir dan yang selalu memberikan dukungan untuk setiap kegiatan yang dilakukan.

9. Sahabat saya Arlin, Jenyo, Jaehyun, Jungwoo, Hansa, Putri, Pira, Khalifah, Berli, Ghina, Tipek, dan Vania yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta selalu membantu penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu serta berkontribusi terhadap penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
11. Syaila Amelda Syahputri, *last but not least*, diri saya sendiri. Apresiasi sebesar – besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena terus berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa menikmati setiap prosesnya yang bisa dibilang tidak mudah. Terima kasih sudah bertahan.

Semoga Allah Subhanahu wa ta'la memberikan balasan yang berlimpah serta rahmat dan karunia atas segala bentuk kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Tidak lepas dari semua itu, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, karena dengan segala keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang masih harus penulis tingkatkan lagi agar bisa lebih baik ke depannya. Untuk itu, penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun dari pihak mana pun. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk siapapun yang membacanya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

ABSTRAK

Proses produksi perusahaan manufaktur merupakan faktor penting yang harus beroperasi secara stabil untuk hasil yang optimal. Kelangsungan proses produksi memerlukan dukungan mesin dan produksi perusahaan untuk menjaga konsistensi kinerja mesin. Perawatan memegang peranan penting dalam kegiatan produksi suatu perusahaan terkait kelancaran atau kemacetan produksi serta volume produksi. Permasalahan pada CV. Seken *Living* dalam perbaikannya masih menggunakan *corrective maintenance* dimana adanya perbaikan jika ada kerusakan maka perawatan secara *preventive maintenance* dibutuhkan agar mengatasi *downtime*. Untuk dari itu adanya tujuan dengan menentukan komponen kritis, mengetahui tindakan perawatan dan waktu interval kerusakan, perbaikan mesin secara optimal dan menentukan waktu interval penggantian, pencegahan komponen kritis. Metode dalam penelitian ini adalah RCM (*Reliability Centered Maintenance*), yaitu melakukan analisa menggunakan pendekatan kualitatif sehingga dapat menemukan akar penyebab kegagalan fungsi dan memberikan solusi yang tepat. Kemudian metode *Age Replacement* untuk menentukan interval penjadwalan penggantian dan pemeriksaan dari mesin kritis. Berdasarkan hasil analisis metode RCM ditentukan pemilihan tindakan perawatan terhadap komponen kritis mesin Gerinda yaitu komponen *Dresser Hydraulic* dengan tindakan perawatan *Time Directed (TD)* atau *Preventive Maintenance*. Untuk interval penggantian komponen *Dresser Hydraulic* setiap 24 hari dan interval pemeriksaan setiap 16 hari. Pada *reliability* setelah dilakukannya *preventive maintenance* maka meningkat sebesar 82%. Dan nilai *availability* setelah dilakukan *preventive maintenance* diperoleh sebesar 98,2%. Kesimpulan dari penelitian tersebut agar dapat meminimalisir kegagalan pada sistem proses produksi dan didapat tindakan perawatan yang optimal agar mesin berjalan dengan baik dan sesuai dengan standart performansinya.

Kata Kunci: *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, *Age Replacement*, *Preventive Maintenance*, Mesin Gerinda

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Literatur	5
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Manajemen Perawatan (Maintenance).....	10
2.2.2 Tujuan Perawatan (Maintenance)	10
2.2.3 Jenis – Jenis Perawatan (Maintenance).....	11
2.2.4 Bentuk – Bentuk Perawatan	12
2.2.5 Konsep Downtime.....	13
2.2.6 Laju Kerusakan	13
2.2.7 Keandalan (Reliability)	13
2.2.8 Reliability Centered Maintenance (RCM)	14
2.2.9 Functional Block Diagram (FBD).....	16

2.2.10	Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	17
2.2.11	Logic Tree Analysis (LTA).....	20
2.2.12	Task Selection (TS).....	22
2.2.13	Distribusi Data Kerusakan	24
2.2.14	Identifikasi Distribusi Antar Waktu Kerusakan dan Perbaikan	29
2.2.15	Uji Goodness Of Fit	30
2.2.16	Estimasi Parameter.....	31
2.2.17	Mean Time To Failure (MTTF)	33
2.2.18	Mean Time To Repair (MTTR)	34
2.2.19	Penggantian Pencegahan Optimal Berdasarkan Umur Komponen (Age Replaceme).....	34
2.2.20	Avaibility.....	36
BAB III METODE PENELITIAN		37
3.1	Objek dan Lokasi Penelitian	37
3.2	Diagram Alir Penelitian	37
3.3	Identifikasi Masalah	38
3.4	Studi Pustaka.....	39
3.5	Penentuan Metode Penelitian.....	39
3.6	Sumber Data dan Pengumpulan Data	39
3.6.1	Data Primer	39
3.6.2	Data Sekunder	40
3.7	Pengolahan Data.....	40
3.7.1	Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis).....	40
3.7.2	Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan).....	41
3.7.3	Pengolahan Data Kuantitatif (Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis)	42
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		44
4.1	Latar Belakang Perusahaan	44
4.1.1	Profil Singkat Perusahaan	44
4.1.2	Lokasi PT. Seken Living Yogyakarta	45
4.1.3	Visi	46
4.1.4	Misi	46
4.1.5	Waktu Kerja	46
4.2	Pengumpulan Data	47
4.2.1	Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Gerinda.....	47
4.3	Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis).....	50

4.3.1	Functional Block Diagram (FBD).....	50
4.3.2	Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	51
4.3.3	Logic Tree Analysis (LTA).....	55
4.4	Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan)	57
4.4.1	Task Selection Road Map (Pemilihan Tindakan)	57
4.5	Pengolahan Data Kuantitatif (Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis).....	60
4.5.1	Penentuan Komponen Kritis	60
4.5.2	Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (Time To Failure).....	62
4.5.3	Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan (Time To Repair).....	72
4.5.4	Uji Goodness Of Fit Pada Distribusi Data Waktu Kerusakan (Time To Failure) 82	
4.5.5	Uji Goodness Of Fit Pada Distribusi Data Waktu Perbaikan (Time To Repair) 84	
4.5.6	Perhitungan Parameter Dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (Time to Failure) 85	
4.5.7	Perhitungan Parameter Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (Time To Repair) 86	
4.5.8	Penentuan Nilai Tengah Dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (Mean Time To Failure).....	86
4.5.9	Penentuan Nilai Tengah Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (Mean Time To Repair)	87
4.5.10	Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Dengan Minimasi Downtime 87	
4.5.11	Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan.....	90
4.5.12	Perbandingan Reliability Sesudah dan Sebelum Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen.....	91
4.5.13	Perhitungan Availability	92
BAB V	PEMBAHASAN.....	94
5.1	Analisis Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis).....	94
5.2	Analisis Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan)	96
5.3	Analisis Pengolahan Data Kuantitatif (Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis).....	97
5.4	Kekurangan Dalam Penelitian.....	101
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	102
6.1	Kesimpulan	102
6.2	Saran.....	103
6.2.1	Saran Untuk Perusahaan	103

6.2.2	Saran Untuk Penelitian Selanjutnya.....	103
	DAFTAR PUSTAKA	104
	LAMPIRAN.....	8-A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya.....	7
Tabel 2.2 Format <i>Failure Mode Effect dan Analysis</i> (FMEA)	17
Tabel 2.3 Keterangan <i>Severity</i>	18
Tabel 2.4 Keterangan <i>Occurency</i>	19
Tabel 2.5 Keterangan <i>Detection</i>	20
Tabel 2.6 Format <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	21
Tabel 2.7 Format <i>Task Selection Road Map</i>	23
Table 2.8 Pengaruh nilai β terhadap distribusi <i>weibull</i>	28
Tabel 4.1 Jam Kerja	46
Tabel 4.2 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Gerinda	47
Tabel 4.3 <i>Failure Mode Effect and Analysis</i> (FMEA).....	51
Tabel 4.4 <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA).....	55
Tabel 4.5 Penentuan Mesin Kritis.....	60
Tabel 4.6 Penentuan Komponen Kritis	61
Tabel 4.7 <i>Time To Failure</i> Komponen <i>Dresser Hydraulic</i>	62
Tabel 4.8 <i>Time To Failure</i> Distribusi <i>Eksponensial</i>	65
Tabel 4.9 <i>Time To Failure</i> Distribusi <i>Weibull</i>	67
Tabel 4.10 <i>Time To Failure</i> Distribusi Log Normal.....	69
Tabel 4.11 <i>Time To Failure</i> Distribusi Normal	71
Tabel 4.12 <i>Index of Fit Time To Failure</i>	72
Tabel 4.13 <i>Time To Repair</i> Komponen <i>Dresser Hydraulic</i>	72
Tabel 4.14 <i>Time To Repair</i> Distribusi <i>Eksponensial</i>	75
Tabel 4.15 <i>Time To Repair</i> Distribusi <i>Weibull</i>	77
Tabel 4.16 <i>Time To Failure</i> Distribusi Log Normal.....	79
Tabel 4.17 <i>Time To Failure</i> Distribusi Normal	81
Tabel 4.18 <i>Index Of Fit Time To Repair</i>	82
Tabel 4.19 Perhitungan <i>Kolomogorov-Smirnov Test</i> untuk komponen <i>Dresser Hydraulic</i>	82
Tabel 4.20 Perhitungan t untuk komponen <i>Dresser Hydraulic</i>	84
Tabel 4.21 Perbandingan <i>Reliability</i> sesudah dan sebelum	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Functional Block Diagram</i>	16
Gambar 2.2 Alur <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i>	22
Gambar 2.3 Alur <i>Task Selection Road Map</i> (Pemilihan Tindakan Perawatan).....	24
Gambar 2.4 Kurva Distribusi Normal.....	25
Gambar 2.5 Kurva Distribusi Lognormal	26
Gambar 2.6 Kurva Distribusi Ekspensial	27
Gambar 3.1 Alur Penelitian	38
Gambar 4.1 Lokasi CV. Seken <i>Living</i>	46
Gambar 4.2 <i>Functional Block Diagram (FBD)</i>	50
Gambar 4.3 Penentuan Mesin Kritis.....	61
Gambar 4.4 Diagram Pareto Penentuan Komponen Kritis.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri di Indonesia saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini dirasakan dalam berbagai aktivitas dan bidang kehidupan, khususnya di industri manufaktur. Berdasarkan (kemenperin.go.id, 2022) terdapat 30.292 perusahaan industri manufaktur yang masih aktif dengan dikelompokkan menjadi 24 golongan pokok sesuai dengan Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI). Dengan jumlah permintaan yang terus meningkat, salah satunya adalah industri furniture. Industri mebel atau *furniture* adalah industri yang mengolah bahan bambu dan rotan serta bahan baku lainnya menjadi produk mebel yang memiliki nilai tambah dan keunggulan dari sebelumnya (Firmansyah & Syuhri, 2022).

CV. Seken Living merupakan salah satu perusahaan swasta yang berada di Jl. Besi Jangkang Km.3, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman, Indonesia. Perusahaan ini bergerak di bidang industri manufaktur dan memproduksi sebuah produk interior yang berkualitas tinggi, beberapa produk yang dihasilkan seperti lemari baju, rak, kursi, dan meja dengan jumlah karyawan sebanyak kurang lebih 165 orang.

Proses produksi perusahaan manufaktur merupakan faktor penting yang harus beroperasi secara stabil untuk hasil yang optimal. Kelangsungan proses produksi memerlukan dukungan mesin produksi perusahaan untuk menjaga konsistensi kinerja mesin, karena mesin dan peralatan produksi sangat rentan terhadap kerusakan. Mesin produksi yang rusak dapat mengakibatkan *downtime* produksi, kualitas hasil produksi bahkan mengancam keselamatan pekerja (Akbar, Subekti, & Dhani, 2018).

Dengan mesin yang bekerja terus menerus perlu adanya pengukuran *Reliability* mesin untuk menjaga laju kestabilan produksi. Penelitian ini menggunakan data *unplanned maintenance* dari CV. Seken Living. Dari data yang didapatkan ditemukan bahwa mesin Gerinda mengalami penurunan kehandalan sebelum adanya tindakan *preventive maintenance*. Terdapat tiga faktor yang menentukan keandalan suatu mesin yaitu fungsi mesin, batasan mesin, dan masa pakai mesin tersebut. Suatu mesin dapat dikatakan andal apabila mesin tersebut bisa melakukan kerja sesuai fungsi mesin itu sendiri (Utomo &

Widjajati, 2017). Pada mesin Gerinda sendiri dikatakan tidak andal dikarenakan mesin Gerinda dalam rentang waktu 3-4 bulan sekali mesin tersebut tidak bisa menjalankan fungsi sebagaimana mestinya. Sehingga perlu adanya usulan untuk penjadwalan tindakan *preventive maintenance* untuk meningkatkan kehandalan mesin dan mengurangi jumlah *breakdown* mesin. Sehingga perusahaan dapat menghemat waktu *breakdown* dan dapat meningkatkan jumlah produksi. Seperti pada jurnal terkait dengan permasalahan pada CV. Seken Living menurut Irawan Harnadi Bangun, Arif Rahman, dan Zefry Darmawan (2020) tentang “Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Mesin *Blowing OM*” pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang.

Suatu mesin memiliki produktivitas yang baik, dapat bekerja secara normal dalam suatu proses produksi. Namun, penggunaan mesin secara terus menerus dapat mengurangi ketersediaan mesin itu sendiri. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk menjaga tingkat ketersediaan mesin agar hasil produksi terjamin melalui penggunaan mesin secara terus menerus, khususnya melalui pemeliharaan mesin yang terencana dengan baik (Marie, Hakim, Sugiarto, & Septiani, 2019).

Perawatan (*maintenance*) memegang peranan penting dalam kegiatan produksi suatu perusahaan terkait kelancaran dan kemacetan produksi serta volume produksi (Hermawan & Sitepu, 2017). Kegiatan perawatan berperan penting untuk mendukung kelancaran proses operasional perusahaan yang dilakukan tiap waktunya. Selain itu, dengan adanya sistem perawatan mesin akan meminimalkan biaya serta kerugian lain yang dapat ditimbulkan. Keputusan perawatan yang baik merupakan keputusan yang diambil untuk menghasilkan biaya perawatan serendah mungkin namun dapat meningkatkan keandalan dari mesin (Hermawan & Sitepu, 2017).

Perawatan mesin dan strategi perawatan yang tepat diperlukan untuk mencapai target produksi. Pada pemilihan sistem pemeliharaan, harus secara tepat berdasarkan jenis mesin dan komponen yang ada pada mesin tersebut. Setiap jenis dan komponen mesin mempunyai masa *life time* yang beragam, seluruh hal tersebut diharapkan dapat diperhatikan secara serius, karena akan sangat berpengaruh dalam kinerja mesin dan berakibat pada proses produksi.

Salah satu metode yang digunakan untuk melakukan penerapan *preventive maintenance* untuk menjaga kehandalan mesin adalah menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Dimana metode RCM dapat menentukan apa yang harus

digunakan untuk menentukan dan memastikan tindakan yang harus dilakukan oleh perusahaan dalam melakukan tindakan pencegahan. Dengan begitu perusahaan dapat memastikan mesin dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

Pada penelitian ini akan berfokus untuk membuat rancangan usulan *preventive maintenance* terhadap mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM merupakan landasan dasar untuk melakukan perawatan fisik suatu mesin yang dipakai untuk mengembangkan perawatann yang terjadwal (Alwi, 2017). Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari mesin atau peralatan yang akan dicapai adalah fungsi dari perencanaan dan kualitas pembentukan perawatan pencegahan yang efektif dan jaminan terlaksananya desain keandalan dari mesin (Mulawarman, 2017). Dengan metode ini akan diketahui *task* yang dibutuhkan dalam interval perawatan berdasarkan prioritas. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan rancangan penjadwalann mesin untuk perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dalam penelitian ini, maka dapat dirumuskan masalah yang ada sebagai berikut :

1. Apa saja komponen yang tergolong kritis?
2. Bagaimana menentukan tindakan perawatan yang tepat agar mesin berjalan dengan optimal?
3. Berapa estimasi waktu perawatan dan waktu pergantian yang disarankan agar mesin dapat bekerja dengan optimal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada laporan Tugas Akhir untuk mengetahui beberapa hal sebagai berikut :

1. Mengetahui komponen apa saja yang tergolong kritis pada mesin produksi.
2. Menentukan tindakan perawatan yang tepat secara optimal.
3. Memberikan usulan waktu perawatan dan waktu pergantian pada komponen kritis.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan permasalahan yang diperlukan dalam pembuatan Tugas Akhir untuk mencapai tujuan penelitian yang tercapai. Adapun batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitiann dilakukan di CV. Seken Living Yogyakarta.
2. Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2023.

3. Data yang digunakan adalah data kerusakan dan perbaikan mesin pada bulan Januari 2022 sampai Maret 2023.
4. Mesin produksi yang diberikan usulan perawatan hanyalah mesin kritis yang memiliki nilai downtime terbesar dari total keseluruhan downtime yang ada.
5. Peneliti tidak menghitung biaya sebelum dan sesudah dilakukan perawatan pencegahan.
6. Peneliti menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai identifikasi komponen kritis dan *Age Replacement* sebagai pendekatan minimasi *downtime*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Pada penelitian terdahulu berisi kajian – kajian yang dilakukan penelitian sebelumnya dimana bersumber dari paper, artikel dan sejenisnya yang berkaitan dengan topik atau tema peneliti dilakukan :

Terdapat penelitian sebelumnya mengenai manajemen perawatan seperti yang dilakukan oleh Afiva, Atmaji, dan Drs, Judi Alhilman yang melakukan penelitian pada studi kasus PT. XYZ yang bergerak pada produksi *Spare Part* dan aksesoris otomotif pada sepeda motor. Permasalahan pada perusahaan ini adalah terjadinya kerusakan pada mesin CNC *Milling* dengan jumlah kerusakan 32 kali selama tahun 2017 dan 2018. Pada penelitian ini peneliti mencoba untuk melakukan perbaikan pada penjadwalan *preventive maintenance* pada perusahaan tersebut sehingga tindakan pencegahan lebih optimal. Dengan menggunakan metode RCM peneliti menentukan jadwal perawatan yaitu 2 *schedule on-condition*, 1 *schedule restoration*, 2 *schedule discard task*. Dengan interval pemeliharaan yang berbeda sesuai dengan jenis kegagalan yang terjadi yaitu *bearing spindle* selama 0,47 bulan sekali untuk *schedule on-condition task*. Dan untuk komponen selang selama 0,72 bulan sekali untuk *schedule restoration* dan *schedule discard task*.

Pada penelitian yang dilakukan Atriista Diastari, Dkk (2017) tentang metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) yang dimana untuk perencanaan kegiatan perawatan sehingga meningkatkan efektifitas kerja alat serta mengurangi angka kecelakaan yang disebabkan oleh kerusakan alat pada mesin pendingin Sabroe. Sedangkan penelitian Ikramullah Zein, Dkk (2019) tentang penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang mengaplikasikan Grey FMEA untuk menentukan prioritas perbaikan pada mesin kompresor. Setelah dilakukannya penerapan metode RCM tersebut, ditemukannya kegagalan fungsi yang terjadi pada mesin kompresor unit D yaitu pada komponen Pompa Low Pressure (LP) & Hight Pressure (HP) dan sub komponennya yaitu bearing karena memiliki koefisien terkecil.

Berikutnya penelitian yang dilakukan oleh Ansory Puput (2019) yang melakukan pada perusahaan PT. Aneka Gas Industri yang memproduksi berbagai gas industri. Penelitian

ini menggunakan RCM II dan melakukan perbandingan biaya sebelum dan sesudah melakukan *preventive maintenance* pada mesin IQF. Penelitian ini menggunakan data perbaikan selama tiga tahun terakhir. Dengan menggunakan metode RCM II peneliti memberikan penjadwalan perawatan pencegahan pada komponen *Gear Box Lifter* dapat melakukan perawatan setiap 4 hari sekali, *Sprocket* dilakukan perawatan setiap 5 hari sekali, *Scraper* dilakukan perawatan setiap 2 hari sekali, *Wiremesh Belt* dilakukan perawatan setiap 5 hari sekali.

Pada penelitian Sunaryo, Dkk (2018) tentang penelitian menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) agar diharapkan dapat menetapkan *schedule maintenance* dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat yang harus dilakukan pada komponen *Main gas admission valve* mesin Watsila. Menurut Heri Wibowo, Dkk (2018) tentang penelitian menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) digunakan untuk menganalisis sistem tersebut untuk mengetahui komponen – komponen yang termasuk dalam kategori kritis pada mesin Hammer Mill, bak Hammer Mill, bucket Hummer Mill. Sedangkan menurut Ragil Pardiyono, Dkk (2020) tentang penelitian menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* untuk menentukan komponen kritis dan interval waktu penggantian komponen pada mesin komponen mesin kneader. Bahwa menurut Agus Syahabuddin (2019) tentang penelitian menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), dengan aplikasi awal mengetahui fungsi serta kerusakan yang dapat terjadi pada suatu sistem, mulai dari sub-sistem sampai pada level komponen mesin bubut CY-L1640G.

Penerapan RCM juga digunakan pada metro transport dalam hal perawatan salah satu komponen penting dalam moda transportasi tersebut yaitu Metro Door System (MDS) (Fang et al. 2019). Tujuan dari penelitian tersebut berupa penerapan RCM untuk perawatan MDS. Penentuan komponen dari MDS diperlukan, kemudian dilakukan FMECA Fuzzy untuk menentukan 10 moda kegagalan dari 5 komponen dengan tingkat kegagalan tinggi pada keandalannya. RCM dilakukan setelah keputusan dari moda perawatan dan perhitungan siklus interval perawatan didapatkan yang kemudian menjadi dasar perawatan metro train. RCM dapat membantu dalam pengambilan keputusan dalam pemeliharaan agar memberikan nilai keandalan lebih untuk menyeimbangkan dari segi keamanan dan ekonomi. Menurut Divania Maria Christy, Dkk (2019) tentang penelitian menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang digunakann untuk

menentukan tipe perbaikan atau perawatan yang akan digunakan untuk setiap mesin yang dimana mesin yang paling sering mengalami *downtime* adalah *line* pada mesin *pellet* sehingga perbaikan yang hendak dilakukan berpusat pada *line* mesin *pellet*.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No	Penulis	Tahun	Judul	Penjelasan
1	Wirda Hamro Afiva, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji, Judi Alhilman	2019	Penerapan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) Pada Perencanaan Interval <i>Preventive Maintenance</i> Dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Analisis Fmeca (Studi Kasus : PT. Xyz)	Dengan menggunakan metode RCM peneliti menentukan jadwal perawatan yaitu 2 <i>schedule on-condition</i> , 1 <i>schedule restoration</i> , 2 <i>schedule discard task</i> . Dengan interval pemeliharaan yang berbeda sesuai dengan jenis kegagalan yang terjadi yaitu <i>bearing spindle</i> selama 0,47 bulan sekali untuk <i>schedule on-condition task</i> . Dan untuk komponen selang selama 0,72 bulan sekali untuk <i>schedule restoration</i> dan <i>schedule discard task</i> .
2	Atrisita Diastari, Priyo Agus Setiawan, Aulia Nadia Rachmat	2017	Penjadwalan <i>Maintenance</i> Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance II</i> (RCM II) pada Mesin Pendingin Sabroe Di PT. SMART Tbk.	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode <i>Reliability Centered Maintenance II</i> (RCM II) yang dimana untuk perencanaan kegiatan perawatan sehingga meningkatkan efektifitas kerja alat serta mengurangi angka kecelakaan yang disebabkan oleh kerusakan alat pada mesin pendingin Sabroe.
3	Ikramullah Zein, Dewi Mulyati, Ilham Saputra	2019	Perencanaan Perawatan Mesin Kompresor Pada PT. Es Muda Perkasa Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Penelitian ini menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) yang mengaplikasikan Grey FMEA untuk menentukan prioritas perbaikan pada mesin kompresor. Setelah dilakukannya penerapan metode RCM tersebut, ditemukannya kegagalan fungsi yang terjadi pada mesin kompresor unit D yaitu pada komponen Pompa Low Pressure (LP) & Hight

No	Penulis	Tahun	Judul	Penjelasan
				Pressure (HP) dan sub komponennya yaitu bearing karena memiliki koefisien terkecil
4	Puput Ansory	2019	Manajemen Perawatan Mesin IQF Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) Studi Kasus Di PT Aneka Gas Industri Tbk.	Dengan menggunakan metode RCM II peneliti memberikan penjadwalan perawatan pencegahan pada komponen <i>Gear Box Lifter</i> dapat melakukan perawatan setiap 4 hari sekali, <i>Sprocket</i> dilakukan perawatan setiap 5 hari sekali, <i>Scraper</i> dilakukan perawatan setiap 2 hari sekali, <i>Wiremesh Belt</i> dilakukan perawatan setiap 5 hari sekali.
5	Sunaryo, Legisnal, Ir.Denur	2018	Aplikasi Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Sistem Saluran Gas Mesin Wartsila	Penelitian menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) agar diharapkan dapat menetapkan schedule maintenance dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (maintenance task) yang tepat yang harus dilakukan pada komponen Main gas admission valve mesin Wartsila.
6	Heri Wibowo, Ahmad Sidiq dan Ariyanto	2018	Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Perusahaan Karet	Penelitian menggunakan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) digunakan untuk menganalisis sistem tersebut untuk mengetahui komponen-komponen yang termasuk dalam kategori kritis pada mesin Hammer
7	Ragil Pardiyono, Rifki Fadillah	2020	Minimasi Downtime Menggunakan Reliability Centered Maintenance (RCM) DI PT. Agronesia Inkaba	Penelitian menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Age Replacement untuk menentukan komponen kritis dan interval waktu penggantian komponen pada mesin komponen mesin kneader.

No	Penulis	Tahun	Judul	Penjelasan
8	Agus Syahabuddin	2019	Analisis Perawatan Mesin Bubut CY-L1640G Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) DI PT. Polymindo Permata	Penelitian menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM), dengan aplikasi awal mengetahui fungsi serta kerusakan yang dapat terjadi pada suatu sistem, mulai dari sub-sistem sampai pada level komponen mesin bubut CY-L1640G.
9	Feng Fang, Zhi-Jie Zhao, Chao Huang, Xin Yin Zhang, Hong-Tu Wang & Yuan-Jian Yang	Application of Reliability Centered Maintenance in Metro Door System	2019	FMECA Fuzzy digunakan untuk menentukan 10 moda kegagalan dari 5 komponen dengan tingkat kekegagalan tinggi pada keandalannya. Didapatkan bentuk perawatan untuk 5 komponen tersebut berdasarkan dengan keperluannya. Selain itu juga didapatkan interval waktu perawatan untuk 8 moda kegagalan, interval terlama ada pada moda kegagalan plug loosening dengan interval 966.096 jam. Sementara interval tercepat ada pada moda kegagalan fungsi dengan interval 396.024 jam. Dengan demikian RCM dapat membantu dalam pengambilan keputusan dalam pemeliharaan agar memberikan nilai keandalan lebih untuk menyeimbangkan dari segi keamanan dan ekonomi.
10	Divania Maria Christy, Prayonne Adi	2019	Perancangan Jadwal Maintenance untuk Menurunkan Downtime pada Line Mesin Pellet 9 dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)	Penelitian menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) yang digunakan untuk menentukan tipe perbaikan atau perawatan yang akan digunakan untuk setiap mesin yang dimana mesin yang paling sering mengalami downtime adalah line pada mesin pellet sehingga perbaikan yang hendak dilakukan berpusat pada line mesin pellet

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Manajemen Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas dan peralatan pabrik dengan melakukan perbaikan dengan melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Assuari, 2008). Sedangkan menurut (Harsanto, 2013) pemeliharaan diartikan sebagai serangkaian aktivitas untuk menjaga agar fasilitas atau peralatan senantiasa dalam keadaan siap pakai. Menurut (Manzini, 2010) Perawatan merupakan kegiatan berupa pengawasan dan pemeliharaan fasilitas pabrik, dan pemeriksaan untuk memastikan bahwa fungsi dari unit beroperasi dan mencegah adanya perbaikan maupun kerusakan untuk mengurangi waktu berhenti (*downtime*).

Berdasarkan teori diatas yang dapat disimpulkan bahwa perawatan atau pemeliharaan merupakan suatu kegiatan yang memiliki tujuan untuk mengoptimalkan kerja suatu alat maupun peralatan agar dapat digunakan sesuai dengan standar yang ada. Sementara manajemen perawatan sendiri merupakan pengelolaan kegiatan perawatan terhadap fasilitas penunjang produksi. Pengelolaan ini mencakup perencanaan strategi dalam merawat fasilitas dan juga strategi yang menunjang keberhasilan penjalanan perawatan fasilitas produksi. Diharapkan dengan adanya penjalanan perawatan tersebut dapat meningkatkan output perusahaan dan juga menghasilkan biaya perawatan serendah mungkin.

2.2.2 Tujuan Perawatan (*Maintenance*)

Secara umum perawatan menurut (IR. Ating Sudrajad, 2011) bertujuan untuk :

1. Menjamin ketersediaan, keandalan fasilitas (mesin dan peralatan) secara ekonomis maupun teknis, sehingga dalam penggunaannya dapat dilaksanakan seoptimal mungkin.
2. Memperpanjang usia kegunaan fasilitas.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan dalam keadaan darurat.
4. Menjamin keselamatan kerja, keamanan dalam penggunaannya.

Dilihat dari perkembangan industri, memungkinkan mesin – mesin produksi akan melakukan serangkaian tugas yang panjang dan kompleks, artinya dituntut adanya

pelaksanaan pekerjaan perawatan yang baik dan terarah. Pekerjaan perawatan lebih diarahkan untuk menjaga kontinuitas sistem, sehingga sistem akan meningkatkan produktivitasnya.

2.2.3 Jenis – Jenis Perawatan (*Maintenance*)

Menurut (IR. Ating Sudrajad, 2011) perawatan terdiri dari dua jenis, yaitu :

a. *Planned Maintenance* (Perawatan yang terencana)

Planned Maintenance dahulu, pemeliharaan perencanaan ini mengacu pada rangkaian proses produksi. Pemeliharaan Terencana adalah jenis pemeliharaan yg diorganisir, terencana, pelaksanaannya sesuai jadwal, pengendalian dan pencatatan terjadwal. *Planned Maintenance* terdiri dari :

1. *Preventive Maintenance* (Perawatan pencegahan)

Perawatan pencegahan adalah merupakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan.

2. *Scheduled Maintenance* (Perawatan terjadwal)

Perawatan terjadwal merupakan bagian dari perawatan pencegahan. Perawatan ini bertujuan mencegah terjadi kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Strategi perawatan ini disebut juga sebagai perawatan berdasarkan waktu (*time based maintenance*).

3. *Predictive Maintenance* (Perawatan prediktif)

Perawatan prediktif ini pun merupakan bagian perawatan pencegahan. Perawatan prediktif ini dapat diartikan sebagai strategi perawatan dimana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri.

b. *Unplanned Maintenance* (Perawatan tidak terencana)

Unplanned Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan karena adanya indikasi atau petunjuk bahwa adanya tahap kegiatan proses produksi yang tiba – tiba memberikan hasil yang tidak layak. Pemeliharaan tidak terencana adalah pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan situasi dan kondisi saat tertentu dan cenderung mendesak. Dalam hal ini perlu dilakukan kegiatan pemeliharaan atas mesin secara tidak berencana. *Unplanned Maintenance* terdiri dari :

1. *Emergency Maintenance* (Perawatan darurat)

Kegiatan perawatan mesin yang memerlukan penanggulan yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan akibat yang lebih parah.

2. *Breakdown Maintenance* (Perawatan kerusakan)

Perawatan kerusakan dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan dengan cara mesin atau peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti.

3. *Corrective Maintenance* (Perawatan penangkal)

Pemeliharaan yang dilaksanakan karena adanya hasil produk (setengah jadi maupun barang jadi) tidak sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya. Misalnya terjadi kekeliruan dalam mutu atau bentuk barang, maka perlu diamati tahap kegiatan proses produksi yang perlu diperbaiki (koreksi).

2.2.4 Bentuk – Bentuk Perawatan

Menurut (IR. Ating Sudrajad, 2011) bentuk – bentuk perawatan terbagi menjadi 4 yaitu:

1. Perawatan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Perawatan kerusakan dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan dengan cara mesin atau peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Kebijakan ini merupakan strategi yang sangat 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. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan adalah merupakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan.

3. Perawatan Terjadwal (*Schedule Maintenance*)

Perawatan terjadwal merupakan bagian dari perawatan pencegahan. Perawatan ini bertujuan mencegah terjadinya kerusakan dan perawatannya dilakukan 20 secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Strategi perawatan ini disebut juga sebagai perawatan berdasarkan waktu (*time based maintenance*).

4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif ini pun merupakan bagian perawatan. Perawatan prediktif ini dapat diartikan sebagai strategi perawatan dimana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri.

2.2.5 Konsep *Downtime*

(Gaspersz, 1992) pada dasarnya *downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik), sehingga membuat fungsi sistem tidak berjalan. Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan (*breakdown period*) sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan *downtime* menjadi sangat penting.

2.2.6 Laju Kerusakan

Sebuah *equipment* yang ada dalam mesin akan melakukan tugasnya selama mesin tersebut beroperasi, selama selang waktu tersebut dapat terjadi sebuah kegagalan. Kejadian kegagalan yang terus menerus dalam periode tertentu akan memberikan dampak terhadap produktivitas mesin tersebut. Untuk mengetahui nilai kegagalannya tersebut dapat dilakukan perhitungan laju kegagalan. Laju kegagalan atau *failure rate*, λ merupakan rasio dari total jumlah kegagalan dengan total waktu operasi (Priyatna, 2000). *Failure rate* dapat diartikan mengenai jumlah kerusakan yang terjadi selama periode waktu tertentu. Fungsi dari *failure rate* dinyatakan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{r}{T(t)} \quad (2.1)$$

Dengan :

T(t) = total jam operasi

R = jumlah *failure*

λ = Laju kegagalan

2.2.7 Keandalan (*Reliability*)

Keandalan (*Reliability*) adalah peluang dari sebuah mesin atau komponen yang telah digunakan atau yang sedang beroperasi melaksanakan fungsinya dengan baik dalam kurun waktu tertentu. Sehingga keandalan kegunaan untuk memperhitungkan suatu komponen agar tidak terjadi kegagalan dalam melaksanakan fungsinya dalam waktu tertentu. Nilai keandalan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_0^{\infty} f(t)dt \quad (2.2)$$

Dimana :

$F(t)$ = *Cumulative Distribution Function* (CFD)

$R(t)$ = *Reliability Function*

$f(t)$ = *Probability Desentity Function* (PDF)

Terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui keandalan yaitu sebagai berikut :

- a. *Mean time to between failure* (MTBF) merupakan waktu rata – rata antar tiap kegagalan. Pengaplikasiannya untuk alat yang dapat diperbaiki kembali setelah perawatan.
- b. *Mean time to repair* (MTTR) merupakan rata – rata lama waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan, semakin kecil semakin baik.
- c. *Mean time to failure* (MTTF) merupakan waktu rata – rata yang dimiliki oleh mesin sampai kerusakan. Pengaplikasian untuk alat yang tidak dapat diperbaiki setelah rusak. Digunakan untuk mengestimasi umur mesin.
- d. *Mean life to component* merupakan rata – rata usia komponen sebelum mengalami kerusakan.
- e. *Failure rate* merupakan nilai rata – rata kegagalan peralatan pada suatu satuan waktu.

2.2.8 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenace (RCM) adalah sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya (Dhillon, 2006). RCM merupakan serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan kegiatan perawatan yang tepat dengan tujuan sehingga aset fisik dapat terjaga sesuai fungsi operasionalnya. Sehingga RCM lebih berfokus dalam jenis perawatan *preventive maintenance* pada penerapannya. Beberapa tujuan dalam penerapan RCM menurut (Moubray, 1997), yaitu :

- a. Untuk mengembangkan desain yang sifat mampu dipeliharanya (*maintentability*) baik.

- b. Untuk memperoleh informasi yang penting dalam melakukan *improvement* pada desai lawal yang kurang baik.
- c. Untuk mengembangkan sisteem pemeliharaan yang dapat mengembalikan kepada *reliability* dan *safety* seperti awal mula peralatan dan deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
- d. Untuk mewujudkan semua tujuan di atas dengan biaya minimum.

Menurut Anderson (1990) dalam menggunakan RCM yang akan diimplementasikan dibutuhkan langkah – langkah sebagai berikut :

1. *Functional Block Diagram* (FBD)

Setelah sistem dipilih dan batasan sistem telah dibuat, maka dilakukan pendeskripsian sistem. Bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendokumentasikan detail penting dari sistem yang menunjukkan hubungan dari masing – masing fungsi asset untuk mempermudah fungsi saat melakukan analisis.

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

Mode kegagalan merupakan suatu keadaan yang dapat menyebabkann kegagalan fungsional. Apabila mode kegagalan sudah diketahui maka memungkinkan untuk mengetahui dampak kegagalan yang menggambarkan apa yang akan terjadi ketika mode kegagalan tersebut terjadi, selanjutnya digunakan untuk menentukan konsekuensi dan memutuskan apa yang akan dilakukan untuk mengantisipasi, mencegah, mendeteksi, atau memperbaikinya.

3. *Logic Tree Analysis* (LTA)

LTA merupakan suatu pengukuran kualitatif untuk mengklasifikasikan mode kegagalan. Mode kegagalan dapat diklasifikasikan ke dalam 4 kategori yaitu :

a. *Safety Problem* (Kategori A)

Mode kegagalan mempunyai konsekuensi dapat melukai atau mengancam jiwa seseorang.

b. *Outage Problem* (Kategori B)

Mode kegagalan dapat mematikan sistem.

c. *Minor to Investigation Economic Problem* (Kategori C)

Mode kegagalan tidak berdampak pada keamanan maupun mematikan sistem.

Dampaknya tergolong kecil dan dapat diabaikan.

d. *Hidden Failure* (Kategori D)

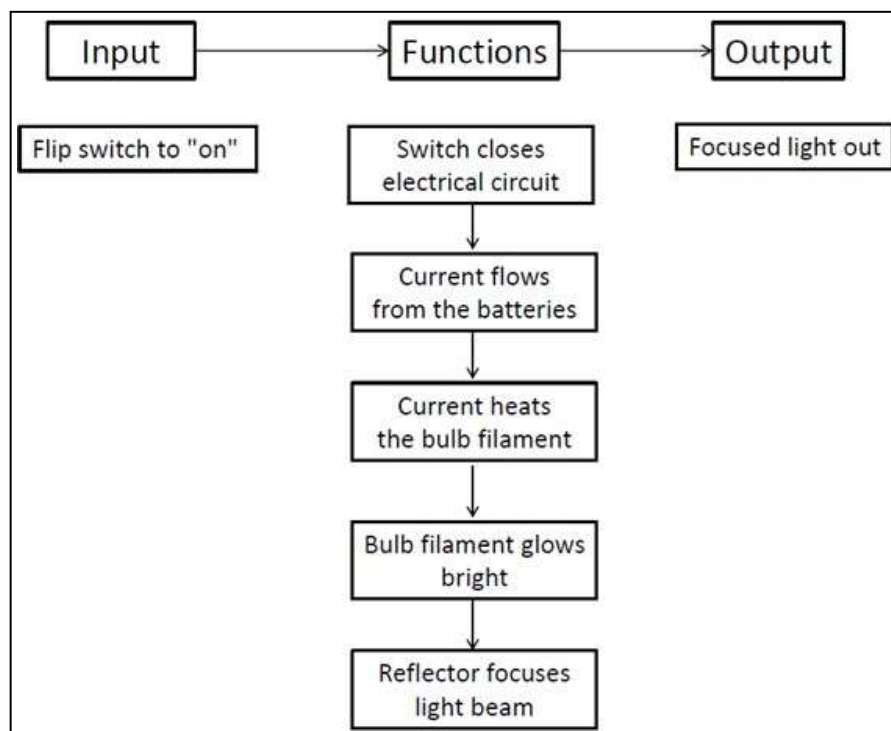
Kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh operator.

4. *Task Selection* (Pemilihan kebijakan perawatan)

Task Selection dilakukan untuk menentukann kebijakan – kebijakan yang mungkin untuk diterapkan dan memilih *task* yang paling efisien untuk setiap mode kegagalan. Efektif yang dimaksud adalah kebijakan perawatan yang dilakukan dapat mencegah, mendeteksi kegagalan, atau menemukan *hidden failure*. Sedangkan efisiensi yang dimaksud adalah kebijakan perawatan yang dilakukan ekonomis bila dilihat dari total biaya perawatan.

2.2.9 *Functional Block Diagram (FBD)*

Functional Block Diagram (FBD) merupakan diagram yang berbentuk blok – blok yang menjelaskan mengenai fungsi dari setiap komponen beserta hubungan dari komponen satu dengan yang lainnya sehingga dapat terlibat dengan jelas pengaruh antar komponen. *Functional Block Diagram (FBD)* berfungsi untuk menunjukkan hubungan dari masing – masing fungsi asset untuk mempermudah fungsi saat melakukan analisis dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.



Gambar 2.1 *Functional Block Diagram*

Sumber : *Weiull* (2013)

2.2.10 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) berfungsi untuk menganalisa sistem peralatan berdasarkan fungsi sub-sistem yang dalam hal ini adalah komponen atau unit dan bagaimana komponen tersebut gagal dalam mencapai standar performansinya. Analisa yang dilakukan dengan FMEA mencakup efek yang ditimbulkan oleh kegagalan dan frekuensi munculnya kegagalan tersebut. Tahapan *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)* sendiri seperti terdapat pada (Ebeling, 1997) :

1. Menentukan dan mengidentifikasi sistem yang akan dianalisis.
2. Mengidentifikasi failure mode (mode kegagalan) dari sistem yang diamati berdasarkan komponen atau fungsi.
3. Mengidentifikasi penyebab (potential cause) dari failure mode yang terjadi pada proses yang berlangsung.
4. Mengidentifikasi akibat (potential effect) yang ditimbulkan potensial failure mode.
5. Menetapkan nilai – nilai severity, occurrence dan detection. Ketiga penilaian tersebut dilakukan berdasarkan kriteria penilaian dari buku Dr. Miha Mraz dan Bernhard Huber yang berjudul FMEA – FMECA.
6. Membuat lembar kerja Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Lembar kerja ini dibuat untuk mempermudah pelaksanaan analisis kegagalan dengan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dapat disesuaikan dengan kondisi serta kebutuhan dalam penelitian yang dilakukan. Lembar kerja ini tidak terpaku pada suatu tabel tertentu melainkan dapat dimodifikasi sesuai dengan keperluan penelitian.
7. Langkah terakhir dari pelaksanaan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) adalah menentukan tindakan korelatif yang diperlukan untuk mengatasi mode kegagalan yang terjadi.

Tabel 2.2 Format *Failure Mode Effect dan Analysis (FMEA)*

Sistem :									
No	Equipment	Function	Functional Failure	Failure Mode	Effect Of Failure	S	O	D	RPN

Pada tabel format FMEA di atas pengisian *equipment* diisi dengan komponen dari sebuah sistem, kolom *function* diisi dengan fungsi dari sebuah komponen dalam

proses operasi *functional failure* dengan kegagalan yang terjadi dari sebuah fungsi, *failure mode* berisikan kemungkinan penyebab – penyebab terjadinya kegagalan fungsi, *effect of failure* diisi dengan dampak atau akibat dari sebuah kegagalan. Sedangkan S O D merupakan *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D). Untuk *Risk Priority Number* (RPN) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.3)$$

Hasil dari RPN adalah menunjukkan tingkat kepentingan dari sebuah sistem komponen yang dianggap mempunyai tingkat resiko tertinggi sehingga memerlukan perlakuan khusus dengan melakukan perbaikan. Semakin tinggi nilai RRN maka akan semakin rendah tingkat keandalan komponen suatu sistem, maka dari itu untuk menentukan komponen mana yang paling kritis diambil dari nilai RPN yang paling tinggi (Junaidi & Kurniawan, 2021). Berikut ini adalah komponen penyusunan *Risk Priority Number* (RPN) :

a. *Severity*

Severity menunjukkan dampak yang diakibatkan oleh kejadian atau kegagalan yang mempengaruhi waktu, biaya, dan teknikal.

Tabel 2.3 Keterangan *Severity*

Tingkatan <i>Severity</i> Ranking	Akibat (<i>Effect</i>)	Akibat Pada Mesin
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan <i>downtime</i> dan tidak mengakibatkan dampak pada mesin
2	Akibat sangat ringan	Mesin mengalami sedikit gangguan namun mesin tetap dapat beroperasi dan keadaan aman.
3	Akibat ringan	Mesin mengalami sedikit gangguan kecil pada peralatan namun mesin tetap dapat beroperasi dan keadaan aman.
4	Akibat sangat rendah	Mesin mengalami sedikit gangguan atau membutuhkan waktu perbaikan sebesar < 10 menit namun mesin tetap dapat beroperasi dan keadaan aman, hanya terdapat sedikit gangguan kecil. Akibat dapat diketahui oleh semua operator
5	Akibat rendah	Mesin mengalami sedikit gangguan membutuhkan waktu perbaikan 10 – 30 menit dan mesin masih tetap beroperasi dan dalam keadaan aman. Operator merasa tidak puas akibat kinerja yang berkurang

Tingkatan Severity Ranking	Akibat (Effect)	Akibat Pada Mesin
6	Akibat sedang	Mesin tetap beroperasi namun terjadi gangguan pada peralatan. Performansi mesin terganggu dan mempengaruhi kualitas atau membutuhkan waktu perbaikan 30 - 60 menit. Operator merasa sangat tidak puas dengan kinerjanya sendiri
7	Akibat tinggi	Mesin tetap beroperasi namun terjadi gangguan dan dalam keadaan aman, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh. Performansi mesin terganggu dan mempengaruhi kualitas produk atau membutuhkan waktu perbaikan 1 – 2 jam <i>downtime</i>
8	Akibat Ekstrem	Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi utama mesin atau membutuhkan waktu perbaikan 2 - 4 jam <i>downtime</i>
9	Akibat Serius	Mesin gagal dalam beroperasi karena terjadi kerusakan yang sangat serius dan tidak memenuhi standart keselamatan kerja atau waktu perbaikan 4 – 8 jam <i>downtime</i>
10	Akibat Berbahaya	Mesin tidak layak untuk dioperasikan, karena dapat menimbulkan kecelakaan kerja secara tiba – tiba dan mempengaruhi pekerja dan perusahaan. Waktu perbaikan yang dibutuhkan > 8 jam <i>downtime</i> .

b. *Occurrency*

Occurrency merupakan kemungkinan terjadinya suatu kegagalan atau resiko.

Tabel 2.4 Keterangan *Occurrency*

Ranking	Kriteria Kejadian	Frekuensi Kejadian
1	Hampir kerusakan tidak pernah terjadi	1 kali per tahun
2	Kerusakan mesin jarang terjadi	2 – 3 kali per tahun
3	Kerusakan mesin terjadi sangat sedikit	4 – 5 kali per tahun
4	Kerusakan mesin terjadi sedikit	6 – 8 kali per tahun
5	Kerusakan mesin terjadi dengan tingkat rendah	9 – 14 kali per tahun
6	Kerusakan mesin terjadi pada tingkat medium	15 – 20 kali per tahun
7	Kerusakan terjadi agak tinggi	21 – 30 kali per tahun
8	Kerusakan terjadi tinggi	31 – 40 kali per tahun
9	Kerusakan terjadi sangat tinggi	41 – 45 kali per tahun

10	Kerusakan selalu terjadi	> 45 kali per tahun
----	--------------------------	---------------------

c. *Detection*

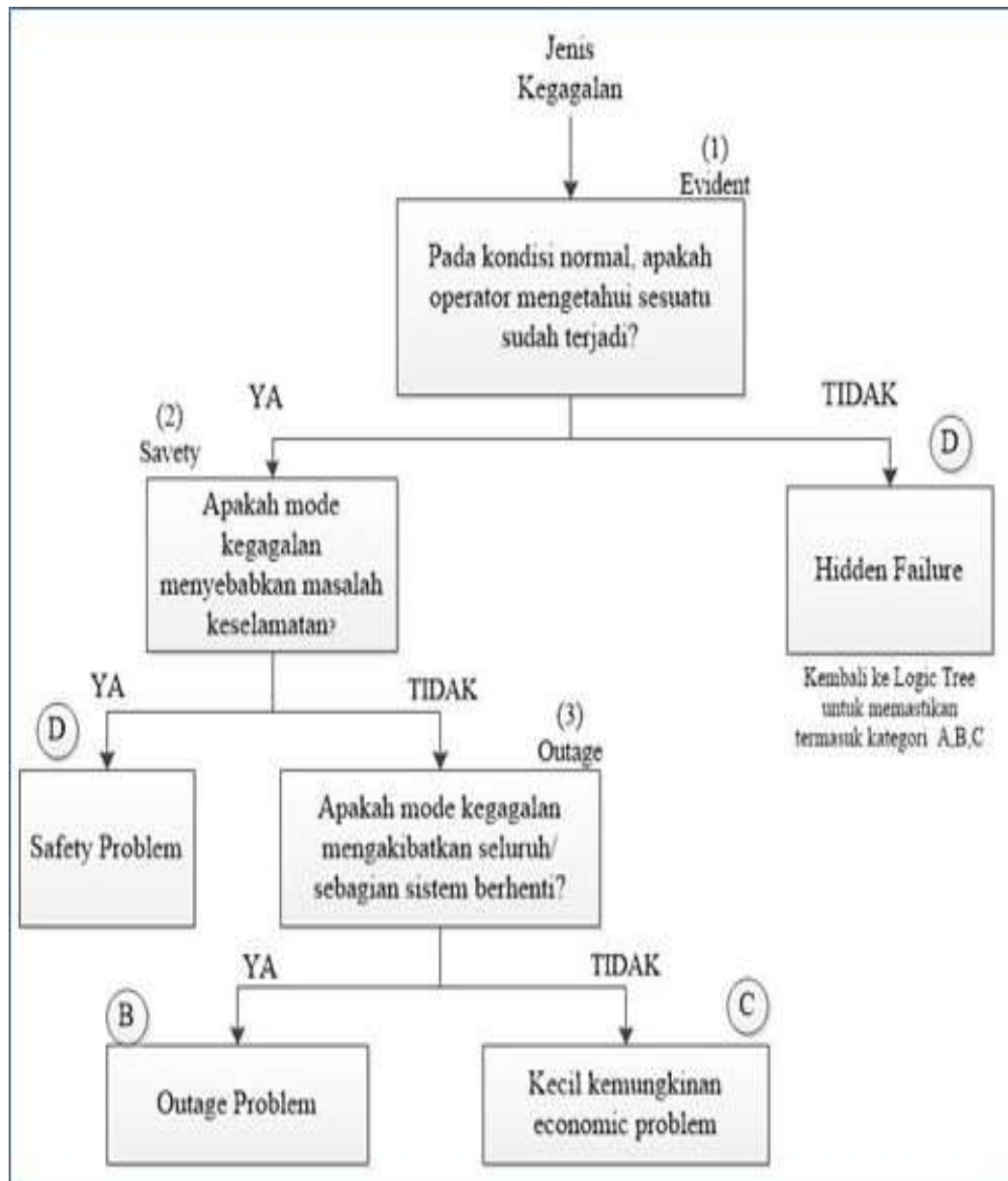
Detection merupakan kemampuan untuk mendeteksi terjadinya suatu kegagalan atau resiko.

Tabel 2.5 Keterangan *Detection*

Ranking	Akibat	Kriteria Verbal
1	Hampir pasti	Hampir pasti dapat mendeteksi kegagalan.
2	Sangat tinggi	Operator memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
3	Tinggi	Operator memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
4	<i>Moderate highly</i>	Operator memiliki kemampuan <i>moderate highly</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
5	<i>Moderate</i>	Operator memiliki kemampuan cukup untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
6	Rendah	Operator memiliki kemampuan untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
7	Sangat rendah	Operator memiliki kemampuan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
8	Sedikit kemungkinan	Sedikit kemungkinan dapat mendeteksi kegagalan.
9	Sangat sedikit kemungkinan	Sangat kecil kemungkinan dapat mendeteksi kegagalan.
10	Tidak terdeteksi	Terjadinya kegagalan tidak dapat terdeteksi sama sekali.

2.2.11 *Logic Tree Analysis (LTA)*

Logic Tree Analysis (LTA) dapat menunjukkan jenis kegiatan pemeliharaan (*Maintenance Task*) yang layak dan optimal untuk digunakan memperbaiki setiap mode

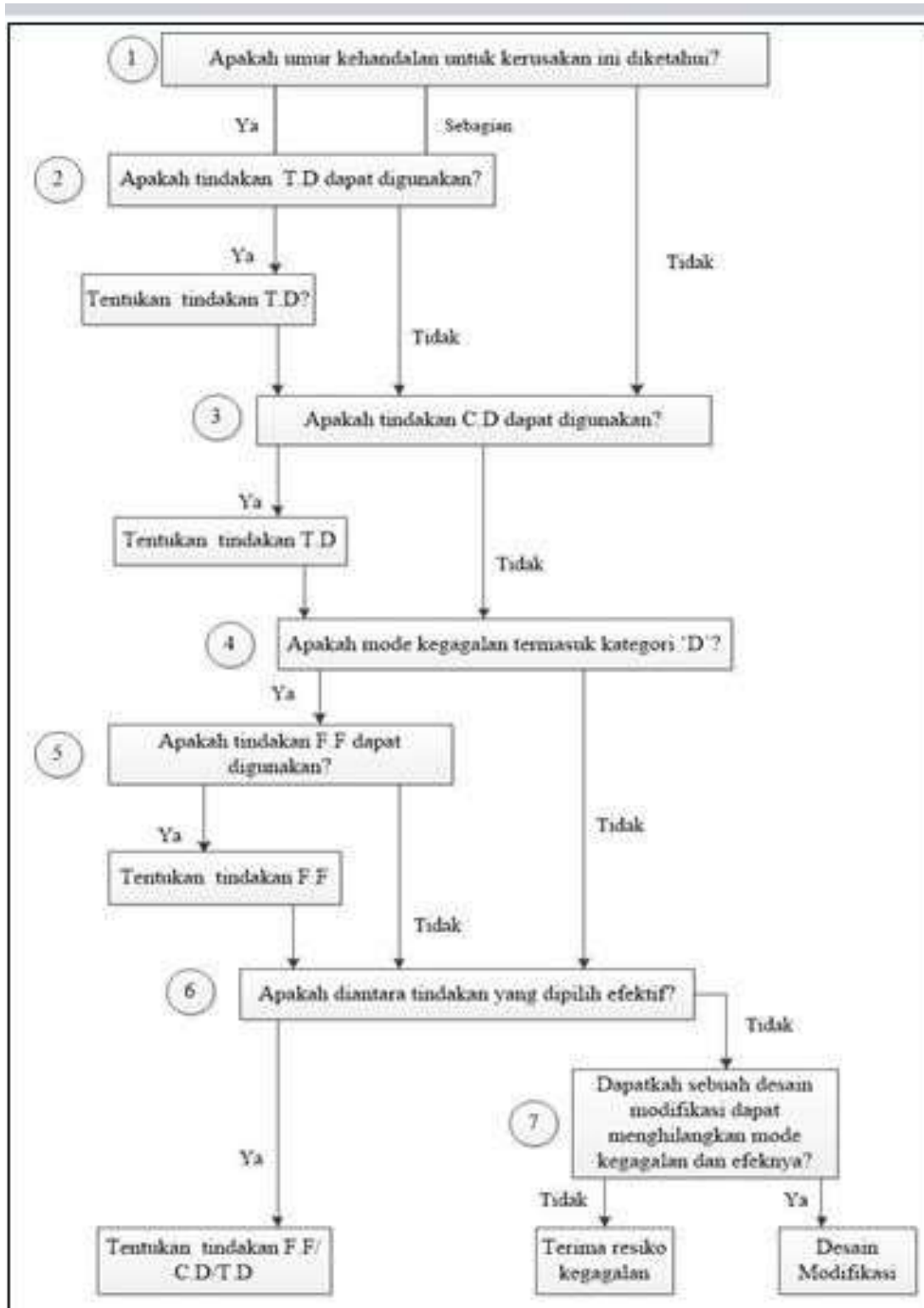


Gambar 2.2 Alur *Logic Tree Analysis* (LTA)

Sumber : Smith & Glenn (2004)

2.2.12 *Task Selection* (TS)

Pada tahap pemilihan tindakan, tindakan akan ditentukan yang benar untuk mode kerusakan tertentu. Jika tugas pencegahan secara teknis tidak menguntungkan untuk dilakukan, tindakan standar yang diambil bergantung pada tentang konsekuensi kegagalan. Beberapa kategori tindakan pencegahan ini meliputi :



Gambar 2.3 Alur *Task Selection Road Map* (Pemilihan Tindakan Perawatan)

Sumber : Smith & Glenn (2004)

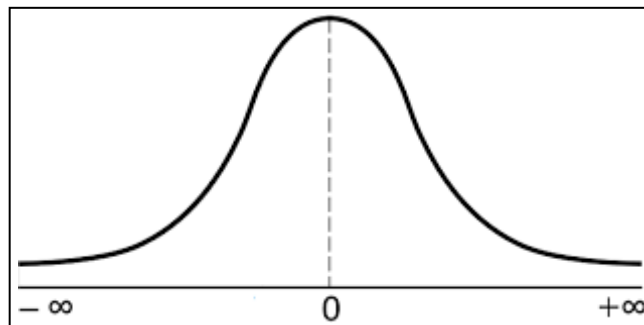
2.2.13 Distribusi Data Kerusakan

Distribusi data kerusakan menurut (Ebeling, 1997), menurut informasi dasar mengenai umur pakai suatu peralatan dalam suatu populasi, distribusi yang sering digunakan adalah

eksponensial, lognormal, normal, dan weibull. Distribusi data kerusakan diperlukan untuk menentukan interval perawatan. Distribusi yang digunakan sebagai berikut :

1. Fungsi Distribusi Normal

Distribusi normal sangat bermanfaat untuk penggunaan dalam pemodelan kelelahan atau wearout dari suatu komponen. Karena distribusi ini dapat digunakan untuk menganalisa probabilitas lognormal. Bentuk distribusi normal menyerupai lonceng sehingga memiliki nilai yang simetris terhadap nilai rata-rata dengan dua parameter pembentuk yaitu μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi).



Gambar 2.4 Kurva Distribusi Normal

Menurut (Ebeling, 1997) terdapat 4 fungsi distribusi normal yaitu :

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \text{ untuk } -\infty < t < \infty \quad (2.4)$$

b. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (2.5)$$

c. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (2.6)$$

d. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)} \quad (2.7)$$

Dimana $\mu > 0$, $\sigma > 0$, dan $t > 0$

Dengan:

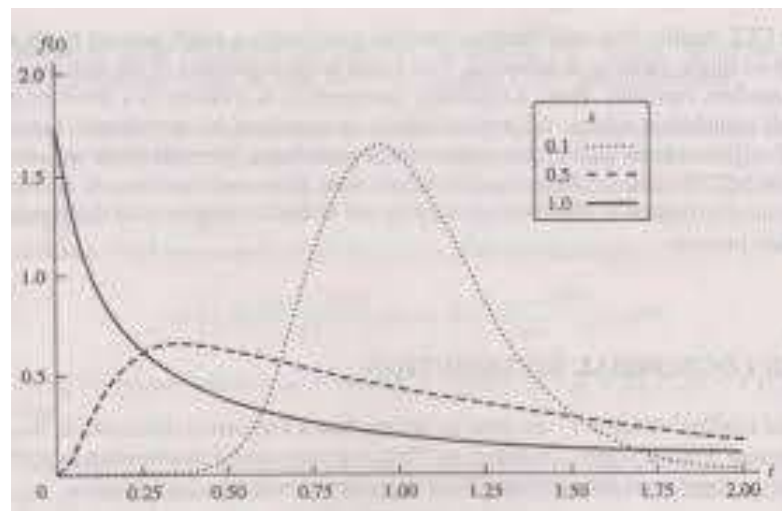
μ = rata-rata

σ = variansi

ϕ = fungsi densitas probabilitas

2. Fungsi Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu s (parameter bentuk) dan t_{med} (parameter lokasi). Seperti distribusi Weibull, distribusi lognormal memiliki bentuk yang bervariasi. Biasanya data yang dapat didekati dengan distribusi Weibull juga bisa didekati dengan distribusi Lognormal (Ebeling, 1997) Fungsi dari distribusi lognormal sebagai berikut :



Gambar 2.5 Kurva Distribusi Lognormal

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi st}} \exp\left\{-\frac{1}{2s^2} \left[\frac{\ln t}{t_{med}}\right]^2\right\} \text{ untuk } t \geq 0 \quad (2.8)$$

b. Fungsi Kendalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2.9)$$

c. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (2.10)$$

d. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \phi\left(\frac{\ln t}{s}\right)} \quad (2.11)$$

Dimana $s > 0, t_{med} > 0$, dan $t > 0$

Dengan:

s = parameter bentuk

t_{med} = parameter logasi

ϕ = fungsi densitas probabilitas

3. Fungsi Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial digunakan untuk mencari selisih maupun selang waktu dalam peluang tertentu. Distribusi eksponensial memiliki laju kerusakan yang bersifat konstan terhadap waktu yaitu probabilitas kerusakan tidak tergantung didalam komponen. Adapun parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah λ yang diartikan sebagai rata-rata kerusakan yang terjadi.

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.12)$$

- b. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.13)$$

- c. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.14)$$

- d. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

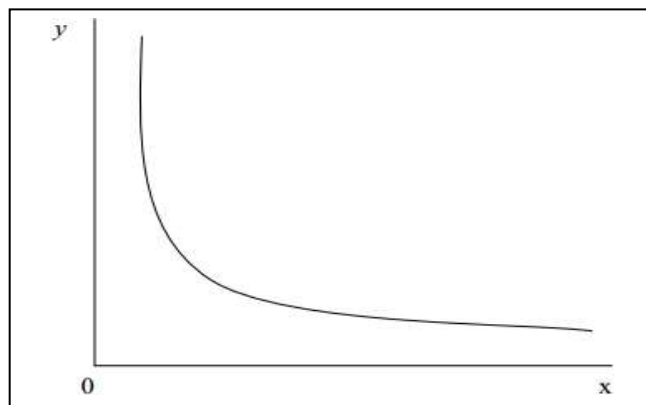
$$\lambda(t) = \lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.15)$$

Dimana $t > 0$ dan $\lambda > 0$

Dengan:

e = bilangan euler

λ = tingkat kegagalan perjam atau siklus



Gambar 2.6 Kurva Distribusi Eksponensial

4. Fungsi Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* banyak digunakan dalam analisa keandalan terutama dalam menghitung umur komponen karena distribusi ini dapat mencakup peningkatan laju kerusakan atau penurunan laju kerusakan. Sehingga distribusi *weibull* dapat digunakan untuk menghitung umur pakai (*lifetime*) suatu komponen. Terdapat dua parameter yang digunakan distribusi *weibull* yaitu β (beta) sebagai parameter bentuk dan parameter θ (teta) sebagai parameter skala. Formula untuk distribusi *Weibul* sebagai berikut :

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (2.16)$$

- b. Fungsi Keandalan (*Reability Function*)

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right] \quad (2.17)$$

- c. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right] \quad (2.18)$$

- d. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (2.19)$$

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

Dengan:

β = shape parameter

θ = scale parameter

e = bilangan euler

Pada distribusi Weibull, parameter β mempengaruhi terhadap distribusi ini, seperti yang dijelaskan oleh (Ebeling, 1997) dari Tabel dibawah ini :

Table 2.8 Pengaruh nilai β terhadap distribusi *weibull*

Nilai	Sifat Distribusi
$1 < \beta$	Laju kerusakan menurun
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan, distribusi eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat (kurva konkaf)

$\beta = 2$	Laju kerusakan linier
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat (kurva konvek)
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat, distribusi normal

2.2.14 Identifikasi Distribusi Antar Waktu Kerusakan dan Perbaikan

1. Nilai Tengah Kerusakan

$$F(ti) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (2.20)$$

Keterangan :

i = data waktu ke- t

n = jumlah kerusakan

2. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (2.21)$$

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

a. Distribusi Eksponensial

$$Xi = ti \quad (2.22)$$

$$Yi = \left[\frac{1}{1-F(ti)} \right] \quad (2.23)$$

b. Distribusi Weibull

$$Xi = \ln (ti) \quad (2.24)$$

$$Yi = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] \quad (2.25)$$

c. Distribusi Lognormal

$$Xi = \ln (ti) \quad (2.26)$$

$$Yi = Zi = \Phi^{-1}[F(ti)] = \Phi^{-1} \ln \left[\left(\frac{1}{s} \right) \ln ti - \left(\frac{1}{s} \right) \ln tmed \right] \quad (2.27)$$

Nilai Zi didapat dari tabel *Standart Normal Probabilities*.

d. Distribusi Normal

$$Xi = ti \quad (2.28)$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{t_i - \mu}{\sigma} \quad (2.29)$$

Dimana t_i adalah data ke i

Nilai Z_i didapat dari tabel *Standart Normal Probabilities*

2.2.15 Uji Goodness Of Fit

Uji goodness of Fit digunakan untuk mempertimbangkan agar distribusi yang di terpilih memiliki kesesuaian dengan harapan. Karena distribusi yang telah terpilih harus sesuai dengan nilai-nilai teoritis yang telah ada. pengujian *goodness of Fit* digunakan karena memiliki probabilitas yang lebih besar dalam menolak suatu distribusi yang tidak sesuai. Ada pun uji yang digunakan dalam pengujian *goodness of Fit* adalah sebagai berikut :

- a. *Kolmogorov-Smirnov Test* untuk Pengujian Distribusi Normal dan Lognormal

H_0 : data *time to failure* berdistribusi normal atau lognormal

H_1 : data *time to failure* tidak berdistribusi normal atau lognormal

$$D_n = \max(D_1, D_2) \quad (2.30)$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{t_i - f}{s} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\} \quad (2.31)$$

$$D_2 = \max \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \phi \left(\frac{t_i - f}{s} \right) \right\} \quad (2.32)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \quad (2.33)$$

Keterangan :

t_i = *time to failure* ke- i

t_i = $\ln(t_i)$ (lognormal)

\bar{t} = rata-rata *time to failure*

s = *standard deviasi*

n = banyaknya data

Jika $D_n < D_{crit}$ maka H_0 diterima. Nilai D_{crit} dapat dilihat pada tabel *critical values for Kolmogorov-Smirnov Test for Normality*.

- b. *Mann Test's* untuk Pengujian Distribusi Weibull

H_0 : data *time to failure* berdistribusi Weibull

H_1 : data *time to failure* tidak berdistribusi Weibull

$$M = \frac{k_1 \sum [(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M_i]}{k_2 \sum [(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M_i]} \quad (2.34)$$

$$K_1 = \left[\frac{r}{n} \right] \quad (2.35)$$

$$K_2 = \left[\frac{r-1}{n} \right] \quad (2.36)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \quad (2.37)$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(\frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \quad (2.38)$$

Keterangan :

t_i = data antar waktu kerusakan ke- i

n = jumlah data antar waktu kerusakan komponen

M_I = nilai pendekatan Mann untuk data ke- i

M = nilai perhitungan *Weibull*

$M_{0,05;k2;kl}$ = nilai distribusi *Weibull*

r = banyaknya data

Bila $M_{hitung} < F_{crit}$ maka H_0 diterima. Nilai F_{crit} diperoleh dari tabel distribusi F dengan $\alpha = 0,05$

1. *Barlett Test* untuk Pengujian Distribusi Ekponensial

H_0 : Data *time to failure* berdistribusi ekponensial

H_1 : data *time to failure* tidak berdistribusi ekponensial

$$B = \frac{2r \left[\left(\ln \left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r t_i \right) - \left(\left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r t_i \right) \right]}{1+(r+1)/(6r)} \quad (2.39)$$

Keterangan :

t_i = waktu kerusakan ke- i

r = jumlah kerusakan

Data waktu kerusakan berdistribusi ekponensial apabila

$$x^2_{(1-\frac{\alpha}{2}, r-1)} < B < x^2_{(1-\frac{\alpha}{2}, r-1)}$$

2.2.16 Estimasi Parameter

Estimasi parameter yang digunakan yaitu menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Menurut Ebeling (1997) masing – masing parameter untuk tiap distribusi adalah sebagai berikut :

1. Distribusi Ekspensial

Parameter yang digunakan untuk distribusi ekponensial adalah λ .

$$\lambda = \frac{n}{T} \quad (2.40)$$

Dimana :

n = jumlah kerusakan

T = $\sum_{ti}^r ti$ yaitu jumlah waktu kerusakan

2. Distribusi Weibull

Parameter untuk distribusi *weibull* adalah β (*shape parameter*) dan θ (*scale parameter*).

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi)(\sum_{i=1}^n Yi)}{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - n \sum_{i=1}^n (Xi)^2} \quad (2.41)$$

$$\theta = e^{-a/\beta} \quad (2.42)$$

Keterangan :

ti = data waktu kerusakan ke - i

3. Distribusi Lognormal

Parameter yang digunakan pada distribusi lognormal adalah s (parameter bentuk) dan tmed (parameter lokasi)

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \ln (ti)}{n} \quad (2.43)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln (ti)}{n}} \quad (2.44)$$

$$tmed = e^{\mu} \quad (2.45)$$

Keterangan :

ti = data waktu kerusakan ke - i

n = banyaknya data kerusakan

μ = nilai tengah

s = standart deviasi

4. Distribusi Normal

Parameter pada distribusi normal adalah σ dan μ

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n ti}{n} \quad (2.46)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ti - \mu)^2}{n}}; \text{ untuk } n > 3 \quad (2.47)$$

Dan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}; \text{ untuk } \leq 30 \quad (2.48)$$

Keterangan :

- t_i = data waktu kerusakan ke – i
- n = banyaknya data kerusakan
- μ = nilai tengah
- σ = standart deviasi

2.2.17 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time to Failure adalah selang waktu rata – rata kerusakan dari distribusi kerusakan dan digunakan untuk melakukan prediksi jika terjadinya kerusakan pada suatu mesin atau suatu komponen. Menurut (Ebeling, 1997) *Mean time to Failure* (MTTF) merupakan nilai rata-rata atau waktu rata-rata terjadinya kerusakan. Perhitungan nilai MTTF untuk masing-masing distribusi yaitu :

- a. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2.49)$$

Keterangan :

θ = scale parameter yang mempengaruhi nilai tengah dari pola data.

β = shape parameter yang mempengaruhi laju kerusakan.

- b. Distribusi Exponential

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.50)$$

Keterangan :

λ = rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

- c. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (2.51)$$

Keterangan :

μ = nilai tengah

- d. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} \cdot \exp\left(\frac{s^2}{2}\right) \quad (2.52)$$

Keterangan :

t_{med} = parameter lokasi (nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan)

s = parameter bentuk (shape parameter)

2.2.18 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time to Repair adalah selang waktu rata – rata perbaikan dari distribusi perbaikan dan digunakan untuk melakukan prediksi jika terjadinya perbaikan pada suatu mesin atau suatu komponen.

Fungsi – fungsi MTTR untuk setiap distribusi adalah sebagai berikut :

- a. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (2.53)$$

- b. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (2.54)$$

- c. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.55)$$

- d. Distribusi Weibull

$$MTTF = \alpha \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \quad (2.56)$$

Nilai $\Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$ didapat dari $\Gamma(x)$ = tabel fungsi gamma.

2.2.19 Penggantian Pencegahan Optimal Berdasarkan Umur Komponen (*Age Replaceme*)

Model matematis sistem perawatan secara pencegahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Age Replacement*, yaitu metode perawatan pencegahan yang dilakukan dengan menetapkan interval waktu perawatan pencegahan berdasarkan selang waktu kerusakan yang menuntut adanya tindakan perbaikan penggantian dengan kriteria minimasi (AKS Jardine, 1997). Dalam model ini, kebijakan penggantian yaitu dengan melakukan penggantian pencegahan ketika komponen mencapai umur t_p tertentu, sekaligus penggantian kerusakan jika diperlukan. Tujuan model ini yaitu menentukan interval penggantian pencegahan komponen yang optimal dengan meminimasi ekspektasi total biaya perawatan per satuan waktu.

Pada model *Age Replacement* ini terdapat dua siklus operasi, yaitu :

Siklus 1 : Siklus pencegahan yang diakhir dengan kegiatan penggantian pencegahan. Ditentukan melalui komponen yang telah mencapai umur penggantian sesuai dengan yang telah direncanakan.

Siklus 2 : Siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan. Ditentukan melalui komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya.

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+(M(tp)+Tf).(1-R(tp))} \quad (2.57)$$

Keterangan Rumus :

tp = Interval waktu penggantian pencegahan

Tf = Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

Tp = Waktu untuk melakukan penggantian *preventive*

R(tp) = Probabilitas terjadinya penggantian pencegahan pada saat tp

M(tp) = Waktu rata – rata terjadinya kerusakan jika penggantian perbaikan pada masa tp yang dapat dicari dengan rumus M(tp) :

$$M(tp) = \frac{MTTF}{1-R(tp)} \quad (2.58)$$

Selain dilakukan perawatan penggantian pencegahan, interval pemeriksaan yang optimum juga perlu dilakukan agar tidak terlalu sering dan tidak terlalu jarang dilakukan pemeriksaan. Tindakan pemeriksaan sangat dibutuhkan untuk menekan laju kerusakan dari komponen yang terjadi secara tiba – tiba yang dapat mengakibatkan pembengkakan biaya. Model untuk interval waktu pemeriksaan optimal tersebut dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$D(n) = \lambda(n).Tf + nTi \quad (2.59)$$

Dengan keterangan bahwa D(n) merupakan *downtime* yang terjadi karena perbaikan per unit waktu + *downtime* yang terjadi karena pemeriksaan per unit waktu

Dimana :

$$\lambda(n) = \frac{k}{n} \text{ sehingga : } \lambda'(n) = \frac{k}{n^2} \quad (2.60)$$

$$k = \frac{\text{frekuensi jumlah kerusakan}}{\text{periode terjadinya kerusakan}} \quad (2.61)$$

$$Tf = \frac{1}{\mu} ; Ti = \frac{1}{i} \quad (2.62)$$

Sehingga ;

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} \quad (2.63)$$

Jika persamaan di atas dideferensialkan akan menjadi :

$$D'(n) = \frac{k}{n^2 \cdot \mu} + \frac{i}{1} = 0 \quad (2.64)$$

Sehingga Frekuensi pemeriksaan :

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} \quad (2.65)$$

Keterangan :

$\lambda(n)$ = Laju kerusakan yang terjadi

k = Nilai konstan dari jumlah kerusakan persatuan waktu

Tf = Waktu rata – rata untuk melakukan penggantian

Ti = Waktu rata – rata untuk melakukan pemeriksaan

N = Frekuensi yang dilakukan per satuan waktu

2.2.20 *Availability*

Availability didefinisikan sebagai kemampuan suatu komponen atau perangkat untuk menjalankan fungsi yang diperlukan pada waktu tertentu atau jangka waktu tertentu bila digunakan dan diperlihara dengan cara tertentu yang telah ditentukan sebelumnya (Ebeling, 1997). *Availability* (ketersediaan) didefinisikan sebagai peluang sebuah komponen atau sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan pada waktu tertentu yang berada pada kondisi normal (Ebeling, 1997). Rumus untuk menghitung *availability* adalah sebagai berikut :

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (2.66)$$

Keterangan :

MTTF = waktu rata – rata antar kerusakan mesin

MTTR = waktu rata – rata perbaikan

BAB III

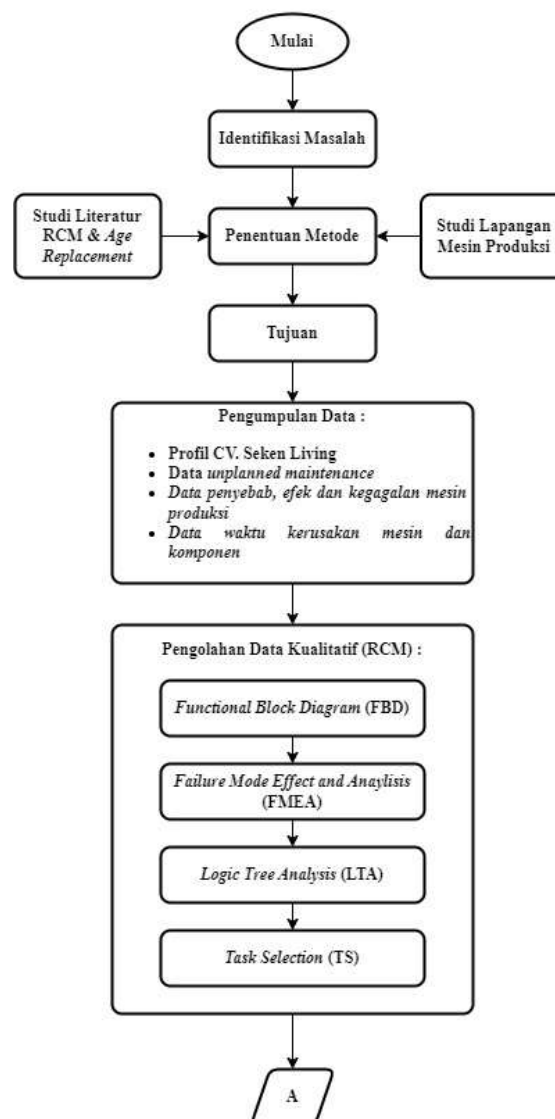
METODE PENELITIAN

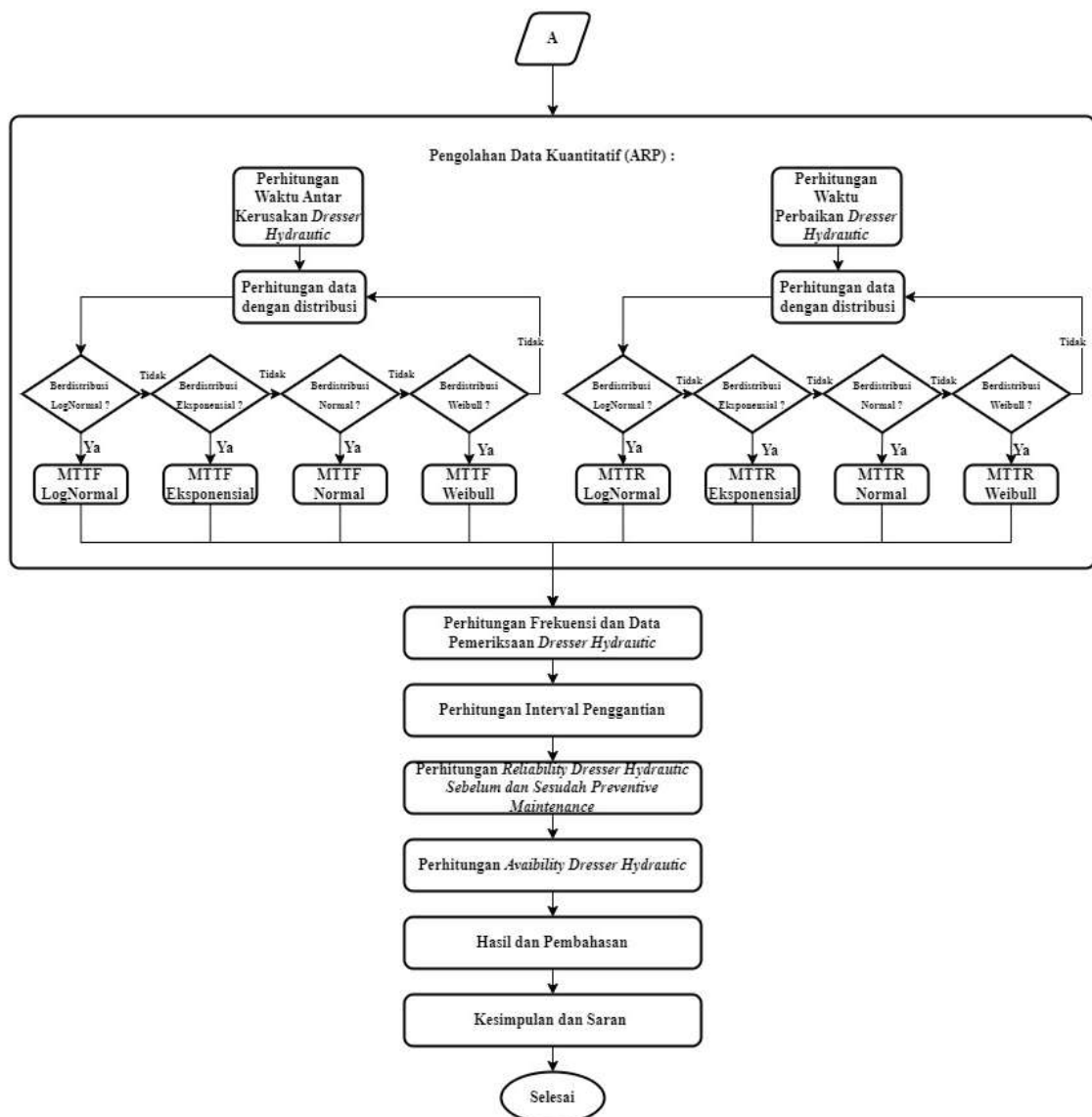
3.1 Objek dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di CV. Seken Living, objek penelitian yang digunakan yaitu mesin produksi. Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2023 – Juli 2023.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Langkah – langkah penelitian atau proses yang dilakukan dalam penelitian untuk menyelesaikan permasalahan digambarkan pada Gambar 3.1 dibawah ini, untuk penjelasan tiap langkahnya akan dijelaskan dalam sub bab selanjutnya.





Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.3 Identifikasi Masalah

Proses identifikasi masalah adalah tahapan awal dalam penulisan penelitian ini guna untuk mengetahui permasalahan yang terjadi di lapangan dan dilakukan perbaikan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Dari data yang diperoleh ditemukan masalah tentang *preventive maintenance* sehingga penelitian ini dapat berfokus pada masalah tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah identifikasi mesin dan komponen yang dominan mengalami kerusakan.

Data yang digunakan adalah data *maintenance*, dimana mesin tersebut bertugas membantu proses produksi. Dari data tersebut kemudian diolah untuk menentukan waktu

estimasi untuk melakukan tindakan *preventive maintenance* sehingga kehandalan pada komponen dapat terjaga dan tidak mengganggu proses produksi.

3.4 Studi Pustaka

Tahap selanjutnya yang dilakukan setelah menentukan masalah dan tujuan penelitian adalah studi pustaka. Pada langkah ini dilakukan penggalian informasi untuk mendapatkan pengetahuan yang dapat menjadi dasar dari penelitian ini. Studi pustaka dilakukan terhadap dari buku - buku maupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendapat referensi – referensi berupa konsep, teori, metode, model dan informasi lain yang dapat mendukung dalam pelaksanaan penelitian.

3.5 Penentuan Metode Penelitian

Untuk menentukan metode penelitian dapat didasarkan pada tujuan dan rumusan masalah yaitu *preventive maintenance* sehingga metode yang sesuai dengan topik tersebut adalah metode *Reliability Centered Maintenance*. Metode RCM ini bertujuan untuk menjaga fungsi sistem agar dapat bekerja sesuai dengan tugasnya sehingga dapat mengurangi penggunaan biaya. Pada dasarnya yang dilakukan tipe perawatan ini yaitu mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menentukan keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian semua fasilitas – fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan preventif akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi yang siap digunakan untuk setiap proses produksi setiap saat. Pemilihan metode juga berdasarkan hasil studi literatur pada penelitian sebelumnya yang juga berkaitan dengan perawatan mesin dimana digunakan metode RCM tersebut.

3.6 Sumber Data dan Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari 2 jenis data yaitu data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari sumber utama langsung, sedangkan data sekunder diperoleh dari media lain selain sumber utama. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut :

3.6.1 Data Primer

Data primer diperoleh dengan cara wawancara terhadap teknisi perusahaan untuk mengetahui penanganan dari kerusakan komponen tersebut. Hasil dari wawancara

tersebut digunakan sebagai data penguat mengenai permasalahan yang dihadapi serta mencari informasi tambahan yang dapat digunakan untuk mendukung data sekunder.

3.6.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari media atau data tertulis yang disimpan oleh perusahaan. Data sekunder diperoleh didapatkan berdasarkan jadwal perawatan yang telah dilakukan dari bulan Januari 2022 hingga Maret 2023 berupa data mesin dan komponen. Selain itu data yang digunakan adalah data waktu antar kegagalan mesin. Dengan data didapatkan akan dilakukan penelitian berdasarkan permasalahan yang ada untuk mengetahui profil dari mesin.

3.7 Pengolahan Data

Data yang didapatkan kemudian diolah menggunakan metode yang telah ditentukan sehingga dapat menjawab tujuan masalah. Ada pun tahap pengolahan data adalah sebagai berikut :

3.7.1 Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis)

Pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) diklasifikasikan jenis kerusakan yang terjadi dan serta pemilihan tindakan untuk setiap kegagalan. Setelah mendapatkan data yang diinginkan melalui wawancara maka selanjutnya dilakukan pengolahan data kualitatif sebagai berikut :

1. *Functional Block Diagram* (FBD)

Data mesin Gerinda menjelaskan secara runtut alur proses dan alur material dari awal produksi sampai akhir produksi yang digambarkan menjadi blok diagram dan saling dihubungkan berdasarkan fungsinya.

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

Data mesin dan komponen yang sudah tertulis pada *Functional Block Diagram* (FBD) maka masuk ke dalam rangkaian *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) yang didalanya mencari fungsi, mode kegagalan, penyebab kegagalan dan efek dari kegagalan semua komponen dalam mesin Gerinda dan menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk melihat komponen mesin yang paling kritis.

3. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Pada *Logic Tree Analysis* (LTA) memerlukan data *Functional Block Diagram* (FBD) berupa data mesin dan komponen serta fungsinya dan data rangkaian *Failure Mode Effect dan Analysis* (FMEA) untuk mencari mode kegagalan

kemudian pada rangkaian *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mencari jenis perawatan yang laya dan optimal pada semua komponen mesin Gerinda yang digunakan untuk mengatasi mode kegagalan dengan mengisi *critically analysis* yang dijelaskan pada empat hal penting dalam *Logic Tree Analysis* (LTA) sebagai berikut :

- a. *Evident*, yaitu apakah dalam kondisi normal operator dapat menyadari terjadi adanya kegagalan?
- b. *Safety*, yaitu apakah mode kegagalan tersebut dapat mengakibatkan seluruh atau sebagian sistem terhenti?
- c. *Category*, yaitu mengklasifikasikan jawaban dari pernyataan yang diajukan ke dalam beberapa kategori.

Terdapat empat kategori dalam *Logic Tree Analysis* (LTA), yaitu :

- a. Kategori A (*Safety Problem*)
- b. Kategori B (*Outage Problem*)
- c. Kategori C (*Economic Problem*)
- d. Kategori D (*Hidden Failure*)

3.7.2 Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan)

Pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) diklasifikasikan jenis kerusakan yang terjadi dan serta pemilihan tindakan untuk setiap kegagalan. Setelah mendapatkan data yang diinginkan melalui wawancara maka selanjutnya dilakukan pengolahan data kualitatif sebagai berikut :

1. Task Selection

Selanjutnya pada *Task Selection* untuk input data yang diperlukan sama seperti rangkaian *Logic Tree Analysis* (LTA) dimana untuk mencari tindakan semua komponen mesin Gerinda yang paling efektif dengan mengisi *critically analysis* yang kemudian disesuaikan untuk mengisi *Task Selection* yang dijelaskan pada jawaban dari pertanyaan tersebut akan menghasilkan tindakan perawatan. Terdapat tiga tindakan perawatan yaitu :

- a. *Conditional Direct* (CD)
- b. *Time Direct* (TD)
- c. *Finding Failure* (FF)

3.7.3 Pengolahan Data Kuantitatif (Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis)

Pada pengolahan data kuantitatif digunakan untuk mencari interval waktu pemeriksaan dan penggantian komponen kritis yang dimana komponen kritis didapat dari output dari metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan data yang dibutuhkan untuk mengolah metode *Age Replacement* yaitu data historis *downtime* waktu kerusakan mesin kritis. *Output* dari *Age Replacement* menghasilkan jadwal penggantian perawatan mesin untuk pencegahan kerusakan.

1. Penentuan Komponen Kritis

Setelah menentukan komponen kritis dari hasil pengolahan data kuantitatif lalu menentukan waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan.

2. Penentuan Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan

Waktu antar kerusakan dihitung dari waktu komponen selesai diperbaiki sampai awal waktu komponen mengalami perbaikan sedangkan waktu perbaikan dihitung dari awal komponen mengalami kerusakan sampai komponen tersebut selesai diperbaiki.

3. Penentuan Distribusi Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan

Sesudah didapat data waktu antara kerusakan dan data waktu perbaikan maka masing – masing data dimasukkan ke dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai *index of fit*. Distribusi yang digunakan ada 4 yaitu eksponensial, *Weibull*, log normal dan normal. Pemilihan data distribusi diambil dari nilai *index of fit* tertinggi dan dari data waktu antar kerusakan terpilih distribusi log normal sedangkan untuk data waktu perbaikan terpilih distribusi eksponensial.

4. Uji *Goodnes Of Fit*

Setelah mendapatkan distribusi waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan yang dimana dilakukan uji *goodnes of fit* untuk memastikan bahwa distribusi data yang telah dipilih benar – benar mewakili data. Langkah ini melakukan perhitungan distribusi, pengujian untuk masing – masing distribusi berbeda – beda seperti Uji *Bartllet* yang digunakan untuk distribusi eksponensial, Uji *Kolmogorov-Smirnov* yang digunakan untuk distribusi normal dan log normal serta Uji *Mann* yang digunakan untuk distribusi *Weibull*.

5. Estimasi Parameter

Setelah distribusi terpilih lalu menghitung estimasi parameter menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) untuk mengestimasi parameter distribusi eksponensial, *weibull*, log normal dan normal.

6. *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Kemudian nilai yang telah didapat dari estimasi parameter maka masuk ke perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) dimana nilai tersebut digunakan untuk menuju ke perhitungan interval waktu penggantian komponen.

7. Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Waktu Pemeriksaan

Kemudian hasil *Mean Time To Repair* (MTTR) diperlukan untuk menghitung interval waktu penggantian pencegahan maka dilakukannya frekuensi pemeriksaan dan interval waktu pemeriksaan guna menekan laju kerusakan, menjaga performansi mesin dan meminimasi *downtime* yang terjadi akibat kerusakan pada komponen yang secara tiba – tiba.

8. Perhitungan Interval Waktu Penggantian Komponen *Dresser Hydraulic*

Setelah dari perhitungan estimasi parameter, *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) yang diinput untuk melakukan perhitungan interval waktu penggantian komponen. Perhitungan interval waktu penggantian komponen menggunakan *tria and error* untuk mendapatkan nilai $D(tp)$ terendah. Waktu dari nilai $D(tp)$ terendah akan menjadi interval waktu penggantian komponen.

9. Perhitungan *Reliability Dresser Hydraulic* Sebelum dan Sesudah Dilakukan Tindakan *Preventive Maintenance*

Perhitungan reliabilitas menjadi langkah selanjutnya, langkah ini dilakukan untuk mendapatkan nilai reliabilitas dari komponen sebelum adanya perawatan dan setelah diterapkan *preventive maintenance*. Nilai reliabilitas didapatkan dari distribusi data yang sesuai.

10. Perhitungan *Availibility*

Kemudian perhitungan *avaibility* berdasarkan frekuensi pemeriksaan, interval penggantian pencegahan pada *avaibility* yang dimana untuk mengetahui kesiapan mesin yang digunakan dengan perhitungan *avaibility* berdasarkan pemeriksaan dan *avaibility* berdasarkan interval penggantian komponen.

11. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengolahan data, selanjutnya adalah melakukan analisa pembahasan dari hasil pengolahan data tersebut. Analisis yang dilakukan oleh penelitian bahwa hasil dari pengolahan data kualitatif, pengolahan data kuantitatif, perhitungan interval waktu penggantian komponen *dresser hydraulic*, perhitungan frekuensi pemeriksaan, perhitungan *reliability dresser hydraulic* sebelum dan sesudah dilakukannya penggantian komponen dan perhitungan *avaibility dresser hydraulic*.

12. Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan dari seluruh proses penelitian dan melakukan perbandingan hasil tersebut terhadap jadwal perawatan mesin yang telah dilakukan serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya dimana peneliti memberikan saran yang dapat digunakan sebagai rekomendasi perawatan mesin Gerinda bagi perusahaan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Latar Belakang Perusahaan

4.1.1 Profil Singkat Perusahaan

Seken *Living* atau CV Seken *Workshop* adalah sebuah perusahaan yang berupaya melestarikan lingkungan dan berkomitmen untuk menggunakan kayu jati reklamasi sebagai material utama dalam industri mebel. Perusahaan mebel yang berbasis kayu *solid* ini berdiri sejak 2014 di Yogyakarta dan di kota pelajar inilah kantor utama dan pabriknya berada. Adapun ruang pajangnya berlokasi di kota Bali dan tahun depan perusahaan ini akan membuat ruang pajang di Yogyakarta. Buah karya – karya CV Seken *Workshop* telah diekspor sejak 2015 keberbagai negara. Diantaranya Singapura, Malaysia, Australia, Taiwan, China, Korea Selatan, India, Rusia, Uni Emirat Arab (Dubai), Mesir, Turki, Afrika Selatan, Belanda, Perancis, Yunani, Ceko, Kanada, dan Amerika Serikat.

Karena memanfaatkan kembali kayu – kayu tua yang didapat dari rumah dan bangunan tua, CV Seken Living tidak melakukan penebangan pohon. Kayu tua yang rusak menjadi daya tarik dan tantangan untuk dieksplorasi menjadi produk yang sangat berharga dan mengandung unsur sejarah. Terletak pada satu konsep yang unik dan mencoba untuk mengangkat cerita dan memori masa lalu dengan berbagai koleksi *furniture* dan dekorasi untuk hunian dengan gaya desain rustik dan antik. Awalnya CV Seken Living fokus membuat mebel seperti meja dan lemari. Ditahun – ditahun berikutnya ada pengembangan ke produk dekorasi dengan menggunakan akar jati. Selanjutnya, melakukan pengembangan dengan membuat *tableware* kayu yang diberi hiasan ukiran, seperti piring, sendok, dan mangkuk. Dan didua tahun terakhir *develop* juga produk *lighting* serta produk pabrik (kain) dan anyaman dengan kapasitas produksinya mencapai 8 x 40 persegi/bulan.

Strategi pemasaran yang digunakan oleh CV Seken Living adalah dengan banyak mengikuti pameran, diantaranya *Indonesia International Furniture Expo (IFEC) 2015 – 2018*, *Trade Expo Indonesia 2016*, dan *Crafina 2017*. Sementara untuk pameran internasional antara lain mengikuti pameran *Imm Cologne 2017 – 2018* dan *Ciff Shanghai 2017*. Selain itu CV Seken Living melakukan pemasaran melalui *e-commerce*, *e-catalog*, serta media sosial seperti *instagram* dan *website*.

4.1.2 Lokasi PT. Seken Living Yogyakarta

CV. Seken Living berlokasi di Jl. Besi Jangkang Km.3, Karanglo, Sukoharjo, Kec. Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia, Kode Pos 55581.



Gambar 4.1 Lokasi CV. Seken *Living*

Sumber : Google Maps

4.1.3 Visi

“Menjadikan Perusahaan Ekspor Yang Profesional Yang Mampu Bersaing Dipasar Global“

4.1.4 Misi

“Membangun Lingkungan Kerja Yang Profesional dan Produktif, Memproduksi Furnitur Yang Berkarakter dan Berkualitas, Membangun Kepercayaan Konsumen, dan Melayani Dengan Hati“

4.1.5 Waktu Kerja

Berdasarkan penelitian yang diperoleh maka didapat jam kerja bagi karyawan CV. Seken *Living* dimana semua karyawan CV. Seken *Living* bekerja secara Non *Shift* dan hanya ada satu *shift* kerja pada setiap harinya Jumlah karyawan di CV. Seken *Living* kurang lebih sebanyak 165 orang.

Tabel 4.1 Jam Kerja

No	Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat	Keterangan
1	Senin – Sabtu	07.30 – 16.30 WIB	11.30 – 13.00 WIB	<i>Office</i>
2	Senin – Sabtu	08.00 – 16.00 WIB	11.30 – 13.00 WIB	Operasional Produksi

4.2 Pengumpulan Data

4.2.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Gerinda

Data total *downtime* dari komponen mesin Gerinda diambil pada periode Maret 2022 sampai Maret 2023 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Gerinda

No	Komponen	<i>Actual Start</i>	<i>Finish Start</i>
1	V Belt	24/03/2022 09:00	24/03/2022 09:30
		12/05/2022 09:00	12/05/2022 09:10
		30/05/2022 14:40	30/05/2022 14:50
		19/07/2022 08:00	19/07/2022 08:10
		05/09/2022 14:50	05/09/2022 15:20
		11/10/2022 09:45	11/10/2022 09:55
		15/10/2022 10:10	15/10/2022 10:20
		26/11/2022 10:00	26/11/2022 10:40
		02/01/2023 14:10	02/01/2023 14:20
		25/03/2023 09:00	25/03/2023 09:10
		19/04/2023 11:00	19/04/2023 12:10
2	Traverse Through	12/04/2022 10:00	12/04/2022 11:00
		13/06/2022 13:45	13/06/2022 14:15
		23/06/2022 10:00	23/06/2022 10:40
		24/06/2022 13:15	24/06/2022 13:45
		21/07/2022 09:50	21/07/2022 10:20
		24/12/2022 10:00	24/12/2022 11:00
		06/04/2023 08:30	06/04/2023 09:10
3	Trolley Wheel	05/04/2022 10:00	05/04/2022 10:40
		18/08/2022 11:10	18/08/2022 11:40
		11/02/2023 10:00	11/02/2023 11:10
		17/04/2023 13:20	17/04/2023 14:10
4	Flywheel	13/08/2022 11:20	13/08/2022 11:50
		06/10/2022 10:00	06/10/2022 10:30
		26/12/2022 09:00	26/12/2022 09:30
		18/01/2023 12:50	18/01/2023 14:00
		25/02/2023 14:00	25/02/2023 14:10
		13/03/2023 13:20	13/03/2023 13:50
5	Main Shaft	25/03/2022 10:20	25/03/2022 11:30
		06/04/2022 13:00	06/04/2022 14:00
		13/07/2022 14:10	13/07/2022 15:20
		04/08/2022 08:30	04/08/2022 09:00

No	Komponen	<i>Actual Start</i>	<i>Finish Start</i>
		20/08/2022 08:20	20/08/2022 08:50
		12/09/2022 10:00	12/09/2022 11:00
		07/10/2022 08:20	07/10/2022 09:20
		31/10/2022 12:50	31/10/2022 13:50
		15/11/2022 08:40	15/11/2022 10:20
		17/12/2022 10:00	17/12/2022 11:00
		16/01/2023 11:00	16/01/2023 12:10
		20/02/2023 11:00	20/02/2023 11:40
		23/03/2023 08:00	23/03/2023 08:40
6	Joint For Tray	08/04/2022 11:00	08/04/2022 11:30
		17/06/2022 08:30	17/06/2022 09:00
		01/07/2022 08:00	01/07/2022 08:30
		27/07/2022 10:30	27/07/2022 11:00
		08/08/2022 08:30	08/08/2022 09:00
		21/08/2022 13:40	21/08/2022 14:10
		14/09/2022 10:30	14/09/2022 11:00
		10/10/2022 09:00	10/10/2022 10:00
		29/10/2022 11:00	29/10/2022 11:40
		15/12/2022 12:50	15/12/2022 14:00
		28/12/2022 10:20	28/12/2022 10:50
		05/01/2023 13:40	05/01/2023 14:50
		06/01/2022 14:50	06/01/2022 15:50
		30/01/2023 11:00	30/01/2023 12:00
		15/12/2023 10:00	15/12/2023 11:00
04/03/2023 13:00	04/03/2023 15:10		
7	Hydraulic Cylinder	28/03/2022 12:10	28/03/2022 12:50
		30/03/2022 09:30	30/03/2022 10:10
		28/04/2022 14:30	28/04/2022 15:00
		23/05/2022 08:10	23/05/2022 08:20
		26/05/2022 10:30	26/05/2022 11:00
		09/06/2022 13:40	09/06/2022 14:20
		11/06/2022 10:20	11/06/2022 11:00
		18/06/2022 08:30	18/06/2022 09:00
		25/07/2022 10:20	25/07/2022 11:30
		09/08/2022 08:30	09/08/2022 09:00
		30/08/2022 13:00	30/08/2022 13:30
		17/09/2022 13:10	17/09/2022 14:10
		12/11/2022 11:00	12/11/2022 12:00
		20/12/2022 08:00	20/12/2022 09:10
		09/01/2023 10:00	09/01/2023 11:10
03/02/2023 10:20	03/02/2023 11:30		

No	Komponen	<i>Actual Start</i>	<i>Finish Start</i>
		21/02/2023 11:20	21/02/2023 11:50
		07/04/2023 11:00	07/04/2023 12:10
8	Eccentric Mechanism	04/04/2022 14:50	04/04/2022 15:20
		20/04/2022 10:00	20/04/2022 10:30
		05/07/2022 10:00	05/07/2022 11:10
		24/08/2022 08:00	24/08/2022 08:40
		15/09/2022 08:20	15/09/2022 08:50
		07/11/2022 08:00	07/11/2022 09:00
		23/11/2022 08:00	23/11/2022 08:30
		07/12/2022 10:20	07/12/2022 10:50
		17/03/2023 08:00	17/03/2023 09:40
		03/04/2023 07:50	03/04/2023 08:30
		11/04/2023 10:00	11/04/2023 11:00
		9	Dresser Hydraulic
07/04/2022 09:00	07/04/2022 09:30		
14/04/2022 14:10	14/04/2022 15:20		
15/04/2022 08:20	15/04/2022 09:10		
18/04/2022 08:00	18/04/2022 08:30		
21/04/2022 13:30	21/04/2022 14:15		
11/05/2022 13:30	11/05/2022 14:10		
18/05/2022 11:20	18/05/2022 12:00		
21/05/2022 14:00	21/05/2022 14:30		
24/05/2022 09:00	24/05/2022 09:30		
01/06/2022 15:00	01/06/2022 15:45		
03/06/2022 08:50	03/06/2022 09:25		
07/06/2022 11:30	07/06/2022 12:20		
10/06/2022 15:00	10/06/2022 15:30		
02/07/2022 09:20	02/07/2022 10:30		
29/07/2022 08:30	29/07/2022 09:05		
11/08/2022 10:00	11/08/2022 10:35		
10/09/2022 13:00	10/09/2022 14:20		
27/09/2022 15:00	27/09/2022 16:00		
13/10/2022 10:30	13/10/2022 11:25		
19/10/2022 10:00	19/10/2022 10:35		
26/10/2022 10:30	26/10/2022 11:00		
03/11/2022 12:55	03/11/2022 13:25		
10/11/2022 10:00	10/11/2022 10:35		
18/11/2022 15:00	18/11/2022 15:30		
22/11/2022 13:40	22/11/2022 14:20		
30/11/2022 09:30	30/11/2022 10:20		
10/12/2022 10:00	10/12/2022 10:35		

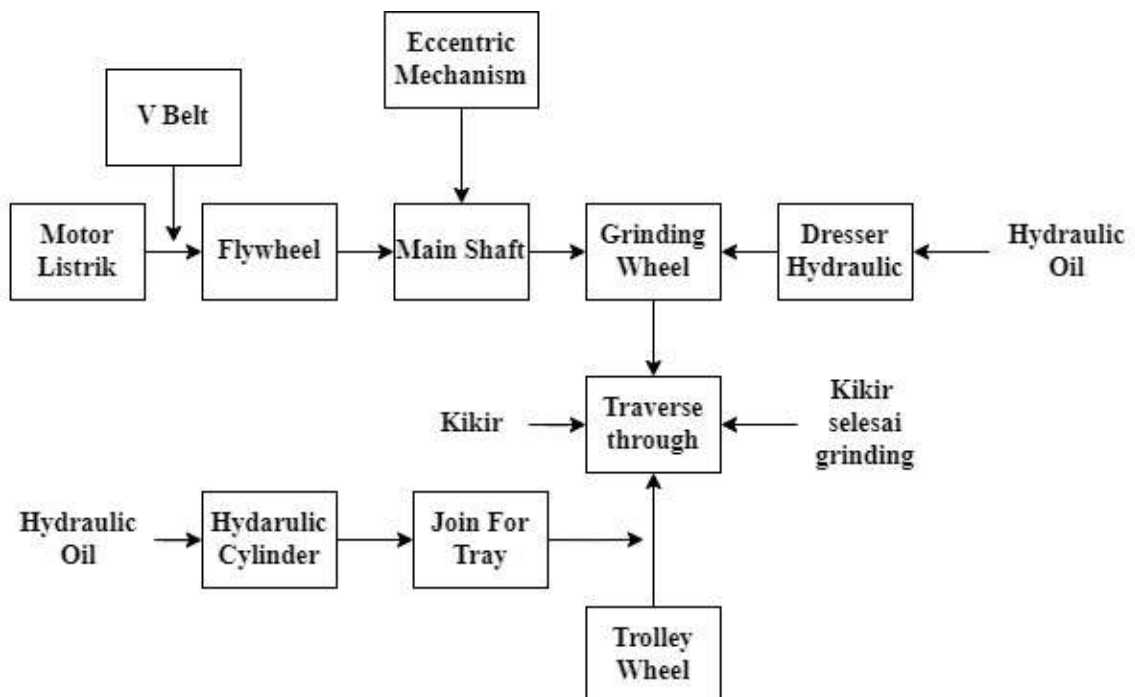
No	Komponen	Actual Start	Finish Start
		29/12/2022 13:20	29/12/2022 14:15
		13/01/2023 10:00	13/01/2023 11:05
		23/01/2023 09:50	23/01/2023 10:45
		27/01/2023 08:00	27/01/2023 09:00
		17/02/2023 10:30	17/02/2023 11:00
		23/02/2023 13:00	23/02/2023 14:20
		27/02/2023 13:50	27/02/2023 14:50
		30/03/2023 10:40	30/03/2023 11:40

4.3 Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis)

Pengolahan data kualitatif menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menentukan komponen kritis.

4.3.1 Functional Block Diagram (FBD)

Hasil dari informasi dan analisis yang dituangkan ke dalam *Functional Block Diagram* (FBD) berfungsi untuk menggambarkan *flow process* fungsi dari mesin Gerinda. Berikut merupakan *Functional Block Diagram* (FBD) *flow process* fungsi dari mesin Gerinda :



Gambar 4.2 *Functional Block Diagram* (FBD)

Pada gambar *Functional Block Diagram* (FBD) di atas adanya komponen mesin Gerinda yang dimana penjelasan alur proses menggunakan komponen awal sampai komponen akhir pada sistem produksi. Cara kerja mesin Gerinda yaitu, motor listrik mengeluarkan

energi mekanik yang diteruskan oleh *V belt* pada *flywheel* sehingga *flywheel* dapat berputar. *Main shaft* yang terhubung pada *flywheel* ikut berputar mengikuti putaran dari *flywheel*, dimana *grinding wheel* yang terpasang pada *main shaft* ikut berputar. Bahan kikir yang akan dihaluskan permukaannya diletakkan di *traverse through*. *Trolley wheel* menggerakkan *sliding traverse through* sehingga dapat bergerak maju mendekati *grinding wheel*, kemudian permukaan bahan kikir di haluskan oleh *grinding wheel* dan *traverse through* bergerak mundur ke posisi awal. Untuk menghaluskan atau meratakan *grinding wheel*, *dresser hydraulic* bergerak maju mendekati *gerinda wheel* dengan tenaga *hydraulic* yang disalurkan oleh *hydraulic cylinder*.

4.3.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan untuk mengetahui dan mengidentifikasi jenis kerusakan, penyebab, dan dampak yang mungkin ditimbulkan. Setelah mengetahui jenis, penyebab, dan dampak, kemudian dilakukan perhitungan nilai *risk priority number* (RPN). Analisis FMEA dapat diketahui risiko dari kejadian kegagalan.

Tabel 4.3 *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA)

Sistem : Gerinda								
NO	Equipment	Function	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
1.	Motor Listrik	Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik	Konsleting	Mesin Gerinda tidak beroperasi atau berhenti	8	1	4	32
2.	V Belt	Sebagai penyambung daya poros yang satu (motor listrik) ke poros yang lain (<i>flywheel</i>) melalui <i>pully</i> seiring mengikuti laju putaran pada mesin	V Belt aus atau putus	Menghambat proses perputaran pada mesin	5	5	3	75

Sistem : Gerinda								
NO	Equipment	Function	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
3.	<i>Flywheel</i>	Menyimpan gaya untuk diteruskan ke <i>main shaft</i>	Aus pada permukaan <i>flywheel</i>	Motor Listrik akan cepat panas dan penurunan terhadap kinerja mesin	6	4	3	72
4.	<i>Main Shaft</i>	Poros penerus gaya dari <i>flywheel</i> dan tempat dudukan <i>gerinda wheel</i> . <i>Main shaft</i> yang meneruskan gaya dari <i>flywheel</i> sehingga <i>gerinda wheel</i> dapat berputar	Penyetelan <i>slide</i> yang tidak seimbang pada kedua sisi <i>main shaft</i>	Tidak dapat meneruskan gaya dari <i>fly wheel</i> , proses tidak dapat berjalan	6	5	8	240
5.	<i>Eccentric Mechanism</i>	Menggerakkan <i>main shaft</i> agar <i>gerinda wheel</i> dapat bergerak ke kanan dan ke kiri	<i>Gear</i> kotor, <i>gear</i> patah, <i>gear</i> aus	Batu gerinda tidak bisa bergerak ke kiri dan ke kanan, mengakibatkan produk <i>reject</i> .	7	1 1	3	231
6.	<i>Grinding Wheel</i>	Batu gerinda	Batu gerinda pecah dikarenakan kualitas mata <i>cutting gerinda</i> yang jelek	Serpihan mata <i>cutting gerinda</i> mengenai tubuh	7	1	1	7
7.	<i>Dresser Hydraulic</i>	Meratakan atau mengasah <i>grinding wheel</i> menggunakan	<i>Bellows</i> berkarat terkena kotor serbuk batu gerinda dan	<i>Dresser</i> tidak dapat meratakan batu gerinda dengan bergerak ke	7	8	5	280

Sistem : Gerinda								
NO	Equipment	Function	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
		an system hydraulic	serbuk permukaan kikir yang hasil proses perataan permukaan	kiri dan ke kanan, permukaan batu gerinda tidak halus dan mengakibatkan permukaan produk kikir bergelombang				
8.	Hydraulic Cylinder	Meneruskan gaya dari fluida hidrolik yang bertekanan sehingga menghasilkan gaya searah untuk menggerakkan <i>traverse through</i>	Relief valve terganjal atau terdapat kotoran pada relief valve	Gerak pada <i>traverse through</i> terhenti	5	6	4	120
9.	Traverse Through	Wadah meletakkan kikir	Pin goyang	Gerakan <i>traverse through</i> tidak stabil yang dapat mengurangi kualitas produk	6	4	3	72
10.	Trolley Wheel	Media yang menggerakkan <i>sliding traverse through</i>	Nut pengunci lepas, nut kendor	Gerakan batu gerinda tidak stabil dan mengakibatkan permukaan kikir dan bergelombang	6	3	3	54

Sistem : Gerinda								
NO	Equipment	Function	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
11.	Join For Tray	Menghubungkan antara cylinder dengan traverse through	Join lepas atau berkarat	Traverse through terlepas dari shaft yang tersambung pada hydraulic cylinder	6	6	3	108

Berikut merupakan salah satu data dari *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) :

1. Mesin yang mengalami kerusakan adalah pada mesin Gerinda.
2. Komponen dari mesin Gerinda yang mengalami kerusakan adalah komponen *Dresser Hydraulic*, yang memiliki fungsi untuk meratakan atau mengasah *Grinding Wheel* menggunakan sistem *hydraulic*.
3. Mode kegagalan komponen *Dresser Hydraulic* adalah *Dresser Hydraulic* lebih tepatnya pada *Bellows* yang berkarat dikarenakan kotor terkena serbuk batu gerinda dan serbuk permukaan kikir yang hasil proses perataan permukaan.
4. Efek kegagalan yang ditimbulkan adalah *Dresser* tidak dapat meratakan batu gerinda dengan bergerak ke kiri dan ke kanan sehingga permukaan batu gerinda tidak halus dan mengakibatkan permukaan produk kikir bergelombang.
5. Tingkat *Severity* yang dimana adanya dampak yang terburuk akibat dari adanya kegagalan pada mesin Gerinda dengan komponen *Dresser Hydraulic* didapatkan rating 7 yang dimana akibatnya tinggi dengan kriteria mesin tetap beroperasi namun terjadi gangguan dan dalam keadaan aman, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh. Performansi mesin terganggu dan mempengaruhi kualitas produk atau membutuhkan waktu perbaikan 1 – 2 jam *downtime*.
6. Tingkat *Occurance* yang dimana tingkatan seberapa sering komponen *Dresser Hydraulic* mengalami kegagalan pada mesin Gerinda dengan komponen *Dresser Hydraulic* didapatkan ranking 8 dengan kejadian kerusakan yang tinggi bahwa tingkat kejadian kerusakan selama 31 – 40 kali per tahun.
7. Tingkat *Detection* yang dimana tingkat pengukuran terhadap kemampuan dalam pengendalian atas kegagalan yang terjadi pada mesin Gerinda dengan komponen *Dresser Hydraulic* didapatkan ranking 5 dengan akibat *moderate* (cukup) dan

kriteria verbalnya bahwa operator memiliki kemampuan cukup untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

8. *Risk Priority Number* (RPN) yang dimana $severity * occurrence * number$ dengan $7 \times 8 \times 5 = 280$. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang didapat 280 adalah komponen *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda.

4.3.3 Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) dapat menunjukkan jenis kegiatan pemeliharaan (*Maintenance Task*) layak dan optimal untuk digunakan memperbaiki setiap mode kegagalan. Tujuan tahap ini adalah memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan.

Tabel 4.4 *Logic Tree Analysis* (LTA)

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
1	Motor Listrik	Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik	Konsleting	Y	N	Y	D
2	V Belt	Sebagai penyambung daya poros yang satu (motor listrik) ke poros yang lain (<i>flywheel</i>) melalui <i>pully</i> seiring mengikuti laju putaran pada mesin	V Belt aus atau putus	Y	N	N	D
3	Flywheel	Menyimpan gaya untuk diteruskan ke <i>main shaft</i>	Aus pada permukaan <i>flywheel</i>	Y	N	Y	D
4	Main Shaft	Poros penerus gaya dari <i>flywheel</i> dan tempat kedudukan Gerinda <i>wheel</i> . <i>Main shaft</i> yang meneruskan gaya dari	Penyetelan <i>slide</i> yang tidak seimbang pada kedua sisi <i>main shaft</i>	Y	N	Y	D

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
		<i>flywheel</i> sehingga gerinda <i>wheel</i> dapat berputar					
5	<i>Eccentric Mechanism</i>	Menggerakkan <i>main shaft</i> agar gerinda <i>wheel</i> dapat bergerak ke kanan dan ke kiri	<i>Gear</i> kotor, <i>gear</i> patah, <i>gear</i> aus	Y	N	N	D
6	<i>Grinding Wheel</i>	Batu gerinda	Batu gerinda pecah dikarenakan kualitas mata <i>cutting</i> gerinda yang jelek	Y	Y	N	A
7	<i>Dresser Hydraulic</i>	Meratakan atau mengasah <i>grinding wheel</i> menggunakan <i>system hydraulic</i>	<i>Bellows</i> berkarat terkena kotor serbuk batu gerinda dan serbuk permukaan kikir yang hasil proses perataan permukaan	Y	N	N	D
8	<i>Hydraulic Cylinder</i>	Meneruskan gaya dari fluida hidrolik yang bertekanan sehingga menghasilkan gaya searah untuk menggerakkan <i>traverse through</i>	<i>Relief valve</i> terganjal atau terdapat kotoran pada <i>relief valve</i>	Y	N	N	D
9	<i>Traverse Through</i>	Wadah meletakkan kikir	Pin goyang	Y	N	N	D

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
10	Trolley Wheel	Media yang menggerakkan <i>sliding traverse through</i>	Nut pengunci lepas, <i>nut</i> kendor	Y	N	N	D
11	Join For Tray	Menghubungkan antara <i>cylinder</i> dengan <i>traverse through</i>	Join lepas atau berkarat	Y	N	N	D

Berikut ini merupakan penjelasan dari salah satu komponen mesin Gerinda berdasarkan pada tabel *Logic Tree Analysis (LTA)* :

1. Komponen yang mengalami kerusakan adalah *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda.
2. Fungsi *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda untuk meratakan atau mengasah *grinding wheel* menggunakan system *hydraulic* pada mesin Gerinda.
3. Mode kegagalan pada *Dresser Hydraulic* yaitu *Bellows* berkarat terkena kotor serbuk batu gerinda dan serbuk permukaan kikir yang hasil proses perataan permukaan.
4. Analisis kekritisian (mode kegagalan) :
 - a. *Evident* (apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi gangguan dalam sistem?) **Yes**
 - b. *Safety* (apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?) **No**
 - c. *Outage* (apakah mode kerusakan ini mengakibatkan mesin berhenti?) **No**
 - d. *Category D (Hidden Failure)* dimana mode kegagalan mempunyai efek langsung tetapi jika perusahaan tidak memperhitungkan risikonya, hal ini bahkan bisa menjadi serius dan dapat menyebabkan kegagalan lainnya.

4.4 Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan)

4.4.1 Task Selection Road Map (Pemilihan Tindakan)

Pada tahap pemilihan tindakan, tindakan akan ditentukan yang benar untuk mode kerusakan tertentu. Jika tugas pencegahan secara teknis tidak menguntungkan untuk dilakukan, tindakan standar yang diambil bergantung pada tentang konsekuensi kegagalan.

Tabel 4.5 *Task Selection*

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	
1	Motor Listrik	Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik	Konsleting	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
2	V Belt	Sebagai penyambung daya poros yang satu (motor listrik) ke poros yang lain (<i>flywheel</i>) melalui <i>pully</i> seiring mengikuti laju putaran pada mesin	V Belt aus atau putus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
3	Flywheel	Menyimpan gaya untuk diteruskan ke <i>main shaft</i>	Aus pada permukaan <i>flywheel</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
4	Main Shaft	Poros penerus gaya dari <i>flywheel</i> dan tempat dudukan Gerinda <i>wheel</i> . <i>Main shaft</i> yang meneruskan gaya dari <i>flywheel</i> sehingga gerinda <i>wheel</i> dapat berputar	Penyetelan <i>slide</i> yang tidak seimbang pada kedua sisi <i>main shaft</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
5	Eccentric Mechanism	Menggerakkan <i>main shaft</i> agar gerinda <i>wheel</i> dapat bergerak ke kanan dan ke kiri	Gear kotor, gear patah, gear aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
6	Grinding Wheel	Batu gerinda	Batu gerinda pecah dikarenakan	N	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD

			kualitas mata <i>cutting</i> gerinda yang jelek									
7	<i>Dresser Hydraulic</i>	Meratakan atau mengasah <i>grinding wheel</i> menggunakan <i>system hydraulic</i>	<i>Bellows</i> berkarat terkena kotor serbuk batu gerinda dan serbuk permukaan kikir yang hasil proses perataan permukaan	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD	
8	<i>Hydraulic Cylinder</i>	Meneruskan gaya dari fluida hidrolik yang bertekanan sehingga menghasilkan gaya searah untuk menggerakkan <i>traverse through</i>	<i>Relief valve</i> terganjal atau terdapat kotoran pada <i>relief valve</i>	N	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD	
9	<i>Traverse Through</i>	Wadah meletakkan kikir	Pin goyang	N	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD	
10	<i>Trolley Wheel</i>	Media yang menggerakkan <i>sliding traverse through</i>	<i>Nut</i> pengunci lepas, <i>nut</i> kendor	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD	
11	<i>Join For Tray</i>	Menghubungkan antara <i>cylinder</i> dengan <i>traverse through</i>	<i>Join</i> lepas atau berkarat	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD	

Berikut ini merupakan salah satu contoh penjelasan dari komponen kritis yaitu *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda berdasarkan pada tabel *Task Selection* di atas :

1. Komponen yang mengalami kerusakan adalah *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda.

2. Fungsi *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda untuk meratakan atau mengasah *grinding wheel* menggunakan system *hydraulic* pada mesin Gerinda.
3. Mode kegagalan pada *Dresser Hydraulic* yaitu *Bellows* berkarat terkena kotor serbuk batu gerinda dan serbuk permukaan kikir yang hasil proses perataan permukaan.
4. *Selection Guide* (Mode kerusakan) :
 - a. Apakah hubungan dengan umur reliabilitas diketahui? **Yes**
 - b. Apakah tindakan TD bisa digunakan? **Yes**
 - c. Apakah tindakan CD dapat digunakan? **Yes**
 - d. Apakah termasuk dalam mode kerusakan? **Yes**
 - e. Apakah tindakan FF dapat digunakan? **Yes**
 - f. Apakah tindakan yang dipilih efektif? **Yes**
 - g. Dapatkah modifikasi menghilangkan mode kerusakan? -
- **Task Selection : Time Directed (TD)**

4.5 Pengolahan Data Kuantitatif (Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis)

Pengolahan data kuantitatif menggunakan metode *Age Replacement* untuk menentukan waktu interval pemeriksaan dan interval waktu penggantian komponen kritis.

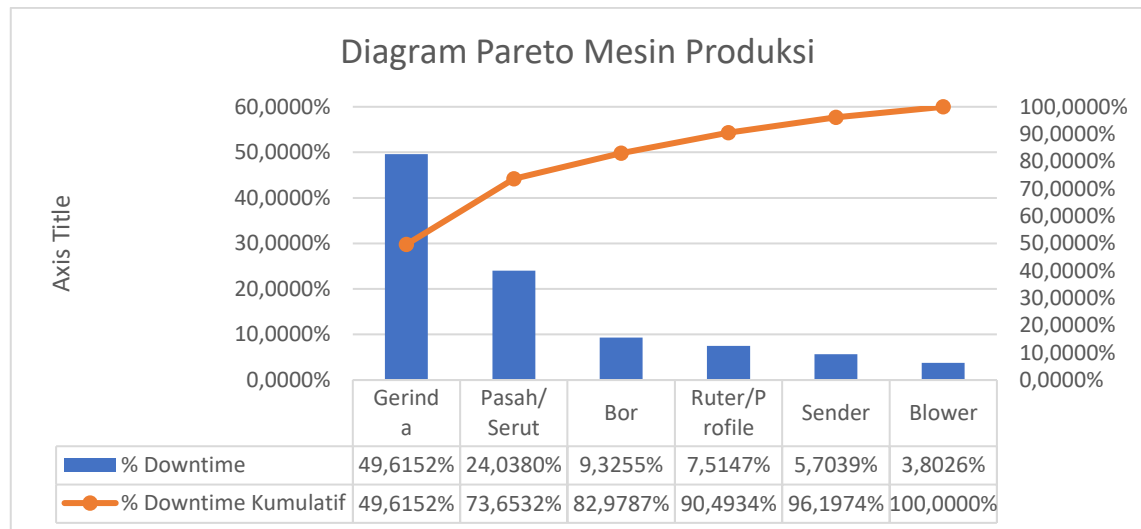
4.5.1 Penentuan Komponen Kritis

Berikut merupakan penentuan mesin kritis dengan *downtime* terbesar sebesar 5.480 atau 49,6152% dari persentase *downtime* kumulatif pada mesin boiler. Dibawah ini merupakan tabel data pada mesin produksi yang ada di CV. Seken *Living*

Tabel 4.6 Penentuan Mesin Kritis

No	Mesin	Downtime (menit)	% Downtime	% Downtime Kumulatif
1	Gerinda	5480	49,6152%	49,6152%
2	Pasah/Serut	2655	24,0380%	73,6532%
3	Bor	1030	9,3255%	82,9787%
4	Ruter/Profile	830	7,5147%	90,4934%
5	Sender	630	5,7039%	96,1974%
6	Blower	420	3,8026%	100,0000%
TOTAL			100,0000%	

Berikut merupakan diagram pareto pada mesin produksi yang ada di CV. Seken *Living* dalam penentuan mesin kritis yang diperoleh dari adanya data *downtime* mesin produksi sebagai berikut :



Gambar 4.3 Penentuan Mesin Kritis

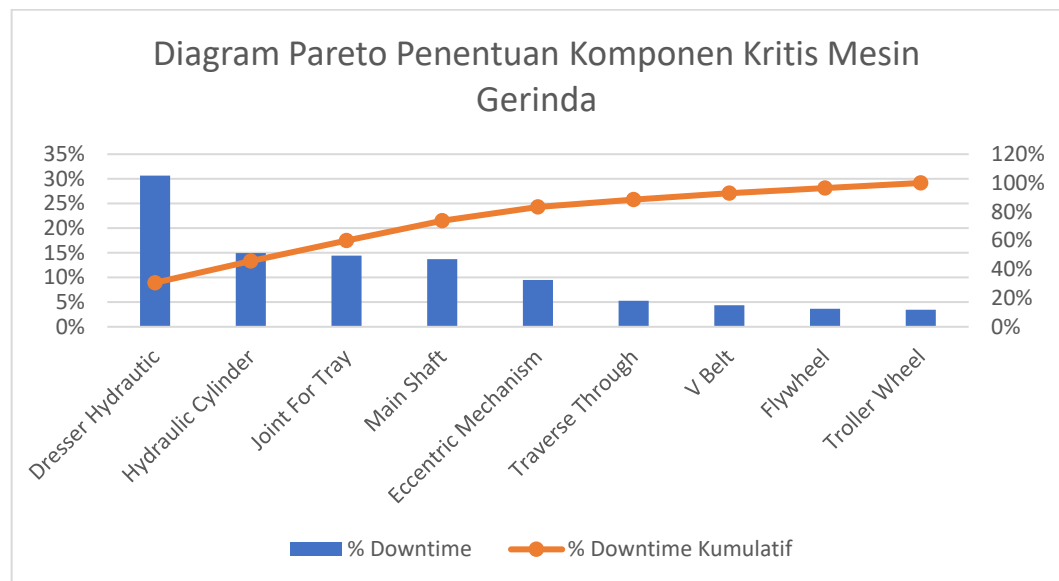
Sumber : Pengolahan Data

Dalam penentuan kritis dimana menunjukkan tingkat kepentingan dari sebuah komponen yang dianggap mempunyai tingkat resiko sehingga memerlukan perlakuan khusus dengan melakukan perbaikan. Berikut merupakan tabel data pada komponen mesin Gerinda :

Tabel 4.7 Penentuan Komponen Kritis

No	Komponen Mesin	Frekuensi Kerusakan	Downtime	Kumulatif	% Downtime	% Downtime Kumulatif
1	<i>Dresser Hydraulic</i>	36	1680	1680	31%	31%
2	<i>Hydraulic Cylinder</i>	18	820	2500	15%	46%
3	<i>Joint For Tray</i>	16	790	3290	14%	60%
4	<i>Main Shaft</i>	13	750	4040	14%	74%
5	<i>Eccentric Mechanism</i>	11	520	4560	9%	83%
6	<i>Traverse Through</i>	7	290	4850	5%	89%
7	<i>V Belt</i>	11	240	5090	4%	93%
8	<i>Flywheel</i>	6	200	5290	4%	97%
9	<i>Troller Wheel</i>	4	190	5480	3%	100%
	TOTAL	122	5480			

Berikut merupakan diagram pareto pada mesin Gerinda dalam penentuan mesin kritis yang diperoleh dari adanya data *downtime* mesin Gerinda sebagai berikut :



Gambar 4.4 Diagram Pareto Penentuan Komponen Kritis

Sumber : Pengolahan Data

4.5.2 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (*Time To Failure*)

Selanjutnya saat komponen kritis sudah diketahui maka menentukan jarak antar kerusakan pada komponen *Dresser Hydraulic* sebagai berikut :

Tabel 4.8 *Time To Failure* Komponen *Dresser Hydraulic*

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Ti
1	29/03/2022 13:40	29/03/2022 14:50	0
2	07/04/2022 09:00	07/04/2022 09:30	12610
3	14/04/2022 14:10	14/04/2022 15:20	10360
4	15/04/2022 08:20	15/04/2022 09:10	1020
5	18/04/2022 08:00	18/04/2022 08:30	4250
6	21/04/2022 13:30	21/04/2022 14:15	4620
7	11/05/2022 13:30	11/05/2022 14:10	28755
8	18/05/2022 11:20	18/05/2022 12:00	9910
9	21/05/2022 14:00	21/05/2022 14:30	4440
10	24/05/2022 09:00	24/05/2022 09:30	3990
11	01/06/2022 15:00	01/06/2022 15:45	11850
12	03/06/2022 08:50	03/06/2022 09:25	2465
13	07/06/2022 11:30	07/06/2022 12:20	5885
14	10/06/2022 15:00	10/06/2022 15:30	4480
15	02/07/2022 09:20	02/07/2022 10:30	31310
16	29/07/2022 08:30	29/07/2022 09:05	38760

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Ti
17	11/08/2022 10:00	11/08/2022 10:35	18775
18	10/09/2022 13:00	10/09/2022 14:20	43345
19	27/09/2022 15:00	27/09/2022 16:00	24520
20	13/10/2022 10:30	13/10/2022 11:25	22710
21	19/10/2022 10:00	19/10/2022 10:35	8555
22	26/10/2022 10:30	26/10/2022 11:00	10075
23	03/11/2022 12:55	03/11/2022 13:25	11635
24	10/11/2022 10:00	10/11/2022 10:35	9875
25	18/11/2022 15:00	18/11/2022 15:30	11785
26	22/11/2022 13:40	22/11/2022 14:20	5650
27	30/11/2022 09:30	30/11/2022 10:20	11230
28	10/12/2022 10:00	10/12/2022 10:35	14380
29	29/12/2022 13:20	29/12/2022 14:15	27525
30	13/01/2023 10:00	13/01/2023 11:05	21345
31	23/01/2023 09:50	23/01/2023 10:45	14325
32	27/01/2023 08:00	27/01/2023 09:00	5595
33	17/02/2023 10:30	17/02/2023 11:00	30330
34	23/02/2023 13:00	23/02/2023 14:20	8760
35	27/02/2023 13:50	27/02/2023 14:50	5730
36	30/03/2023 10:40	30/03/2023 11:40	44390

Pada pengujian berikut menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* dimana adanya pemilihan nilai *Index Of Fit* terbesar. Ada 4 distribusi untuk menghitung waktu kerusakan yaitu distribusi *Eksponensial*, *Weibull*, *Log Normal* dan *Normal*.

1. Distribusi *Eksponensial*

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi *Eksponensial* ($i = 1$) :

$$X_i = t_i$$

$$= 1020$$

$$X_i^2 = 1020^2$$

$$= 1.040.400$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

$$= \frac{i-0,3}{35+0,4} = 0,019774011$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right]$$

$$= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0,019774011} \right) \right] = 0,019972133$$

$$Y_i^2 = 0,019972133^2$$

$$= 0,000398886$$

$$X_i Y_i = 1020 \times 0,019972133$$

$$= 20,37157585$$

Tabel di bawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Eksponensial* :

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

$$\begin{aligned} r \text{ (index of fit)} &= \frac{(35 \times (20,37157585)) - (1020 \times 0,019972133)}{\sqrt{((35 \times 1.040.400) - (1020)^2) \times ((35 \times 0,000398886) - (0,019972133)^2)}} \\ &= 0,9839 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 *Time To Failure* Distribusi *Eksponensial*

No	t_i	$X_i = t_i$	X_i^2	$F(t_i)$	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	1020	1020	1040400	0,01977	0,01997	0,00040	20,37158
2	2465	2465	6076225	0,04802	0,04921	0,00242	121,31247
3	3990	3990	15920100	0,07627	0,07934	0,00629	316,55360
4	4250	4250	18062500	0,10452	0,11040	0,01219	469,17934
5	4440	4440	19713600	0,13277	0,14245	0,02029	632,47430
6	4480	4480	20070400	0,16102	0,17556	0,03082	786,53019
7	4620	4620	21344400	0,18927	0,20981	0,04402	969,34390
8	5595	5595	31304025	0,21751	0,24528	0,06016	1372,33828
9	5650	5650	31922500	0,24576	0,28205	0,07955	1593,57264
10	5730	5730	32832900	0,27401	0,32022	0,10254	1834,86535
11	5885	5885	34633225	0,30226	0,35991	0,12953	2118,06197
12	8555	8555	73188025	0,33051	0,40124	0,16099	3432,58058
13	8760	8760	76737600	0,35876	0,44435	0,19744	3892,47881
14	9875	9875	97515625	0,38701	0,48940	0,23951	4832,82065
15	9910	9910	98208100	0,41525	0,53658	0,28792	5317,48917
16	10075	10075	101505625	0,44350	0,58609	0,34351	5904,88883
17	10360	10360	107329600	0,47175	0,63819	0,40728	6611,63075
18	11230	11230	126112900	0,50000	0,69315	0,48045	7784,04284
19	11635	11635	135373225	0,52825	0,75130	0,56446	8741,41158
20	11785	11785	138886225	0,55650	0,81305	0,66105	9581,80731
21	11850	11850	140422500	0,58475	0,87886	0,77240	10414,54227
22	12610	12610	159012100	0,61299	0,94932	0,90120	11970,87460
23	14325	14325	205205625	0,64124	1,02511	1,05085	14684,69827
24	14380	14380	206784400	0,66949	1,10712	1,22572	15920,42843
25	18775	18775	352500625	0,69774	1,19647	1,43154	22463,68818
26	21345	21345	455609025	0,72599	1,29459	1,67595	27632,93677
27	22710	22710	515744100	0,75424	1,40339	1,96950	31870,95952
28	24520	24520	601230400	0,78249	1,52549	2,32712	37405,05137
29	27525	27525	757625625	0,81073	1,66460	2,77091	45818,23319
30	28755	28755	826850025	0,83898	1,82625	3,33517	52513,69353
31	30330	30330	919908900	0,86723	2,01915	4,07696	61240,79862
32	31310	31310	980316100	0,89548	2,25838	5,10028	70709,84651
33	38760	38760	1502337600	0,92373	2,57346	6,62270	99747,31143
34	43345	43345	1878789025	0,95198	3,03608	9,21780	131599,04230
35	44390	44390	1970472100	0,98023	3,92339	15,39296	174159,13846
TOTAL	525240	525240	12660585350	17,50000	34,02920	61,70191	874484,99755

2. Distribusi Weibull

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Weibull ($i = 1$) :

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln(1020) = 6,927557906 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 6,927557906^2 \\ &= 47,99105854 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= \frac{i-0,3}{n+0,4} \\ &= \frac{i-0,3}{35+0,4} = 0,019774011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] \\ &= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0,019774011} \right) \right] = -3,913417318 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -3,913417318^2 \\ &= 15,3148351 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 6,927557906 \times (-3,913417318) \\ &= -27,11042508 \end{aligned}$$

Tabel di bawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Weibull :

$$\begin{aligned} r_{Weibull} &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \\ r_{(IOF)} &= \frac{(35 \times (-27,11042508)) - (6,927557906 \times -3,913417318)}{\sqrt{((35 \times 47,99105854) - (6,927557906)^2) \times ((35 \times 15,3148351) - (-3,913417318)^2)}} \\ &= 0,9823 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 *Time To Failure* Distribusi Weibull

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	1020	6,92756	47,99106	0,01977	-3,91342	15,31484	-27,11043
2	2465	7,80995	60,99527	0,04802	-3,01158	9,06960	-23,52026
3	3990	8,29155	68,74974	0,07627	-2,53405	6,42143	-21,01123
4	4250	8,35467	69,80058	0,10452	-2,20369	4,85625	-18,41111
5	4440	8,39841	70,53328	0,13277	-1,94877	3,79770	-16,36657
6	4480	8,40738	70,68401	0,16102	-1,73975	3,02672	-14,62671
7	4620	8,43815	71,20238	0,18927	-1,56153	2,43838	-13,17643
8	5595	8,62963	74,47049	0,21751	-1,40536	1,97503	-12,12771
9	5650	8,63941	74,63942	0,24576	-1,26568	1,60194	-10,93470
10	5730	8,65347	74,88256	0,27401	-1,13874	1,29674	-9,85409
11	5885	8,68016	75,34521	0,30226	-1,02191	1,04429	-8,87030
12	8555	9,05427	81,97983	0,33051	-0,91320	0,83394	-8,26839
13	8760	9,07795	82,40920	0,35876	-0,81115	0,65796	-7,36358
14	9875	9,19776	84,59882	0,38701	-0,71458	0,51062	-6,57250
15	9910	9,20130	84,66391	0,41525	-0,62254	0,38756	-5,72821
16	10075	9,21781	84,96807	0,44350	-0,53428	0,28545	-4,92486
17	10360	9,24571	85,48311	0,47175	-0,44912	0,20171	-4,15245
18	11230	9,32634	86,98069	0,50000	-0,36651	0,13433	-3,41823
19	11635	9,36177	87,64280	0,52825	-0,28595	0,08177	-2,67696
20	11785	9,37458	87,88280	0,55650	-0,20696	0,04283	-1,94018
21	11850	9,38008	87,98596	0,58475	-0,12912	0,01667	-1,21120
22	12610	9,44225	89,15600	0,61299	-0,05201	0,00271	-0,49112
23	14325	9,56976	91,58034	0,64124	0,02480	0,00062	0,23733
24	14380	9,57359	91,65370	0,66949	0,10176	0,01036	0,97425
25	18775	9,84028	96,83114	0,69774	0,17937	0,03218	1,76509
26	21345	9,96857	99,37244	0,72599	0,25819	0,06666	2,57379
27	22710	10,03056	100,61215	0,75424	0,33889	0,11485	3,39926
28	24520	10,10724	102,15639	0,78249	0,42232	0,17835	4,26846
29	27525	10,22285	104,50666	0,81073	0,50959	0,25968	5,20944
30	28755	10,26657	105,40240	0,83898	0,60226	0,36272	6,18317
31	30330	10,31989	106,50018	0,86723	0,70268	0,49375	7,25154
32	31310	10,35169	107,15754	0,89548	0,81465	0,66365	8,43298
33	38760	10,56514	111,62227	0,92373	0,94525	0,89350	9,98672
34	43345	10,67695	113,99719	0,95198	1,11057	1,23336	11,85748
35	44390	10,70077	114,50647	0,98023	1,36696	1,86857	14,62747
TOTAL	525240	325,30405	3048,94405	17,50000	-19,45262	60,17670	-145,99024

3. Distribusi Log Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Log Normal ($i = 1$) :

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln(1020) = 6,927557906 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 6,927557906^2 \\ &= 47,99105854 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= \frac{i-0,3}{n+0,4} \\ &= \frac{i-0,3}{35+0,4} = 0,019774011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] \\ &= Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -2,058438881 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -2,058438881^2 \\ &= 4,237170628 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 6,927557906 \times (-2,058438881) \\ &= -14,25995455 \end{aligned}$$

Tabel di bawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Log Normal :

$$\begin{aligned} r \text{ Log Normal} &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \\ r \text{ (IOF)} &= \frac{(35 \times (-14,25995455)) - (6,927557906 \times -2,058438881)}{\sqrt{((35 \times 47,99105854) - (6,927557906)^2) \times ((35 \times 4,237170628) - (-2,058438881)^2)}} \\ &= 0,9842 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 *Time To Failure* Distribusi Log Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	1020	6,92756	47,99106	0,01977	-2,05844	4,23717	-14,25995
2	2465	7,80995	60,99527	0,04802	-1,66434	2,77002	-12,99838
3	3990	8,29155	68,74974	0,07627	-1,43061	2,04664	-11,86196
4	4250	8,35467	69,80058	0,10452	-1,25621	1,57807	-10,49523
5	4440	8,39841	70,53328	0,13277	-1,11340	1,23966	-9,35079
6	4480	8,40738	70,68401	0,16102	-0,99029	0,98067	-8,32572
7	4620	8,43815	71,20238	0,18927	-0,88061	0,77547	-7,43069
8	5595	8,62963	74,47049	0,21751	-0,78062	0,60936	-6,73643
9	5650	8,63941	74,63942	0,24576	-0,68788	0,47319	-5,94292
10	5730	8,65347	74,88256	0,27401	-0,60073	0,36087	-5,19836
11	5885	8,68016	75,34521	0,30226	-0,51791	0,26823	-4,49556
12	8555	9,05427	81,97983	0,33051	-0,43851	0,19229	-3,97038
13	8760	9,07795	82,40920	0,35876	-0,36178	0,13089	-3,28425
14	9875	9,19776	84,59882	0,38701	-0,28713	0,08244	-2,64097
15	9910	9,20130	84,66391	0,41525	-0,21405	0,04582	-1,96953
16	10075	9,21781	84,96807	0,44350	-0,14209	0,02019	-1,30980
17	10360	9,24571	85,48311	0,47175	-0,07087	0,00502	-0,65522
18	11230	9,32634	86,98069	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000
19	11635	9,36177	87,64280	0,52825	0,07087	0,00502	0,66345
20	11785	9,37458	87,88280	0,55650	0,14209	0,02019	1,33207
21	11850	9,38008	87,98596	0,58475	0,21405	0,04582	2,00780
22	12610	9,44225	89,15600	0,61299	0,28713	0,08244	2,71117
23	14325	9,56976	91,58034	0,64124	0,36178	0,13089	3,46218
24	14380	9,57359	91,65370	0,66949	0,43851	0,19229	4,19811
25	18775	9,84028	96,83114	0,69774	0,51791	0,26823	5,09640
26	21345	9,96857	99,37244	0,72599	0,60073	0,36087	5,98838
27	22710	10,03056	100,61215	0,75424	0,68788	0,47319	6,89987
28	24520	10,10724	102,15639	0,78249	0,78062	0,60936	7,88988
29	27525	10,22285	104,50666	0,81073	0,88061	0,77547	9,00230
30	28755	10,26657	105,40240	0,83898	0,99029	0,98067	10,16685
31	30330	10,31989	106,50018	0,86723	1,11340	1,23966	11,49017
32	31310	10,35169	107,15754	0,89548	1,25621	1,57807	13,00391
33	38760	10,56514	111,62227	0,92373	1,43061	2,04664	15,11459
34	43345	10,67695	113,99719	0,95198	1,66434	2,77002	17,77003
35	44390	10,70077	114,50647	0,98023	2,05844	4,23717	22,02688
TOTAL	525240	325,30606	3048,94405	17,50000	0,00000	31,63198	27,89789

4. Distribusi Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Normal ($i = 1$) :

$$X_i = t_i$$

$$= 1020$$

$$X_i^2 = 1020^2$$

$$= 1.040.400$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

$$= \frac{i-0,3}{35+0,4} = 0,019774011$$

$$Y_i = i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$= Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -2,058438881$$

$$Y_i^2 = -2,058438881^2$$

$$= 4,237170628$$

$$X_i Y_i = 1020 \times (-2,058438881)$$

$$= -2099,607659$$

Tabel di bawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Normal :

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

$$r_{(IOF)} = \frac{(35 \times (-2099,607659)) - (1020 \times -2,058438881)}{\sqrt{((35 \times 1.040.400) - (1020)^2) \times ((35 \times 4,237170628) - (-2,058438881)^2)}}$$

$$= 0,9330$$

Tabel 4.12 *Time To Failure* Distribusi Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	1020	1020	1040400	0,01977	-2,05844	4,23717	-2099,60766
2	2465	2465	6076225	0,04802	-1,66434	2,77002	-4102,58953
3	3990	3990	15920100	0,07627	-1,43061	2,04664	-5708,12899
4	4250	4250	18062500	0,10452	-1,25621	1,57807	-5338,89595
5	4440	4440	19713600	0,13277	-1,11340	1,23966	-4943,49550
6	4480	4480	20070400	0,16102	-0,99029	0,98067	-4436,48540
7	4620	4620	21344400	0,18927	-0,88061	0,77547	-4068,40003
8	5595	5595	31304025	0,21751	-0,78062	0,60936	-4367,54776
9	5650	5650	31922500	0,24576	-0,68788	0,47319	-3886,54827
10	5730	5730	32832900	0,27401	-0,60073	0,36087	-3442,15912
11	5885	5885	34633225	0,30226	-0,51791	0,26823	-3047,91124
12	8555	8555	73188025	0,33051	-0,43851	0,19229	-3751,44920
13	8760	8760	76737600	0,35876	-0,36178	0,13089	-3169,21993
14	9875	9875	97515625	0,38701	-0,28713	0,08244	-2835,42787
15	9910	9910	98208100	0,41525	-0,21405	0,04582	-2121,23031
16	10075	10075	101505625	0,44350	-0,14209	0,02019	-1431,59842
17	10360	10360	107329600	0,47175	-0,07087	0,00502	-734,19231
18	11230	11230	126112900	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000
19	11635	11635	135373225	0,52825	0,07087	0,00502	824,54899
20	11785	11785	138886225	0,55650	0,14209	0,02019	1674,57940
21	11850	11850	140422500	0,58475	0,21405	0,04582	2536,48630
22	12610	12610	159012100	0,61299	0,28713	0,08244	3620,73372
23	14325	14325	205205625	0,64124	0,36178	0,13089	5182,54287
24	14380	14380	206784400	0,66949	0,43851	0,19229	6305,76732
25	18775	18775	352500625	0,69774	0,51791	0,26823	9723,79498
26	21345	21345	455609025	0,72599	0,60073	0,36087	12822,49326
27	22710	22710	515744100	0,75424	0,68788	0,47319	15621,86040
28	24520	24520	601230400	0,78249	0,78062	0,60936	19140,70973
29	27525	27525	757625625	0,81073	0,88061	0,77547	24238,68201
30	28755	28755	826850025	0,83898	0,99029	0,98067	28475,70037
31	30330	30330	919908900	0,86723	1,11340	1,23966	33769,41860
32	31310	31310	980316100	0,89548	1,25621	1,57807	39331,96050
33	38760	38760	1502337600	0,92373	1,43061	2,04664	55450,39588
34	43345	43345	1878789025	0,95198	1,66434	2,77002	72140,66655
35	44390	44390	1970472100	0,98023	2,05844	4,23717	91374,10195
TOTAL	525240	525240	12660585350	17,50000	0,00000	31,63198	362749,55533

Tabel di bawah ini merupakan hasil dari *Index of Fit* pada 4 distribusi yaitu distribusi *Eksponensial*, *Weibull*, *Log Normal* dan *Normal* sebagai berikut :

Tabel 4.13 *Index of Fit Time To Failure*

No	Distribusi	Index Of Fit
1	Eksponensial	0,9839
2	Weibull	0,9823
3	Log Normal	0,9842
4	Normal	0,9330
No	Distribusi	Index Of Fit
1	Eksponensial	98,39%
2	Weibull	98,23%
3	Log Normal	98,42%
4	Normal	93,30%

Dari tabel di atas maka didapat nilai terbesar dari hasil *Index Of Fit* yaitu distribusi *Log Normal* dengan nilai *Index Of Fit* sebesar 98,42%. Distribusi yang dipilih yaitu distribusi *Log Normal*.

4.5.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan (*Time To Repair*)

Selanjutnya saat komponen kritis sudah diketahui maka menentukan jarak antar perbaikan pada komponen *Dresser Hydraulic* sebagai berikut :

Tabel 4.14 *Time To Repair* Komponen *Dresser Hydraulic*

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Dti
1	29/03/2022 13:40	29/03/2022 14:50	70
2	07/04/2022 09:00	07/04/2022 09:30	30
3	14/04/2022 14:10	14/04/2022 15:20	70
4	15/04/2022 08:20	15/04/2022 09:10	50
5	18/04/2022 08:00	18/04/2022 08:30	30
6	21/04/2022 13:30	21/04/2022 14:15	45
7	11/05/2022 13:30	11/05/2022 14:10	40
8	18/05/2022 11:20	18/05/2022 12:00	40
9	21/05/2022 14:00	21/05/2022 14:30	30
10	24/05/2022 09:00	24/05/2022 09:30	30
11	01/06/2022 15:00	01/06/2022 15:45	45
12	03/06/2022 08:50	03/06/2022 09:25	35
13	07/06/2022 11:30	07/06/2022 12:20	50
14	10/06/2022 15:00	10/06/2022 15:30	30
15	02/07/2022 09:20	02/07/2022 10:30	70

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Dti
16	29/07/2022 08:30	29/07/2022 09:05	35
17	11/08/2022 10:00	11/08/2022 10:35	35
18	10/09/2022 13:00	10/09/2022 14:20	80
19	27/09/2022 15:00	27/09/2022 16:00	60
20	13/10/2022 10:30	13/10/2022 11:25	55
21	19/10/2022 10:00	19/10/2022 10:35	35
22	26/10/2022 10:30	26/10/2022 11:00	30
23	03/11/2022 12:55	03/11/2022 13:25	30
24	10/11/2022 10:00	10/11/2022 10:35	35
25	18/11/2022 15:00	18/11/2022 15:30	30
26	22/11/2022 13:40	22/11/2022 14:20	40
27	30/11/2022 09:30	30/11/2022 10:20	50
28	10/12/2022 10:00	10/12/2022 10:35	35
29	29/12/2022 13:20	29/12/2022 14:15	55
30	13/01/2023 10:00	13/01/2023 11:05	65
31	23/01/2023 09:50	23/01/2023 10:45	55
32	27/01/2023 08:00	27/01/2023 09:00	60
33	17/02/2023 10:30	17/02/2023 11:00	30
34	23/02/2023 13:00	23/02/2023 14:20	80
35	27/02/2023 13:50	27/02/2023 14:50	60
36	30/03/2023 10:40	30/03/2023 11:40	60

Selanjutnya penentuan data antar waktu perbaikan, pada pengujian berikut menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* dimana adanya pemilihan nilai *Index Of Fit* terbesar. Ada 4 distribusi untuk menghitung waktu kerusakan yaitu distribusi *Eksponensial*, *Weibull*, *Log Normal* dan *Normal*.

1. Distribusi *Eksponensial*

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi *Eksponensial* ($i = 1$) :

$$X_i = dt_i$$

$$= 30$$

$$X_i^2 = 30^2$$

$$= 900$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

$$= \frac{1-0,3}{36+0,4} = 0,019230769$$

$$\begin{aligned}
 Y_i &= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] \\
 &= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0,019230769} \right) \right] = 0,019418086
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_i^2 &= 0,019418086^2 \\
 &= 0,000377062
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_i Y_i &= 30 \times 0,019418086 \\
 &= 0,582542576
 \end{aligned}$$

Tabel di bawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Eksponensial* :

$$\begin{aligned}
 r_{\text{eksponensial}} &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \\
 r \text{ (index of fit)} &= \frac{(36 \times 0,582542576) - (30 \times 0,019418086)}{\sqrt{((36 \times 900) - (30)^2) \times ((36 \times 0,000377062) - (0,019418086)^2)}} \\
 &= 0,9568
 \end{aligned}$$

Tabel 4.15 *Time To Repair* Distribusi Eksponensial

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	30	30	900	0,01923	0,01942	0,00038	0,58254
2	30	30	900	0,04670	0,04783	0,00229	1,43487
3	30	30	900	0,07418	0,07707	0,00594	2,31213
4	30	30	900	0,10165	0,10719	0,01149	3,21581
5	30	30	900	0,12912	0,13825	0,01911	4,14756
6	30	30	900	0,15659	0,17031	0,02900	5,10918
7	30	30	900	0,18407	0,20342	0,04138	6,10265
8	30	30	900	0,21154	0,23767	0,05649	7,13015
9	30	30	900	0,23901	0,27314	0,07460	8,19409
10	35	35	1225	0,26648	0,30991	0,09604	10,84668
11	35	35	1225	0,29396	0,34808	0,12116	12,18272
12	35	35	1225	0,32143	0,38777	0,15036	13,57179
13	35	35	1225	0,34890	0,42909	0,18412	15,01828
14	35	35	1225	0,37637	0,47220	0,22298	16,52713
15	35	35	1225	0,40385	0,51726	0,26755	18,10398
16	40	40	1600	0,43132	0,56444	0,31859	22,57740
17	40	40	1600	0,45879	0,61395	0,37693	24,55801
18	40	40	1600	0,48626	0,66605	0,44362	26,64181
19	45	45	2025	0,51374	0,72100	0,51985	32,44519
20	45	45	2025	0,54121	0,77916	0,60709	35,06220
21	50	50	2500	0,56868	0,84091	0,70713	42,04540
22	50	50	2500	0,59615	0,90672	0,82214	45,33606
23	50	50	2500	0,62363	0,97717	0,95487	48,85865
24	55	55	3025	0,65110	1,05297	1,10874	57,91317
25	55	55	3025	0,67857	1,13498	1,28818	62,42390
26	55	55	3025	0,70604	1,22433	1,49897	67,33788
27	60	60	3600	0,73352	1,32244	1,74886	79,34657
28	60	60	3600	0,76099	1,43125	2,04846	85,87474
29	60	60	3600	0,78846	1,55335	2,41289	93,20091
30	60	60	3600	0,81593	1,69246	2,86443	101,54767
31	65	65	4225	0,84341	1,85410	3,43770	120,51667
32	70	70	4900	0,87088	2,04701	4,19023	143,29044
33	70	70	4900	0,89835	2,28624	5,22687	160,03652
34	70	70	4900	0,92582	2,60132	6,76685	182,09219
35	80	80	6400	0,95330	3,06394	9,38773	245,11524
36	80	80	6400	0,98077	3,95124	15,61233	316,09950
TOTAL	1680	1680	87000	18,00000	35,02362	63,62535	2116,79971

2. Distribusi Weibull

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Weibull ($i = 1$) :

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln(30) = 3,401197382 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 3,401197382^2 \\ &= 11,56814363 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= \frac{i-0,3}{n+0,4} \\ &= \frac{i-0,3}{36+0,4} = 0,019230769 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] \\ &= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0,019230769} \right) \right] = -3,941550387 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -3,941550387^2 \\ &= 15,53581945 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 3,401197382 \times (-3,941550387) \\ &= -13,40599085 \end{aligned}$$

Tabel di bawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Weibull :

$$\begin{aligned} r_{Weibull} &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \\ r_{(IOF)} &= \frac{(36 \times (-13,40599085)) - (3,401197382 \times (-3,941550387))}{\sqrt{((36 \times 11,56814363) - (3,401197382)^2) \times ((36 \times 15,53581945) - (-3,941550387)^2)}} \\ &= 0,9055 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 *Time To Repair* Distribusi Weibull

No	dti	$X_i = dti$	X_i^2	$F(t_i)$	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	30	3,40120	11,56814	0,01923	-3,94155	15,53582	-13,40599
2	30	3,40120	11,56814	0,04670	-3,04012	9,24234	-10,34005
3	30	3,40120	11,56814	0,07418	-2,56303	6,56912	-8,71737
4	30	3,40120	11,56814	0,10165	-2,23312	4,98682	-7,59527
5	30	3,40120	11,56814	0,12912	-1,97868	3,91516	-6,72987
6	30	3,40120	11,56814	0,15659	-1,77016	3,13346	-6,02066
7	30	3,40120	11,56814	0,18407	-1,59247	2,53597	-5,41632
8	30	3,40120	11,56814	0,21154	-1,43687	2,06458	-4,88706
9	30	3,40120	11,56814	0,23901	-1,29778	1,68424	-4,41402
10	35	3,55535	12,64050	0,26648	-1,17149	1,37239	-4,16505
11	35	3,55535	12,64050	0,29396	-1,05533	1,11372	-3,75206
12	35	3,55535	12,64050	0,32143	-0,94735	0,89748	-3,36817
13	35	3,55535	12,64050	0,34890	-0,84608	0,71585	-3,00811
14	35	3,55535	12,64050	0,37637	-0,75034	0,56302	-2,66774
15	35	3,55535	12,64050	0,40385	-0,65922	0,43457	-2,34374
16	40	3,68888	13,60783	0,43132	-0,57193	0,32710	-2,10978
17	40	3,68888	13,60783	0,45879	-0,48784	0,23799	-1,79959
18	40	3,68888	13,60783	0,48626	-0,40640	0,16516	-1,49915
19	45	3,80666	14,49068	0,51374	-0,32711	0,10700	-1,24520
20	45	3,80666	14,49068	0,54121	-0,24954	0,06227	-0,94991
21	50	3,91202	15,30392	0,56868	-0,17327	0,03002	-0,67785
22	50	3,91202	15,30392	0,59615	-0,09792	0,00959	-0,38307
23	50	3,91202	15,30392	0,62363	-0,02309	0,00053	-0,09033
24	55	4,00733	16,05872	0,65110	0,05161	0,00266	0,20683
25	55	4,00733	16,05872	0,67857	0,12661	0,01603	0,50739
26	55	4,00733	16,05872	0,70604	0,20239	0,04096	0,81104
27	60	4,09434	16,76366	0,73352	0,27948	0,07811	1,14429
28	60	4,09434	16,76366	0,76099	0,35855	0,12855	1,46801
29	60	4,09434	16,76366	0,78846	0,44041	0,19396	1,80320
30	60	4,09434	16,76366	0,81593	0,52618	0,27687	2,15438
31	65	4,17439	17,42551	0,84341	0,61740	0,38118	2,57727
32	70	4,24850	18,04971	0,87088	0,71638	0,51320	3,04353
33	70	4,24850	18,04971	0,89835	0,82691	0,68377	3,51311
34	70	4,24850	18,04971	0,92582	0,95602	0,91397	4,06164
35	80	4,38203	19,20216	0,95330	1,11970	1,25373	4,90656
36	80	4,38203	19,20216	0,98077	1,37403	1,88796	6,02104
TOTAL	1680	136,44220	520,88266	18,00000	-20,02502	62,07517	-63,36808

3. Distribusi Log Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Log Normal ($i = 1$) :

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln(30) = 3,401197382 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 3,401197382^2 \\ &= 11,56814363 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= \frac{i-0,3}{n+0,4} \\ &= \frac{i-0,3}{36+0,4} = 0,019230769 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] \\ &= Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -2,069901831 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -2,069901831^2 \\ &= 4,28449359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 3,401197382 \times (-2,069901831) \\ &= -7,040144688 \end{aligned}$$

Tabel di bawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Log Normal :

$$r \text{ Log Normal} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$\begin{aligned} r \text{ (IOF)} &= \frac{(36 \times (-7,040144688)) - (3,401197382 \times -2,069901831)}{\sqrt{((36 \times 11,56814363) - (3,401197382)^2) \times ((36 \times 4,28449359) - (-2,069901831)^2)}} \\ &= 0,9581 \end{aligned}$$

Tabel 4.17 *Time To Failure* Distribusi Log Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	30	3,40120	11,56814	0,01923	-2,06990	4,28449	-7,04014
2	30	3,40120	11,56814	0,04670	-1,67770	2,81466	-5,70617
3	30	3,40120	11,56814	0,07418	-1,44538	2,08912	-4,91602
4	30	3,40120	11,56814	0,10165	-1,27222	1,61853	-4,32705
5	30	3,40120	11,56814	0,12912	-1,13056	1,27816	-3,84525
6	30	3,40120	11,56814	0,15659	-1,00856	1,01719	-3,43030
7	30	3,40120	11,56814	0,18407	-0,89998	0,80996	-3,06100
8	30	3,40120	11,56814	0,21154	-0,80109	0,64175	-2,72468
9	30	3,40120	11,56814	0,23901	-0,70949	0,50337	-2,41311
10	35	3,55535	12,64050	0,26648	-0,62348	0,38873	-2,21670
11	35	3,55535	12,64050	0,29396	-0,54186	0,29362	-1,92652
12	35	3,55535	12,64050	0,32143	-0,46371	0,21502	-1,64864
13	35	3,55535	12,64050	0,34890	-0,38829	0,15077	-1,38050
14	35	3,55535	12,64050	0,37637	-0,31502	0,09924	-1,12000
15	35	3,55535	12,64050	0,40385	-0,24340	0,05925	-0,86539
16	40	3,68888	13,60783	0,43132	-0,17302	0,02994	-0,63824
17	40	3,68888	13,60783	0,45879	-0,10348	0,01071	-0,38172
18	40	3,68888	13,60783	0,48626	-0,03444	0,00119	-0,12704
19	45	3,80666	14,49068	0,51374	0,03444	0,00119	0,13110
20	45	3,80666	14,49068	0,54121	0,10348	0,01071	0,39391
21	50	3,91202	15,30392	0,56868	0,17302	0,02994	0,67685
22	50	3,91202	15,30392	0,59615	0,24340	0,05925	0,95220
23	50	3,91202	15,30392	0,62363	0,31502	0,09924	1,23236
24	55	4,00733	16,05872	0,65110	0,38829	0,15077	1,55600
25	55	4,00733	16,05872	0,67857	0,46371	0,21502	1,85823
26	55	4,00733	16,05872	0,70604	0,54186	0,29362	2,17143
27	60	4,09434	16,76366	0,73352	0,62348	0,38873	2,55276
28	60	4,09434	16,76366	0,76099	0,70949	0,50337	2,90489
29	60	4,09434	16,76366	0,78846	0,80109	0,64175	3,27996
30	60	4,09434	16,76366	0,81593	0,89998	0,80996	3,68482
31	65	4,17439	17,42551	0,84341	1,00856	1,01719	4,21011
32	70	4,24850	18,04971	0,87088	1,13056	1,27816	4,80316
33	70	4,24850	18,04971	0,89835	1,27222	1,61853	5,40500
34	70	4,24850	18,04971	0,92582	1,44538	2,08912	6,14068
35	80	4,38203	19,20216	0,95330	1,67770	2,81466	7,35171
36	80	4,38203	19,20216	0,98077	2,06990	4,28449	9,07036
TOTAL	1680	136,44220	520,88266	18,00000	0,00000	32,61138	10,60705

4. Distribusi Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Normal ($i = 1$) :

$$X_i = dt_i$$

$$= 30$$

$$X_i^2 = 30^2$$

$$= 900$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

$$= \frac{i-0,3}{36+0,4} = 0,019230769$$

$$Y_i = i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$= Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -2,069901831$$

$$Y_i^2 = -2,069901831^2$$

$$= 4,28449359$$

$$X_i Y_i = 30 \times (-2,069901831)$$

$$= -62,09705493$$

Tabel di bawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Normal :

$$r \text{ Normal} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r \text{ (IOF)} = \frac{(36 \times (-62,09705493)) - (30 \times -2,069901831)}{\sqrt{((36 \times 900) - (30)^2) \times ((36 \times 4,28449359) - (-2,069901831)^2)}} \\ = 0,9501$$

Tabel 4.18 *Time To Failure* Distribusi Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	30	30	900	0,01923	-2,06990	4,28449	-62,09705
2	30	30	900	0,04670	-1,67770	2,81466	-50,33086
3	30	30	900	0,07418	-1,44538	2,08912	-43,36135
4	30	30	900	0,10165	-1,27222	1,61853	-38,16645
5	30	30	900	0,12912	-1,13056	1,27816	-33,91670
6	30	30	900	0,15659	-1,00856	1,01719	-30,25673
7	30	30	900	0,18407	-0,89998	0,80996	-26,99935
8	30	30	900	0,21154	-0,80109	0,64175	-24,03284
9	30	30	900	0,23901	-0,70949	0,50337	-21,28463
10	35	35	1225	0,26648	-0,62348	0,38873	-21,82191
11	35	35	1225	0,29396	-0,54186	0,29362	-18,96525
12	35	35	1225	0,32143	-0,46371	0,21502	-16,22977
13	35	35	1225	0,34890	-0,38829	0,15077	-13,59011
14	35	35	1225	0,37637	-0,31502	0,09924	-11,02566
15	35	35	1225	0,40385	-0,24340	0,05925	-8,51915
16	40	40	1600	0,43132	-0,17302	0,02994	-6,92072
17	40	40	1600	0,45879	-0,10348	0,01071	-4,13918
18	40	40	1600	0,48626	-0,03444	0,00119	-1,37754
19	45	45	2025	0,51374	0,03444	0,00119	1,54973
20	45	45	2025	0,54121	0,10348	0,01071	4,65658
21	50	50	2500	0,56868	0,17302	0,02994	8,65089
22	50	50	2500	0,59615	0,24340	0,05925	12,17021
23	50	50	2500	0,62363	0,31502	0,09924	15,75095
24	55	55	3025	0,65110	0,38829	0,15077	21,35589
25	55	55	3025	0,67857	0,46371	0,21502	25,50393
26	55	55	3025	0,70604	0,54186	0,29362	29,80253
27	60	60	3600	0,73352	0,62348	0,38873	37,40899
28	60	60	3600	0,76099	0,70949	0,50337	42,56925
29	60	60	3600	0,78846	0,80109	0,64175	48,06567
30	60	60	3600	0,81593	0,89998	0,80996	53,99869
31	65	65	4225	0,84341	1,00856	1,01719	65,55625
32	70	70	4900	0,87088	1,13056	1,27816	79,13896
33	70	70	4900	0,89835	1,27222	1,61853	89,05506
34	70	70	4900	0,92582	1,44538	2,08912	101,17648
35	80	80	6400	0,95330	1,67770	2,81466	134,21563
36	80	80	6400	0,98077	2,06990	4,28449	165,59215
TOTAL	1680	1680	87000	18,00000	0,00000	32,61138	503,18260

Tabel di bawah ini merupakan hasil dari *Index of Fit* pada 4 distribusi yaitu distribusi *Ekspensial*, *Weibull*, *Log Normal* dan *Normal* sebagai berikut :

Tabel 4.19 *Index Of Fit Time To Repair*

No	Distribusi	Index Of Fit
1	Ekspensial	0,9568
2	Weibull	0,9055
3	Log Normal	0,9581
4	Normal	0,9501
Distribusi	Distribusi	Index Of Fit
1	Ekspensial	95,68%
2	Weibull	90,55%
3	Log Normal	95,81%
4	Normal	95,01%

Dari tabel di atas maka didapat nilai terbesar dari hasil *Index Of Fit* yaitu distribusi Log Normal dengan nilai *Index Of Fit* sebesar 95,81%. Distribusi yang dipilih yaitu distribusi Log Normal.

4.5.4 Uji Goodness Of Fit Pada Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Time To Failure*)

Uji Goodness Of Fit atau uji kecocokan yang dipergunakan untuk menguji hipotesis yang diberikan pada distribusi yang terpilih dimana distribusi yang diuji yaitu distribusi Log Normal dimana sesuai dengan data yang dipilih sesuai dengan proses pemilihan distribusi awal untuk data kerusakan. Berikut ini merupakan *Uji Goodness Of Fit* pada distribusi data waktu antar kerusakan menggunakan Uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Tabel 4.20 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* untuk komponen *Dresser Hydraulic*

No	$\ln(t_i)$	$[\ln(t_i) - \bar{x} \ln(t_i)]^2$	Z_{ti}	F_{ti}	D1	D2
1	6,92756	5,60195	-2,77629	0,00275	0,00275	0,02582
2	7,80995	2,20360	-1,74125	0,04082	0,01225	0,01632
3	8,29155	1,00572	-1,17634	0,11973	0,06259	-0,03402
4	8,35467	0,88309	-1,10229	0,13517	0,04945	-0,02088
5	8,39841	0,80280	-1,05099	0,14663	0,03235	-0,00377
6	8,40738	0,78681	-1,04047	0,14906	0,00620	0,02237
7	8,43815	0,73317	-1,00438	0,15760	-0,01383	0,04240
8	8,62963	0,44192	-0,77977	0,21776	0,01776	0,01081
9	8,63941	0,42901	-0,76830	0,22115	-0,00742	0,03599
10	8,65347	0,41079	-0,75181	0,22608	-0,03106	0,05963
11	8,68016	0,37729	-0,72050	0,23561	-0,05010	0,07868
12	9,05427	0,05766	-0,28167	0,38910	0,07481	-0,04624

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
13	9,07795	0,04685	-0,25389	0,39979	0,05693	-0,02836
14	9,19776	0,00934	-0,11336	0,45487	0,08344	-0,05487
15	9,20130	0,00867	-0,10921	0,45652	0,05652	-0,02795
16	9,21781	0,00587	-0,08984	0,46421	0,03564	-0,00707
17	9,24571	0,00237	-0,05712	0,47723	0,02008	0,00849
18	9,32634	0,00102	0,03747	0,51494	0,02923	-0,00066
19	9,36177	0,00454	0,07903	0,53149	0,01721	0,01136
20	9,37458	0,00643	0,09405	0,53747	-0,00539	0,03396
21	9,38008	0,00734	0,10050	0,54003	-0,03140	0,05997
22	9,44225	0,02186	0,17342	0,56884	-0,03116	0,05973
23	9,56976	0,07582	0,32300	0,62665	-0,00192	0,03049
24	9,57359	0,07795	0,32749	0,62835	-0,02879	0,05736
25	9,84028	0,29799	0,64031	0,73902	0,05330	-0,02473
26	9,96857	0,45451	0,79080	0,78547	0,07118	-0,04261
27	10,03056	0,54193	0,86351	0,80607	0,06321	-0,03464
28	10,10724	0,66071	0,95346	0,82982	0,05839	-0,02982
29	10,22285	0,86202	1,08906	0,86194	0,06194	-0,03337
30	10,26657	0,94511	1,14034	0,87293	0,04436	-0,01579
31	10,31989	1,05163	1,20289	0,88549	0,02835	0,00022
32	10,35169	1,11787	1,24019	0,89255	0,00683	0,02174
33	10,56514	1,61479	1,49057	0,93196	0,01768	0,01089
34	10,67695	1,91143	1,62171	0,94757	0,00471	0,02386
35	10,70077	1,97787	1,64966	0,95049	-0,02093	0,04951
TOTAL	325,30606	25,43772		Dn Max	0,08344	0,07868

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa :

Dhitung dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,0786764

Hipotesa untuk melakukan *Kolmogorov-Smirnov Test* adalah :

H_0 = Data *Time Failure* berdistribusi Log Normal

H_1 = Data *Time Failure* tidak berdistribusi Log Normal

α = 0,05

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorov-Smirnov*,

dengan nilai Dcrit 35;0,05 = 0,148

Wilayah kritis : $D_n < D_{crit}$ maka H_0 diterima.

Bahwa keputusannya $D_n < D_{crit}$, $D_n = 0,0786764 < D_{crit} = 0,148$, yaitu H_0 diterima.

4.5.5 Uji Goodness Of Fit Pada Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Time To Repair*)

Uji Goodness Of Fit atau uji kecocokan yang dipergunakan untuk menguji hipotesis yang diberikan pada distribusi yang terpilih dimana distribusi yang diuji yaitu distribusi Log Normal dimana sesuai dengan data yang dipilih sesuai dengan proses pemilihan distribusi awal untuk data kerusakan. Berikut ini merupakan *Uji Goodness Of Fit* pada distribusi data waktu antar kerusakan menggunakan Uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Tabel 4.21 Perhitungan t untuk komponen *Dresser Hydraulic*

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
1	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	0,11439	-0,08661
2	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	0,08661	-0,05883
3	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	0,05883	-0,03106
4	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	0,03106	-0,00328
5	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	0,00328	0,02450
6	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	-0,02450	0,05228
7	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	-0,05228	0,08005
8	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	-0,08005	0,10783
9	3,40120	0,15122	-1,20351	0,11439	-0,10783	0,13561
10	3,55535	0,05509	-0,72642	0,23379	-0,01621	0,04399
11	3,55535	0,05509	-0,72642	0,23379	-0,04399	0,07177
12	3,55535	0,05509	-0,72642	0,23379	-0,07177	0,09954
13	3,55535	0,05509	-0,72642	0,23379	-0,09954	0,12732
14	3,55535	0,05509	-0,72642	0,23379	-0,12732	0,15510
15	3,55535	0,05509	-0,72642	0,23379	-0,15510	0,18288
16	3,68888	0,01024	-0,31315	0,37708	-0,03958	0,06736
17	3,68888	0,01024	-0,31315	0,37708	-0,06736	0,09514
18	3,68888	0,01024	-0,31315	0,37708	-0,09514	0,12292
19	3,80666	0,00028	0,05138	0,52049	0,02049	0,00729
20	3,80666	0,00028	0,05138	0,52049	-0,00729	0,03507
21	3,91202	0,01487	0,37746	0,64709	0,09153	-0,06375
22	3,91202	0,01487	0,37746	0,64709	0,06375	-0,03597
23	3,91202	0,01487	0,37746	0,64709	0,03597	-0,00820
24	4,00733	0,04721	0,67244	0,74935	0,11046	-0,08268
25	4,00733	0,04721	0,67244	0,74935	0,08268	-0,05490
26	4,00733	0,04721	0,67244	0,74935	0,05490	-0,02713
27	4,09434	0,09259	0,94174	0,82684	0,10461	-0,07684
28	4,09434	0,09259	0,94174	0,82684	0,07684	-0,04906
29	4,09434	0,09259	0,94174	0,82684	0,04906	-0,02128
30	4,09434	0,09259	0,94174	0,82684	0,02128	0,00650
31	4,17439	0,14771	1,18946	0,88287	0,04954	-0,02176

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
32	4,24850	0,21016	1,41882	0,92202	0,06091	-0,03314
33	4,24850	0,21016	1,41882	0,92202	0,03314	-0,00536
34	4,24850	0,21016	1,41882	0,92202	0,00536	0,02242
35	4,38203	0,35042	1,83209	0,96653	0,02209	0,00569
36	4,38203	0,35042	1,83209	0,96653	-0,00569	0,03347
TOTAL	136,44220	3,75838		Dn Max	0,11439	0,18288

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa :

Dhitung dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,1828763

Hipotesa untuk melakukan *Kolmogorov-Smirnov Test* adalah :

H_0 = Data *Time Repair* berdistribusi Log Normal

H_1 = Data *Time Repair* tidak berdistribusi Log Normal

α = 0,05

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorov-Smirnov*,

dengan nilai Dcrit 36;0,05 = 0,22424

Wilayah kritis : $D_n < D_{crit}$ maka H_0 diterima.

Bahwa keputusannya $D_n < D_{crit}$, $D_n = 0,1828763 < D_{crit} = 0,22424$ yaitu H_0 diterima.

4.5.6 Perhitungan Parameter Dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Time to Failure*)

Parameter yang digunakan untuk perhitungan dari distribusi data waktu kerusakan yaitu Tmed (parameter lokasi) dan s (parameter bentuk) dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Tmed (parameter lokasi)

$$n = 35$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \ln (ti)}{n}$$

$$\mu = \frac{325,306055}{35}$$

$$\mu = 9,294401286$$

$$T_{med} = e^{\mu}$$

$$= e^{9,294401286}$$

$$= 10876,95147$$

b. S (parameter bentuk)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n}}$$

$$S = \sqrt{\frac{325,306055}{35}}$$

$$S = 0,852520884$$

4.5.7 Perhitungan Parameter Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Time To Repair*)

Parameter yang digunakan untuk perhitungan dari distribusi data waktu kerusakan yaitu Tmed (parameter lokasi) dan s (parameter bentuk) dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Tmed (parameter lokasi)

$$N = 36$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n}$$

$$\mu = \frac{136,44220}{36}$$

$$\mu = 3,790061145$$

$$Tmed = e^\mu$$

$$= e^{3,790061145}$$

$$= 44,25910643$$

b. S (parameter bentuk)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n}}$$

$$S = \sqrt{\frac{136,44220}{36}}$$

$$S = 0,323108962$$

4.5.8 Penentuan Nilai Tengah Dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

Berikut ini adalah penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu antar kerusakan (*Mean Time To Failure*) untuk distribusi Log Normal sebagai berikut :

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

$$= 10876,95147 \times e^{\frac{0,852520884^2}{2}}$$

$$= 15643,28789$$

4.5.9 Penentuan Nilai Tengah Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Mean Time To Repair*)

Berikut ini adalah penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu antar perbaikan (*Mean Time To Repair*) untuk distribusi Log Normal sebagai berikut :

$$\begin{aligned} MTTR &= t_{med} \cdot \exp\left(\frac{s^2}{2}\right) \\ &= 44,25910643x e^{\frac{0,323108962}{2}} \\ &= 46,63078037 \end{aligned}$$

4.5.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Dengan Minimasi Downtime

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* menggunakan metode *Age Replacement* yang dimana nilai interval waktu antar kerusakan (t_p) dimana yang terpilih yaitu yang memiliki nilai *downtime* terkecil. Dibawah ini merupakan data – data yang dibutuhkan untuk mencari interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* sebagai berikut :

1. Data waktu kerusakan berdistribusi Log Normal
 - MTTF = 15643,28789
 - Tmed = 10876,95147
 - S = 0,852520884
2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen
 - Tf = 46,63078037
3. Waktu untuk melakukan penggantian *preventive maintenance*
 - Tp = 46,63078037

Dibawah ini merupakan data – data untuk perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* sebagai berikut :

Interval Penggantian Komponen Dengan Model Age Replacement					
tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF / F(tp) + Tf	D(tp)
1020	0,9973	0,0027	1066,6308	5690221,596	0,002791073249020
2465	0,9592	0,0408	2511,6308	383275,9219	0,002582807695877
3990	0,8803	0,1197	4036,6308	130701,9531	0,002428408447428
4250	0,8648	0,1352	4296,6308	115779,3678	0,002407935913087
4440	0,8534	0,1466	4486,6308	106731,0637	0,002393915448585

Interval Penggantian Komponen Dengan Model Age Replacement					
tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF / F(tp) + Tf	D(tp)
4480	0,8509	0,1491	4526,6308	104992,4250	0,002391061264116
4620	0,8424	0,1576	4666,6308	99306,84805	0,002381331181726
5595	0,7822	0,2178	5641,6308	71883,16484	0,002323807863687
5650	0,7788	0,2212	5696,6308	70781,14405	0,002321048669145
5730	0,7739	0,2261	5776,6308	69239,05935	0,002317119763667
5885	0,7644	0,2356	5931,6308	66441,65717	0,002309785717497
8555	0,6109	0,3891	8601,6308	40250,60620	0,002229411359959
8760	0,6002	0,3998	8806,6308	39175,52516	0,002226049845755
9875	0,5451	0,4549	9921,6308	34437,04166	0,002212816703044
9910	0,5435	0,4565	9956,6308	34313,08879	0,002212525529105
10075	0,5358	0,4642	10121,6308	33745,51301	0,002211244664698
10360	0,5228	0,4772	10406,6308	32826,26370	0,002209376101276
11230	0,4851	0,5149	11276,6308	30425,23202	0,002206111220945
11634	0,4685	0,5315	11680,6308	29481,50823	0,002205705604744
11635	0,4685	0,5315	11681,6308	29479,28764	0,002205705393273
11636	0,4685	0,5315	11682,6308	29477,06761	0,002205705185598
11660	0,4675	0,5325	11706,6308	29423,94928	0,002205701337806
11690	0,4663	0,5337	11736,6308	29357,98760	0,002205699583776
11691	0,4663	0,5337	11737,6308	29355,79717	0,002205699583541
11692	0,4662	0,5338	11738,6308	29353,60728	0,002205699587054
11693	0,4662	0,5338	11739,6308	29351,41792	0,002205699594314
11694	0,4661	0,5339	11740,6308	29349,22909	0,002205699605321
11695	0,4661	0,5339	11741,6308	29347,04079	0,002205699620073
11696	0,4661	0,5339	11742,6308	29344,85303	0,002205699638570
11697	0,4660	0,5340	11743,6308	29342,66580	0,002205699660810
11698	0,4660	0,5340	11744,6308	29340,47910	0,002205699686793
11699	0,4659	0,5341	11745,6308	29338,29294	0,002205699716519
11700	0,4659	0,5341	11746,6308	29336,10730	0,002205699749985
11730	0,4647	0,5353	11776,6308	29270,78468	0,002205702489495
11740	0,4643	0,5357	11786,6308	29249,11597	0,002205704146834
11745	0,4641	0,5359	11791,6308	29238,30129	0,002205705114566
11750	0,4639	0,5361	11796,6308	29227,49970	0,002205706174867
11784	0,4626	0,5374	11830,6308	29154,39437	0,002205715831787
11785	0,4625	0,5375	11831,6308	29152,25329	0,002205716180207
11850	0,4600	0,5400	11896,6308	29014,18342	0,002205746661369
12610	0,4312	0,5688	12656,6308	27546,99327	0,002207180439894
14325	0,3733	0,6267	14371,6308	25009,96396	0,002216486867859
14380	0,3716	0,6284	14426,6308	24942,39148	0,002216900384190
18775	0,2610	0,7390	18821,6308	21214,37271	0,002264740059453
21345	0,2145	0,7855	21391,6308	19962,48830	0,002300586499842

Interval Penggantian Komponen Dengan Model Age Replacement					
tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF / F(tp) + Tf	D(tp)
22710	0,1939	0,8061	22756,6308	19453,46391	0,002320627043844
23382	0,1847	0,8153	23428,6308	19233,05319	0,002330624752637
24520	0,1702	0,8298	24566,6308	18898,03022	0,002347654875216
27525	0,1381	0,8619	27571,6308	18195,62558	0,002392535987999
28755	0,1271	0,8729	28801,6308	17967,10675	0,002410623151738
30330	0,1145	0,8855	30376,6308	17712,85873	0,002433379205223
31310	0,1075	0,8925	31356,6308	17573,17711	0,002447266120413
38760	0,0680	0,9320	38806,6308	16831,94262	0,002544370982261
43345	0,0524	0,9476	43391,6308	16555,51692	0,002595993514900
44390	0,0495	0,9505	44436,6308	16504,69860	0,002606890758008
				Min D(tp)	0,002205699583541

Berikut ini adalah contoh perhitungan interval waktu penggantian pencegahan pada mesin Gerinda di komponen *Dresser Hydraulic* dengan distribusi Log Normal untuk $t_p = 46,63078037$

$$\begin{aligned}
 \text{a. } F(23382) &= \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \\
 &= 0,8153 \\
 \text{b. } R(23382) &= 1 - F(t) \\
 &= 0,1847 \\
 \text{c. } (t_p + T_p) \times F(t_p) &= 23.428,6308 \times 0,8153 \\
 &= 19101,3627 \\
 \text{d. } M(23382) &= \frac{MTTF}{1 - R(t_p)} \\
 &= \frac{15643,28789}{1 - 0,1847} \\
 &= 19233,05319 \\
 \text{e. } D(t_p) &= \frac{T_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot (1 - R(t_p))}{(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \cdot (1 - R(t_p))} \\
 &= 0,002330624752637
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai $D(t_p)$ yang paling minimum adalah pada $t_p = 11.691$ menit. Bahwa waktu interval penggantian komponen *Dresser Hydraulic* dengan kriteria minimasi *downtime* pada menit ke 11.691 atau sama dengan 24 hari.

4.5.11 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan

Berikut ini adalah perhitungan interval waktu pemeriksaan pada komponen *Dresser Hydraulic* :

1. Jumlah pemeriksaan (k)

a. 1 Bulan = 24 hari kerja; 1 hari 8 jam kerja

b. T = 24 hari/bulan x 8 jam/hari = 192 jam/bulan

c. Jumlah kerusakan komponen *Dresser Hydraulic* selama Maret 2022 – Maret 2023 = 36 kali

d. $k = \frac{36}{12}$
= 3

2. Waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk perbaikan

a. MTTR = 46,63078 = 0,778 jam

b. T = 192 jam/bulan

c. $1/\mu = \text{MTTR}/T$
= 0,778 / 192
= 0,00405208

$\mu = 246,787$

3. Waktu rata – rata melakukan pemeriksaan

T = 192 jam/bulan

$T_i/T = 1 / 192$
= 0,00520833

I = 1 / 0,00520833
= 192

4. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 192}{246,787}}$$

= 1,527742 ~ 2 kali pemeriksaan per bulan

5. Interval waktu pemeriksaan = t/n

= 192 / 1,527742

$$= 125,6757 \text{ jam atau } 16 \text{ hari } (15,7)$$

4.5.12 Perbandingan *Reliability* Sesudah dan Sebelum Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen

Perawatan pencegahan dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan dimana untuk mengetahui umur yang optimal dari komponen. Di bawah ini merupakan rumus *Reliability* berdasarkan distribusi Log Normal sesuai dengan *Failure Time* sebagai berikut:

Reliability kondisi sebelum interval waktu penggantian

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

Reliability kondisi sesudah interval waktu penggantian

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

Berikut adalah perhitungan *Reliability* sebelum dan sesudah dilakukannya tindakan sebagai berikut :

$$s = 0,852520884$$

$$T_{med} = 10876,95147$$

$$T (\text{Age Replacement}) = 11.691 \text{ menit}$$

Tabel 4.22 Perbandingan *Reliability* sesudah dan sebelum

n	Tp (hari)	R(tp)	R(t- nT)
0	1020	0,875509012	0,87551
0	2465	0,754205611	0,75421
0	3990	0,653572061	0,65357
0	4250	0,638382014	0,63838
0	4440	0,62758972	0,62759
0	4480	0,625349671	0,62535
0	11690	0,345285366	0,34529
1	11691	0,34525859	1
1	11692	0,345231817	0,99964
1	11693	0,345205047	0,99935
1	11694	0,345178278	0,99908
1	11695	0,345151512	0,99882
1	11696	0,345124749	0,99857
1	11697	0,345097988	0,99833

n	Tp (hari)	R(tp)	R(t- nT)
1	11698	0,345071229	0,9981
1	11699	0,345044473	0,99787
1	11700	0,345017719	0,99765
1	14380	0,281188182	0,73801
1	18775	0,203394033	0,49967
1	21345	0,169199305	0,40522
1	22710	0,153647652	0,36381
2	23382	0,146571352	1
2	24520	0,135384403	0,8642
2	27525	0,110057503	0,64457
2	28755	0,101210882	0,57803
2	30330	0,090982924	0,50539

Contoh perhitungan :

$$t = 11.700$$

$$n = 1$$

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - \phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \\ &= 1 - \phi \left(\frac{1}{0,852520884} \ln \frac{11.700}{10876,95147} \right) \\ &= 0,345017719 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R(t - nT) &= 1 - \phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t-nT}{t_{med}} \right) \\ &= 1 - \phi \left(\frac{1}{0,852520884} \ln \frac{11.700 - (1 \times 11691)}{10876,95147} \right) \\ &= 0,99765 \end{aligned}$$

Pada tingkat keandalan ke 11.700 menit sebelum dilakukan penggantian pencegahan sebesar 0,3450 dan setelah penggantian pencegahan sebesar 0,9976.

4.5.13 Perhitungan *Avaibility*

Perhitungan *avaibility* ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan setelah dilakukan perawatan yang bersifat *preventive*. Dibawah ini yaitu langkah – langkah dalam perhitungan *avaibility* dua kejadian dengan adanya kejadian *avaibility* berdasarkan frekuensi pemeriksaan dan *avaibility* berdasarkan interval penggantian pencegahan sebagai berikut :

- a. *Avaibility* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$\begin{aligned}
 D(n) &= \frac{k}{\mu \cdot n} + \frac{1}{i} \\
 &= \frac{3}{277,928322 \times 1} + \frac{1}{216} \\
 &= 0,01542378
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A(n) &= 1 - D(n) \\
 &= 1 - 0,01542378 \\
 &= 0,985
 \end{aligned}$$

b. *Avaibility* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$\begin{aligned}
 A(tp) &= 1 - [\min D(tp)] \\
 &= 1 - 0,002330624752637 \\
 &= 0,998
 \end{aligned}$$

c. *Avaibility* total

$$\begin{aligned}
 \text{Avaibility} &= A(n) \times A(tp) \\
 &= 0,9845762 \times 0,9976694 \\
 &= 0,9822815
 \end{aligned}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis)

Bahwa komponen kritis mesin Gerinda didapatkan dari hasil pengolahan data pada rangkaian *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan didukung oleh rangkaian *Functional Block Diagram* (FBD) untuk mengetahui fungsi dan hubungan antar mesin. Kemudian *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengetahui kategori kerusakan komponen tersebut. Lalu *Task Selection* (TS) untuk mengetahui tindakan perawatan yang efektif. Informasi yang didapat untuk penelitian metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* didapat beberapa *expert* di bidang yang berkaitan dengan penelitian ini seperti Bapak Prastya bagian *maintenance*.

Pada tahap *Functional Block Diagram* (FBD) mesin Gerinda terdapat *flow process* dengan adanya komponen mesin Gerinda yang dimana penjelasan alur proses menggunakan komponen awal sampai komponen akhir pada sistem produksi. Cara kerja mesin Gerinda yaitu, motor listrik mengeluarkan energi mekanik yang diteruskan oleh V *belt* pada *flywheel* sehingga *flywheel* dapat berputar. *Main shaft* yang terhubung pada *flywheel* ikut berputar mengikuti putaran dari *flywheel*, dimana *grinding wheel* yang terpasang pada *main shaft* ikut berputar. Bahan kikir yang akan dihaluskan permukaannya diletakkan di *traverse through*. *Trolley wheel* menggerakkan *sliding traverse through* sehingga dapat bergerak maju mendekati *grinding wheel*, kemudian permukaan bahan kikir di haluskan oleh *grinding wheel* dan *traverse through* bergerak mundur ke posisi awal. Untuk menghaluskan atau meratakan *grinding wheel*, *dresser hydraulic* bergerak maju mendekati *gerinda wheel* dengan tenaga *hydraulic* yang disalurkan oleh *hydraulic cylinder*.

Pada tahap *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan teknik yang banyak digunakan secara luas untuk penilaian yang menyebabkan bentuk, penyebab pengaruh, kerusakan terhadap keandalan sistem secara keseluruhan. Penilaian kualitatif yang menjadi dasar dari *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) terkadang menyebabkan beberapa perkiraan mengenai kemungkinan terjadinya kerusakan. Kolom *function* menunjukkan fungsi terjadinya kegagalan, sedangkan kolom *failure mode* menunjukkan penyebab penyebab terjadinya kegagalan, sedangkan kolom *failure effect* menunjukkan

apa yang terjadi ketika komponen pada mesin Gerinda gagal memenuhi standart performandinya.

Berdasarkan hasil dari *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) bahwa terdapat *Risk Priority Number* (RPN) yang dimana *severity x occurrence x detection* yaitu $7 \times 8 \times 5 = 280$ untuk mendapatkan hasil *Risk Priority Number* (RPN) dengan wawancara kepada orang yang expert terkait mesin produksi yang dilakukan oleh Bapak Prastya. Pada *severity* terdapat ranking 7 dikarenakan mesin tetap beroperasi namun terjadi gangguan dan dalam keadaan aman, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh dan menyebabkan performansi mesin terganggu sehingga mempengaruhi kualitas produk. Untuk *occurrence* terdapat ranking 8 dikarenakan kerusakan yang terjadi tinggi dan untuk nilai *detection* terdapat ranking 5 dikarenakan operator memiliki kemampuan cukup untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan. Maka dari itu komponen *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda sering terjadi kerusakan dan jika *bellows* pada komponen tersebut berkarat karena terkena kotor maka hasil proses perataan permukaannya akan bergelombang dan akan menurunkan hasil kualitas dari produksi tersebut.

Pada tahap *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan proses yang kualitatif digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing – masing *failure mode* pada mesin Gerinda. Tujuan *Logic Tree Analysis* (LTA) adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing – masing *failure mode* berdasarkan kategprinya. Berikut adalah komponen yang sudah dikategorikan ke 4 kategori dengan dibantu wawancara dengan orang yang *expert* terkait mesin produksi yang dilakukan oleh Bapak Prastya sebagai berikut :

1. *Safety Problem* (Kategori A) jika mode kegagalan memiliki konsekuensi yang merugikan keselamatan bahkan berujung pada kematian pada seseorang. Terdapat satu komponen yang masuk di Kategori A karena terdapat *safety problem* yang dapat membahayakan keselamatan pekerja apabila serpihan batu gerinda yang pecah mengenai bagian tubuh. Kecelakaan kerja seperti ini masih terdapat di CV. Seken Living dikarenakan tidak adanya peraturan khusus terkait APD untuk para pekerja.
2. *Outage Problem* (Kategori B) mode kegagalan suatu bagian dapat menyebabkan sistem bekerja komponen berhenti sebagian atau seluruhnya untuk diterapkan

terhadap pabrik yang beroperasi seperti kuantitas, kualitas produk hingga output produksi dapat meningkatkan biaya. Kategori B tidak terdapat *Outage Problem* dikarenakan apabila ada kerusakan terhadap mesin yang menyebabkan mesin terhenti, pihak CV Seken *Living* masih mempunyai mesin cadangan untuk melanjutkan produksi.

3. *Economic Problem* (Kategori C) jika mode kegagalan tidak memiliki arti keamanan serta pabrik – pabrik yang beroperasi dan hanya mempengaruhi perekonomian relatif kecil untuk menutupi biaya perbaikan. Kategori C tidak terdapat *Economic Problem* dikarenakan mode kegagalan mempunyai konsekuensi terhadap *safety* maupun terhadap *operational plant*.
4. *Hidden Failure* (Kategori D) jika mode kegagalan mempunyai efek langsung tetapi jika perusahaan tidak memperhitungkan risikonya, hal ini bahkan bisa menjadi serius dan dapat menyebabkan kegagalan lainnya. Kategori D memiliki 10 komponen yang termasuk pada *Hidden Failure* dikarenakan mode kegagalan memiliki dampak secara langsung namun apabila perusahaan tidak menanggulangnya maka resiko ini akan menjadi serius bahkan dapat memicu kegagalan lainnya.

Dalam penentuan mesin kritis diperoleh dari data *downtime* terbesar yang akan menunjukkan tingkat kepentingan dari sebuah mesin yang dianggap mempunyai tingkat resiko tertinggi sehingga memerlukan perlakuan khusus dengan melakukan perbaikan pada mesin tersebut. Mesin yang memiliki *downtime* tertinggi yaitu mesin Gerinda sebesar 5.480 menit atau 49,6152%. Dalam penentuan komponen kritis diperoleh dari hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dimana perhitungan $Severity \times Occurrence \times Detection$ yang menghasilkan hasil *Risk Priority Number* (RPN) yang menunjukkan tingkat kepentingan dari sebuah komponen yang dianggap mempunyai tingkat resiko tertinggi sehingga memerlukan perlakuan khusus dengan melakukan perbaikan. Komponen kritis dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada komponen *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda yaitu sebesar 280. Nilai ini menggambarkan komponen *Dresser Hydraulic* mengalami kegagalan yang harus ditangani akibat komponen tersebut bisa terjadi putus dan mematikan mesin.

5.2 Analisis Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan)

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dari proses analisa *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang mungkin

untuk dilakukan dan selanjutnya memilih tindakan yang paling efektif. Pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) bahwa pada mesin Gerinda disimpulkan pada setiap komponen dengan dibantu wawancara kepada orang yang *expert* terkait mesin produksi yang dilakukan oleh Bapak Prasty sebagai berikut :

1. *Time Directed* (TD) atau *Preventive Maintenance* (PM) terdapat 3 komponen yang sesuai dengan perawatannya dengan adanya tindakan perawatan yang dilakukan secara langsung terhadap sumber kerusakan dengan didasari umur ataupun waktu dari komponen dimana adanya perawatan pencegahan dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan.
2. *Condition Directed* (CD) atau *Predictive Maintenance* (PDM) terdapat 8 komponen yang sesuai dengan perawatannya dengan adanya tindakan perawatan yang dilakukan dengan memeriksa dan inspeksi. Komponen di bawah ini di dalam inspeksi terdapat gejala – gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen dengan *Predictive Maintenance* (PDM).

Hasil yang didapat pada komponen kritis yaitu *Dresser Hydraulic* termasuk ke dalam tindakan perawatan pencegahan dimana tindakan perawatan yang dilakukan secara langsung terhadap sumber kerusakan dengan didasari umur ataupun waktu dari komponen dimana adanya perawatan pencegahan dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin agar setiap umur komponen sudah tercpai maka harus dilakukan penggantian untuk meminimalisir kegagalan pada mesin.

5.3 Analisis Pengolahan Data Kuantitati (Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis)

Pada pengolahan data kuantitatif mendapatkan waktu interval pemeriksaan komponen *Dresser Hydraulic* selama 6 hari sekali dan interval penggantian selama 8 hari sekali yang didapat pada rangkaian tabel 4.2 dari data yang dimasukkan ke dalam perhitungan distribusi, *uji goodness of fit*, estimasi parameter, nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) kemudian menghitung waktu interval pemeriksaan komponen *Dresser Hydraulic* dan perhitungan waktu interval penggantian komponen *Dresser Hydraulic* dalam perhitungan tersebut hanya menggunakan data *downtime* komponen *Dresser Hydraulic* pada tabel 4.3

Pada analisis pola distribusi kerusakan yang dimana terdapat empat distribusi yaitu distribusi *Eksponensial*, *Weibull*, *Log Normal* dan *Normal*. Pada pola pengujian distribusi

tersebut dilakukan untuk menghitung *Index of Fit* waktu antar kerusakan dan perbaikan pada komponen kritis yaitu komponen *Dresser Hydraulic* pada mesin Gerinda. Pada analisis pola distribusi kerusakan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* (LSCF) untuk menentukan distribusi yang digunakan dengan mempertimbangkan *Index of Fit* terbesar dan hasil *Index of Fit* pada pengujian distribusi dengan metode *Least Square Curve Fitting* (LSCF) untuk data waktu antar kerusakan komponen *Dresser Hydraulic*.

Pada hasil pola distribusi yang terbesar setelah pengujian empat distribusi yang dimana didapat dari perhitungan mulai *downtime* sampai selesai *downtime* dengan data DT, t_i , t_i urut yang dimulai dari nol (0) dan perhitungan dari distribusi *Eksponensial* dan Normal dengan rumus t_i , $x_i = t_i$, X_i^2 , $F(t_i)$, Y_i , Y_i^2 dan $X_i \cdot Y_i$ sedangkan distribusi Log Normal dan *Weibull* dengan rumus t_i , $x_i = \ln t_i$, X_i^2 , $F(t_i)$, Y_i , Y_i^2 dan $X_i \cdot Y_i$ maka didapat distribusi Log Normal memiliki persentase terbesar dibandingkan distribusi *Eksponensial*, *Weibull* dan Normal. Distribusi Log Normal terdapat *Index of Fit* sebesar 98,42% untuk data waktu antar kerusakan.

Pada hasil pola distribusi yang terbesar setelah pengujian empat distribusi yang dimana didapat dari perhitungan mulai *downtime* sampai selesai *downtime* dengan data DT, d_{t_i} , d_{t_i} urut dan perhitungan dari distribusi *Eksponensial* dan Normal dengan rumus d_{t_i} , $x_i = d_{t_i}$, X_i^2 , $F(d_{t_i})$, Y_i , Y_i^2 dan $X_i \cdot Y_i$ sedangkan distribusi Log Normal dan *Weibull* dengan rumus d_{t_i} , $x_i = \ln d_{t_i}$, X_i^2 , $F(d_{t_i})$, Y_i , Y_i^2 dan $X_i \cdot Y_i$ maka didapat distribusi Log Normal memiliki persentase terbesar dibandingkan distribusi *Eksponensial*, *Weibull* dan Normal. Distribusi Log Normal terdapat *Index of Fit* sebesar 95,81% untuk data waktu antar perbaikan.

Pada distribusi yang sudah didapat dari *Index of Fit* (r) terbesar maka harus diuji kembali agar distribusi yang terpilih benar – benar mewakili data waktu antar kerusakan dan perbaikan. Hasil dari *Index of Fit* (r) terbesar pada data waktu antar kerusakan diperoleh pada distribusi Log Normal, maka uji kecocokan tersebut dilakukan dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov Test*. Jika hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan adanya H_0 diterima maka data antar waktu kerusakan berdistribusi Log Normal sedangkan untuk data waktu antar perbaikan diperoleh pada distribusi Log Normal, maka uji kecocokan tersebut dilakukan dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov Test*. Jika hasil uji *Kolmogorov-Smirnov Test* dengan adanya H_0 maka data waktu antar perbaikan berdistribusi Log Normal.

Setelah pola distribusi data waktu antar kerusakan diperoleh maka menentukan hasil dari *Mean Time to Failure* (MTTF) dengan menghitung estimasi dari data distribusi tersebut. Data waktu antar kerusakan mengikuti distribusi Log Normal, maka untuk hasil dari parameter distribusi antar kerusakan atau *Mean Time To Failure* (MTTF) sebagai berikut komponen *Dresser Hydraulic* terdapat *Mean Time To Failure* (MTTF) sebesar 15.643,28789 menit atau 260,721 jam. Artinya adalah komponen *Dresser Hydraulic* akan mengalami kerusakan kembali setelah beroperasi selama 260,721 jam atau selama 33 hari yang didapat dari perhitungan data $\ln(t_i)$, $[\ln(t_i) - \bar{x} \ln(t_i)]^2$, Z_{ti} , F_{ti} , $D1$ dan $D2$.

Setelah pola distribusi data waktu antar kerusakan diperoleh maka selanjutnya yaitu menentukan hasil dari *Mean Time To Repair* (MTTR) dengan menghitung estimasi dari data distribusi tersebut. Data waktu antar perbaikan mengikuti distribusi Log Normal, maka untuk hasil dari parameter distribusi antar perbaikan atau *Mean Time To Repair* (MTTR) sebagai berikut komponen *Dresser Hydraulic* sebesar 46,63078037 menit. Artinya adalah komponen *Dresser Hydraulic* untuk melakukan perbaikan membutuhkan waktu sebanyak 46,63078037 menit yang didapat dari perhitungan data $\ln(t_i)$, $[\ln(t_i) - \bar{x} \ln(t_i)]^2$, Z_{ti} , F_{ti} , $D1$ dan $D2$.

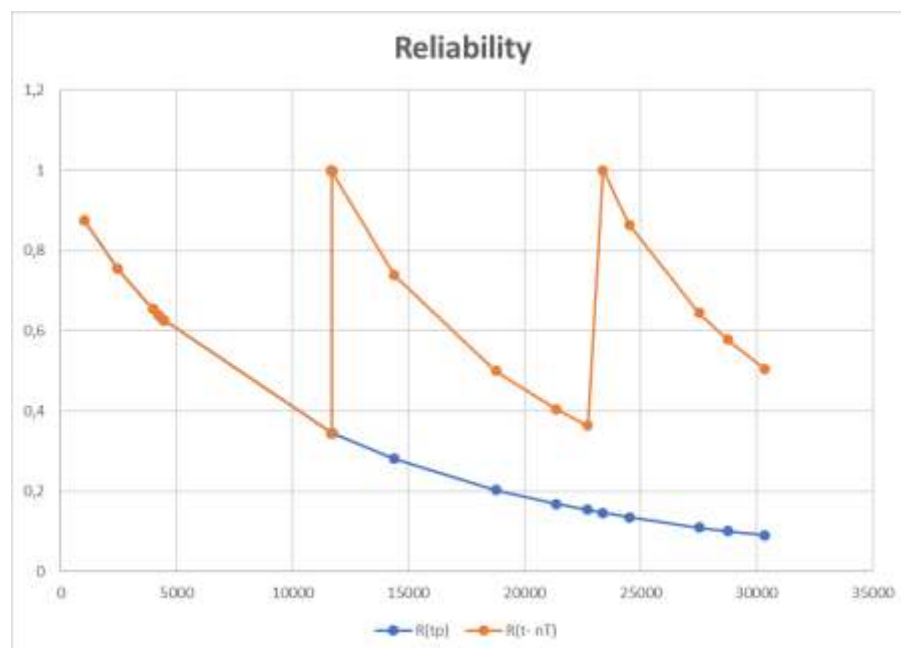
Setelah menentukan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) maka langkah selanjutnya menentukan perhitungan selang waktu penggantian pencegahan dengan parameter pada distribusi yang telah lulus uji kecocokan distribusi. Menghitung selang waktu pencegahan penggantian menggunakan kriteria minimasi *downtime* dimana hasil perhitungan dengan kriteris minimasi *downtime* yang dipilih yaitu yang menghasilkan nilai *downtime* terkecil dan model yang digunakan yaitu *Age Replacement* dengan menggunakan distribusi Log Normal. Untuk nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) yaitu nilai yang murni dari perhitungan dengan jumlah kerusakan pada Maret 2022 sampai Maret 2023 sebesar 36 kali bahwa jumlah kerusakan ini berdasarkan dari data *downtime*.

Dari pengolahan data didapat bahwa komponen *Dresser Hydraulic* untuk interval waktu penggantian yaitu selama 11.691 menit atau sekitar 24 hari yang didapat dari perhitungan t_p , $R(t_p)$, $F(t_p)$, $t_p + T_p$, $MTTF/F(t_p) + T_f$ dan $D(t_p)$ untuk $D(t_p)$ diambil yang terkecil dan didapat pada t_p ke 11.691 dengan $\min D(t)$ sebesar 0,002330624752637. Komponen kritis yaitu *Dresser Hydraulic* harus sudah diganti dengan *Dresser Hydraulic* yang tidak kotor atau aus setelah beroperasi selama 24 hari dengan adanya interval waktu penggantian pencegahan komponen kritis dan umur

pemakaian *Dresser Hydraulic* harus sudah diganti dengan komponen baru selama 1 tahun. Perusahaan dapat menjadwalkan penggantian pencegahan pada komponen *Dresser Hydraulic* dengan terjadwal. Sedangkan interval pemeriksaan komponen kritis diperoleh 16 hari, maka komponen *Dresser Hydraulic* diperiksa setiap 16 hari sekali. Dimana untuk mencegah terjadinya kerusakan yang mengakibatkan terganggunya sistem produksi dikarenakan komponen yang membuat mesin terhenti beroperasi.

Pada CV. Seken *Living* yaitu perusahaan yang belum menerapkan *preventive maintenance* yang dimana dalam interval waktu penggantian tidak menentu dikarenakan hanya melihat dari kondisi. Jika tetap dilakukan dengan belum adanya *preventive maintenance* maka kualitas komponen *Dresser Hydraulic* akan menurun dan menimbulkan kemungkinan besar terjadi kegagalan atau kerusakan mesin yang akan mengganggu sistem produksi pada perusahaan dan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Maka dari itu adanya perhitungan penggantian komponen kritis dari sebelum penggantian yang tidak menentu menjadi selama 24 hari penggantian komponen agar meminimalisir kegagalan sistem produksi dan produk cacat.

Analisis perbandingan *reliability* bahwa tindakan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) yang dimana diharapkan dapat meningkatkan keandalan (*reliability*) yang dimana komponen merupakan suatu peluang sehingga nilai tertinggi yaitu 1. Dibawah ini yaitu grafik tingkat keandalan sesudah dan sebelum penentuan interval waktu penggantian pencegahan komponen :



Gambar 5.1 *Reliability*

Sumber : Pengolahan Data

Pada gambar 5.1 untuk menit ke – 1 dengan adanya grafik berwarna merah atau $R(tp)$ (sebelum dilakukan *preventive maintenance*) dan grafik berwarna hijau atau $R(t-Nt)$ (sesudah dilakukan *preventive maintenance*) dimana mempunyai nilai keandalan 1 bahwa tingkat keandalan optimal karena kondisi komponen yang sudah diganti. Dan pada menit ke 10.000 adanya penurunan sampai menit 11.000 dikarenakan seiring berjalannya waktu maka komponen akan mengalami penurunan keandalan. Tetapi pada menit ke 11.691 untuk grafik berwarna orange mengalami kenaikan karena telah dilakukannya penggantian pencegahan sehingga komponen mengalami kenaikan keandalan (*reliability*) dikarenakan kondisi yang sudah diganti.

5.4 Kekurangan Dalam Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan terdapat kekurangan yaitu hanya membahas satu komponen kritis dari mesin yang paling kritis serta tidak mempertimbangkan pengaruh dari komponen lain dalam perhitungan *reliability* dan diasumsikan ketika komponen diganti maka kondisi mesin akan seperti baru.

Kemudian kekurangan pada tahap penentuan tindakan perawatan digunakan asumsi jika tindakan perawatan tersebut efektif untuk diterpkan dan meminimalisir kegagalan mesin. Selain itu pada tahap perhitungan interval pemeriksaan dan penggantian komponen kritis digunakan dengan asumsi jika mesin tersebut diganti maka kondisinya kembali seperti awal.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Komponen yang tergolong kritis pada mesin Gerinda didapat dari *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) dimana dilihat dari *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada setiap komponen mesin Gerinda bahwa komponen *Dresser Hydraulic* yang dimana $severity \times occurrence \times detection$ dengan $7 \times 8 \times 5 = 280$.
2. Tindakan perawatan yang optimal pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) bahwa pada mesin Gerinda disimpulkan pada setiap komponen sebagai berikut :
 - a. *Time Directed* (TD) atau *Preventive Maintenance* (PM)
Time Direct (TD) atau *Preventive Maintenance* (PM) terdapat 3 komponen mengalami tindakan perawatan yang dilakukan secara langsung terhadap sumber kerusakan dengan didasari umur ataupun waktu dari komponen.
 - b. *Condition Directed* (CD) atau *Predictive Maintenance* (PDM)
Condition Directed (CD) atau *Predictive Maintenance* (PDM) terdapat 8 komponen mengalami tindakan perawatan yang dilakukan dengan memeriksa dan inspeksi. Apabila di dalam inspeksi terdapat gejala – gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
3. Pada interval kerusakan dan perbaikan mesin Gerinda bahwa *Mean Time To Failure* (MTFF) didapat sebesar 15.643,28789 menit atau 260,72 jam. Komponen *Dresser Hydraulic* akan mengalami kerusakan setelah beroperasi sebesar 260,72 jam atau 33 hari. Sedangkan *Mean Time To Repair* (MTTR) didapat 46,63078 menit. Komponen *Dresser Hydraulic* akan mengalami perbaikan selama 46,63078 menit. Waktu interval penggantian dan pencegahan komponen kritis bahwa dari pengolahan data didapat bahwa komponen *Dresser Hydraulic* pada interval waktu penggantian selama 11.691 menit atau sekitar 24 hari. Sedangkan untuk waktu interval pemeriksaan pada komponen *Dresser Hydraulic* dilakukan setiap 16 hari sekali.

6.2 Saran

6.2.1 Saran Untuk Perusahaan

Adapun saran – saran yang dapat diberikan sebagai masukan perusahaan dan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Berdasarkan dari hasil penelitian di atas bahwa peneliti menyarankan agar *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini dapat lebih diterapkan sebagai pendekatan sistem perawatan mesin di CV. Seken *Living*. Karena dengan adanya penerapan konsep *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini, perusahaan dapat mengetahui jenis tindakan perawatan yang optimal sehingga dapat meningkatkan keandalan mesin – mesin perusahaan.
2. Berdasarkan dari hasil penelitian di atas bahwa peneliti menyarankan agar lebih baik tentang pemeriksaan umur tiap komponen serta kondisi dari tiap komponen selama 16 hari sekali agar tidak terjadi *downtime* pada komponen mesin tersebut.
3. Mengembangkan pola perawatan yang melibatkan jajaran manajerial dan jajaran operasional agar terbentuk sistem *maintenance* yang terintergrasi.
4. Penyediaan suku cadang yang berkualitas

6.2.2 Saran Untuk Penelitian Selanjutnya

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya diperhitungkan untuk komponen lain selain komponen kritis yang didapatkan dalam penelitian.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menghitung perbandingan biaya sebelum dan sesudah dilakukan perawatan *preventive maintenance*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. R., Subekti, A., & Dhani, M. R. (2018). Identifikasi Bahaya Dengan Menggunakan Metode FMEA Pada Mesin Evaporator Di Pabrik Gula. *In Seminar K3*, 779-782.
- Alwi, M. R. (2017, Januari - Juni). Reliability Centered Maintenance Dalam Perawatan F.O. Service Pump Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*, 14, 1.
- Assuari, S. (2008). *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Bangun, I. H., Rahman, A., & Darmawan, Z. (2020). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin Blowing OM. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*.
- Costa, T., Silva, F., & Ferreira, L. P. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing*, 1104-1111.
- Dhillon, B. (2006). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. CRC Press.
- Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The Mcgraw-Hill Companies, Inc.
- Firmansyah, M. A., & Syuhri, A. (2022). Analisis Perencanaan Perawatan Spindle Moulder Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Romi Violeta.
- Fransiscus, H., Cynthia, P. J., & Isabella, S. A. (2014). Implementasi Metode Six Sigma DMAIC untuk Mengurangi Paint Bucket Cacat di PT X. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(2), 53-63.
- Gaspersz, V. (1992). *Analisis Sistem Terapan : Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Bandung: Tarsito.
- Ghiffari Ibrahim, A. H. (2013, Juli). Analisis Six Sigma Untuk Mengurangi Jumlah Cacat di Stasiun Kerja Sablon (Studi Kasus: CV. Miracle). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 1.
- Harsanto, B. (2013). *Dasar Ilmu Manajemen Operasi*. Bandung: Unpad Press.
- Hermawan, I., & Sitepu, W. J. (2015). Tinjauan Perawatan Mesin Mixing Pada UD Roti Mawi. *Jurnal Teknovasi*, 117 - 128.

- Hermawan, I., & Sitepu, W. J. (2017). Tinjauan Perawatan Mesin Mixing Pada UD Roti Mawi. *Jurnal Teknovasi*, 02, 117-128.
- Ibrahim, G., Harsono, A., & Bakar, A. (2013, Juli). Analisis Six Sigma Untuk Mengurangi Jumlah Cacat di Stasiun Kerja Sablon (Studi Kasus: CV. Miracle). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 1.
- Indrawati Sri, M. R. (2015). Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 528-534.
- Indrawati, S., & Ridwansyah, M. (2015). Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 528-534.
- IR. Ating Sudrajad, M. (2011). *Manajemen Perawatan Mesin Industri*.
- kemenperin.go.id. (2022). Direktori Industri Manufaktur Indonesia. Retrieved 08 20, 2023, from <https://www.bps.go.id/publication/download.html?nrbvfeve=Y2JjNzMwYjRhMmU0ZWJjMzY3NDk5OTJh&xzmn=aHR0cHM6Ly93d3cuYnBzLmdvLmlkL3B1YmxpY2F0aW9uLzIwMjIvMDkvMzAvY2JjNzMwYjRhMmU0ZWJjMzY3NDk5OTJhL2RpcmVrdG9yaS1pbmRlc3RyaS1tYW51ZmFrdHVyLWluZG9uZXRpYS0tMjAyMi5odG1s>
- Kussuma, & Fendy, M. (2014). Analisis Kualitas Produk Pakan Ternak Dengan Metode Six Sigma Di PT. Charoen Pokhand Indonesia (Tbk). *JTM*, 54-62.
- Manzini, R. (2010). *Maintenance for Industrial System*. London: Springer.
- Marie, I. A., Hakim, L., Sugiarto, D., & Septiani, W. (2019). Analisis Data Gangguan Kerusakan Mesin Produksi Menggunakan Teknik Association Rules. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7, 43-52.
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. New York: Industrial Press Inc.
- Mulawarman, F. A. (2017). Perencanaan Perawatan Mesin Injection Molding Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT. Victory Plastic. *JTM*, 04, 99 - 110.
- Priyatna, D. (2000). Keandalan Dan Perawatan. *Surabaya : Institut Teknologi Surabaya*.
- Putri, & Fatma, C. (2010). Upaya Menurunkan Jumlah Cacat Produk Shuttlecock Dengan Metode Six Sigma. *Widya Teknika*, 18(2), 14-23.
- Putri, C. F. (2010). Upaya Menurunkan Jumlah Cacat Produk Shuttlecock Dengan Metode Six Sigma. *Widya Teknika*, 18(2), 14-23.
- Sucipto, Sulistyowati, D. P., & Anggarini, S. (2017). Pengendalian Kualitas Pengalengan Jamur dengan Metode Six Sigma di PT Y,Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 1-7.

- Tan, H. T. (2012). Metode DMAIC Sebagai Solusi Pengendalian Kualitas Produksi Sepatu Tambang: Studi Kasus PT Mangul Jaya-Bekasi. *ComTech*, 3, 509-523.
- Vitho, I., Ginting, E., & Anizar. (2013). Aplikasi Six Sigma Untuk Menganalisis Faktor-faktor Penyebab Kecacatan Produk Crumb Rubber Sir 20 Pada Pt. XYZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU Vol 3, No. 4*, 23-28.
- Wisnubroto, P., & Rukmana, A. (2015). Pengendalian Kualitas Produk dengan Pendekatan Six Sigma dan Analisis Kaizen serta New Seven Tools Sebagai Usaha Pengurangan Kecacatan Produk. *Jurnal Teknologi*, 65-74.
- Yuliana, Nasution, Y. N., & Wasono. (2017). Penggunaan Metode Kaizen Pada Tahap Improve Dalam Six Sigma (Studi Kasus: Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Merk RAMA Produksi PT Ranam Mahakam Indonesia). *Jurnal Eksponensial*.

LAMPIRAN



(Sumber : Dokumen Pribadi)



(Sumber : Dokumen Pribadi)

Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161

(Tabel D Kolmogorov Smirnov Test)