

**USULAN PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN METODE  
*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT*  
PADA MESIN RAKING INTAKE  
(Studi Kasus : PT. XYZ)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Stara-1  
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Moh. Reza Erlangga  
No. Mahasiswa : 19522216

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

## PERNYATAAN KEASLIAN

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TA

Saya Mengakui bahwa Tugas Akhir ini adalah murni hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya sertakan dan jelaskan sumbernya. Jika di kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang sah, maka saya bersedia untuk menerima ~~konsekuensi~~ Oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 20 Juli 2023

  
Miq. Reza Erlangga  
19522216

## SURAT BUKTI PENELITIAN



**Kepada**  
Sek.Prodi S1 Teknik Industri Universitas  
Islam Indonesia Gedung KH.Mas Mansur  
Kampus Terpadu  
Jl. Kaliurang km 14.5 Yogyakarta  
55584

Dengan ini menyatakan bahwa :

Nama : Moh. Reza Erlangga  
NIM : 19522216  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Industri

Nama tersebut diatas telah melaksanakan pengambilan data untuk Tugas Akhir pada bulan Maret 2023 sampai bulan Juli 2023 di PLN IP UPDK Bengkulu.

Demikian disampaikan surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

PLH MANAGER,  
ASSISTANT MANAGER OPHAR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Adi Kurniawan".

ADI KURNIAWAN

Jl. Raya Bengkulu - Curup KM 72 Kel. Ujan Mas Atas Kec. Ujan Mas, Kab. Kepahiang

T (0732) 23715, 325437  
F (0732) 23711

W [www.plnindonesiapower.co.id](http://www.plnindonesiapower.co.id)

Paraf \_\_\_\_\_

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**USULAN PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN**  
**METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN**  
***AGE REPLACEMENT* PADA MESIN RAKING INTAKE**  
**(Studi Kasus : PT. XYZ)**



Yogyakarta, 23 Agustus 2023

Dosen Pembimbing

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

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

USULAN PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* DAN *AGE REPLACEMENT* PADA MESIN  
**RAKING INTAKE**  
 (Studi Kasus : PT. XYZ)

Disusun Oleh :

Nama : Moh. Reza Erlangga

No. Mahasiswa : 19 522 216

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, 21 Agustus 2023

### Tim Penguji

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

Ketua

Elanjati Worldailmi, S.T., MSc.

Anggota I

Ir. Abdullah 'Azzam, S.T., M.T., IPM

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Rizwanul Hudaqomono, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

195220101

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang  
Alhamdulillahirabbil 'aalaamin, atas segala nikmat yang Allah berikan, penulis  
persembahkan skripsi yang telah terselesaikan ini kepada kedua orang tua penulis,*

***Ibu Santi Ervina***

***Ayah Ngatman***

*Teruntuk saudara-saudara penulis,*

***Teguh Adrian***

***Kayla Tri Hapsari***

*Teruntuk keluarga besar serta kerabat penulis yang senantiasa mendoakan penulis.  
Tidak lupa penulis persembahkan untuk diri sendiri karena telah berjuang dan selalu  
berusaha untuk sabar serta ikhlas dalam menyelesaikan laporan ini.*

## MOTTO

**“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”**

**(QS. Al-Baqarah : 286)**

**“Dan Dia memberinya rezeki dari arah yang tidak disangka-sangkanya. Dan barangsiapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan-Nya. Sungguh, Allah telah mengadakan ketentuan bagi setiap sesuatu.”**

**(QS At-Talaq : 3)**

**" Satu-satunya cara melakukan pekerjaan besar yaitu dengan mencintai apa yang kita kerjakan" (Steve Jobs)**

## KATA PENGANTAR

### **Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunianya serta shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Usulan Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* Pada Mesin Raking (Studi Kasus : PT. XYZ)” dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan dalam menempuh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak meskipun dalam perjalanannya terdapat beberapa kendala. Oleh karenanya, pada kesempatan ini dengan segala rasa syukur penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Strata-1 Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dian Janari S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang memberikan saran, masukan, dan bimbingannya dengan sabar dalam penyelesaian laporan ini.
5. Ayah Ngatman dan Ibu Santi Ervina selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan, menguatkan, memberikan kasih sayang, mendukung secara materiil serta meyakinkan agar penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.
6. Saudara-saudari tercinta Teguh dan Kayla yang memberikan semangat serta hiburan di masa-masa penyusunan laporan.



7. Bagian Akademik dan Administrasi Prodi yang membantu dalam memberikan informasi serta kelancaran pengurusan berkas maupun tahapan yang berkaitan dalam penyusunan laporan.
8. Teman terdekat penulis memberikan dukungan, motivasi, menemani, serta membantu dalam kelancaran pelaksanaan skripsi Zidan, Nisa, Salsa, Ratna, Aldi, dan Angga serta teman perjuangan skripsi dani.

Demikian penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunannya. Sehingga kritik serta saran dapat diberikan sebagai perbaikan dan pedoman dalam penyusunan laporan pada penelitian berikutnya. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat kepada penulis maupun pembacanya.

**Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraktuh**

Yogyakarta, 20 Juli 2023



Moh. Reza Erlangga

## ABSTRAK

Pada tahun 2019 konsumsi listrik Indonesia yang digunakan sebesar 1.084 kWh/Kapital, pada tahun 2020 konsumsi listrik sebesar 1.089 kWh/Kapital, pada tahun 2021 konsumsi listrik sebesar 1.123 kWh/Kapital, pada tahun 2022 konsumsi listrik sebesar 1.173 kWh/Kapital. tahun 2021 dan 2022 jumlah konsumsi listrik penduduk Indonesia meningkat 4,45%. Hal itu berbanding terbalik dengan hasil produksi yang dihasilkan oleh PT. XYZ dimana tahun 2021 menghasilkan 1.276 Tera Watt sedangkan 2022 menghasilkan 1.187 Tera Watt. Salah satu penyebab terjadinya penurunan hasil produksi sering ditemukannya *downtime* pada mesin PT. XYZ. Raking *Machine* merupakan mesin dengan tingkat persentase kerusakan atau mesin yang paling kritis dibandingkan dengan mesin lainnya. Tujuan penelitian untuk menentukan tindakan perawatan yang efektif dan efisien pada Raking *Machine*. Metode yang digunakan adalah metode RCM dan *Age Replacement*. Hasil yang diperoleh bahwa komponen Bucket dianggap sebagai komponen yang paling kritis dengan RPN tertinggi yang diperoleh dari perhitungan  $severity \times occurrence \times detection$  sebesar  $5 \times 9 \times 4 = 180$ . Tindakan perawatan yang optimal untuk setiap komponen yaitu *Time Direct* untuk komponen Conveyor, *Condition Direct* untuk komponen Bucket, Traveling, dan Raking Control, serta *Failure finding* untuk komponen Motor dan Gearbox. Interval waktu penggantian komponen Bucket pada mesin Reking 41,7 hari dan pemeriksaan dilakukan secara berkala setiap 19,4 hari.

*Keyword: Raking, RCM, Age Replacement*

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN .....	i
SURAT BUKTI PENELITIAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Kajian Literatur .....	8
2.2 Landasan Teori .....	17
2.2.1 Manajemen Perawatan .....	17
2.2.2 Tujuan Perawatan .....	17
2.2.3 Jenis-Jenis Perawatan .....	17
2.2.4 Konsep Downtime .....	18
2.2.5 Reliability Centered Maintenance (RCM) .....	19
2.2.5.1 <i>Functional Block Diagram (FBD)</i> .....	19
2.2.5.2 <i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA)</i> .....	20
2.2.5.3 <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i> .....	23

2.2.5.4	<i>Task Selection (TS)</i> .....	25
2.2.6	Keandalan ( <i>Reliability</i> ).....	27
2.2.7	Laju Kerusakan.....	27
2.2.8	Distribusi.....	28
2.2.9	<i>Goodness of Fit</i> .....	31
2.2.10	<i>Estimasi Parameter</i> .....	33
2.2.11	<i>Mean Time To Failure (MTTF)</i> .....	34
2.2.12	<i>Mean Time To Repair (MTTR)</i> .....	35
2.2.13	<i>Age Replacement</i> .....	35
2.2.14	<i>Avaibility</i> .....	37
BAB III	METODE PENELITIAN.....	39
3.1	Objek Penelitian.....	39
3.2	Perumusan Masalah.....	39
3.3	Studi Lapangan dan Studi Literatur.....	39
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	39
3.4.1	Data Primer.....	40
3.4.2	Data Sekunder.....	40
3.5	Diagram Alur Penelitian dan Pengolahan Data.....	41
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	54
4.1	Pengumpulan Data.....	54
4.1.1	Proses Produksi.....	54
4.1.2	Data Kerusakan Pada Mesin.....	55
4.2	Pengolahan Data Kualitatif ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> ).....	60
4.2.1	<i>Functional Block Diagram (FDB)</i> .....	60
4.2.2	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	62
4.2.3	<i>Logic Tree Analysis (LTA)</i> .....	65
4.2.4	<i>Task Selection (TS)</i> .....	67
4.3	Pengolahan Data Kuntitatif ( <i>age replacment</i> ).....	70
4.3.1	Penentuan Komponen Kritis.....	70
4.3.2	Data Kerusakan Pada Komponen Raking <i>Machine</i> .....	73
4.3.3	Penentuan Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan pada Komponen Bucket Raking.....	76

4.3.4 Penentuan Distribusi Data Waktu Perbaikan pada Komponen Bucket Raking.	84
4.3.5 Uji <i>Goodness of fit</i> Distribusi Waktu Kerusakan.....	92
4.3.6 Uji <i>Goodness of fit</i> Distribusi Waktu Perbaikan.....	95
4.3.7 Penentuan Nilai Mean Time to Failure .....	98
4.3.8 Penentuan Nilai Mean Time to Repair.....	98
4.3.9 Metode Perhitungan Untuk Menentukan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Dengan Tujuan Meminimalkan Downtime.....	99
4.3.10 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan.....	102
4.3.11 Perbandingan <i>Reliability</i> Sesudah dan Sebelum Penentuan Interval Waktu Penggantian/Pencegahan Komponen.....	103
4.3.12 <i>Avaibility</i> .....	105
BAB V PEMBAHASAN .....	107
5.1 Analisis data Kualitatif ( Penentuan Mesin Kritis).....	107
5.2 Analisis data Kualitatif ( Penentuan Komponen Kritis).....	107
5.2.1 Analisis <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	107
5.2.2 Analisis <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA).....	108
5.2.3 Analisis <i>Task Selection</i> (TS).....	109
5.3 Analisis data Kuantitatif ( Penentuan interval pergantian dan pemeriksaan)	111
BAB VI PENUTUP.....	117
6.1 Kesimpulan .....	117
6.2 Saran .....	118
DAFTAR PUSTAKA.....	119
LAMPIRAN .....	123
A-Tabel Nilai Uji Kolmogorov Smirnov .....	123
B- Gambar Mesin Raking Intake .....	124
C-Tabel Standardized Normal Probabilities .....	126

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel FMEA.....	20
Tabel 2.2 Tingkat <i>Severity</i> .....	21
Tabel 2.3 Tingkat <i>Occurance</i> .....	22
Tabel 2.4 Tingkat <i>Detection</i> .....	23
Tabel 4.1 Data Kerusakan Mesin .....	55
Tabel 4.2 FMEA Mesin Raking .....	62
Tabel 4.3 Kategori Kekritisian Komponen.....	64
Tabel 4.4 LTA Mesin Raking.....	65
Tabel 4.5 Task Selection Mesin Raking.....	68
Tabel 4.6 Jumlah Total Frekuensi <i>Downtime</i> Mesin.....	70
Tabel 4.7 Jumlah Total Frekuensi <i>Downtime</i> Komponen Raking.....	72
Tabel 4.8 Data Waktu Kerusakan Mesin Raking .....	73
Tabel 4.9 Data Waktu Kerusakan Komponen Bucket Raking .....	77
Tabel 4.10 Distribusi Eksponensial .....	78
Tabel 4.11 Distribusi Normal .....	80
Tabel 4.12 Distribusi Lognormal.....	81
Tabel 4.13 Distribusi Weibull .....	83
Tabel 4.14 Index Of Fit To Failure.....	84
Tabel 4.15 Data Waktu Perbaikan Komponen Bucket Raking .....	85
Tabel 4.16 Distribusi Eksponensial .....	86
Tabel 4.17 Distribusi Normal .....	88
Tabel 4.18 Distribusi Lognormal.....	89
Tabel 4.19 Distribusi Weibull .....	91
Tabel 4.20 Index Of Fit To Repair .....	92
Tabel 4.21 Uji Goodness Of Fit Time To Failure .....	93
Tabel 4.22 Uji Goodness Of Fit Time To Repair .....	95
Tabel 4.23 Interval Penggantian Komponen Bucket.....	99
Tabel 4.24 Perbandingan .....	103
Tabel 5.1 Index Of Fit To Failure.....	111
Tabel 5.2 Index Of Fit To Repair .....	112
Tabel 5.3 Nilai Parameter Distribusi MTTF .....	113
Tabel 5.4 Nilai Parameter Distribusi MTTR.....	113

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Logic Tree Analysis.....	25
Gambar 2.2 Pemilihan Tindakan Perawatan .....	26
Gambar 2.3 Laju Kerusakan.....	27
Gambar 3.1 Alur Penelitian .....	42
Gambar 4.1 Functional Block Diagram Mesin Raking .....	61
Gambar 4.2 Diagram Pareto <i>Downtime</i> Mesin.....	71
Gambar 4.3 Diagram Pareto <i>Downtime</i> Komponen Raking .....	73
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Reliability Sebelum Dan Sesudah .....	105
Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Reliability Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan.....	115

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk Indonesia setiap tahunnya terus bertambah, hal itu sejalan lurus dengan kebutuhan penduduk yang selalu meningkat, salah satunya kebutuhan penduduk yaitu listrik yang digunakan oleh seluruh masyarakat Indonesia. Berdasarkan data pemerintah ESDM jumlah konsumsi atau kebutuhan listrik masyarakat dari tahun 2019 hingga 2022 selalu meningkat. Pada tahun 2019 konsumsi listrik yang digunakan sebesar 1.084 kWh/Kapital, pada tahun 2020 konsumsi listrik sebesar 1.089 kWh/Kapital, pada tahun 2021 konsumsi listrik sebesar 1.123 kWh/Kapital, pada tahun 2022 konsumsi listrik sebesar 1.173 kWh/Kapital (ESDM,2023). Bertumbuhnya penduduk Indonesia maka kebutuhan listrik juga bertambah. Hal ini dilihat dengan adanya perusahaan listrik di indonesia yang membantu dalam menyediakan sumber energi listrik dengan memanfaatkan listrik untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan masyarakat seperti rumah tangga, usaha, bahkan mengubah listrik menjadi sumber daya lain. Oleh sebab itu, keberadaan sumber listrik menjadi faktor kritis.

Ketersediaan listrik tidak terlepas dari sumber daya yang terbarukan ataupun sumber daya tidak terbarukan untuk menciptakan energi listrik. Menurut PT Perusahaan Listrik Negara (2021) berbagai macam bentuk untuk menciptakan sebuah energi listrik yang terdiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang menggunakan mesin disel sebagai pembentuk energi, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memanfaatkan energi matahari, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) menggunakan energi panas bumi, Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) menggunakan energi angin melalui rotor wind turbine, Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) menghasilkan listrik dengan membakar gas dalam mesin, Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) menggunakan gas dan uap sebagai energi, Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) menggunakan gas sebagai sumber energi, Pembangkit Listrik Tenaga Uap



(PLTU) menghasilkan listrik dengan menggunakan uap air, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) memanfaatkan energi air melalui turbin mikrohidro, Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) menggunakan biomassa, dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memanfaatkan energi air seperti sungai dan bendungan.

Perusahaan PT. XYZ, adalah salah satu perusahaan yang menghasilkan tenaga listrik air. PT. XYZ memanfaatkan sumber daya terbarukan berupa air untuk menciptakan energi listrik yang tidak akan habis. PT. XYZ mulai beroperasi pada tahun 1987 dengan memiliki kapasitas mesin sebesar 210 MW dengan masing-masing turbin dengan kapasitas 70 MW dan berkontribusi dalam menyalurkan energi di hampir seluruh wilayah Sumatra terutama di Bengkulu, Sumatra Selatan, dan sekitarnya. Sistem yang digunakan PT. XYZ yaitu menggunakan aliran sungai tanpa menyimpan air di waduk yang besar atau disebut juga "Run of River", Sehingga proses produksi sangat terpengaruh oleh adanya aliran sungai, curah hujan (Tutuarima et al., 2021) dan ketersediaan mesin. Pada tahun 2021 dan 2022 jumlah konsumsi listrik penduduk Indonesia meningkat 4,45% dan juga curah hujan di Sumatra Selatan di tahun 2021 menghasilkan 2598,2mm dan 2022 menghasilkan 3250,2mm (BPS Sumatra Selatan). Hal itu berbanding terbalik dengan hasil produksi yang dihasilkan oleh PT. XYZ dimana tahun 2021 menghasilkan 1.276 Tera Watt sedangkan 2022 menghasilkan 1.187 Tera Watt. Seharusnya jika curah hujan lebih banyak maka hasil produksi energi listrik juga lebih banyak. Salah satu permasalahan yang cukup besar terjadinya penurunan hasil produksi energi listrik dikarenakan sering ditemukannya *downtime* pada mesin PT. XYZ.

PT. XYZ sudah memiliki kegiatan *preventive maintenance* pada perawatan mesin akan tetapi tidak semua mesin menggunakan perawatan *preventive maintenance* atau juga masih menggunakan perawatan *corrective maintenance*. Proses PT. XYZ bersifat *continus*, artinya apabila proses PT. XYZ terganggu karena salah satu mesin *downtime*, maka terganggu juga sistem proses produksi listrik sehingga berdampak pada penurunan beban bahkan terjadinya pemberhentian proses produksi listrik.

Tabel 1.1 Mesin

No	Mesin	Frekuensi Kerusakan	Downtime (menit)
1	Raking <i>Intake</i>	68	13523
2	Turbin	18	11946
3	Basin 2	28	7827
4	Raking <i>Inlet</i>	12	7421
5	Basin 1	31	5270
6	Water Conduits	6	1869
	<b>Total</b>	<b>163</b>	<b>47855</b>

PT. XYZ memiliki beberapa mesin dalam pembuatan energi listrik terlihat pada tabel diatas. Raking *Machine* merupakan mesin yang sangat penting dalam proses produksi listrik PT. XYZ yang berfungsi untuk membersihkan permukaan air di *Intake* atau pintu masuk dari benda-benda yang tidak diinginkan seperti kotoran, puing-puing, dan lainnya. Kotoran yang tidak dibuang dapat merusak mesin-mesin lain dan menghambat aliran udara dalam proses produksi energi listrik. Raking *Machine* merupakan mesin dengan tingkat persentase kerusakan atau mesin yang paling kritis dibandingkan dengan mesin lainnya. Sehingga akan menyebabkan penghambatan produksi listrik. Raking *Machine* ditahun 2019 sampai 2022 mengalami *downtime* mesin selama 13523 menit. Perusahaan memiliki tujuan untuk terus meningkatkan keandalan mesin dari waktu ke waktu. Hal ini sangat penting mengingat bahwa kegagalan mesin Raking *Intake* yang memiliki tingkat kegagalan yang tinggi dapat menghambat proses produksi energi listrik, bahkan berpotensi menyebabkan berhentinya operasi seluruh mesin yang ada di PT. XYZ karena mesin Raking merupakan pintu proses produksi listrik. Karena terjadinya *downtime* yang tidak terduga maka perusahaan dapat mengalami kerugian hasil produksi.

Disaat proses produksi berlangsung ketidakpastian suatu keandalan mesin menjadi jaminanya sehingga kapan pun mesin dapat menyebabkan breakdown mesin dan proses produksi energi listrik terganggu. Untuk mengusahkan Raking *Machine* berfungsi secara optimal dengan meminimalisir terjadinya *downtime* sehingga dibutuhkanlah kegiatan pemeliharaan yang tepat. Dalam rangka menentukan strategi perawatan yang efektif,

penting untuk menggunakan metode yang sesuai dalam mengatasi masalah pada mesin Raking Machine. Metode yang diterapkan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. RCM berfungsi untuk mengidentifikasi komponen yang memiliki *Risk Probability Number* (RPN) tertinggi sehingga dapat menentukan komponen yang paling kritis dan membutuhkan perhatian lebih dalam perawatannya serta dapat menentukan waktu perawatan yang efektif.

Sudah ada beberapa penelitian yang dilakukan menggunakan metode yang serupa, salah satunya Joko Purnomo, Dkk (2021) dengan judul “Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin Xray Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada PT. Tristan Engineering” , hasil yang didapatkan dari nilai RPN yang tertinggi terdapat pada komponen Motor Konveyor yaitu 405. Penelitian yang dilakukan Jenal Sodikin & Unggul Satria Jati (2022) dengan judul “Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode *Failures Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Anaysis* (LTA)” memiliki hasil penelitian yaitu Piston Matic merupakan RPN tertinggi yaitu sebesar 450 dan metode *Logic Tree Analysis* (LTA) termasuk dalam kerusakan tipe B (*Outage Problem*). Pada penelitian Alloysius Vendhi Prasmoro (2020) dengan judul “Analisa sistem perawatan pada mesin las MIG dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis*: Studi kasus di PT. TE” memiliki hasil dengan menggunakan minitab 18 nilai RPN yaitu dari antara 72 sampai 900. Mesin yang diteliti yaitu mesin las MIG dan komponen wirefeeder dengan nilai MTTF 61,9391 Jam.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan informasi latar belakang yang telah diuraikan dalam penelitian ini, dapat dibentuk rumusan sebagai berikut :

1. Komponen mana yang termasuk dalam kategori kritis pada mesin Raking *Intake* ?
2. Bagaimana penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* pada mesin Raking *Intake* ?
3. Berapa interval waktu untuk pergantian dan pemeriksaan komponen kritis pada mesin Raking *Intake*?

4. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan *reliability* atau keandalan komponen sebelum dan setelah dilakukan tindakan perawatan pencegahan ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari laporan Tugas Akhir penelitian ini sebagai berikut :

1. Menentukan komponen kritis terbesar pada Raking *Machine*.
2. Menentukan tindakan perawatan yang efektif dan efisien pada Raking *Machine*.
3. Menentukan interval waktu pemeriksaan dan pergantian komponen kritis terbesar pada Raking *Machine*.
4. Menentukan perbandingan hasil perhitungan *reliability* atau keandalan komponen sebelum dan setelah dilakukan tindakan perawatan pencegahan.

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan permasalahan yang diperlukan agar penelitian yang dilakukan tidak meluas, sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada mesin dengan *downtime* terbanyak yaitu Raking *Machine*.
2. Data kerusakan yang digunakan pada penelitian dari tahun 2019-2022.
3. Penelitian dilakukan hanya pada komponen kritis terbesar.
4. Menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* dan *Age Replacment*.
5. Penelitian dilakukan sampai perhitungan interval waktu dan ada batasan finansial.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Diharapkan bahwa hasil dari penelitian ini memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi Penulis  
Peneliti mampu menerapkan ilmu teori pada mata kuliah manajemen perawatan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* dan *Age Replacement* di dunia nyata.

2. Bagi Perusahaan.

Hasil penelitian dapat dijadikan informasi dan saran bagi perusahaan tentang perencanaan perawatan untuk meminimalisir terjadinya *downtime*

3. Bagi Universitas

Menciptakan hubungan yang baik antara kampus dan perusahaan serta menjadi bahan studi pada mahasiswa dikampus.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi, penulis telah menyusun struktur tulis dengan tujuan untuk memudahkan dan memahami skripsi penulis bagi para pembaca. Secara keseluruhan, setiap bab dijelaskan dengan garis besar sebagai berikut :

#### **BAB I            PENDAHULUAN**

Bab satu yang merupakan pendahuluan yang memberikan gambaran tentang penelitian yang dilakukan. Bagian awal atau Bab satu berisi pengantar yang mencakup informasi mengenai latar belakang permasalahan, perumusan permasalahan, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur penyusunan laporan Tugas Akhir.

#### **BAB II           KAJIAN PUSTAKA**

Bab dua menjelaskan secara rinci tentang tinjauan pustaka yang berisi informasi yang digunakan sebagai referensi dalam penyusunan Tugas Akhir. Pada bab ini, disampaikan hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penelitian yang sedang dilakukan.

#### **BAB III          METODOLOGI PENELITIAN**

Bab tiga melibatkan penjelasan terkait lokasi dan objek penelitian, metode pengumpulan data, alat analisis yang digunakan, metode analisis data, dan diagram alur penelitian. Tujuan dari bagian ini adalah untuk memberikan gambaran rinci tentang proses yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir.

#### **BAB IV          HASIL DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab empat menguraikan informasi terkait data yang terkumpul selama penelitian dan menjelaskan secara detail proses pengolahan data, analisis, serta penyajian hasil penelitian.

#### **BAB V PEMBAHASAN**

Bab lima memberikan penjelasan tentang analisis hasil penelitian dan bagaimana hasil tersebut terkait dengan latar belakang permasalahan dan perumusan masalah. Tujuan dari bab ini adalah untuk membimbing pembaca menuju kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut.

#### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab penutup menguraikan ringkasan dari kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian serta memberikan rekomendasi yang dapat meningkatkan manfaat dari penelitian tersebut.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Literatur

Dalam penelitian sebelumnya, terdapat berbagai studi yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan menggunakan sumber-sumber seperti jurnal, artikel, dan sumber lainnya yang relevan dengan topik atau tema yang sedang dibahas sebagai berikut: Penelitian yang dilakukan oleh Joko Purnomo, Dkk (2021) menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* untuk mengurangi *downtime* mesin, khususnya pada mesin Xray pada PT. Tristan Engineering, hasil yang didapatkan dari nilai RPN yang tertinggi terdapat pada komponen Motor Konveyor yaitu 405. Saran perencanaan *Reliability Centered Maintenance* disertai dengan analisis komparatif menemukan bahwa saran perbaikan dapat menurunkan rata-rata *downtime* sebesar 39% pada permasalahan masing-masing komponen. Pada penelitian Mohamad Samsul Huda, Dkk (2021) Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen kritis berdasarkan RPN (*Risk Priority Number*) dan menentukan interval waktu penggantian. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa *Mechanical Seal Cartridge* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 54 dan memerlukan penggantian setiap 3,62 bulan.

Pada Penelitian Elisa Nadia Arinta (2020) metode yang digunakan yaitu RCM dan *age replacment*, hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen *Chain* memiliki RPN sebesar 192. Untuk perawatan, tindakan yang direkomendasikan adalah *Condition Direct*. Interval waktu penggantian komponen tersebut adalah 3,15 bulan, sementara pemeriksaan dilakukan setiap 23 hari. Penelitian Joan Deva Putra Mahendra (2022) permasalahan yang dihadapi yaitu mesin FBB can body maker yang sering kali mengalami pemberhentian produksi karena *downtime* mesin. Metode yang digunakan ialah metode (RCM), Menurut hasil penelitian, komponen mesin yang memiliki tingkat kegagalan tertinggi adalah *dok magazine*, dengan nilai RPN mencapai 141 dan tingkat keandalan sebesar 36,58%.

Penelitian Mohammad Amarrudin Firmansyah & Nurhalim (2020) menggunakan metode RCM untuk mengatasi permasalahan pada mesin *Hydrolic Press Plate Machine* karena resiko *breakdown* meningkat. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat dua komponen yang dianggap kritis, yaitu V-Packing dan kontraktor, dengan nilai RPN mencapai 126. Penelitian yang dilakukan Sri Susilawati Islam, Dkk (2020) dengan judul “Analisis *Preventive Maintenance* Pada Mesin Produksi dengan Metode *Fuzzy FMEA*” dengan tujuan mengurangi terjadinya kegagalan mesin dengan mengidentifikasi kerusakan mesin dan memprioritaskan mesin dalam proses perawatan dan jenis perawatan berdasarkan nilai RPN. Hasil yang didapatkan yaitu nilai RPN tertinggi adalah Cylinder, CVS Lube Line, CVS Lube Fast Track, Rocker Arm, dengan nilai Fuzzy RPN sebesar 155,33.

Pada penelitian Alloysius Vendhi Prasmoro (2020) dengan judul Analisa sistem perawatan pada mesin las MIG dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis*: Studi kasus di PT. TE memiliki permasalahan Pemeliharaan Mesin di PT. TE tidak didasarkan pada SOP atau belum adanya bidang khusus untuk menangani pemeliharaan. Berdasarkan hasil dengan menggunakan minitab 18 nilai RPN yaitu dari antara 72 sampai 900. Mesin yang diteliti yaitu mesin las MIG dan komponen wirefeeder dengan nilai MTTF 61,9391 Jam. Penelitian yang dilakukan Jenal Sodikin & Unggul Satria Jati (2022) dengan judul Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode *Failures Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Anaysis* (LTA) memiliki hasil penelitian yaitu *Piston Matic* merupakan RPN tertinggi yaitu sebesar 450 dan metode *Logic Tree Analysis* (LTA) termasuk dalam kerusakan tipeB (*Outage Problem*)

Penelitian yang dilakukan oleh Puadi Haming, Dkk (2022) Masalah yang sering terjadi pada perusahaan adalah kerusakan mesin yang meningkatkan nilai *downtime*. *Crusher primer* mencatatkan nilai *downtime* tertinggi dari Oktober 2020 hingga Maret 2021 dengan total nilai *downtime* 1875 menit. Hasil yang didapatkan bahwa Komponen paling kritis diantara komponen lainnya pada mesin *Crusher primer* adalah komponen *bearing* yang memiliki nilai RPN sebesar 210. Nilai *reliability* sebesar 32,70%. Setelah melakukan analisis perawatan optimal mesin *Prebreaker* dapat beroperasi selama 51 jam. Pada Penelitian Indah Rizkya (2019) dengan permasalahan masih menggunakan



perawatan korektif yang tidak menjamin kelancaran pengoperasian produk. setelah melakukan penelitian bahwa Nilai RPN tertinggi terdapat pada komponen IGBT dengan hasil interval pergantian optimum 26 hari.

Dalam penelitian terdahulu, terdapat sebelas jurnal yang mengungkapkan adanya hubungan antara output penelitian dengan penentuan komponen kritis, interval pemeriksaan, dan penggantian komponen menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* dan *Age Replacement*. Terdapat perbedaan antara penelitian ini dengan beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), namun hanya sampai sebatas penentuan RPN seperti penelitian Sri Susilawati Islam, Dkk (2020). Ada juga penelitian hanya sampai perhitungan MTTF dan MTTR seperti penelitian Mohamad Samsul Huda, Dkk (2021); Mohammad Amarrudin Firmansyah & Nurhalim (2020). Oleh karena itu, terdapat perbedaan dalam penelitian sebelumnya terkait dengan objek penelitian, yaitu mesin Raking *Machine* yang memiliki peran yang sangat penting karena mesin Raking *Machine* adalah pintu untuk memulai sebuah produksi. Jika terjadi kerusakan pada mesin tersebut, maka seluruh sistem dapat berhenti. Selain itu, penelitian dilakukan pada manufaktur yang berbeda dan lokasi yang berbeda.

Tabel 2. 1 Kajian Induktif

No	Penulis	Judul	Permasalahan	Tujuan	Hasil
1	Joko Purnomo, Naufal Affandi, dan Asep Rahmatullah (2021)	Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin Xray Dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (Rcm) Pada PT. Tristan Engineering	Mesin sinar-X beroperasi 24 jam sehari. Kerusakan <i>one-off</i> dapat terjadi kapan saja, membuat ketersediaan mesin tidak pasti.	Menerapkan sistem <i>Reliability Centered Maintenance</i> pada mesin Xray	Komponen konveyor motor memiliki nilai RPN tertinggi dari hasil metode RCM. Rekomendasi rencana perawatan berbasis keandalan dan analisis komparatif mengungkapkan bahwa perbaikan yang diusulkan dapat mengurangi waktu henti rata-rata 39% pada permasalahan
2	Mohamad Samsul Huda, Afiff Yudha Tripariyant, & Komari (2021)	Perencanaan <i>Predictive Dan Preventive Maintenance</i> Pada Pompa SWLP (Sea Water Lift Pump) Dengan Menggunakan Metode RCM ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> )	Pompa memiliki komponen yang saling berhubungan. Adanya komponen yang bermasalah dapat mengganggu kegiatan produksi.	penelitian untuk menentukan komponen kritis berdasarkan RPN, interval waktu penggantian, dan rekomendasi tindakan pemeliharaan.	Penelitian menghasilkan kesimpulan bahwa <i>Mechanical Seal Catridge</i> memiliki nilai RPN 54 tertinggi dengan durasi penggunaan

No	Penulis	Judul	Permasalahan	Tujuan	Hasil
		Di Saka Indonesia Pangkah Limited			selama 3,62 bulan
3	Elisa Nadia Arinta (2020)	Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance (Rcm) Dan Age Replacement</i> Pada Mesin <i>Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC)</i> (Studi Kasus : PT. TANJUNG JATIB UNIT 1 PLTU Jepara)	Perusahaan masih menggunakan <i>corrective maintenance</i> untuk melakukan perbaikan kerusakan pada mesin, sehingga menyebabkan kehilangan produksi listrik sebesar 100%	menentukan komponen kritis, mengetahui tindakan perawatan dan waktu interval kerusakan, perbaikan mesin secara optimal dan menentukan waktu interval penggantian, pencegahan komponen kritis	Nilai RPN yang didapatkan pada komponen <i>Chain</i> bernilai 192 RPN, tindakan perawatannya yaitu <i>Condition Direct</i> . Untuk interval waktu pergantian yaitu 3,15 bulan dan waktu pemeriksaan setiap 23 hari.
4	Joan Deva Putra Mahendra (2022)	<i>Preventive Maintenance mesin Fbb Can Body Maker</i> dengan Metode RCM Di PT. IMCP	Mesin <i>FBB can body maker</i> yang sering kali mengalami pemberhentian produksi karena <i>downtime</i> mesin	Metode <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> untuk menentukan kegiatan perawatan mesin, dan <i>Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)</i> untuk mengidentifikasi suatu kegagalan tertinggi pada	Hasil yang didapatkan bahwa Keandalan komponen mesin ( <i>reliability</i> ) dengan tingkat kegagalan tertinggi yaitu pada komponen <i>dok magazine</i> dengan RPN 141 dengan

No	Penulis	Judul	Permasalahan	Tujuan	Hasil
				komponen mesin dengan perhitungan <i>Risk Priority Number</i> (RPN)	keandalan 36.58%.
5	Mohammad Amarrudin Firmansyah & Nurhalim (2020)	Analisis <i>Reliability Centered Maintenance</i> (Rcm) Pada Mesin Hydraulic Press Plate <i>Machine</i> 1000 Ton(Studi Kasus PT. X)	Memiliki permasalahan pada mesin <i>hydrolic press plate Machine</i> karena resiko <i>break down</i> meningkat	menganalisis permasalahan yang terjadi pada mesin <i>hydrolic press plate Machine</i> 1000 Ton dengan menggunakan metode RCM	Dari hasil yang didapatkan bahwa diperoleh dua komponen kritis yaitu <i>V-Packing</i> dan kontraktor dengan nilai RPN 126.
6	Sri Susilawati Islam, Tika Lestari, Anisa Fitriani, dan Dilla Wardani (2020)	Analisis <i>Preventive Maintenance</i> Pada Mesin Produksi dengan Metode <i>Fuzzy FMEA</i>	Pemeliharaan yang dilakukan oleh PT PLN Sektor Telo Makassar belum terlaksana secara maksimal karena masih terjadi kerusakan Generator pada saat proses produksi.	Mengurangi terjadinya kegagalan mesin dengan mengidentifikasi kerusakan mesin dan memprioritaskan mesin dalam proses perawatan dan jenis perawatan berdasarkan nilai RPN ( <i>Risk Priority Number</i> ).	nilai RPN tertinggi adalah Cylinder, CVS Lube Line, CVS Lube Fast Track, Rocker Arm, dengan nilai Fuzzy RPN sebesar 155,33.
7	Alloysius Vendhi Prasmoro (2020)	Analisa sistem perawatan pada mesin las MIG dengan metode <i>Failure Mode and Effect</i>	Kegiatan Pemeliharaan Mesin di PT. TE tidak didasarkan pada SOP	Dilakukan pemeriksaan secara berkala pada mesin dan komponen serta agar ketersediaan	Berdasarkan hasil dengan menggunakan minitab 18 nilai RPN yaitu dari antara 72

No	Penulis	Judul	Permasalahan	Tujuan	Hasil
		<i>Analysis : Studi kasus diPT. TE</i>	atau belum adanya bidang khusus untuk menangani pemeliharaan.	mesin dapat terpenuhi	sampai 900. Mesin yang diteliti yaitu mesin las MIG dan komponen <i>wirefeeder</i> dengan nilai MTTF 61,9391 Jam
8	Jenal Sodikin & Unggul Satria Jati (2022)	Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode <i>Failures Mode and Effects Analysis</i> (FMEA) dan <i>Logic Tree Anaysis</i> (LTA)	Sebagian besar masalah transmisi otomatis terjadi ketika kendaraan telah dikendarai lebih dari 100.000 km atau pada kendaraan yang digunakan secara tidak benar dan tidak dirawat dengan baik.	mengidentifikasi kerusakan mesin dan memprioritaskan mesin dalam proses perawatan	Berdasarkan metode <i>Failures Mode Effects Analysis</i> (FMEA) komponen <i>Seal Piston Matic</i> merupakan RPN tertinggi yaitu sebesar 450 dan metode <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA) termasuk dalam kerusakan tipeB ( <i>Outage Problem</i> )

No	Penulis	Judul	Permasalahan	Tujuan	Hasil
9	Indah Rizkya, Ikhsan Siregar, Khawarita Siregar, Rahim Matondang & Enrico Waldo Henri (2019)	<i>Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode</i>	Rata-rata <i>downtime</i> mesin selama produksi alat sterilisasi adalah 35,66 jam/bulan. Metode perawatan juga masih menggunakan perawatan korektif yang tidak menjamin kelancaran pengoperasian produk	Meningkatkan keandalan sebuah mesin dengan menggunakan metode perawatan <i>preventif</i>	Nilai RPN tertinggi pada komponen IGBT dengan hasil interval pergantian optimum 26 hari
10	Puadi Haming, Arminas, Nofias Fajri, Dodi Efendi (2022)	<i>The Maintenance Interval Of Prebreaker Critical Components Using Reliability Centered Maintenance In PT XYZ</i>	Masalah yang sering terjadi pada perusahaan adalah kerusakan mesin yang meningkatkan nilai <i>downtime</i> . Crusher primer mencatatkan nilai <i>downtime</i> tertinggi dari Oktober 2020	Meningkatkan keandalan sebuah mesin dengan menggunakan metode perawatan <i>preventif</i>	Komponen paling kritis diantara komponen lainnya pada mesin Crusher primer adalah komponen bearing yang memiliki nilai RPN sebesar 210. Nilai reliability sebesar 32,70%. Setelah melakukan

No	Penulis	Judul	Permasalahan	Tujuan	Hasil
			hingga Maret 2021 dengan total nilai <i>downtime</i> 1875 menit.		analisis perawatan optimal mesin Prebreaker dapat beroperasi selama 51jam
11	Ilyas Ruchiyat, Endang Prasetyaning sih, Chaznin R. Muhammad (2020)	Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin Blowing dan Mesin Filling Menggunakan Teori Reliability dan Model <i>Age</i> <i>Replacement</i> (Studi Kasus pada PT. XYZ)	Perusahaan sering mengalami gangguan dalam produksi SPS karena kerusakan mesin- mesin di lini produksi, meskipun mereka secara teratur melakukan perawatan terhadap mesin- mesin tersebut.	Tujuan peneliti untuk menentukan interval waktu perawatan mesin menggunakan Teori Reliability dan <i>Age</i> <i>Replacement</i> .	Berdasarkan perhitungan, disarankan untuk melakukan perawatan pada komponen Sensor Sensitif setiap 31 jam dan pada komponen Rell Capper setiap 131 jam.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 *Manajemen Perawatan.*

Arti perawatan menurut Ebeling (1997) “Pemeliharaan didefinisikan sebagai kemungkinan bahwa komponen atau sistem yang gagal akan dipulihkan atau diperbaiki ke kondisi tertentu dalam jangka waktu tertentu ketika pemeliharaan dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditentukan”. Sedangkan menurut Corder (1992) “Perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima”. Menurut Ir. Fajar Kurniawan (2013) “Manajemen perawatan industri adalah upaya pengaturan aktivitas untuk menjaga kontinuitas produksi, sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas dan memiliki daya saing, melalui pemeliharaan fasilitas industri”.

Berdasarkan teori tersebut dapat disimpulkan bahwa manajemen perawatan adalah pemeliharaan pada sebuah aset baik itu mesin ataupun peralatan pabrik untuk dapat menjaga performansi pada pabrik dan menjaga aset-aset pabrik dengan waktu yang lama dan tidak mengganggu aktivitas produksi sebuah pabrik agar memiliki daya saing.

### 2.2.2 *Tujuan Perawatan.*

Tujuan utama pentingnya melakukan pemeliharaan menurut Corder (1992) :

1. Memperpanjang umur aset yang dimiliki (baik itu mesin, alat pabrik, bangunan, dan sebagainya).
2. Menjamin tersedianya peralatan atau suku cadang yang optimal sehingga kesiapan dalam memproduksi.
3. Menjamin kesiapan produksi baik itu kondisi normal maupun disaat keadaan darurat.
4. Meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja pada aset dan pekerja.

### 2.2.3 *Jenis-Jenis Perawatan.*

Ir. Ating Sudrajat (2011) mengungkapkan bahwa dalam praktiknya, perusahaan umumnya melakukan empat jenis kegiatan pemeliharaan sebagai berikut :

1. Perawatan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)



*Breakdown Maintenance* merupakan perawatan yang memiliki strategi kurang baik. Perawatan ini dilakukan saat mesin gagal beroperasi atau mesin mengalami kerusakan baru dilakukan perawatan. Strategi ini dapat berdampak negatif bagi perusahaan yaitu berhentinya produksi, target produksi tidak tercapai, dan biaya yang dikeluarkan lebih besar, keselamatan pekerja jadi tidak terkontrol, dan kondisi mesin dapat menjadi lebih buruk.

2. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan merupakan bentuk perawatan yang strategis dan efektif. Tujuan dari perawatan ini adalah melakukan tindakan sebelum terjadinya kerusakan pada mesin, dengan tujuan menghindari gangguan dalam proses produksi.

3. Perawatan Terjadwal (*Schedule Maintenance*)

Perawatan terjadwal merupakan sistem pencegahan perawatan untuk mencegah terjadinya kegagalan mesin dengan jangka waktu yang sudah ditentukan dalam jadwal perawatan baik itu harian bahkan tahunan.

4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif merupakan jenis perawatan yang dilakukan saat terjadinya atau memantau kondisi pada mesin sebelum terjadinya kerusakan dengan cara mengumpulkan, mengamati, dan menganalisis sebuah sistem ataupun mesin.

#### 2.2.4 Konsep Downtime.

Konsep *downtime* merupakan suatu kegagalan beroperasi disaat sistem sedang bekerja sehingga sistem tidak berjalan maksimal. Ada beberapa pendapat para ahli yang berkaitan tentang *downtime* sebagai berikut :

1. *Downtime* merupakan sebagian jumlah waktu sebuah mesin atau komponen yang tidak dapat digunakan saat sedang menjalankan sebuah sistem (Gaspersz,1992).
2. *Downtime* dapat diartikan sebagai terhentinya proses produksi pada mesin sehingga dibutuhkanlah perawatan dengan melibatkan pekerja dibidangnya (Jr.Patton, 1995).

Berdasarkan pengertian *downtime* diatas dapat disimpulkan bahwa *downtime* merupakan suatu kegagalan pada mesin disaat mesin sedang menjalankan sebuah sistem. Jika *downtime* terus dibiarkan akan menyebabkan kerugian pada perusahaan baik itu

kerugian aset, kerugian tenaga kerja, kerugian finansial, dan lain. Sehingga dibutuhkan perawatan agar dapat meminimalisir terjadinya *downtime* dengan cara memilih jenis perawatan yang tepat sesuai dengan kegagalan pada sebuah mesin atau komponen.

### 2.2.5 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

Berikut adalah pengertian *Reliability Centered Maintenance (RCM)* yang diberikan oleh para ahli :

1. Gulati (2013) mengemukakan bahwa *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah sebuah proses terstruktur dan terorganisir yang bertujuan untuk mengembangkan strategi perawatan yang akurat dan efisien guna mengurangi probabilitas terjadinya kegagalan pada aset perusahaan. Adanya *reliability centered maintenance* juga memperbesar peluang keselamatan para pekerja
2. Menurut Moubray (1991), *Reliability Centered Maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang memperhatikan tindakan yang harus diambil pada setiap aset fisik untuk menjaga kinerjanya selama operasional.
3. Menurut Hadi (2015), RCM adalah “Suatu Proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar sembarang aset fisik dapat kontinyu dalam memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks oprasinya saat ini”. Orang yang memiliki pemahaman mendalam mengenai performa peralatan adalah Orang seperti Manajer dan orang Desain atau Perawatan dengan tingkatan Supervisor. Oleh karena itu, merekalah yang memiliki peran sentral dalam proses RCM (Hadi Pranoto, 2015)

Menurut Smith & Glenn (2004) untuk merealisasikan RCM dibutuhkan langkah urut sebagai berikut :

#### 2.2.5.1 *Functional Block Diagram (FBD)*.

*Functional Block Diagram* adalah suatu representasi grafis berbentuk diagram blok yang menggambarkan fungsi masing-masing komponen dan menjelaskan hubungan antara komponen-komponen tersebut. Diagram ini secara jelas menunjukkan pengaruh atau

dampak yang terjadi antara satu komponen dengan komponen lainnya. Menurut Rifda (2022), *Functional Block Diagram* digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen utama dalam suatu sistem dan mengilustrasikan pengaruhnya terhadap kinerja sistem.

#### 2.2.5.2 Failure Mode Effect Analysis (FMEA).

*Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) adalah instrumen metodis penting untuk pengenalan dan pencegahan kemungkinan kegagalan dalam keadaan tidak normal dalam sebuah proses (Verband der Automobilindustrie,1996). Menurut Smith & Glen (2004), *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) adalah sebuah proses yang dirancang untuk mengidentifikasi berbagai mode kegagalan, mengungkapkan penyebabnya, dan menganalisis konsekuensi utama yang terkait dengan mode kegagalan yang terjadi selama pengoperasian produk.

Dalam FMEA, terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan, seperti menganalisis kegagalan sistem, mengidentifikasi penyebab kegagalan sistem, mengevaluasi dampak yang timbul akibat kegagalan, serta melakukan analisis mendetail terhadap setiap komponen yang kemudian dicatat dalam lembar kerja. Dari analisis dapat memahami cara mengatasi mesin ataupun komponen mesin kritis yang sering terjadinya kegagalan dan bagaimana pengaruhnya terhadap fungsionalitas sistem sehingga dapat mengatasinya dan mencegah kegagalan atau melalui tindakan strategi perawatan yang tepat dan optimal. Berikut merupakan contoh tabel FMEA.

Tabel 2.1 Tabel FMEA

<b>Sistem :</b>									
<i>No</i>	<i>Equipment</i>	<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect of Failure</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>

Pada tabel 2.2 FMEA, terdapat beberapa Bagian yang memuat isi dari tabel. Pertama terdapat *equipment* sebagai komponen dari sebuah mesin atau sistem, *function*

menjelaskan kegunaan dari sebuah komponen pada mesin atau sistem, *functional failure* menjelaskan kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada sebuah fungsi, sedangkan *failure mode* menjelaskan sebab terjadinya kegagalan atau kerusakan. FMEA juga memiliki kolom *Risk Priority Number* (RPN). RPN (*Risk Priority Number*) merupakan sebuah parameter yang didapatkan melalui tiga perhitungan, yaitu tingkat keparahan dampak (*Severity*), probabilitas terjadinya kegagalan akibat penyebab terkait dampak (*Occurrence*), dan tingkat deteksi untuk mengukur kemampuan dalam mendeteksi kegagalan (*Detection*). RPN dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\mathbf{RPN = S * O * D.}$$

Perhitungan RPN menunjukkan hasil atau rasio dengan tingkat resiko tertinggi diantara komponen-komponen atau komponen yang paling kritis sehingga dari hasil RPN tersebut dapat memberikan perawatan prioritas pada RPN tertinggi. Berikut merupakan komponen penyusun RPN (Alijoyo et al., 2020) :

1. *Severity*

*Severity* adalah indikator yang berguna dari efek buruk yang terjadi sebagai akibat dari kegagalan. Dampaknya tercermin dalam tingkat kerusakan peralatan, jumlah waktu henti, dan tingkat cedera operator (Ebeling, 1997). Berikut merupakan tabel pengelompokan tingkatan *severity* pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Tingkat *Severity*

Nilai <i>Severity</i>	<i>Severity</i>	Parameter Verbal
0.2	<i>Very small</i>	Kurang dari 30 menit
0.6	<i>Small</i>	30 menit
1	<i>Very minor</i>	1 jam
2	<i>Minor</i>	2 jam
3	<i>Significant</i>	3 jam
4	<i>Medium</i>	4 jam
5	<i>Serious</i>	5 jam
6	<i>Very serious</i>	6 jam
7	<i>Catastrophic</i>	7 jam
8	<i>Very catastrophic</i>	8 jam

Sumber : Yassad, Dkk (2014)

## 2. *Occurance*

*Occurance* adalah tingkat berapa lama suatu komponen terjadi gagal (Ebeling, 1997). Berikut merupakan tabel *occurance* pada tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Tingkat *Occurance*

<b>Nilai <i>Occurrence</i></b>	<b><i>Criterion of Occurrence</i></b>	<b>Parameter Verbal</b>
1	Kegagalan mendekati nol atau tidak ada	Setiap 12 tahun sekali
2	Sangat rendah, isolasi kegagalan, jarang	Setiap 10 tahun sekali
3	Rendah, sering gagal	Setiap 8 tahun sekali
4	Rendah, sering gagal	Setiap 6 tahun sekali
5	Rata-rata, kegagalan sesekali	Setiap 4 tahun sekali
6	Rata-rata, kegagalan sesekali	Setiap 2 tahun sekali
7	Rata-rata, kegagalan sesekali	Setiap 1 tahun sekali
8	Kegagalan yang tinggi dan sering	Setiap 6 bulan sekali
9	Kegagalan yang tinggi dan sering	Setiap 1 bulan sekali
10	Kegagalan yang sangat tinggi	Setiap 1 minggu sekali

Sumber : Yassad, Dkk (2014)

## 3. *Detection*

*Detection* adalah nilai pengukuran terhadap kemampuan atau potensi komponen atas *failure* yang terjadi (Ebeling, 1997). Berikut merupakan tabel pengelompokan tingkatan *Occurance* pada tabel 2.4 :

Tabel 2.4 Tingkat Detection

<b>Nilai Detection</b>	<b>Criterion of Detection</b>	<b>Parameter Verbal</b>
1	Deteksi setiap saat	Tindakan korektif segera
2	Deteksi setiap saat	Segera
3	Deteksi yang andal	Mudah
4	Deteksi yang andal	Terlambat
5	Deteksi yang mungkin	Rendah
6	Deteksi yang mungkin	Sesekali
7	Mendeteksi acak (Tidak Mungkin)	Tidak yakin
8	Mendeteksi acak (Tidak Mungkin)	Sangat terlambat
9	Sulit dideteksi	Sangat sulit
10	Tidak terdeteksi	Mustahil

Sumber : Yassad, Dkk (2014)

#### 4. Kategori Kritis

Untuk mengategorikan nilai kritis, langkah yang dilakukan adalah mengurutkannya berdasarkan nilai RPN yang tertinggi dan terendah. Proses penilaian tingkat kritikalitas memiliki peran penting dalam menyusun prioritas tindakan untuk mengatasi potensi kegagalan. Berikut merupakan tabel pengelompokan kategori kritis (Alijoyo et al., 2020). Berikut merupakan rumus kategori kritis (Nasir & Andesta, 2022) :

$$\text{Kritis RPN} = \frac{\text{Total RPN}}{\text{Frekuensi Jumlah RPN}} \quad (2.1)$$

#### 2.2.5.3 Logic Tree Analysis (LTA).

Kemungkinan sebuah Kegagalan komponen atau kegagalan sistem dapat terjadi, sehingga proses pencegahan diperlukan untuk mengelola risiko terkait. LTA dapat menunjukkan kemungkinan jenis tugas perawatan terbaik untuk mengatasi setiap mode kegagalan.

Tujuan dari LTA adalah untuk mengkategorikan bug atau *failure* dan menentukan tingkat prioritas berdasarkan kategori tersebut. Analisis mode kegagalan kritis termasuk dalam salah satu dari empat kategori penting (Smith & Glenn,2004) yaitu :

1. *Evident*, apakah operator dalam keadaan normal mampu menyadari terjadinya kerusakan?
2. *Safety*, yaitu apakah kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kegagalan ini dapat menyebabkan seluruh atau sebagian sistem terhenti?
4. *Category*, apakah mode kegagalan ini dapat menyebabkan sistem secara keseluruhan atau sebagian mengalami gangguan atau berhenti berfungsi sepenuhnya?. Pada bagian ini kategori *Logic Tree Analysis (LTA)* dibagi menjadi 4 yaitu :

a. Kategori A (*Safety problem*)

Kategori *safety problem* adalah Jika mode kegagalan dapat membahayakan keselamatan dan berpotensi menyebabkan cedera serius atau bahkan kematian, itu diklasifikasikan sebagai masalah keamanan. Selain itu, kegagalan tersebut dapat memiliki dampak pada lingkungan dan melanggar peraturan lingkungan yang telah ditetapkan oleh hukum yang berlaku.

b. Kategori B (*Outage problem*)

Kategori *outage problem* adalah kegagalan komponen dapat menghentikan sebagian atau seluruh sistem kerja komponen, sehingga mempengaruhi operasi pabrik seperti kuantitas, kualitas produk, dan hasil produksi, serta berpotensi pembesaran biaya yang sebenarnya bisa dihindari.

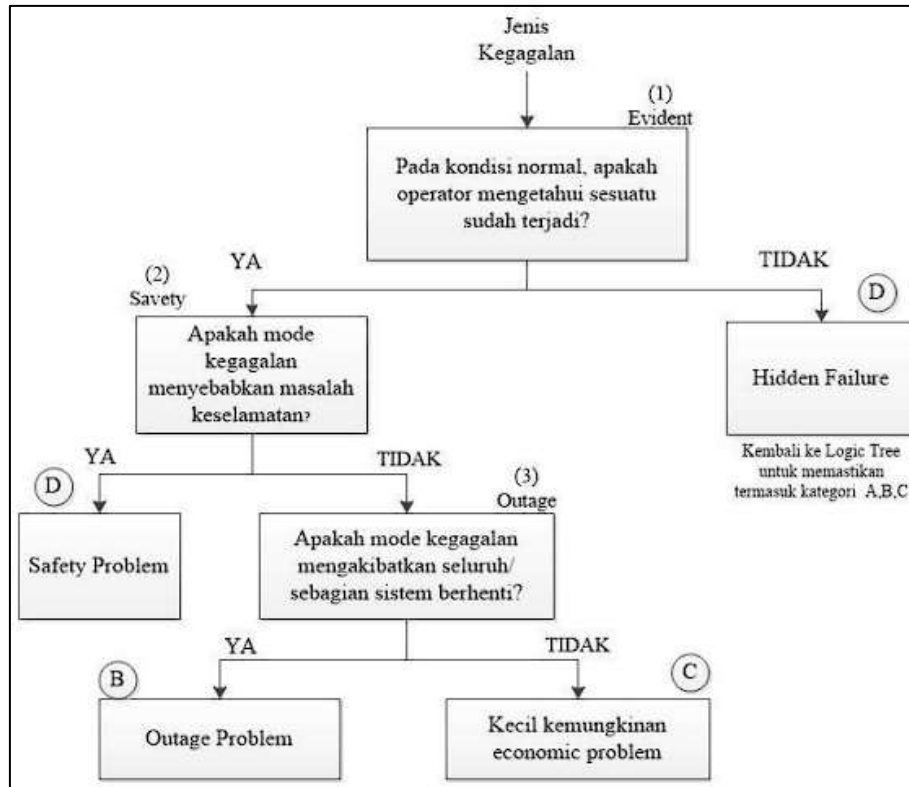
c. Kategori C (*Economic problem*)

Kategori *economic problem* adalah Apabila terdapat mode kegagalan yang tidak mempengaruhi keamanan atau operasional pabrik, namun hanya memiliki konsekuensi ekonomi terbatas seperti biaya perbaikan, maka hal tersebut termasuk dalam kategori permasalahan ekonomi.

d. Kategori D (*Hidden Failure*)

*Hidden failure* merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan mode kegagalan yang tidak langsung terlihat dampaknya. Namun, jika tidak

diperhatikan oleh perusahaan, risiko tersebut dapat semakin memburuk dan bahkan memicu terjadinya kegagalan lainnya..



Gambar 2.1 Struktur Logic Tree Analysis

Sumber : Smith & Glenn (2004)

#### 2.2.5.4 Task Selection (TS).

*Task selection* merupakan langkah akhir dari proses analisis RCM setelah menentukan LTA. Daftar kemungkinan tindakan dari setiap mode kerusakan atau kegagalan dibuat dan tindakan paling efektif yang dipilih. Proses analisis ini menentukan tindakan pemeliharaan yang sesuai untuk mode kegagalan atau kerusakan tertentu. Tindakan perawatan dapat dibagi menjadi tiga kategori (Smith & Glenn,2004) :

##### 1. *Time Direct (TD)*

Tindakan pemeliharaan yang dilakukan secara langsung pada sumber kerusakan bergantung pada masa pakai atau jadwal waktu komponen sebelum terjadinya kerusakan komponen.

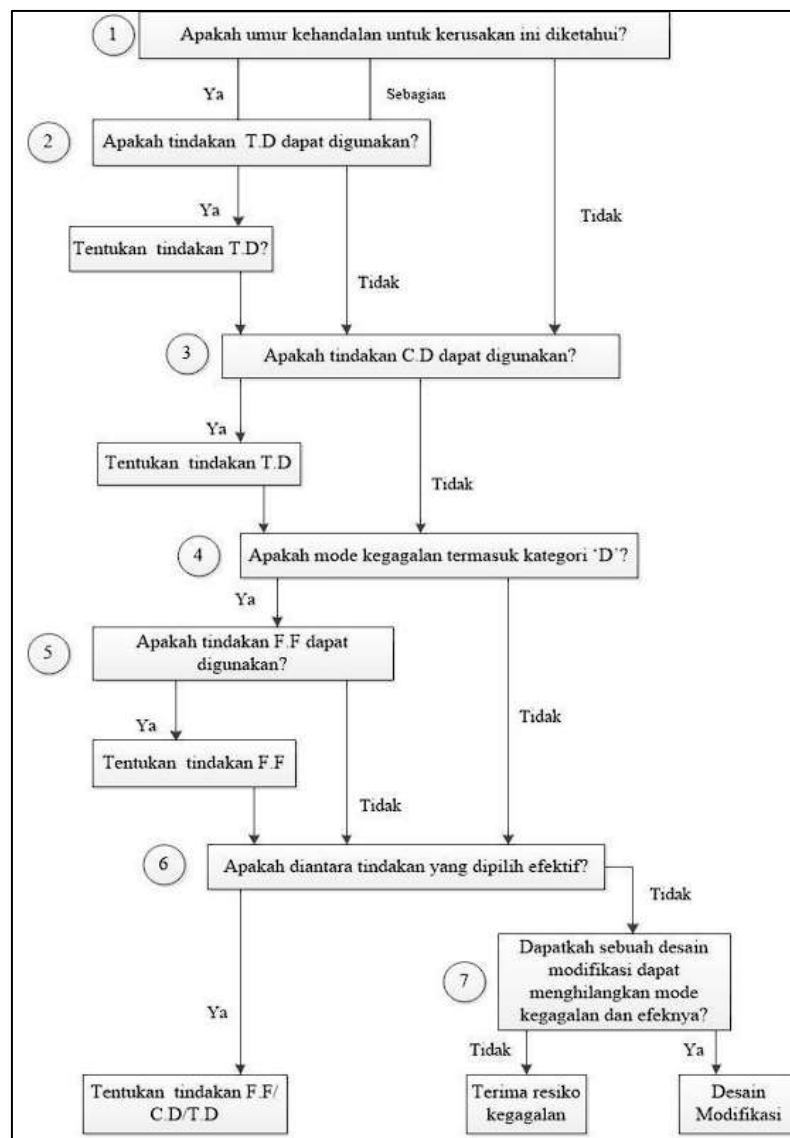


## 2. *Condition Derect* (CD)

Pemeliharaan dilaksanakan melalui pengawasan dan inspeksi. Jika terdeteksi adanya tanda-tanda kerusakan selama proses pemeriksaan, langkah-langkah perbaikan dan penggantian komponen akan dilakukan.

## 3. *Finding Failure* (FF)

Tindakan pemeliharaan dilakukan dengan mengidentifikasi kerusakan yang tidak terlihat melalui pemeriksaan rutin.



Gambar 2.2 Pemilihan Tindakan Perawatan

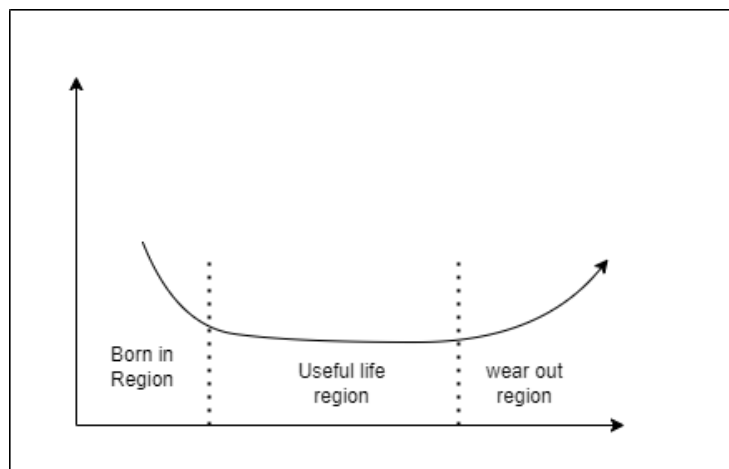
Sumber : Smith & Glenn (2004)

### 2.2.6 Keandalan (*Reliability*).

Berdasarkan IR. Ating Sudrajat (2011), keandalan berfungsi untuk menilai kemampuan suatu komponen atau sistem dalam menjalankan tugasnya tanpa mengalami kegagalan atau kerusakan dalam kondisi dan jangka waktu tertentu. Pada dasarnya, keandalan merupakan suatu ukuran yang mencerminkan kapabilitas suatu komponen untuk beroperasi secara konsisten tanpa mengalami kerusakan.

### 2.2.7 Laju Kerusakan.

Menurut IR. Ating Sudrajat (2011), laju kerusakan, yang juga disebut sebagai laju bahaya (*hazard rate*), merujuk pada kemungkinan terjadinya kerusakan pada peralatan dalam periode waktu tertentu (misalnya, x satuan waktu) setelah peralatan tersebut beroperasi selama periode -t satuan waktu. Ini ditandai dengan  $h(t)$  atau  $\lambda(t)$ :



Gambar 2.3 Laju Kerusakan

Sumber : IR. Ating Sudrajat (2011)

Berikut merupakan penjelasan gambar laju kerusakan dalam bentuk kurva bak (*Bath Curve*) pada gambar 2.3

1. Daerah awal (*Born in region*)

Area ini masih merupakan waktu kerja pertama untuk komponen atau mesin baru (kondisi komponen atau mesin 100%). Pada grafik *Born in region* terlihat bahwa

tingkat kerusakan awalnya tinggi namun menurun seiring berjalannya waktu. Setiap kerusakan atau kegagalan yang terjadi biasanya disebabkan oleh produksi manufaktur atau instalasi yang tidak sesuai.

2. Daerah penggunaan (*Useful life region*)

Periode ini adalah tingkat kegagalan terendah, daerah ini dikenal sebagai tingkat kegagalan konstan (CFR). Kerusakan yang diberikan bersifat acak dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Masa pakai komponen atau sistem dimasukkan sebagai bagian dari analisis deskriptif sistem dan diasumsikan sebagai masa pakai dimana tingkat kegagalan tetap konstan dari waktu ke waktu.

3. Daerah habis pakai (*Wear Out Region*)

Area ini merupakan akhir masa operasi dari komponen atau mesin tersebut. Selama periode ini, tingkat kegagalan disebut Incremental Failure Rate (IFR). Area ini berakhir ketika keandalan suatu komponen atau mesin mendekati nol dan kerusakannya sangat parah sehingga tidak dapat diperbaiki lagi.

### 2.2.8 Distribusi.

Terdapat empat distribusi yang digunakan untuk mengenali pola data yang terbentuk, meliputi distribusi normal, lognormal, Weibull, dan eksponensial (Ebeling, 1997).

1. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang sering digunakan secara luas dalam berbagai bidang, termasuk dalam konteks keandalan komponen dan sistem (Ebeling, 1997). Menurut (Aritonang, 2023) distribusi eksponensial memiliki tingkat kegagalan yang konstan. Parameter digunakan pada eksponensial yaitu  $\lambda$  yang artinya sebagai rata-rata datangnya kerusakan terjadi. Dengan  $\lambda(t) = \lambda, t \geq 0, \lambda > 0$  Fungsi-fungsi dalam distribusi eksponensial adalah sebagai berikut (Ebeling, 1997) :

a. Fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.2)$$

Untuk  $t \geq 0$  ;  $\lambda \geq 0$ ; dan dengan  $t =$  waktu

b. Fungsi kumulatif kerusakan (*Cumulative density function*)

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (2.3)$$

- c. Fungsi keandalan (*Reliability function*)

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad (2.4)$$

- d. Fungsi laju kerusakan (*Hazard rate function*)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.5)$$

- e. Mean Time To Failure

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.6)$$

## 2. Distribusi Normal

Distribusi normal secara efektif menggambarkan banyak fenomena yang terjadi dalam industri, alam, dan penelitian. Dalam bidang-bidang seperti meteorologi, penelitian curah hujan, dan pengukuran suku cadang yang berkualitas, distribusi normal digunakan sebagai pendekatan yang sesuai (Walpole, 1995). Berikut ini adalah fungsi yang terkait dengan distribusi normal (Ebeling, 1997):

- a. Fungsi kepadatan probabilitas (*Probability density function*)

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^1 \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dx \quad (2.7)$$

- b. Fungsi kumulatif kerusakan (*Cumulative density function*)

$$F(t) \rightarrow \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.8)$$

- c. Fungsi Keandalan (*Reliability function*)

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

- d. Laju Kerusakan (*Hazard rate function*)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1-\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)} \quad (2.10)$$

- e. Mean Time To Failure

$$MTTF = \mu \quad (2.11)$$

## 3. Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal adalah distribusi probabilitas yang mempunyai dua parameter, yaitu parameter skala (s) dan parameter lokasi (tmed). Distribusi ini digunakan untuk mewakili waktu tengah kerusakan. Sama seperti distribusi Weibull, bentuk distribusi Lognormal bisa bervariasi, dan secara umum data yang cocok dengan distribusi

Weibull juga dapat diaproksimasi dengan distribusi Lognormal. Berikut ini adalah fungsi yang digunakan untuk menggambarkan distribusi Lognormal:

- a. Fungsi kepadatan probabilitas (*Probability density function*)

$$f(t) = \frac{1}{t \cdot s \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2s^2} [\ln t - t_{med}]^2 \right\} \quad (2.12)$$

- b. Fungsi kumulatif kerusakan (*Cumulative density function*)

$$F(t) \rightarrow \Phi \left[ \frac{1}{s} \ln \left( \frac{t}{t_0} \right) \right] \quad (2.13)$$

- c. Fungsi Keandalan (*Reliability function*)

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

- d. Laju Kerusakan (*Hazard rate function*)

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

- e. Mean Time To Failure

$$MTTF = \exp (t_0 + 0,5 s^2) \quad (2.16)$$

#### 4. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull sering digunakan dalam pemecahan masalah yang kompleks terkait dengan teknologi saat ini. Distribusi ini dapat diterapkan dalam perancangan sistem, keamanan sistem, dan penilaian keandalan sistem tersebut. Misalnya, distribusi Weibull dapat digunakan untuk menggambarkan kejadian seperti putusnya sekering, bengkoknya tiang baja, atau kegagalan sensor suhu. Komponen yang sama dalam lingkungan yang sama mungkin mengalami kerusakan pada waktu yang berbeda, sehingga menjadi sulit untuk memprediksi waktu terjadinya kerusakan (Montgomery, 2005). Berikut adalah fungsi yang digunakan untuk menggambarkan distribusi Weibull (Ebeling, 1997):

- a. Fungsi kepadatan probabilitas (*Probability density function*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.17)$$

- b. Fungsi kumulatif kerusakan (*Cumulative density function*)

$$F(t) \rightarrow 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.18)$$

- c. Fungsi Keandalan (*Reliability function*)

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

d. Laju Kerusakan (*Hazard rate function*)

$$h(t) = \lambda \quad (2.20)$$

e. Mean Time To Failure

$$MTTF = 1/\lambda \quad (2.21)$$

### 2.2.9 Goodness of Fit.

Dalam melakukan uji kecocokan distribusi, digunakan uji Goodness of Fit yang spesifik karena memiliki probabilitas yang lebih tinggi dalam menolak distribusi yang tidak sesuai. Uji ini dilakukan setelah memilih distribusi awal untuk membandingkan dua hipotesis yang berlawanan:

- Hipotesis nol ( $H_0$ ): Data kerusakan atau perbaikan mengikuti distribusi tertentu.
- Hipotesis alternatif ( $H_1$ ): Data kerusakan atau perbaikan tidak mengikuti distribusi tertentu.

Ebeling (1997) menyatakan bahwa pengujian distribusi yang berbeda-beda memiliki perbedaan yang signifikan dalam prosesnya. Berikut merupakan uji yang digunakan pada setiap distribusi :

- Distribusi Eksponensial Uji *Barlet*

Hipotesis

$H_0$  : Data perbaikan atau kerusakan berdistribusi eksponensial

$H_1$  : Data perbaikan atau kerusakan tidak berdistribusi eksponensial

Uji Statistik

$$B = \frac{2r \left[ \ln\left(\frac{1}{r}\right) \sum_{i=1}^r t_i - (1/r) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (2.22)$$

Keterangan :

$t_i$  = Data waktu kerusakan ke  $i$

$r$  = Jumlah kerusakan

$B$  = nilai *bartllet test*

$H_0$  akan diterima jika nilai  $B$  di daerah kritis dengan rumus sebagai berikut:

$$X^2(1 - \alpha/2) < B < X^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- Distribusi Normal dan Log normal Uji *Kolmogorov-smirnov*

Hipotesis

Ho : Data perbaikan atau kerusakan berdistribusi Normal / Log normal

H1 : Data perbaikan atau kerusakan tidak berdistribusi Normal / Log normal

Uji Statistik

$$D_n = \max (D_1, D_2) \quad (2.23)$$

Dimana

$$D_1 = \max \left\{ \Phi \left( \frac{t_i - \mu}{s} \right) - \left( \frac{i-1}{n} \right) \right\} \quad (2.24)$$

$$D_2 = \max \left\{ \left( \frac{i}{n} \right) - \Phi \left( \frac{t_i - \mu}{s} \right) \right\} \quad (2.25)$$

Probabilitas Kumulatif

$$F(t) = \Phi \left( \frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) \quad (2.26)$$

$$\mu = \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln t_i}{n} \right) \quad (2.27)$$

$$S = \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \right) \quad (2.28)$$

Keterangan :

n = banyaknya jumlah data

s = Standart deviasi

$\mu$  = Rata-rata *time to failure*

n = Banyaknya jumlah data

Pembeda antara distribusi normal dan lognormal terletak pada penggunaan variabel  $t_i$ , di mana distribusi lognormal menggunakan nilai  $t_i = \ln$ . Jika  $D_n$  kurang dari ( $<$ ) dari  $D_{crit}$  maka  $H_0$  akan diterima. Sebaliknya jika  $D_n$  lebih besar ( $>$ ) dari  $D_{crit}$  maka  $H_1$  akan ditolak. Nilai ini didapatkan dari tabel *critical value for the Kolmogorov-Smirnov test for normality*.

- Distribusi *Weibull* uji *Mann's Test*

Hipotesis

Ho : Data perbaikan atau kerusakan berdistribusi *weibull*

H1 : Data perbaikan atau kerusakan tidak berdistribusi *weibull*

Uji Statistik

$$M = \left( \frac{k_1 \sum [\ln ti + (\frac{1-\ln ti}{m_i})]}{k_2 \sum [\ln ti + (\frac{1-\ln ti}{m_i})]} \right) \quad (2.29)$$

$$K1 = \left( \frac{r}{2} \right) \quad (2.30)$$

$$K2 = \left( \frac{r-1}{2} \right) \quad (2.31)$$

$$M_i = Z(i+1) - Z_i \quad (2.32)$$

$$Z_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \quad (2.33)$$

Keterangan :

n : Banyaknya jumlah data waktu antar kerusakan atau perbaikan komponen

ti : Data data waktu antar kerusakan atau perbaikan ke i

Mi : Nilai pendekatan *Mann's test* untuk data ke-i

M 0,05; k1 ;k2 : nilai distribusi *weibull*

r : jumlah data

r/2 : bilangan bulat

Jika M lebih besar (>) dari Fcrit maka H1 akan ditolak. Sebaliknya jika M lebih kecil (<) dari Fcrit maka Ho akan diterima. Nilai Fcrit didapatkan dari distribusi tabel F dengan penjelasan v1 = 2k1 dan v2 =2k2.

#### 2.2.10 Estimasi Parameter.

Dalam proses estimasi parameter, metode yang digunakan adalah *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Ebeling (1997) menjelaskan bahwa setiap distribusi memiliki parameter-parameter yang perlu diestimasi sebagai berikut:

- a. Distribusi Eksponensial

$$\lambda = \frac{n}{T} \quad (2.34)$$

keterangan

n = jumlah kerusakan atau perbaikan

T =  $\sum_{ti}^r ti$  adalah jumlah waktu kerusakan atau perbaikan

- b. Distribusi Normal



$$\mu = \left( \frac{\sum_{i=1}^r t_i}{n} \right) \quad (2.35)$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}} \right); \text{ untuk } n > 30 \quad (2.36)$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}} \right); \text{ untuk } n \leq 30 \quad (2.37)$$

Keterangan

$t_i$  = Data waktu kerusakan ke -i

$n$  = Banyaknya data kerusakan atau perbaikan

$\mu$  = Nilai *middle* atau tengah

$\sigma$  = Standar deviasi

c. Distribusi LogNormal

$$\mu = \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln(t_i)}{n} \right) \quad (2.38)$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln(t_i) - \mu)^2}{n}} \right); \text{ untuk } n > 30 \quad (2.39)$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln(t_i) - \mu)^2}{n}} \right); \text{ untuk } n \leq 30 \quad (2.40)$$

d. Distribusi Weibull

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{(\sum_{i=1}^n X_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i^2)} \quad (2.41)$$

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

keterangan :

$t_i$  : jumlah data waktu kerusakan atau perbaikan ke i

### 2.2.11 Mean Time To Failure (MTTF).

MTTF digunakan untuk memperkirakan durasi berapa lama suatu sistem atau komponen dapat berfungsi sebelum mengalami kerusakan. Untuk menghitung MTTF, dapat dilakukan pengukuran rata-rata waktu operasi dalam jadwal produksi tanpa adanya gangguan atau kegagalan pada sistem atau komponen tersebut (IR. Ating Sudrajat, 2011).

$$\text{MTTF} = \frac{\text{waktu total} - \text{downtime} - \text{waktu yang tidak dimanfaatkan}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (2.43)$$

Dalam penjelasan Ebeling (1997), disebutkan bahwa MTTF atau *Mean Time to Failure* adalah nilai rata-rata interval waktu antara kerusakan, yang merepresentasikan waktu yang diharapkan terjadinya kerusakan. Ebeling (1997) menjelaskan bahwa perhitungan MTTF dan MTTR dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

a. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \left(\frac{1}{\lambda}\right) \quad (2.44)$$

b. Distribusi Normal

$$MTTF = (\mu) \quad (2.45)$$

c. Distribusi LogNormal

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \quad (2.46)$$

d. Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2.47)$$

Nilai  $\theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$  dapat di peroleh dari tabel yang berhubungan dengan fungsi Gamma.

#### 2.2.12 Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR digunakan untuk memperkirakan durasi berapa lama suatu sistem atau komponen dapat diperbaiki agar dapat berfungsi kembali seperti semula. MTTR melibatkan berbagai kegiatan seperti analisis kerusakan, pemindahan, waktu penantian, pengujian, dan proses perbaikan (IR. Ating Sudrajat, 2011).

$$MTTR = \frac{\text{total waktu terhentinya alat akibat kerusakan (tidak terjadwal)}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (2.48)$$

#### 2.2.13 Age Replacement.

Metode perawatan *preventif* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Age Replacement*. *Age Replacement* adalah pendekatan perawatan yang menentukan interval waktu perawatan berdasarkan waktu kerusakan sistem atau komponen, sehingga tindakan perbaikan dan penggantian yang diperlukan dapat dilakukan tepat waktu (AKS Jardine, 1997). Dalam metode *Age Replacement*, waktu pergantian pencegahan ditentukan

berdasarkan masa pakai komponen. Pendekatan ini membantu mencegah pergantian komponen yang terlalu sering, sehingga mengurangi pengeluaran biaya yang tidak perlu. Dengan demikian, setelah komponen digantikan, pergantian berikutnya akan dilakukan sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan sebelumnya.

Dalam model *Age Replacement*, terdapat dua siklus operasi yang terdiri dari:

- a. Siklus 1 : Dalam siklus pencegahan, tindakan penggantian pencegahan dilakukan setelah komponen mencapai umur penggantian yang telah ditetapkan berdasarkan interval waktu.
- b. Siklus 2 : Dalam siklus pencegahan, tindakan penggantian kerusakan dilakukan ketika komponen mengalami kerusakan di luar jadwal penggantian yang telah direncanakan sebelumnya.

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp) + Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t) + (M(tp) + Tf).(1-R(tp))} \quad (2.49)$$

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  $M(tp)$  :

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

Selain melakukan perawatan pencegahan dan penggantian komponen secara teratur, penting juga untuk menentukan interval pemeriksaan yang ideal guna menghindari pemeriksaan yang terlalu sering atau terlalu jarang. Tindakan pemeriksaan memiliki peran krusial dalam mengendalikan tingkat kerusakan, menjaga kinerja mesin, dan mengurangi waktu henti yang disebabkan oleh kerusakan tiba-tiba, yang dapat berakibat pada biaya tambahan.

Dalam menjaga keamanan dan kinerja peralatan, interval pemeriksaan yang tepat akan memungkinkan deteksi dini masalah. Melakukan pemeriksaan secara teratur dan terjadwal memungkinkan penemuan potensi kerusakan sebelum mencapai tingkat yang

serius, sehingga dapat menghindari kerusakan yang lebih parah dan biaya perbaikan yang signifikan. Namun, pemeriksaan yang terlalu sering dan tidak diperlukan dapat mengakibatkan pemborosan waktu dan sumber daya yang berharga. Rumus untuk menentukan interval waktu pemeriksaan optimal adalah sebagai berikut:

- $D(n) = \lambda(n) \cdot T_f + nT_i$  (2.50)

- $\lambda(n) = \frac{k}{n}$  sehingga  $\lambda'(n) = \frac{k}{n^2}$  (2.51)

- $k = \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{periode terjadinya kerusakan}}$  (2.52)

- $T_f = \frac{1}{\mu}$ ;  $T_i = \frac{1}{i}$  (2.53)

Sehingga

- $D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i}$  atau  $D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i}$  (2.54)

Jika persamaan di atas mengalami diferensiasi, akan menghasilkan bentuk :

- $D'(n) = \frac{k}{n^2 \cdot \mu} + \frac{1}{i} = 0$  (2.55)

Sehingga

- $n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}}$  (2.56)

artinya :

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

$k$  = Nilai konstan dari jumlah kerusakan waktu

$T_f$  = waktu rata-rata melakukan pergantian

$T_i$  = waktu rata-rata melakukan pemeriksaan

$n$  = frekuensi yang dilakukan per satuan waktu

#### 2.2.14 Availability.

*Availability* adalah kemungkinan bahwa suatu komponen atau perangkat dapat beroperasi sesuai kebutuhan dalam rentang waktu tertentu ketika dijalankan dan dipelihara sesuai prosedur yang ditentukan (Ebeling, 1997). Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung availability pada sistem seri dan paralel:

- a. *Avaibility* untuk sistem seri :

$$A_s(t) = \prod_i^n = 1 A_{(t)}(t) \quad (2.57)$$

- b. *Avaibility* untuk sistem parallel :

$$A_s(t) = 1 - \prod_i^n = 1 (1 - A_i(t)) \quad (2.58)$$

Ketersediaan (*availability*) menggambarkan probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan dalam rentang waktu tertentu dalam keadaan normal (Ebeling, 1997). Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung ketersediaan :

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad (2.59)$$

Keterangan :

MTTF = waktu rata-rata antar kerusakan atau kegagalan komponen

MTTR = waktu rata-rata perbaikan komponen

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam perhitungan ketersediaan (*availability*) berdasarkan metode yang dijelaskan oleh Walpole (1996) :

- a. Perhitungan ketersediaan(*availability*) berdasarkan frekuensi pemeriksaan :

$$A(n) = 1-D(n) \quad (2.60)$$

$$D(n) = \frac{k}{\mu.n} + \frac{1}{i} \quad (2.61)$$

- b. Perhitungan ketersediaan (*availability*) berdasarkan interval penggantian :

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] \quad (2.62)$$

$D(tp)$  = total *downtime* persiklus

- c. Perhitungan ketersediaan (*availability*) total

$$Availability = A(n) \times A(tp) \quad (2.63)$$

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini berlangsung di PT XYZ, perusahaan yang aktif dalam sektor Pembangkit Listrik Tenaga Air. Objek yang diteliti merupakan objek Raking *Machine* yang merupakan mesin paling kritis. Penelitian dilakukan pada Maret 2023 sampai Juli 2023.

#### 3.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini berfokus pada masalah kegagalan dengan waktu henti terlama pada mesin raking *Machine*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi komponen-komponen kritis yang sering menjadi penyebab waktu henti, serta menentukan interval optimal untuk penggantian komponen-komponen kritis dan melakukan pemeriksaan komponen yang efektif.

#### 3.3 Studi Lapangan dan Studi Literatur

Penelitian lapangan dilakukan dengan tujuan untuk mengamati secara langsung kondisi mesin raking di PT. XYZ dan melakukan observasi langsung. Serta dalam penelitian ini, tinjauan literatur mengacu pada sumber-sumber seperti buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang membahas tentang konsep *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*.

#### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Fase ini melibatkan pengumpulan data yang relevan terkait dengan masalah penelitian. Penting untuk memperoleh data yang akurat guna mencapai tujuan penelitian secara efektif. Berdasarkan metode perolehannya, data dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

### 3.4.1 *Data Primer.*

Data primer adalah data yang diperoleh langsung melalui penelitian dengan melakukan wawancara kepada narasumber yang memberikan informasi. Di bawah ini adalah beberapa contoh pengumpulan data primer :

#### a. Wawancara

Pada tahap pengumpulan data, dilakukan interaksi langsung dengan narasumber yang memiliki keahlian dalam bidang tersebut untuk memperoleh informasi terkait kejadian kegagalan mesin, penyebab kegagalan, dampak dari kegagalan, dan tindakan perawatan yang diperlukan. Penelitian ini melibatkan wawancara dengan beberapa ahli *maintenance*. Wawancara dilakukan pada kepala Manajer Ophar yang sudah bekerja kurang lebih sepuluh tahun dan karyawan Supervisor bagian *Intake Dam* yang sudah bekerja kurang lebih lima tahun. Menurut Hadi Pranoto (2015) Orang yang memiliki pemahaman mendalam mengenai performa peralatan adalah Orang seperti Manajer Pemeliharaan dan orang perawatan dengan tingkat Supervisor. Oleh karena itu, merekalah yang memiliki peran sentral dalam proses RCM.

#### b. Observasi

Observasi merupakan langkah yang dilakukan dengan mengamati secara langsung subjek penelitian dan informasi terkait penelitian sehingga dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Pengamatan dalam penelitian ini adalah pengamatan langsung pada Raking *Machine* untuk melihat awal sistem produksi hingga akhir produksi mesin Raking *Machine*.

### 3.4.2 *Data Sekunder*

Data sekunder merupakan informasi yang tidak diperoleh langsung dari sumber aslinya, tetapi telah dikumpulkan dan diarsipkan dalam bentuk dokumen tertulis. Data sekunder ini mencakup catatan perusahaan, data online (dari internet), dan data offline (dalam bentuk tertulis) mengenai kegagalan mesin, perawatan mesin, keandalan, dan topik terkait lainnya. Berikut adalah jenis data yang relevan untuk penelitian ini:

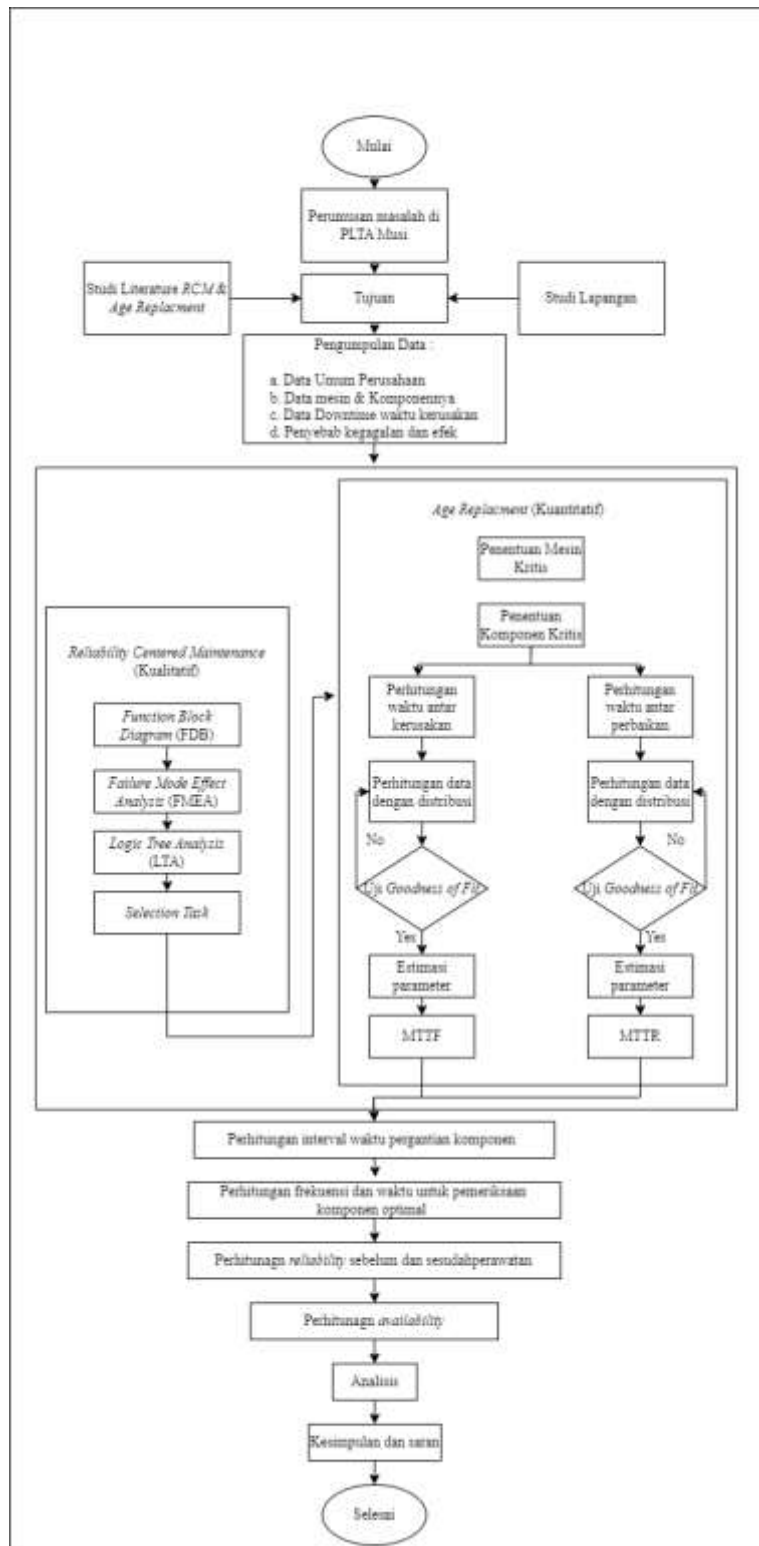
- A. Data lama perbaikan dan data *waktu henti* atau waktu antar kerusakan mesin
- B. Data komponen dari mesin *Raking Machine*

C. Data lama perbaikan dan data *waktu henti* atau waktu antar kerusakan komponen *Raking Machine*.

### **3.5 Diagram Alur Penelitian dan Pengolahan Data**

Dalam penelitian, digunakan dua metode yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Berikut ini adalah alur penelitian dan penjelasan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:





Gambar 3.1 Alur Penelitian

A. Pemilihan mesin kritis

B. *Reliability Centered Maintenance*

Tahap pertama penelitian ini menggunakan metode RCM berdasarkan data primer yang diperoleh melalui wawancara. Metode ini menunjukkan mode kegagalan dan efek yang dihasilkannya untuk setiap komponen mesin. Hasil metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) akan memberikan kesimpulan tentang komponen paling kritis pada *Raking Machine*. Setelah berhasil mengumpulkan data yang diinginkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data kualitatif dengan urutan berikut:

1. *Function Block Diagram* (FBD)

FBD (*Functional Block Diagram*) adalah sebuah diagram blok fungsi yang menggambarkan hubungan antara komponen-komponen dalam *Raking Machine* (mesin pengumpul jerami) serta fungsi individu yang dilakukan oleh setiap komponen tersebut.

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

Informasi mengenai mesin dan komponen yang terdapat dalam *diagram blok fungsional* (FBD) dimasukkan ke dalam *Failure Mode Effects and Analysis Series* (FMEA) untuk mengidentifikasi fungsi, mode kegagalan, penyebab kegagalan, dan dampak kegagalan pada *Raking Machine*. Setelah itu, data tersebut digunakan dalam perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), yang didasarkan pada tingkat keparahan (*severity*), frekuensi terjadinya (*occurrence*), dan kemampuan pendeteksian (*detection*) kegagalan.

3. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Dalam menganalisis jenis mode kegagalan pada setiap komponen, metode klasifikasi yang digunakan adalah LTA (*Logic Tree Analysis*). Untuk menentukan prioritas, perlu menjawab serangkaian pertanyaan dalam diagram LTA. Terdapat empat kategori yang digunakan dalam analisis LTA (*Logic Tree Analysis*) :

- *Evident*, apakah operator dalam keadaan normal mampu menyadari terjadinya kerusakan?

- *Safety*, yaitu apakah kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan?
- *Outage*, apakah mode kegagalan ini dapat menyebabkan sistem secara keseluruhan atau sebagian mengalami gangguan atau berhenti berfungsi sepenuhnya?
- *Category*, yaitu mengklasifikasikan jawaban dari pertanyaan yang diajukan kedalam empat kategori yaitu :
  - Kategori A (Safety problem)
  - Kategori B (Outage problem)
  - Kategori C (Economic problem)
  - Kategori D (Hidden Failure)

#### 4. *Task Selection* (TS)

Setelah melakukan tahapan *Logic Tree Analysis* maka masuk ke tahap terakhir yaitu *Task Selection*. Tahapan ini mencari dan menentukan tindakan perawatan semua komponen *Raking Machine*. Untuk mendapatkan hasil didasari dengan jawaban pertanyaan diagram *Task Selection*. Berikut merupakan tindak perawatan, yaitu :

- *Condition Direct* (CD)
- *Time Direct* (TD)
- *Finding Failure* (FF)

#### C. *Age Replacment*

Output dari *Age Replacement* menghasilkan jadwal pemeriksaan dan pergantian perawatan komponen mesin agar meminimalisir terjadinya kerusakan. Data yang digunakan adalah data sekunder

##### 1. Penentuan Komponen Kritis

Setelah mengidentifikasi komponen-komponen kritis pada *Raking Machine* melalui metode RCM dan memperoleh data kualitatif, langkah berikutnya adalah menentukan periode antara kejadian kerusakan dan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan.

2. Penentuan Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan.

Dalam menghitung waktu antara terjadinya kerusakan atau *Time to Failure* (TTF), dimulai dari saat komponen selesai diperbaiki hingga saat komponen mengalami kerusakan berikutnya. Sementara itu, dalam menghitung waktu perbaikan atau *Time to Repair* (TTR), dimulai dari saat awal terjadi kerusakan komponen hingga selesai diperbaiki.

3. Distribusi untuk waktu perbaikan dan waktu antar kerusakan

Setelah memperoleh data *Time to Failure* dan *Time to Repair*, langkah selanjutnya adalah melakukan distribusi data dengan memilih jenis distribusi yang memiliki nilai indeks kecocokan (*index of fit*) tertinggi. Terdapat empat percobaan distribusi yang digunakan, yakni eksponensial, log normal, normal, dan Weibull. Dalam proses ini, distribusi yang memberikan nilai indeks kecocokan tertinggi untuk data yang ada akan dipilih.

a. Nilai tengah kerusakan (*Medium Rank*)

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (3.1)$$

Keterangan :  $i$  = data waktu ke  $i$

$n$  = Jumlah data kerusakan

b. *Index of fit*

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \quad (3.2)$$

Berdasarkan pendapat Walpole (1997) perhitungan identifikasi distribusi permulaan setiap distribusi sebagai berikut :

a. Distribusi Eksponensial

$$X_i = t_i \quad (3.3)$$

$$Y_i = \ln \left( \frac{1}{1-F(t_i)} \right) \quad (3.4)$$

b. Distribusi Normal

$$X_i = t_i \quad (3.5)$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}(F(t_i)) = \frac{t_i - \mu}{\sigma} \quad (3.6)$$

c. Distribusi LogNormal

$$X_i = \ln(t_i) \quad (3.7)$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}(F(t_i)) = \Phi^{-1}\left[\left(\frac{1}{s}\right) \ln t_i - \left(\frac{1}{s}\right) \ln t_{med}\right] \quad (3.8)$$

d. Distribusi Weibull

$$X_i = \ln(t_i) \quad (3.9)$$

$$Y_i = \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)\right] \quad (3.10)$$

#### 4. Uji Kecocokan Distribusi atau Uji *Goodness of fit*

Penentuan uji *Goodness of fit* dilakukan setelah melakukan uji distribusi empat percobaan yaitu eksponensial, log normal, normal, dan *weibull*. Langkah selanjutnya memilih distribusi dengan nilai *index of fit* terbesar dari keempat percobaan distribusi. Setiap distribusi menggunakan *Test* yang berbeda-beda. Berdasarkan pendapat Ebling (1997), untuk melakukan uji distribusi memiliki uji nya masing-masing. Distribusi eksponensial melakukan uji *Bartlett*, distribusi normal dan log normal melakukan uji *Kolmogorov-smirnov*, dan distribusi *Weibull* menggunakan uji *Mann*.

a. Distribusi Eksponensial Uji *Barlet*

Hipotesis

Ho : Data perbaikan atau kerusakan berdistribusi eksponensial

H1 : Data perbaikan atau kerusakan tidak berdistribusi eksponensial

Uji Statistik

$$B = \frac{2r \left[ \ln\left(\frac{1}{r}\right) \sum_{t=1}^r t_i - (1/r) \sum_{t=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (3.11)$$

Keterangan :

$t_i$  = Data waktu kerusakan ke  $i$

$r$  = Jumlah kerusakan

$B$  = nilai *bartlett test*

Ho akan diterima jika nilai  $B$  di daerah kritis dengan rumus sebagai berikut:

$$X^2(1 - \alpha/2) < B < X^2(\alpha/2)$$

b. Distribusi Normal dan Log normal Uji *Kolmogorov-smirnov*

Hipotesis

Ho : Data perbaikan atau kerusakan berdistribusi Normal / Log normal

H1 : Data perbaikan atau kerusakan tidak berdistribusi Normal / Log normal

Uji Statistik

$$D_n = \max(D_1, D_2) \quad (3.12)$$

Dimana

$$D_1 = \max \left( \frac{t_i - \mu}{s} - \frac{t-1}{n} \right) \quad (3.13)$$

$$D_2 = \max \left( \frac{t}{n} - \frac{t_i - \mu}{s} \right) \quad (3.14)$$

Probabilitas Kumulatif

$$F(t) = \frac{t_i - \mu}{\sigma} \quad (3.15)$$

$$\mu = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n} \right) \quad (3.16)$$

$$S = \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \right) \quad (3.17)$$

Keterangan :

n = banyaknya jumlah data

s = Standart deviasi

$\mu$  = Rata-rata *time to failure*

n = Banyaknya jumlah data

Pembeda antara distribusi normal dan lognormal terletak pada penggunaan variabel  $t_i$ , di mana distribusi lognormal menggunakan nilai  $t_i = \ln$ . Jika  $D_n$  kurang dari ( $<$ ) dari  $D_{crit}$  maka  $H_0$  akan diterima. Sebaliknya jika  $D_n$  lebih besar ( $>$ ) dari  $D_{crit}$  maka  $H_1$  akan ditolak. Nilai ini didapatkan dari tabel *critical value for the Kolmogorov-Smirnov test for normality*.

c. Distribusi *Weibull* uji *Mann's Test*

Hipotesis

Ho : Data perbaikan atau kerusakan berdistribusi *weibull*

H1 : Data perbaikan atau kerusakan tidak berdistribusi *weibull*

Uji Statistik

$$M = \left( \frac{k_1 \sum [\ln ti + (\frac{1-\ln ti}{mi})]}{k_2 \sum [\ln ti + (\frac{1-\ln ti}{mi})]} \right) \quad (3.18)$$

$$K1 = \left( \frac{r}{2} \right) \quad (3.19)$$

$$K2 = \left( \frac{r-1}{2} \right) \quad (3.20)$$

$$Mi = Z(i+1) - Zi \quad (3.21)$$

$$Zi = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \quad (3.22)$$

Keterangan :

n : Banyaknya jumlah data waktu antar kerusakan atau perbaikan komponen

ti : Data data waktu antar kerusakan atau perbaikan ke i

Mi : Nilai pendekatan *Mann's test* untuk data ke-i

M 0,05; k1 ;k2 : nilai distribusi *weibull*

r : jumlah data

r/2 : bilangan bulat

Jika M lebih besar (>) dari Fcrit maka H1 akan ditolak. Sebaliknya jika M lebih kecil (<) dari Fcrit maka Ho akan diterima. Nilai Fcrit didapatkan dari distribusi tabel F dengan penjelasan v1 = 2k1 dan v2 = 2k2

5. Proses estimasi parameter menggunakan metode Maximum Likelihood Estimator (MLE).

Rumus parameter sebagai berikut :

- e. Distribusi Eksponensial

$$\lambda = \frac{n}{T} \quad (3.23)$$

keterangan

n = jumlah kerusakan atau perbaikan

T =  $\sum_{ti}^r ti$  adalah jumlah waktu kerusakan atau perbaikan

## f. Distribusi Normal

$$\mu = \left( \frac{\sum_{i=1}^r ti}{n} \right) \quad (3.24)$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (ti - \mu)^2}{n}} \right); \text{ untuk } n > 30 \quad (3.25)$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (ti - \mu)^2}{n}} \right); \text{ untuk } n \leq 30 \quad (3.26)$$

Keterangan

$t_i$  = Data waktu kerusakan ke -i

$n$  = Banyaknya data kerusakan atau perbaikan

$\mu$  = Nilai *middle* atau tengah

$\sigma$  = Standar deviasi

## g. Distribusi LogNormal

$$\mu = \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln (ti)}{n} \right) \quad (3.27)$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\ln (ti) - \mu)^2}{n}} \right); \text{ untuk } n > 30 \quad (3.28)$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\ln (ti) - \mu)^2}{n}} \right); \text{ untuk } n \leq 30 \quad (3.29)$$

## h. Distribusi Weibull

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi)(\sum_{i=1}^n Yi)}{(\sum_{t=1}^n Xi^2) - (\sum_{t=1}^n Yi^2)} \quad (3.30)$$

$$\theta = e^{-a/\beta} \quad (3.31)$$

keterangan :

$t_i$  : jumlah data waktu kerusakan atau perbaikan ke i

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

MTTF atau *mean time to failure*, adalah nilai rata-rata dari interval waktu antara kegagalan atau kerusakan sebuah komponen yang paling kritis. Sedangkan MTTR adalah rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan.

Berikut merupakan rumus perhitungan MTTF dan MTTR disetiap distribusi:

## e. Distribusi Ekspensial

$$\text{MTTF} = \left( \frac{1}{\lambda} \right) \quad (3.32)$$



f. Distribusi Normal

$$MTTF = (\mu) \quad (3.33)$$

g. Distribusi LogNormal

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \quad (3.34)$$

h. Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (3.35)$$

Nilai  $\theta \cdot \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$  dapat di peroleh dari tabel yang berhubungan dengan fungsi Gamma.

## 7. Interval Waktu Penggantian Komponen

Dalam perhitungan interval waktu pergantian komponen, tujuannya adalah untuk meminimalkan *waktu henti* dengan memilih hasil minimum. Metode yang digunakan dalam hal ini adalah *Age Replacement*. Perhitungan *Age Replacement* dilakukan melalui pendekatan *trial and error*, dengan menggunakan distribusi yang sebelumnya telah digunakan dan telah diuji validitasnya pada MTTF. Berikut merupakan interval penggantian dengan rumus :

$$\beta = \frac{T_p \cdot R(tp) + T_f \cdot (1 - R(tp))}{(t_p + T_p) \cdot R(t) + (M(tp) + T_f) \cdot (1 - r(tp))} \quad (3.36)$$

keterangan

$t_p$  = Interval waktu penggantian pencegahan

$T_f$  = waktu untuk melakukan pergantian kerusakan komponen

$T_p$  = Waktu untuk melakukan penggantian *preventive*

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

$M(tp)$  = waktu rata-rata terjadinya kerusakan jika pergantian perbaikan pada masa  $tp$  yang dapat dicari dengan rumus  $M(tp)$  :

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

## 8. Interval waktu pemeriksaan

Pemeriksaan dilakukan dengan tujuan mengurangi kecepatan kerusakan atau kegagalan mesin, mempertahankan kinerja mesin, dan mengurangi waktu henti mesin akibat kerusakan yang tidak terduga atau mendadak.

$$D(n) = \lambda(n) \cdot T_f + nT_i \quad (3.37)$$

$$\lambda(n) = \frac{k}{n} \text{ sehingga } \lambda'(n) = \frac{k}{n^2} \quad (3.38)$$

$$k = \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{periode terjadinya kerusakan}} \quad (3.39)$$

$$T_f = \frac{1}{\mu}; T_i = \frac{1}{i} \quad (3.40)$$

Sehingga

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} \quad (3.41)$$

Jika persamaan di atas mengalami diferensiasi, akan menghasilkan bentuk :

$$D'(n) = \frac{k}{n^2 \cdot \mu} + \frac{1}{i} = 0 \quad (3.42)$$

Sehingga

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} \quad (3.43)$$

artinya :

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

$k$  = Nilai konstan dari jumlah kerusakan waktu

$T_f$  = waktu rata-rata melakukan pergantian

$T_i$  = waktu rata-rata melakukan pemeriksaan

$n$  = frekuensi yang dilakukan per satuan waktu

## 9. Perhitungan *reliability* mesin atau komponen sebelum dan sesudah dilakukan tindakan pencegahan perawatan

Setelah mengetahui interval waktu penggantian komponen, dilakukan evaluasi keandalan sebelum dan setelah perawatan dengan memperhitungkan model yang mengasumsikan pemulihan sistem ke kondisi awal setelah menjalani perawatan pencegahan. Dalam hal ini, saat komponen diganti, diasumsikan mesin akan kembali ke tingkat performa standar seperti pada

awalnya. Berikut merupakan rumus tiap distribusi sebelum adanya tindakan pencegahan perawatan :

- a. Distribusi Eksponensial

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad (3.44)$$

- b. Distribusi Normal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (3.45)$$

- c. Distribusi LogNormal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (3.46)$$

- d. Distribusi *Weibull*

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right] \quad (3.47)$$

Sedangkan Sementara itu, berikut ini adalah formula untuk setiap distribusi setelah dilakukan tindakan pencegahan perawatan :

- a. Distribusi Eksponensial

$$R(t) = \exp(-\lambda(t - nT)) \quad (3.48)$$

- b. Distribusi Normal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{(t - nT) - \mu}{\sigma}\right) \quad (3.49)$$

- c. Distribusi LogNormal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t - nT}{t_{med}}\right) \quad (3.50)$$

- d. Distribusi *Weibull*

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t - nT}{\theta}\right)^\beta\right] \quad (3.51)$$

#### 10. Availability

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam perhitungan ketersediaan (availability) berdasarkan metode yang dijelaskan oleh Walpole (1996) :

- a. Perhitungan ketersediaan (*availability*) berdasarkan frekuensi pemeriksaan :

$$A(n) = 1 - D(n) \quad (3.52)$$

$$D(n) = \frac{k}{\mu.n} + \frac{1}{i} \quad (3.53)$$

- b. Perhitungan ketersediaan (*availability*) berdasarkan interval penggantian :

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] \quad (3.54)$$

$D(tp)$  = total *downtime* persiklus

- c. Perhitungan ketersediaan (*availability*) total

$$Availability = A(n) \times A(tp) \quad (3.55)$$

## 11. Analisis

Penelitian melibatkan analisis data baik secara kuantitatif maupun kualitatif, dengan tujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas dan mengungkap nilai-nilai yang muncul. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi dan memberikan rekomendasi solusi terhadap permasalahan yang teridentifikasi dalam penelitian.

## 12. Kesimpulan dan saran

pada tahap akhir, dilakukan penyusunan kesimpulan yang bertujuan untuk memberikan jawaban terhadap rumusan masalah penelitian. Selain itu, juga disajikan saran sebagai rekomendasi untuk pengembangan penelitian yang akan datang dan saran bagi perusahaan terkait.

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Pengumpulan Data

##### 4.1.1 Proses Produksi.

Ada beberapa Proses Poduksi PT. XYZ untuk bisa menghasilkan energi listrik yaitu :

a. *Intake*

Di titik *Intake*, air yang berasal dari sungai diambil melewati pintu air. Sistem *Intake* dilengkapi dengan penyaring untuk mencegah masuknya benda-benda besar atau sampah-sampah ke dalam sistem. Mesin yang diaplikasikan dalam tahap ini dikenal sebagai mesin Raking *Intake*.

b. *Inlet*

Air yang sudah diambil dari *Intake* mengalir melalui saluran *Inlet*. Pada proses *Inlet*, penyaringan tambahan dilakukan menggunakan mesin Raking *Inlet* untuk memastikan efektivitas penyaringan yang optimal.

c. *Main Tunnel*

Air mengalir melalui terowongan utama, yang dapat berupa pipa atau terowongan di bawah tanah. Terowongan ini bertujuan untuk menjaga kelancaran aliran air dan mengalirkan air menuju tujuan akhir dengan tekanan yang sesuai.

d. *Surge Tank*

*Surge Tank* adalah wadah yang didesain untuk menyerap perubahan yang mendadak dalam aliran air, yang bisa timbul karena variasi beban atau perubahan dalam sistem. Ketika aliran air tiba-tiba menurun, air dalam tangki surge akan dilepaskan kembali ke dalam terowongan utama guna menjaga tekanan tetap stabil. Fungsinya adalah untuk melindungi turbin dan komponen lainnya dari tekanan berlebih dan perubahan yang tidak terduga.

e. *Power House*

*Power House* adalah tempat di mana turbin dan generator PLTA ditempatkan. Air dari terowongan utama diarahkan ke turbin di dalam gedung pembangkit. Turbin, yang digerakkan oleh arus air, memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Generator ini merubah energi mekanik menjadi energi listrik menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. *Power House*, di dalam gedung pembangkit terdapat peralatan untuk pengendalian, pemantauan, serta sistem keamanan.

f. *Tailrace*

Setelah melalui turbin, aliran air yang telah mengalami penurunan energi keluar dari gedung pembangkit melalui jalur yang disebut *Tailrace*. *Tailrace* mengalirkan air yang telah melewati turbin kembali ke sungai atau aliran semula dengan tingkat energi potensial yang lebih rendah.

g. Gardu Induk Pekalongan

Gardu induk Pekalongan ialah tempat yang menerima pasokan energi listrik dari PLTA dan menggabungkannya ke dalam jaringan listrik yang lebih luas. Di gardu induk, dapat dilakukan pengubahan atau pengaturan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan jaringan melalui penggunaan mesin Transformator. Selain itu, gardu induk berfungsi sebagai titik pusat distribusi energi untuk berbagai penggunaan, termasuk rumah tangga, industri, dan sektor komersial.

#### 4.1.2 Data Kerusakan Pada Mesin.

Data mengenai waktu *downtime* mesin-mesin terlampir dalam Tabel 4.1. Data ini mencakup periode mulai dari tahun 2019 hingga 2022.

Tabel 4.1 Data Kerusakan Mesin

MESIN	No Urut	Waktu Kerusakan		Downtime (Menit)
		Mulai	Selesai	
Basin 1	1	May 11, 2020 10:30 AM	May 11, 2020 11:30 AM	60
	2	Dec 3, 2019 1:00 PM	Dec 3, 2019 2:00 PM	60
	3	Mar 9, 2021 1:00 PM	Mar 9, 2021 3:00 PM	120

MESIN	No Urut	Waktu Kerusakan		Downtime (Menit)
		Mulai	Selesai	
	4	Apr 19, 2021 10:00 AM	Apr 19, 2021 11:00 AM	60
	5	Jun 23, 2021 8:21 AM	Jun 23, 2021 9:21 AM	60
	6	Nov 2, 2021 10:00 AM	Nov 2, 2021 4:00 PM	360
	7	Dec 21, 2021 9:30 AM	Dec 21, 2021 11:30 AM	120
	8	Feb 23, 2021 10:33 AM	Feb 23, 2021 4:33 PM	360
	9	Aug 11, 2019 3:48 AM	Aug 11, 2019 4:00 PM	732
	10	Jul 15, 2020 12:00 PM	Jul 15, 2020 1:00 PM	60
	11	Aug 18, 2021 10:00 AM	Aug 18, 2021 10:30 AM	30
	12	Aug 7, 2019 10:00 AM	Aug 7, 2019 1:00 PM	180
	13	Sep 24, 2020 9:24 AM	Sep 24, 2020 10:24 AM	60
	14	Oct 7, 2020 10:00 AM	Oct 7, 2020 12:30 PM	150
	15	Sep 9, 2021 10:36 AM	Sep 9, 2021 11:30 AM	54
	16	Mar 23, 2021 4:05 AM	Mar 23, 2021 5:30 AM	85
	17	Mar 23, 2021 4:05 AM	Mar 23, 2021 5:30 AM	85
	18	Apr 13, 2021 9:00 AM	Apr 13, 2021 11:00 AM	120
	19	May 10, 2021 10:00 AM	May 10, 2021 12:30 PM	150
	20	Aug 10, 2021 9:41 AM	Aug 10, 2021 9:59 AM	18
	21	Feb 15, 2022 3:00 PM	Feb 15, 2022 3:30 PM	30
	22	Feb 24, 2021 10:00 AM	Feb 24, 2021 11:00 AM	60
	23	Feb 24, 2021 9:00 AM	Feb 24, 2021 10:00 AM	60
	24	Dec 8, 2020 10:30 AM	Dec 8, 2020 5:30 PM	420
	25	Feb 26, 2021 1:00 PM	Feb 26, 2021 4:00 PM	180
	26	Jul 21, 2021 1:00 PM	Jul 21, 2021 3:00 PM	120
	27	Sep 8, 2021 12:30 PM	Sep 8, 2021 3:00 PM	150
	28	Jan 21, 2020 10:00 AM	Jan 21, 2020 3:18 PM	318
	29	Feb 3, 2021 2:30 PM	Feb 3, 2021 3:00 PM	30
	30	Mar 23, 2021 4:12 AM	Mar 23, 2021 5:30 AM	77
	31	Oct 26, 2021 4:21 PM	Oct 27, 2021 7:22 AM	901
Turbin	1	Oct 11, 2021 10:00 AM	Oct 11, 2021 10:30 AM	30
	2	Nov 22, 2021 1:30 PM	Nov 22, 2021 2:00 PM	30
	3	Dec 21, 2021 9:00 AM	Dec 21, 2021 2:00 PM	300
	4	Dec 21, 2021 9:00 AM	Dec 21, 2021 2:00 PM	300
	5	Nov 22, 2021 2:30 PM	Nov 22, 2021 3:00 PM	30
	6	Apr 13, 2020 5:00 PM	Apr 15, 2020 7:00 PM	3000
	7	Apr 17, 2020 4:50 PM	Apr 18, 2020 12:00 AM	430
	8	Apr 18, 2020 9:00 AM	Apr 19, 2020 1:00 PM	1680
	9	Dec 18, 2020 10:00 AM	Dec 18, 2020 11:00 AM	60

MESIN	No Urut	Waktu Kerusakan		Downtime (Menit)
		Mulai	Selesai	
	10	Dec 14, 2021 10:00 AM	Dec 14, 2021 1:00 PM	180
	11	Mar 23, 2021 7:15 AM	Mar 23, 2021 9:00 AM	105
	12	Dec 7, 2019 12:36 AM	Dec 7, 2019 3:00 PM	864
	13	Nov 22, 2021 2:00 PM	Nov 22, 2021 2:30 PM	30
	14	Jul 26, 2020 3:13 PM	Jul 26, 2020 8:00 PM	287
	15	Aug 21, 2020 5:00 PM	Aug 21, 2020 6:30 PM	90
	16	Sep 11, 2022 9:00 AM	Sep 11, 2022 10:00 AM	60
	17	Aug 22, 2022 5:00 PM	Aug 23, 2022 7:00 PM	1560
	18	Jun 15, 2022 1:30 PM	Jun 17, 2022 2:00 PM	2910
Basin 2	1	Nov 22, 2019 8:30 AM	Nov 22, 2019 12:00 PM	210
	2	Dec 11, 2019 10:00 AM	Dec 11, 2019 1:00 PM	180
	3	Feb 11, 2020 10:00 AM	Feb 11, 2020 12:30 PM	150
	4	Mar 3, 2020 2:00 PM	Mar 3, 2020 3:00 PM	60
	5	Mar 10, 2020 1:00 PM	Mar 10, 2020 1:30 PM	30
	6	Mar 18, 2020 1:00 PM	Mar 18, 2020 1:45 PM	45
	7	May 18, 2020 7:17 AM	May 19, 2020 4:00 PM	1963
	8	Jul 14, 2020 11:00 AM	Jul 14, 2020 12:30 PM	90
	9	Oct 2, 2020 10:00 AM	Oct 2, 2020 10:30 AM	30
	10	Oct 2, 2020 10:00 AM	Oct 2, 2020 10:30 AM	30
	11	Oct 7, 2020 1:00 PM	Oct 7, 2020 2:00 PM	60
	12	Nov 18, 2020 9:00 AM	Nov 18, 2020 1:00 PM	240
	13	Dec 22, 2020 9:00 AM	Dec 22, 2020 10:00 AM	60
	14	Dec 29, 2020 9:00 AM	Dec 29, 2020 10:00 AM	60
	15	Jan 18, 2021 10:00 AM	Jan 18, 2021 11:00 AM	60
	16	Jan 21, 2021 2:00 PM	Jan 21, 2021 4:00 PM	120
	17	Mar 9, 2021 1:00 PM	Mar 9, 2021 2:30 PM	90
	18	Mar 24, 2021 8:00 AM	Mar 24, 2021 12:00 PM	240
	19	Apr 21, 2021 2:08 PM	Apr 22, 2021 2:05 PM	1437
	20	May 10, 2021 11:30 AM	May 10, 2021 12:30 PM	60
	21	May 14, 2021 11:14 AM	May 14, 2021 12:30 PM	76
	22	Oct 19, 2021 2:00 PM	Oct 19, 2021 2:30 PM	30
	23	Oct 26, 2021 1:30 PM	Oct 26, 2021 3:30 PM	120
	24	Nov 30, 2021 11:00 AM	Nov 30, 2021 12:00 PM	60
	25	Dec 3, 2021 10:07 AM	Dec 4, 2021 2:30 PM	1703
	26	Feb 23, 2022 12:06 AM	Feb 23, 2022 5:30 AM	324
	27	Feb 24, 2022 9:00 AM	Feb 24, 2022 11:00 AM	120
	28	Mar 1, 2022 1:00 PM	Mar 1, 2022 4:00 PM	180



MESIN	No Urut	Waktu Kerusakan		Downtime (Menit)
		Mulai	Selesai	
Water Conduits	1	Apr 23, 2020 10:30 AM	Apr 23, 2020 5:00 PM	390
	2	Apr 28, 2020 4:49 AM	Apr 28, 2020 5:30 AM	41
	3	May 18, 2020 12:16 PM	May 18, 2020 1:09 PM	53
	4	May 20, 2020 9:00 AM	May 20, 2020 7:00 PM	600
	5	May 20, 2020 10:15 AM	May 20, 2020 7:00 PM	525
	6	May 20, 2020 10:41 PM	May 21, 2020 3:01 AM	260
Raking Intake	1	Jan 11, 2019 12:52 AM	Jan 11, 2019 3:14 AM	142
	2	Jan 22, 2019 2:00 PM	Jan 22, 2019 6:44 PM	284
	3	Jan 27, 2019 7:00 AM	Jan 27, 2019 8:00 AM	60
	4	Apr 4, 2019 8:22 AM	Apr 4, 2019 11:37 AM	195
	5	May 10, 2019 7:00 AM	May 10, 2019 11:08 AM	248
	6	May 15, 2019 4:30 AM	May 15, 2019 7:01 AM	151
	7	May 25, 2019 2:30 PM	May 25, 2019 5:51 PM	201
	8	Jun 17, 2019 6:25 AM	Jun 17, 2019 9:34 AM	189
	9	Jun 27, 2019 6:25 AM	Jun 27, 2019 10:25 AM	240
	10	Jul 1, 2019 10:45 PM	Jul 2, 2019 12:30 AM	105
	11	Jul 15, 2019 2:00 PM	Jul 15, 2019 4:00 PM	120
	12	Jul 22, 2019 10:20 PM	Jul 23, 2019 12:44 AM	144
	13	Aug 13, 2019 5:21 PM	Aug 13, 2019 6:53 PM	92
	14	Dec 7, 2019 11:13 PM	Dec 8, 2019 1:10 AM	117
	15	Feb 17, 2020 3:52 PM	Feb 17, 2020 5:59 PM	127
	16	Feb 19, 2020 1:00 PM	Feb 19, 2020 3:11 PM	131
	17	Feb 27, 2020 1:00 PM	Feb 28, 2020 1:00 PM	1440
	18	Mar 9, 2020 10:00 AM	Mar 9, 2020 1:13 PM	193
	19	May 19, 2020 10:06 AM	May 19, 2020 11:35 AM	89
	20	Jun 27, 2020 9:42 AM	Jun 27, 2020 12:37 PM	175
	21	Oct 17, 2020 10:00 AM	Oct 17, 2020 1:06 PM	186
	22	Oct 21, 2020 6:30 PM	Oct 21, 2020 9:09 PM	159
	23	Nov 10, 2020 7:00 AM	Nov 10, 2020 8:16 AM	76
	24	Nov 24, 2020 6:25 AM	Nov 24, 2020 7:36 AM	71
	25	Nov 27, 2020 7:00 AM	Nov 27, 2020 9:02 AM	122
	26	Nov 29, 2020 11:13 PM	Nov 30, 2020 12:00 AM	47
	27	Dec 9, 2020 7:46 PM	Dec 9, 2020 11:30 PM	223
	28	Dec 12, 2020 3:46 PM	Dec 12, 2020 7:57 PM	251
29	Dec 17, 2020 9:00 AM	Dec 17, 2020 12:10 PM	190	
30	Dec 18, 2020 10:00 AM	Dec 18, 2020 12:48 PM	168	

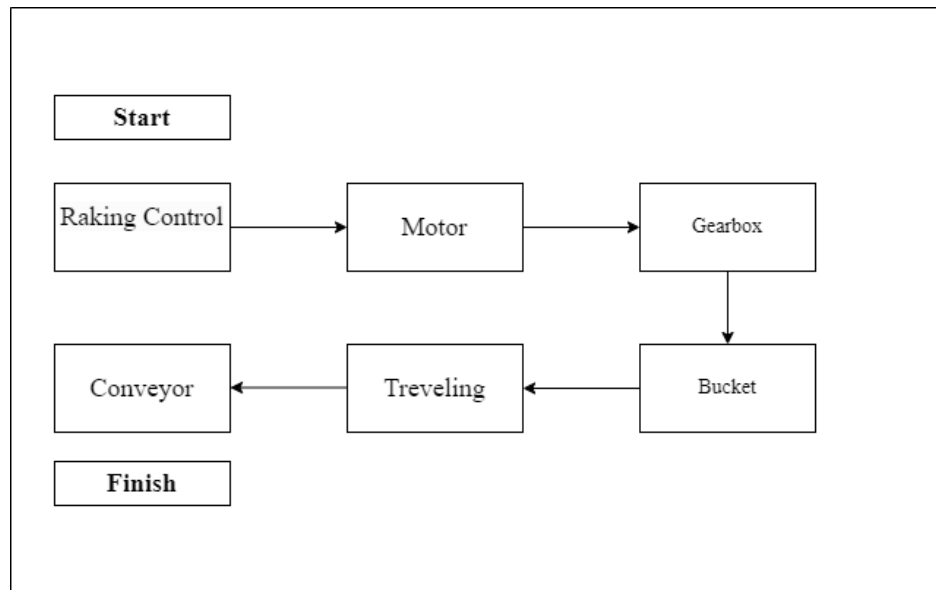
MESIN	No Urut	Waktu Kerusakan		Downtime (Menit)
		Mulai	Selesai	
	31	Dec 22, 2020 9:00 AM	Dec 22, 2020 1:21 PM	261
	32	Dec 25, 2020 3:06 PM	Dec 25, 2020 5:00 PM	114
	33	Jan 19, 2021 1:02 PM	Jan 19, 2021 3:24 PM	142
	34	Jan 25, 2021 5:02 PM	Jan 25, 2021 8:24 PM	202
	35	Feb 2, 2021 7:49 AM	Feb 3, 2021 11:42 AM	1673
	36	Feb 3, 2021 10:56 PM	Feb 4, 2021 12:37 AM	101
	37	Feb 8, 2021 6:35 PM	Feb 8, 2021 10:15 PM	220
	38	Feb 18, 2021 10:00 AM	Feb 18, 2021 1:02 PM	182
	39	Feb 22, 2021 10:00 AM	Feb 22, 2021 1:00 PM	180
	40	Mar 22, 2021 7:18 PM	Mar 22, 2021 9:48 PM	150
	41	Apr 5, 2021 2:00 PM	Apr 5, 2021 3:06 PM	66
	42	Apr 25, 2021 11:00 AM	Apr 25, 2021 12:00 PM	60
	43	May 20, 2021 1:00 PM	May 20, 2021 4:55 PM	235
	44	May 20, 2021 2:30 PM	May 20, 2021 5:06 PM	156
	45	May 28, 2021 9:34 AM	May 28, 2021 2:15 PM	281
	46	May 29, 2021 10:15 AM	May 29, 2021 11:27 AM	71
	47	Aug 26, 2021 3:21 PM	Aug 26, 2021 6:39 PM	198
	48	Aug 28, 2021 8:14 PM	Aug 28, 2021 10:00 PM	106
	49	Dec 17, 2021 9:00 AM	Dec 17, 2021 2:00 PM	300
	50	Dec 23, 2021 9:00 AM	Dec 23, 2021 11:00 AM	120
	51	Jan 8, 2022 1:00 PM	Jan 8, 2022 5:09 PM	249
	52	Jan 21, 2022 11:06 PM	Jan 22, 2022 3:52 AM	285
	53	Jan 26, 2022 9:00 AM	Jan 26, 2022 10:00 AM	60
	54	Feb 1, 2022 11:36 AM	Feb 1, 2022 1:00 PM	84
	55	Feb 22, 2022 11:06 PM	Feb 23, 2022 1:06 AM	120
	56	Apr 28, 2022 10:00 AM	Apr 28, 2022 1:45 PM	225
	57	Apr 30, 2022 5:00 AM	Apr 30, 2022 9:10 AM	250
	58	May 31, 2022 9:00 AM	May 31, 2022 1:05 PM	245
	59	May 31, 2022 1:00 PM	May 31, 2022 3:00 PM	120
	60	Jun 1, 2022 10:00 AM	Jun 1, 2022 11:36 AM	96
	61	Jun 15, 2022 4:16 PM	Jun 15, 2022 5:00 PM	44
	62	Jul 2, 2022 7:00 AM	Jul 2, 2022 11:09 AM	249
	63	Sep 27, 2022 10:26 PM	Sep 27, 2022 11:31 PM	65
	64	Oct 5, 2022 2:00 PM	Oct 5, 2022 6:00 PM	240
	65	Oct 29, 2022 12:03 PM	Oct 29, 2022 2:05 PM	122
	66	Nov 5, 2022 1:00 PM	Nov 5, 2022 4:16 PM	196
	67	Dec 5, 2022 1:00 PM	Dec 5, 2022 2:00 PM	60

MESIN	No Urut	Waktu Kerusakan		Downtime (Menit)
		Mulai	Selesai	
	68	Dec 29, 2022 12:03 PM	Dec 29, 2022 1:03 PM	60
Raking Inlet	1	Jan 20, 2020 10:36 AM	Jan 22, 2020 4:15 PM	3219
	2	Feb 23, 2020 9:40 AM	Feb 23, 2020 11:30 AM	110
	3	Mar 25, 2020 12:53 PM	Mar 25, 2020 4:00 PM	187
	4	Apr 29, 2020 1:55 PM	May 1, 2020 4:00 PM	3005
	5	Dec 18, 2020 9:00 AM	Dec 18, 2020 12:00 PM	180
	7	Aug 30, 2021 9:00 AM	Aug 30, 2021 10:00 AM	60
	8	Dec 16, 2021 10:00 AM	Dec 16, 2021 1:00 PM	180
	9	Dec 16, 2021 10:00 AM	Dec 16, 2021 1:00 PM	180
	10	Jan 20, 2022 1:00 PM	Jan 20, 2022 3:00 PM	120
	11	Feb 14, 2022 1:00 PM	Feb 14, 2022 3:00 PM	120
	12	Mar 16, 2022 1:00 PM	Mar 16, 2022 2:00 PM	60

## 4.2 Pengolahan Data Kualitatif (*Reliability Centered Maintenance*)

### 4.2.1 *Functional Block Diagram (FBD)*.

FBD (*Functional Block Diagram*) digunakan untuk memberikan informasi lengkap tentang sistem mesin raking dari awal hingga akhir penggunaan. FBD adalah diagram sederhana yang menggambarkan fungsi utama dalam urutan operasi mesin. Dengan FBD, pengguna atau teknisi dapat dengan mudah memahami alur operasional mesin raking dan interaksi antara bagian-bagian mesin. Berikut merupakan penjelasan mesin raking dari awal hingga akhir :



Gambar 4.1 Functional Block Diagram Mesin Raking

Raking Control merupakan komponen untuk menghidupkan dan menggerakkan sebuah mesin sehingga mesin dapat berjalan. Motor berperan sebagai sumber energi utama dalam mesin raking. Energi listrik diubah menjadi energi mekanik oleh motor untuk menggerakkan komponen-komponen lainnya. Motor memberikan daya dan putaran awal yang dibutuhkan untuk mengoperasikan gearbox. Gearbox berfungsi untuk mengubah kecepatan dan torsi yang diberikan oleh motor agar sesuai dengan kebutuhan mesin. Selain itu, gearbox juga mengatur perbandingan kecepatan putaran dan torsi yang akan diteruskan ke komponen bucket raking. Bucket raking merupakan komponen yang berperan dalam menangkap dan mengalirkan material sampah yang mengganggu proses produksi. Bucket raking terhubung dengan sebuah sistem pergerakan yang disebut Traveling System. Traveling System menggunakan rel dan mekanisme pergerakan untuk memungkinkan bucket raking bergerak secara horizontal. Dengan memanfaatkan rel dan sistem pergerakan tersebut, bucket raking dapat dipindahkan dengan efisiensi dan akurasi yang tinggi dari area penangkapan material sampah. Setelah bucket raking menangkap material sampah, material sampah tersebut akan dipindahkan melalui conveyor.

#### 4.2.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

Metode FMEA melibatkan evaluasi kegagalan sistem, penyebab kegagalan, dan dampak yang terjadi pada setiap komponen yang dicatat dalam worksheet FMEA. Pendekatan ini memudahkan identifikasi komponen kritis dengan *downtime* tertinggi atau nilai RPN terbesar, serta memahami dampaknya pada sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, metode ini berperan dalam menentukan strategi perawatan yang sesuai untuk komponen-komponen yang kritis. Berikut ini merupakan nilai FMEA dari mesin raking yang didapatkan dari hasil wawancara kepada kepala Ophar dan Supervisor dibagian *Intake Dam*.

Tabel 4.2 FMEA Mesin Raking

<i>Raking Machine</i>								
No	Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Effect of Failure	S	O D	RPN
1	Motor	Penggerak utama operasi mesin	Motor fail	Beban berlebihan dan kelembapan atau kondisi lingkungan	Mesin Raking tidak beroperasi atau berhenti	3	8 3	72
2	Bucket Raking	Menangkap, mengangkat, dan mengalirkan material seperti sampah agar tidak masuk ke dalam sistem mesin atau produksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tali Bucket putus</li> <li>• Kuku bucket aus</li> <li>• Bucket tidak bisa nak turun</li> </ul>	Kerusakan struktural, korosi, dan overload sampah	Bucket tidak dapat menggaruk	5	9 4	180
3	Gearbox	Mentransfer dan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gear aus</li> </ul>	Keausan	Mesin Raking	2	8 3	48

<i>Raking Machine</i>									
<b>No</b>	<b>Equipment</b>	<b>Function</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Causes</b>	<b>Effect of Failure</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>RP</b>
		mengubah kecepatan serta torsi dari motor penggerak ke mekanisme raking.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bearing fail</li> </ul>		tidak dapat traveling dan menggaruk				
4	Conveyor	Mengalirkan material seperti sampah dari area penangkapan ke tempat pembuangan dengan menggunakan sabuk atau rantai yang bergerak secara kontinu.	Rantai konveyor putus	Beban berlebihan dan keausan	Penumpukan sampah pada conveyor	2	7	3	42
5	Traveling system	Sebagai jalur pergerakan yang memungkinkan mesin raking bergerak secara horizontal di sepanjang area penangkapan material	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sambungan rel rusak</li> <li>Roda rusak</li> </ul>	Keausan pada real	Raking slip dan gagal traveling	3	8	4	96

<i>Raking Machine</i>								
<b>No</b>	<b>Equipment</b>	<b>Function</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Causes</b>	<b>Effect of Failure</b>	<b>S</b>	<b>O D</b>	<b>RPN</b>
6	Raking Control	Sistem kontrol bertugas mengendalikan operasi dan pergerakan rake.	Kegagalan Mekanisme Penggerak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suhu tinggi</li> <li>• Kotoran dan lembab</li> </ul>	false operation	3	8 4	96

Tabel 4.3 Kategori Kekritisan Komponen

<b>Komponen</b>	<b>RPN</b>	<b>Kategori Kekritisan</b>	<b>Rata-rata RPN</b>
Motor	72	Tidak Kritis	
Bucket Raking	180	Kritis	
Gearbox	48	Tidak Kritis	97.2
Conveyor	42	Tidak Kritis	
Traveling system	96	Tidak Kritis	
Raking Control	96	Tidak Kritis	

Berikut merupakan salah satu penjelasan pada metode FMEA mesin raking pada komponen Bucket Raking untuk menentukan nilai *Severity*, *Occurance*, *Detection*:

1. *Severity* : Dalam kegagalan pada mesin raking dengan komponen bucket raking, terdapat dampak yang sangat parah dengan tingkatan keparahan dengan nilai 5. Dalam situasi tersebut, mesin akan berhenti beroperasi secara total dan kehilangan fungsionalitas utamanya.
2. *Occurance* : Kejadian komponen kegagalan pada mesin raking dengan komponen Bucket Raking memiliki tingkat kejadian yang tinggi, dengan peringkat 9.
3. *Detection* : Dalam mengukur kemampuan pengendalian terhadap kegagalan pada mesin raking dengan komponen Bucket Raking, tingkat deteksinya mencapai peringkat 4.

4. Kategori Kritis : Tingkat kritisitas menggunakan nilai rata-rata pada semua komponen.

Dari tabel 4.3 bahwa nilai rata-rata RPN yang didapatkan adalah 97,2.

*Risk Priority Number* (RPN) diperoleh dengan mengkalikan tingkat *severity*, occurrence, dan number, yaitu  $5 \times 9 \times 4 = 180$  yang mengkategorikan tingkat kritisitas dengan tingkat tinggi. Angka *Risk Priority Number* (RPN) 180 diperoleh untuk komponen bucket raking pada mesin raking karena rentan mengalami kerusakan.

#### 4.2.3 Logic Tree Analysis (LTA).

Penyusunan Logic Tree Analysis (LTA) dilakukan untuk mencari jenis perawatan yang memiliki efektivitas dan optimalitas terbaik dalam mengatasi setiap mode kegagalan. Pada tahap ini, tujuannya adalah memberikan prioritas pada setiap mode kerusakan yang muncul. Berikut merupakan hasil dari Logic Tree Analysis dari setiap komponen :

Tabel 4.4 LTA Mesin Raking

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
1	Motor	Penggerak utama operasi mesin	Motor fail	Y	N	Y	B
2	Bucket Raking	menangkap, mengangkut, dan mengalirkan material seperti sampah agar tidak masuk ke dalam sistem mesin atau produksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tali Bucket putus</li> <li>• Kuku bucket aus</li> <li>• Bucket tidak bisa naik turun</li> </ul>	Y	N	Y	B



No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
3	Gearbox	mentransfer dan mengubah kecepatan serta torsi dari motor penggerak ke mekanisme raking.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gear aus</li> <li>• Bearing fail</li> </ul>	Y	N	Y	B
4	Conveyor	mengalirkan material seperti sampah dari area penangkapan ke tempat pembuangan dengan menggunakan sabuk atau rantai yang bergerak secara kontinu.	Rantai konveyor putus	Y	N	N	C
5	Traveling system	sebagai jalur pergerakan yang memungkinkan mesin raking bergerak secara horizontal di sepanjang area	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sambungan rel rusak</li> <li>• Roda rusak</li> </ul>	Y	N	Y	B

No	Equipm ent	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
		penangkap an material					
6	Raking Control	Sistem kontrol bertugas mengendali kan operasi dan pergerakan rake.	Kegagalan Mekanisme Penggerak	Y	T	Y	B

Berikut merupakan salah satu penjelasan pada metode LTA mesin raking pada komponen motor untuk menentukan nilai *Evident*, *Safety*, *Outage*:

1. *Evident*, apakah operator dalam keadaan normal mampu menyadari terjadinya kerusakan ? **YA**
2. *Safety*, yaitu apakah kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan? **NO**
3. *Outage*, yaitu apakah mode kegagalan ini dapat menyebabkan seluruh atau sebagian sistem terhenti? **YA**

**Kategori B** yaitu *outage*, dapat menghentikan sebagian atau seluruh sistem kerja komponen, sehingga mempengaruhi operasi pabrik seperti kuantitas, kualitas produk, dan hasil produksi, serta berpotensi pembesaran biaya yang sebenarnya bisa dihindari.

#### 4.2.4 Task Selection (TS).

Dalam tahap seleksi tindakan berdasarkan pertanyaan penuntun (*task selection*), rood map pemilihan tindakan digunakan untuk memilih tindakan yang tepat untuk setiap mode kegagalan yang terjadi pada mesin raking. Berikut merupakan hasil nilai *task selection* :





Berikut merupakan salah satu penjelasan pada metode LTA mesin raking pada komponen motor untuk menentukan *Selection Task* :

1. Apakah komponen motor memiliki hubungan antar kerusakan dan reliabilitas usia ?  
YA
2. Apakah TD dapat dilakukan ? YA
3. Apakah CD dapat dilakukan ? YA
4. Apakah masuk dalam kategori D (Hidde failure)? YA
5. Apakah FF dapat dilakukan ? YA
6. Apakah ada tindakan yang dipilih efektif ? YA
7. Dapatkah desain dari modifikasi dapat menghilangkan mode kegagalan dan efeknya ?
8. FF

### 4.3 Pengolahan Data Kuntitatif (*Age Replacment*)

#### 4.3.1 Penentuan Komponen Kritis.

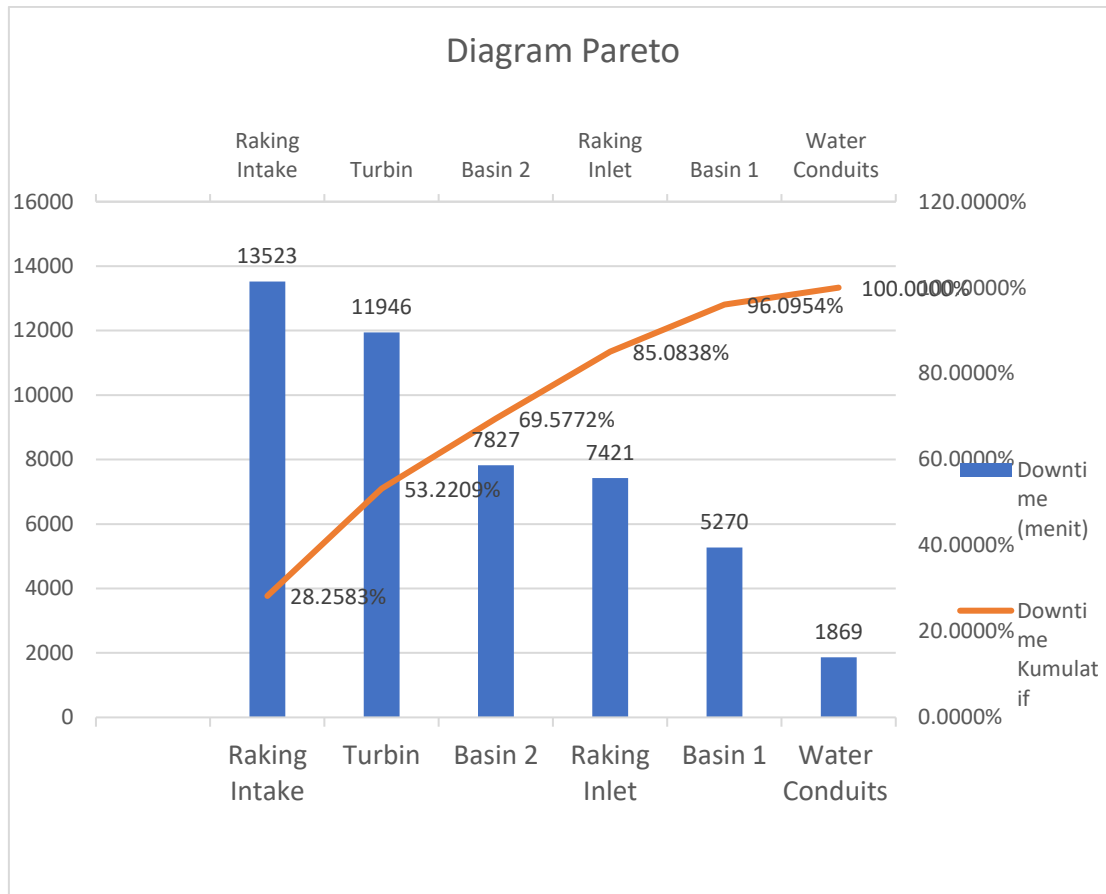
Dalam memilih mesin yang dianggap kritis, diprioritaskan mesin dengan total *downtime* terbesar. Berikut merupakan tampilan data tentang *downtime* pada tabel 4.2 :

Tabel 4.6 Jumlah Total Frekuensi *Downtime* Mesin

No	Mesin	Frekuensi	<i>Downtime</i> (menit)	% <i>Downtime</i>	<i>Downtime</i> Kumulatif
1	Raking <i>Intake</i>	68	13523	28.2583%	28.2583%
2	Turbin	18	11946	24.9626%	53.2209%
3	Basin 2	28	7827	16.3563%	69.5772%
4	Raking <i>Inlet</i>	12	7421	15.5066%	85.0838%
5	Basin 1	31	5270	11.0116%	96.0954%
6	Water Conduits	6	1869	3.9046%	100.0000%
Total		163	47855		

Dalam proses menentukan mesin yang memiliki *downtime* terbesar, tercatat nilai terbesar yaitu pada mesin Raking *Intake* dengan presentase 28.2% dari total persentase

*downtime* pada mesin lainnya. Di bawah ini terdapat diagram Pareto yang menunjukkan distribusi *downtime* pada mesin-mesin :



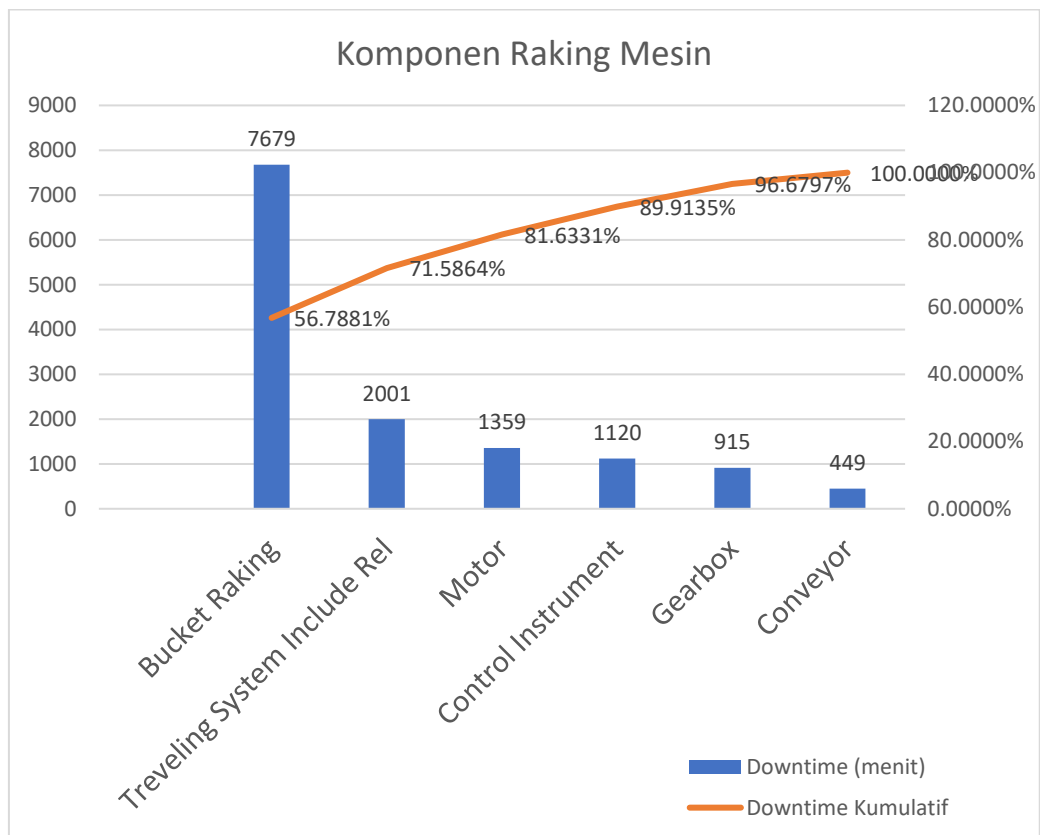
Gambar 4.2 Diagram Pareto *Downtime* Mesin

Pemilihan komponen kritis dilakukan berdasarkan mesin kritis yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam proses menentukan tingkat kritis, dilakukan identifikasi terhadap komponen-komponen yang dianggap memiliki risiko tertinggi. Komponen-komponen ini membutuhkan perhatian khusus dan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi risiko yang ada.

Tabel 4.7 Jumlah Total Frekuensi *Downtime* Komponen Raking

No	Komponen	Frekuensi	<i>Downtime</i> (menit)	% <i>Downtime</i>	<i>Downtime</i> Kumulatif
1	Bucket Raking	29	7679	56.7881%	56.7881%
2	Treveling System	12	2001	14.7983%	71.5864%
3	Motor	9	1359	10.0467%	81.6331%
4	Control Instrument	7	1120	8.2804%	89.9135%
5	Gearbox	7	915	6.7662%	96.6797%
6	Conveyor	4	449	3.3203%	100.0000%
Total		68	13523		

Dalam proses menentukan komponen yang memiliki *downtime* terbesar, tercatat nilai terbesar yaitu pada mesin Bucket Raking dengan presentase 56,78% dari total persentase *downtime* pada komponen lainnya. Di bawah ini terdapat diagram Pareto yang menunjukkan distribusi *downtime* pada komponen-komponen mesin Raking *Intake* :



Gambar 4.3 Diagram Pareto *Downtime* Komponen Raking

#### 4.3.2 Data Kerusakan Pada Komponen Raking Machine.

Data mengenai total waktu *downtime* dari komponen *Raking Machine* tersedia untuk periode mulai dari tahun 2019 hingga tahun 2022. Berikut adalah rincian data tersebut:

Tabel 4.8 Data Waktu Kerusakan Mesin Raking

Waktu Kerusakan				
No Urut	Mulai	Selesai	Komponen	Downtime (Menit)
1	Jan 11, 2019 12:52 AM	Jan 11, 2019 3:14 AM	Bucket Raking	142
2	Jan 22, 2019 2:00 PM	Jan 22, 2019 6:44 PM	Bucket Raking	284
3	Jan 27, 2019 7:00 AM	Jan 27, 2019 8:00 AM	Treveling System Include Rel	60
4	Apr 4, 2019 8:22 AM	Apr 4, 2019 11:37 AM	Treveling System Include Rel	195



<b>Waktu Kerusakan</b>				
<b>No Urut</b>	<b>Mulai</b>	<b>Selesai</b>	<b>Komponen</b>	<b>Downtime (Menit)</b>
5	May 10, 2019 7:00 AM	May 10, 2019 11:08 AM	Bucket Raking	248
6	May 15, 2019 4:30 AM	May 15, 2019 7:01 AM	Control Instrument	151
7	May 25, 2019 2:30 PM	May 25, 2019 5:51 PM	Bucket Raking	201
8	Jun 17, 2019 6:25 AM	Jun 17, 2019 9:34 AM	Bucket Raking	189
9	Jun 27, 2019 6:25 AM	Jun 27, 2019 10:25 AM	Gearbox	240
10	Jul 1, 2019 10:45 PM	Jul 2, 2019 12:30 AM	Gearbox	105
11	Jul 15, 2019 2:00 PM	Jul 15, 2019 4:00 PM	Bucket Raking	120
12	Jul 22, 2019 10:20 PM	Jul 23, 2019 12:44 AM	Treveling System Include Rel	144
13	Aug 13, 2019 5:21 PM	Aug 13, 2019 6:53 PM	Bucket Raking	92
14	Dec 7, 2019 11:13 PM	Dec 8, 2019 1:10 AM	Conveyor	117
15	Feb 17, 2020 3:52 PM	Feb 17, 2020 5:59 PM	Bucket Raking	127
16	Feb 19, 2020 1:00 PM	Feb 19, 2020 3:11 PM	Motor	131
17	Feb 27, 2020 1:00 PM	Feb 28, 2020 1:00 PM	Bucket Raking	1440
18	Mar 9, 2020 10:00 AM	Mar 9, 2020 1:13 PM	Treveling System Include Rel	193
19	May 19, 2020 10:06 AM	May 19, 2020 11:35 AM	Bucket Raking	89
20	Jun 27, 2020 9:42 AM	Jun 27, 2020 12:37 PM	Bucket Raking	175
21	Oct 17, 2020 10:00 AM	Oct 17, 2020 1:06 PM	Bucket Raking	186
22	Oct 21, 2020 6:30 PM	Oct 21, 2020 9:09 PM	Bucket Raking	159
23	Nov 10, 2020 7:00 AM	Nov 10, 2020 8:16 AM	Bucket Raking	76
24	Nov 24, 2020 6:25 AM	Nov 24, 2020 7:36 AM	Motor	71
25	Nov 27, 2020 7:00 AM	Nov 27, 2020 9:02 AM	Treveling System Include Rel	122
26	Nov 29, 2020 11:13 PM	Nov 30, 2020 12:00 AM	Control Instrument	47
27	Dec 9, 2020 7:46 PM	Dec 9, 2020 11:30 PM	Bucket Raking	223

<b>Waktu Kerusakan</b>				
<b>No Urut</b>	<b>Mulai</b>	<b>Selesai</b>	<b>Komponen</b>	<b>Downtime (Menit)</b>
28	Dec 12, 2020 3:46 PM	Dec 12, 2020 7:57 PM	Treveling System Include Rel	251
29	Dec 17, 2020 9:00 AM	Dec 17, 2020 12:10 PM	Treveling System Include Rel	190
30	Dec 18, 2020 10:00 AM	Dec 18, 2020 12:48 PM	Control Instrument	168
31	Dec 22, 2020 9:00 AM	Dec 22, 2020 1:21 PM	Control Instrument	261
32	Dec 25, 2020 3:06 PM	Dec 25, 2020 5:00 PM	Motor	114
33	Jan 19, 2021 1:02 PM	Jan 19, 2021 3:24 PM	Control Instrument	142
34	Jan 25, 2021 5:02 PM	Jan 25, 2021 8:24 PM	Bucket Raking	202
35	Feb 2, 2021 7:49 AM	Feb 3, 2021 11:42 AM	Bucket Raking	1673
36	Feb 3, 2021 10:56 PM	Feb 4, 2021 12:37 AM	Control Instrument	101
37	Feb 8, 2021 6:35 PM	Feb 8, 2021 10:15 PM	Treveling System Include Rel	220
38	Feb 18, 2021 10:00 AM	Feb 18, 2021 1:02 PM	Bucket Raking	182
39	Feb 22, 2021 10:00 AM	Feb 22, 2021 1:00 PM	Gearbox	180
40	Mar 22, 2021 7:18 PM	Mar 22, 2021 9:48 PM	Conveyor	150
41	Apr 5, 2021 2:00 PM	Apr 5, 2021 3:06 PM	Bucket Raking	66
42	Apr 25, 2021 11:00 AM	Apr 25, 2021 12:00 PM	Bucket Raking	60
43	May 20, 2021 1:00 PM	May 20, 2021 4:55 PM	Motor	235
44	May 20, 2021 2:30 PM	May 20, 2021 5:06 PM	Treveling System Include Rel	156
45	May 28, 2021 9:34 AM	May 28, 2021 2:15 PM	Motor	281
46	May 29, 2021 10:15 AM	May 29, 2021 11:27 AM	Motor	71
47	Aug 26, 2021 3:21 PM	Aug 26, 2021 6:39 PM	Bucket Raking	198
48	Aug 28, 2021 8:14 PM	Aug 28, 2021 10:00 PM	Gearbox	106
49	Dec 17, 2021 9:00 AM	Dec 17, 2021 2:00 PM	Motor	300
50	Dec 23, 2021 9:00 AM	Dec 23, 2021 11:00 AM	Treveling System Include Rel	120
51	Jan 8, 2022 1:00 PM	Jan 8, 2022 5:09 PM	Bucket Raking	249

<b>Waktu Kerusakan</b>				
<b>No Urut</b>	<b>Mulai</b>	<b>Selesai</b>	<b>Komponen</b>	<b>Downtime (Menit)</b>
52	Jan 21, 2022 11:06 PM	Jan 22, 2022 3:52 AM	Treveling System	285
53	Jan 26, 2022 9:00 AM	Jan 26, 2022 10:00 AM	Bucket Raking	60
54	Feb 1, 2022 11:36 AM	Feb 1, 2022 1:00 PM	Bucket Raking	84
55	Feb 22, 2022 11:06 PM	Feb 23, 2022 1:06 AM	Gearbox	120
56	Apr 28, 2022 10:00 AM	Apr 28, 2022 1:45 PM	Bucket Raking	225
57	Apr 30, 2022 5:00 AM	Apr 30, 2022 9:10 AM	Control Instrument	250
58	May 31, 2022 9:00 AM	May 31, 2022 1:05 PM	Bucket Raking	245
59	May 31, 2022 1:00 PM	May 31, 2022 3:00 PM	Gearbox	120
60	Jun 1, 2022 10:00 AM	Jun 1, 2022 11:36 AM	Motor	96
61	Jun 15, 2022 4:16 PM	Jun 15, 2022 5:00 PM	Gearbox	44
62	Jul 2, 2022 7:00 AM	Jul 2, 2022 11:09 AM	Bucket Raking	249
63	Sep 27, 2022 10:26 PM	Sep 27, 2022 11:31 PM	Treveling System	65
64	Oct 5, 2022 2:00 PM	Oct 5, 2022 6:00 PM	Bucket Raking	240
65	Oct 29, 2022 12:03 PM	Oct 29, 2022 2:05 PM	Conveyor	122
66	Nov 5, 2022 1:00 PM	Nov 5, 2022 4:16 PM	Bucket Raking	196
67	Dec 5, 2022 1:00 PM	Dec 5, 2022 2:00 PM	Conveyor	60
68	Dec 29, 2022 12:03 PM	Dec 29, 2022 1:03 PM	Motor	60
<b>Total</b>				<b>13523</b>

#### *4.3.3 Penentuan Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan pada Komponen Bucket Raking.*

Untuk menganalisis jarak antara kegagalan, langkah-langkah dilakukan setelahnya yaitu mengidentifikasi komponen Bucket Raking sebagai komponen dengan *downtime* tertinggi. Selanjutnya, distribusi data ditentukan untuk mengevaluasi rentang kerusakan pada komponen Bucket Raking. Informasi mengenai rentang kerusakan dapat ditemukan dalam Tabel 4.9

Tabel 4.9 Data Waktu Kerusakan Komponen Bucket Raking

Bucket Raking			
No Urut	Waktu Kerusakan		Ti (Menit)
	Mulai	Selesai	
1	Jan 11, 2019 12:52 AM	Jan 11, 2019 3:14 AM	0
2	Jan 22, 2019 2:00 PM	Jan 22, 2019 6:44 PM	16486
3	May 10, 2019 7:00 AM	May 10, 2019 11:08 AM	154816
4	May 25, 2019 2:30 PM	May 25, 2019 5:51 PM	21802
5	Jun 17, 2019 6:25 AM	Jun 17, 2019 9:34 AM	32434
6	Jul 15, 2019 2:00 PM	Jul 15, 2019 4:00 PM	40586
7	Aug 13, 2019 5:21 PM	Aug 13, 2019 6:53 PM	41841
8	Feb 17, 2020 3:52 PM	Feb 17, 2020 5:59 PM	270539
9	Feb 27, 2020 1:00 PM	Feb 28, 2020 1:00 PM	14101
10	May 19, 2020 10:06 AM	May 19, 2020 11:35 AM	116466
11	Jun 27, 2020 9:42 AM	Jun 27, 2020 12:37 PM	56047
12	Oct 17, 2020 10:00 AM	Oct 17, 2020 1:06 PM	161123
13	Oct 21, 2020 6:30 PM	Oct 21, 2020 9:09 PM	6084
14	Nov 10, 2020 7:00 AM	Nov 10, 2020 8:16 AM	27951
15	Dec 9, 2020 7:46 PM	Dec 9, 2020 11:30 PM	42450
16	Jan 25, 2021 5:02 PM	Jan 25, 2021 8:24 PM	67292
17	Feb 2, 2021 7:49 AM	Feb 3, 2021 11:42 AM	10765
18	Feb 18, 2021 10:00 AM	Feb 18, 2021 1:02 PM	21498
19	Apr 5, 2021 2:00 PM	Apr 5, 2021 3:06 PM	66298
20	Apr 25, 2021 11:00 AM	Apr 25, 2021 12:00 PM	28554
21	Aug 26, 2021 3:21 PM	Aug 26, 2021 6:39 PM	177321
22	Jan 8, 2022 1:00 PM	Jan 8, 2022 5:09 PM	194061
23	Jan 26, 2022 9:00 AM	Jan 26, 2022 10:00 AM	25431
24	Feb 1, 2022 11:36 AM	Feb 1, 2022 1:00 PM	8736
25	Apr 28, 2022 10:00 AM	Apr 28, 2022 1:45 PM	123660
26	May 31, 2022 9:00 AM	May 31, 2022 1:05 PM	47235
27	Jul 2, 2022 7:00 AM	Jul 2, 2022 11:09 AM	45715
28	Oct 5, 2022 2:00 PM	Oct 5, 2022 6:00 PM	136971
29	Nov 5, 2022 1:00 PM	Nov 5, 2022 4:16 PM	44340

Pada pengujian ini, digunakan empat jenis distribusi untuk menghitung nilai indeks kecocokan (index of fit) dari masing-masing distribusi tersebut. Keempat distribusi yang

digunakan adalah Lognormal, Normal, Eksponensial, dan Weibull. Berikut merupakan contoh perhitungan pada setiap distribusi :

### 1. Distribusi Eksponensial

Contoh Perhitungan Distribusi Eksponensial :

$$\begin{aligned} X_i &= t_i \\ &= 6084 \\ X_i^2 &= 6084^2 \\ &= 37015056 \\ F(t_i) &= \frac{i-0,3}{n+0,4} \\ &= \frac{1-0,3}{28+0,4} = 0.024647887 \\ Y_i &= \ln \left( \frac{1}{1-F(t_i)} \right) \\ Y_i &= \ln \left( \frac{1}{1-F(0.024647887)} \right) = 0.024956732 \\ Y_i^2 &= 0.024956732^2 \\ &= 0.000622838 \\ X_i Y_i &= 6084 * 0.024956732 \\ &= 151.8367573 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Distribusi Eksponensial

No	Ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	6084	6084	37015056	0.0246	0.0250	0.0006	151.8368
2	8736	8736	76317696	0.0599	0.0617	0.0038	539.2347
3	10765	10765	115887378	0.0951	0.0999	0.0100	1075.414
4	14101	14101	198838201	0.1303	0.1396	0.0195	1968.301
5	16486	16486	271788196	0.1655	0.1809	0.0327	2982.55
6	21498	21498	462164004	0.2007	0.2240	0.0502	4816.073
7	21802	21802	475327204	0.2359	0.2691	0.0724	5866.414
8	25431	25431	646735761	0.2711	0.3163	0.1000	8042.692
9	27951	27951	781258401	0.3063	0.3658	0.1338	10223.65
10	28554	28554	815330916	0.3415	0.4179	0.1746	11931.73
11	32434	32434	1051964356	0.3768	0.4728	0.2236	15335.59
12	40586	40586	1647223396	0.4120	0.5310	0.2819	21550.37

No	Ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
13	41841	41841	1750669281	0.4472	0.5927	0.3513	24800.35
14	42450	42450	1802056270	0.4824	0.6585	0.4337	27955.51
15	44340	44340	1966035600	0.5176	0.7290	0.5314	32323.56
16	45715	45715	2089861225	0.5528	0.8048	0.6477	36790.84
17	47235	47235	2231145225	0.5880	0.8868	0.7864	41888.01
18	56047	56047	3141266209	0.6232	0.9761	0.9529	54710.02
19	66298	66298	4395424804	0.6585	1.0743	1.1540	71221.51
20	67292	67292	4528244667	0.6937	1.1831	1.3996	79611.16
21	116466	116466	13564329175	0.7289	1.3052	1.7035	152007.8
22	123660	123660	15291795600	0.7641	1.4443	2.0859	178599.9
23	136971	136971	18761054841	0.7993	1.6059	2.5790	219964.9
24	154816	154816	23967993856	0.8345	1.7988	3.2358	278487.1
25	161123	161123	25960621129	0.8697	2.0381	4.1537	328377.7
26	177321	177321	31442737041	0.9049	2.3531	5.5373	417260.7
27	194061	194061	37659671721	0.9401	2.8158	7.9285	546429.4
28	270539	270539	73191539898	0.9754	3.7031	13.7127	1001825
<b>Total</b>	<b>2000604</b>	<b>2000604</b>	<b>2.68324E+11</b>	<b>14</b>	<b>27.0734</b>	<b>48.2965</b>	<b>3576737</b>

Kemudian menghitung nilai r pada distribusi Eksponensial dengan perhitungan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi \sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n Xi^2 - (\sum_{t=1}^n Xi)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n Yi^2 - (\sum_{t=1}^n Yi)^2}}$$

$$r = \frac{(28 * (3576737)) - (2000604 * (27.0734))}{\sqrt{(28 * 268324297108 - (2000604)^2)} \sqrt{(28 * 48.2965 - (27.0734)^2)}}$$

$$= 0.986197259$$

## 2. Distribusi Normal

Contoh Perhitungan Distribusi Normal :

$$Xi = ti$$

$$= 6084$$

$$Xi^2 = 6084^2$$

$$= 37015056$$

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

$$= \frac{1-0,3}{28+0,4} = 0.024647887$$

$$Yi = Zi = \Phi^{-1}(F(ti))$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}(0.024647887) = -1.966024552$$

$$Y_i^2 = -1.966024552^2$$

$$= 3.865252537$$

$$X_i Y_i = 6084 * -1.966024552$$

$$= -11961.29337$$

Tabel 4.11 Distribusi Normal

No	Ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	6084	6084	37015056	0.0246	-1.9660	3.8653	-11961.3
2	8736	8736	76317696	0.0599	-1.5560	2.4210	-13592.8
3	10765	10765	115887378	0.0951	-1.3102	1.7165	-14104
4	14101	14101	198838201	0.1303	-1.1251	1.2658	-15864.5
5	16486	16486	271788196	0.1655	-0.9721	0.9450	-16026.5
6	21498	21498	462164004	0.2007	-0.8391	0.7041	-18039.2
7	21802	21802	475327204	0.2359	-0.7195	0.5177	-15686.6
8	25431	25431	646735761	0.2711	-0.6094	0.3714	-15497.9
9	27951	27951	781258401	0.3063	-0.5063	0.2563	-14150.4
10	28554	28554	815330916	0.3415	-0.4082	0.1667	-11656.8
11	32434	32434	1051964356	0.3768	-0.3140	0.0986	-10184.3
12	40586	40586	1647223396	0.4120	-0.2225	0.0495	-9029.39
13	41841	41841	1750669281	0.4472	-0.1328	0.0176	-5555.71
14	42450	42450	1802056270	0.4824	-0.0441	0.0019	-1873.99
15	44340	44340	1966035600	0.5176	0.0441	0.0019	1957.394
16	45715	45715	2089861225	0.5528	0.1328	0.0176	6070.106
17	47235	47235	2231145225	0.5880	0.2225	0.0495	10508.64
18	56047	56047	3141266209	0.6232	0.3140	0.0986	17598.75
19	66298	66298	4395424804	0.6585	0.4082	0.1667	27065.4
20	67292	67292	4528244667	0.6937	0.5063	0.2563	34067.18
21	116466	116466	13564329175	0.7289	0.6094	0.3714	70975.4
22	123660	123660	15291795600	0.7641	0.7195	0.5177	88973.75
23	136971	136971	18761054841	0.7993	0.8391	0.7041	114933.5
24	154816	154816	23967993856	0.8345	0.9721	0.9450	150501.3
25	161123	161123	25960621129	0.8697	1.1251	1.2658	181273.1
26	177321	177321	31442737041	0.9049	1.3102	1.7165	232319.3
27	194061	194061	37659671721	0.9401	1.5560	2.4210	301950.6
28	270539	270539	73191539898	0.9754	1.9660	3.8653	531887
<b>Total</b>	<b>2000604</b>	<b>2000604</b>	<b>2.68324E+11</b>	<b>14</b>	<b>0.0000</b>	<b>24.7947</b>	<b>1596858</b>

Kemudian menghitung nilai r pada distribusi Normal dengan perhitungan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi \sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n XI^2 - (\sum_{t=1}^n XI)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n YI^2 - (\sum_{t=1}^n YI)^2}}$$

$$r = \frac{(28 * (1596858)) - (2000604 * (0))}{\sqrt{(28 * 268324297108 - (2000604)^2)} \sqrt{(28 * 24.7947 - (0)^2)}}$$

$$= 0.905672057$$

### 3. Distribusi LogNormal

Contoh Perhitungan Distribusi LogNormal :

$$Xi = \ln ti$$

$$= \ln (6084) = 8.713417653$$

$$XI^2 = 8.713417653^2$$

$$= 75.9236472$$

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

$$= \frac{1-0,3}{28+0,4} = 0.024647887$$

$$Yi = Zi = \Phi^{-1}(F(ti))$$

$$Yi = Zi = \Phi^{-1}(0.024647887) = -1.966024552$$

$$YI^2 = -1.966024552^2$$

$$= 3.865252537$$

$$XiYi = 8.713417653 * -1.966024552$$

$$= -17.13079303$$

Tabel 4.12 Distribusi Lognormal

No	Ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	6084	8.713418	75.9236472	0.0246	-1.9660	3.8653	-17.1308
2	8736	9.075208	82.35939476	0.0599	-1.5560	2.4210	-14.1206
3	10765	9.284065	86.19385734	0.0951	-1.3102	1.7165	-12.1636
4	14101	9.554001	91.27893503	0.1303	-1.1251	1.2658	-10.7488
5	16486	9.710267	94.28928162	0.1655	-0.9721	0.9450	-9.43964
6	21498	9.975715	99.51489348	0.2007	-0.8391	0.7041	-8.37071
7	21802	9.989757	99.79524467	0.2359	-0.7195	0.5177	-7.18766
8	25431	10.14372	102.8951403	0.2711	-0.6094	0.3714	-6.18167
9	27951	10.23821	104.8209083	0.3063	-0.5063	0.2563	-5.18317



No	Ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
10	28554	10.25955	105.2584136	0.3415	-0.4082	0.1667	-4.18834
11	32434	10.38696	107.8889907	0.3768	-0.3140	0.0986	-3.26151
12	40586	10.61118	112.5971083	0.4120	-0.2225	0.0495	-2.36073
13	41841	10.64163	113.2443316	0.4472	-0.1328	0.0176	-1.41301
14	42450	10.6561	113.5524056	0.4824	-0.0441	0.0019	-0.47041
15	44340	10.69964	114.4823493	0.5176	0.0441	0.0019	0.472337
16	45715	10.73018	115.1368004	0.5528	0.1328	0.0176	1.424769
17	47235	10.76289	115.8398102	0.5880	0.2225	0.0495	2.394481
18	56047	10.93395	119.551173	0.6232	0.3140	0.0986	3.433258
19	66298	11.10192	123.2525169	0.6585	0.4082	0.1667	4.532229
20	67292	11.1168	123.5832446	0.6937	0.5063	0.2563	5.627961
21	116466	11.66535	136.0804995	0.7289	0.6094	0.3714	7.10897
22	123660	11.72529	137.4824524	0.7641	0.7195	0.5177	8.436383
23	136971	11.82752	139.8903359	0.7993	0.8391	0.7041	9.924576
24	154816	11.94999	142.802323	0.8345	0.9721	0.9450	11.61695
25	161123	11.98992	143.7582614	0.8697	1.1251	1.2658	13.48939
26	177321	12.08572	146.0645537	0.9049	1.3102	1.7165	15.83425
27	194061	12.17593	148.2532183	0.9401	1.5560	2.4210	18.94522
28	270539	12.50817	156.4543877	0.9754	1.9660	3.8653	24.59137
<b>Total</b>	<b>2000604</b>	<b>300.5131</b>	<b>3252.244479</b>	<b>14</b>	<b>0.0000</b>	<b>24.7947</b>	<b>25.6114</b>

Kemudian menghitung nilai r pada distribusi LogNormal dengan perhitungan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi) (\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n Yi^2 - (\sum_{i=1}^n Yi)^2}}$$

$$r = \frac{(28 * (25.6114)) - (300.5131 * (0))}{\sqrt{(28 * 3252.244479 - (300.5131)^2} \sqrt{(28 * 24.7947 - (0)^2}}$$

$$= 0.9864$$

#### 4. Distribusi Weibull

Contoh Perhitungan Distribusi Weibull :

$$Xi = \ln ti$$

$$= \ln (6084) = 8.713417653$$

$$Xi^2 = 8.713417653^2$$

$$= 75.9236472$$

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

$$= \frac{1-0,3}{28+0,4} = 0.024647887$$

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

$$Y_i = \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1-0.024647887}\right)\right] = -3.690611675$$

$$Y_i^2 = -3.690611675^2$$

$$= 13.62061453$$

$$X_i Y_i = 8.713417653 * -3.690611675$$

$$= -32.15784092$$

Tabel 4.13 Distribusi Weibull

No	Ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	6084	8.713418	75.92365	0.0246	-3.6906	13.6206	-32.1578
2	8736	9.075208	82.35939	0.0599	-2.7851	7.7565	-25.2750
3	10765	9.284065	86.19386	0.0951	-2.3036	5.3066	-21.3868
4	14101	9.554001	91.27894	0.1303	-1.9691	3.8773	-18.8125
5	16486	9.710267	94.28928	0.1655	-1.7097	2.9232	-16.6020
6	21498	9.975715	99.51489	0.2007	-1.4960	2.2380	-14.9237
7	21802	9.989757	99.79524	0.2359	-1.3128	1.7233	-13.1141
8	25431	10.14372	102.8951	0.2711	-1.1512	1.3253	-11.6775
9	27951	10.23821	104.8209	0.3063	-1.0057	1.0115	-10.2971
10	28554	10.25955	105.2584	0.3415	-0.8726	0.7614	-8.9524
11	32434	10.38696	107.889	0.3768	-0.7490	0.5610	-7.7802
12	40586	10.61118	112.5971	0.4120	-0.6330	0.4007	-6.7172
13	41841	10.64163	113.2443	0.4472	-0.5230	0.2735	-5.5658
14	42450	10.6561	113.5524	0.4824	-0.4177	0.1745	-4.4513
15	44340	10.69964	114.4823	0.5176	-0.3161	0.0999	-3.3821
16	45715	10.73018	115.1368	0.5528	-0.2172	0.0472	-2.3304
17	47235	10.76289	115.8398	0.5880	-0.1201	0.0144	-1.2930
18	56047	10.93395	119.5512	0.6232	-0.0241	0.0006	-0.2640
19	66298	11.10192	123.2525	0.6585	0.0716	0.0051	0.7953
20	67292	11.1168	123.5832	0.6937	0.1681	0.0283	1.8688
21	116466	11.66535	136.0805	0.7289	0.2663	0.0709	3.1069
22	123660	11.72529	137.4825	0.7641	0.3676	0.1351	4.3104
23	136971	11.82752	139.8903	0.7993	0.4737	0.2244	5.6027
24	154816	11.94999	142.8023	0.8345	0.5871	0.3447	7.0163
25	161123	11.98992	143.7583	0.8697	0.7120	0.5069	8.5368
26	177321	12.08572	146.0646	0.9049	0.8557	0.7323	10.3423

No	Ti	Xi = ti	Xi <sup>2</sup>	F(ti)	Yi	Yi <sup>2</sup>	XiYi
27	194061	12.17593	148.2532	0.9401	1.0352	1.0717	12.6049
28	270539	12.50817	156.4544	0.9754	1.3092	1.7139	16.3752
<b>Total</b>	<b>2000604</b>	<b>300.5131</b>	<b>3252.244</b>	<b>14</b>	<b>-15.4501</b>	<b>46.9491</b>	<b>-134.4233</b>

Kemudian menghitung nilai r pada distribusi *Weibull* dengan perhitungan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi \sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n Xi^2 - (\sum_{t=1}^n Xi)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n Yi^2 - (\sum_{t=1}^n Yi)^2}}$$

$$r = \frac{(28 * (-134.4233)) - (300.5131 * (-15.4501))}{\sqrt{(28 * 3252.244479 - (300.5131)^2)} \sqrt{(28 * 46.9491 - (-15.4501)^2}}}$$

$$= 0.9777$$

Berikut merupakan rekapan hasil *Index of fit* dari setiap masing-masing distribusi yaitu Eksponensial, Normal, Lognormal, dan *Weibull* :

Tabel 4.14 Index Of Fit To Failure

Distribusi	Index Of Fit	Index Of Fit
Eksponensial	0.986197259	98.620%
Normal	0.905672057	90.567%
<b>Log Normal</b>	<b>0.990678819</b>	<b>99.068%</b>
Weibull	0.975569828	97.557%

Berdasarkan tabel yang disajikan, distribusi Log Normal memiliki nilai indeks kecocokan (*Index of Fit*) tertinggi, yaitu sebesar 99,07%. Oleh karena itu, distribusi yang terpilih untuk analisis ini adalah distribusi Log Normal.

#### 4.3.4 Penentuan Distribusi Data Waktu Perbaikan pada Komponen Bucket Raking.

Untuk menganalisis waktu perbaikan, langkah-langkah dilakukan setelahnya yaitu mengidentifikasi komponen Bucket Raking sebagai komponen dengan *downtime* tertinggi. Selanjutnya, distribusi data ditentukan untuk mengevaluasi waktu perbaikan pada komponen Bucket Raking. Informasi mengenai rentang kerusakan dapat ditemukan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.15 Data Waktu Perbaikan Komponen Bucket Raking

BUCKET RAKING			
No Urut	Waktu Perbaikan		Ti (Menit)
	Mulai	Selesai	
1	Jan 11, 2019 12:52 AM	Jan 11, 2019 3:14 AM	142
2	Jan 22, 2019 2:00 PM	Jan 22, 2019 6:44 PM	284
3	May 10, 2019 7:00 AM	May 10, 2019 11:08 AM	248
4	May 25, 2019 2:30 PM	May 25, 2019 5:51 PM	201
5	Jun 17, 2019 6:25 AM	Jun 17, 2019 9:34 AM	189
6	Jul 15, 2019 2:00 PM	Jul 15, 2019 4:00 PM	120
7	Aug 13, 2019 5:21 PM	Aug 13, 2019 6:53 PM	92
8	Feb 17, 2020 3:52 PM	Feb 17, 2020 5:59 PM	127
9	Feb 27, 2020 1:00 PM	Feb 28, 2020 1:00 PM	1440
10	May 19, 2020 10:06 AM	May 19, 2020 11:35 AM	89
11	Jun 27, 2020 9:42 AM	Jun 27, 2020 12:37 PM	175
12	Oct 17, 2020 10:00 AM	Oct 17, 2020 1:06 PM	186
13	Oct 21, 2020 6:30 PM	Oct 21, 2020 9:09 PM	159
14	Nov 10, 2020 7:00 AM	Nov 10, 2020 8:16 AM	76
15	Dec 9, 2020 7:46 PM	Dec 9, 2020 11:30 PM	223
16	Jan 25, 2021 5:02 PM	Jan 25, 2021 8:24 PM	202
17	Feb 2, 2021 7:49 AM	Feb 3, 2021 11:42 AM	1673
18	Feb 18, 2021 10:00 AM	Feb 18, 2021 1:02 PM	182
19	Apr 5, 2021 2:00 PM	Apr 5, 2021 3:06 PM	66
20	Apr 25, 2021 11:00 AM	Apr 25, 2021 12:00 PM	60
21	Aug 26, 2021 3:21 PM	Aug 26, 2021 6:39 PM	198
22	Jan 8, 2022 1:00 PM	Jan 8, 2022 5:09 PM	249
23	Jan 26, 2022 9:00 AM	Jan 26, 2022 10:00 AM	60
24	Feb 1, 2022 11:36 AM	Feb 1, 2022 1:00 PM	84
25	Apr 28, 2022 10:00 AM	Apr 28, 2022 1:45 PM	225
26	May 31, 2022 9:00 AM	May 31, 2022 1:05 PM	245
27	Jul 2, 2022 7:00 AM	Jul 2, 2022 11:09 AM	249
28	Oct 5, 2022 2:00 PM	Oct 5, 2022 6:00 PM	240
29	Nov 5, 2022 1:00 PM	Nov 5, 2022 4:16 PM	196

Pada pengujian ini, digunakan empat jenis distribusi untuk menghitung nilai indeks kecocokan (*index of fit*) dari masing-masing distribusi tersebut. Keempat distribusi yang

digunakan adalah Lognormal, Normal, Eksponensial, dan Weibull. Berikut merupakan contoh perhitungan pada setiap distribusi :

### 1. Distribusi Eksponensial

Contoh Perhitungan Distribusi Eksponensial :

$$\begin{aligned} X_i &= t_i \\ &= 60 \\ X_i^2 &= 60^2 \\ &= 3600 \\ F(t_i) &= \frac{i-0,3}{n+0,4} \\ &= \frac{1-0,3}{29+0,4} = 0.023809524 \\ Y_i &= \ln \left( \frac{1}{1-F(t_i)} \right) \\ Y_i &= \ln \left( \frac{1}{1-F(0.023809524)} \right) = 0.024097552 \\ Y_i^2 &= 0.024097552^2 \\ &= 0.000580692 \\ X_i Y_i &= 60 * 0.024097552 \\ &= 1.445853095 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Distribusi Eksponensial

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	60	60	3600	0.0238	0.0241	0.0006	1.445853
2	60	60	3600	0.0578	0.0596	0.0035	3.573736
3	66	66	4356	0.0918	0.0963	0.0093	6.357853
4	76	76	5776	0.1259	0.1345	0.0181	10.22228
5	84	84	7056	0.1599	0.1742	0.0303	14.63208
6	89	89	7921	0.1939	0.2155	0.0464	19.18125
7	92	92	8464	0.2279	0.2586	0.0669	23.79394
8	120	120	14400	0.2619	0.3037	0.0922	36.44189
9	127	127	16040	0.2959	0.3509	0.1231	44.43654
10	142	142	20107	0.3299	0.4004	0.1603	56.77332
11	159	159	25281	0.3639	0.4525	0.2047	71.94291
12	175	175	30625	0.3980	0.5074	0.2575	88.80026

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
13	182	182	33124	0.4320	0.5656	0.3199	102.9366
14	186	186	34596	0.4660	0.6273	0.3935	116.6841
15	189	189	35721	0.5	0.6931	0.4805	131.0048
16	196	196	38416	0.5340	0.7636	0.5831	149.6654
17	198	198	39204	0.5680	0.8394	0.7046	166.1998
18	201	201	40401	0.6020	0.9214	0.8490	185.2026
19	202	202	40710	0.6361	1.0108	1.0216	203.9358
20	223	223	49893	0.6701	1.1089	1.2296	247.6843
21	225	225	50625	0.7041	1.2177	1.4827	273.9761
22	240	240	57600	0.7381	1.3398	1.7950	321.5458
23	245	245	60025	0.7721	1.4789	2.1871	362.3274
24	248	248	61504	0.8061	1.6405	2.6913	406.8511
25	249	249	62001	0.8401	1.8334	3.3615	456.5246
26	249	249	62001	0.8741	2.0727	4.2959	516.0928
27	284	284	80656	0.9082	2.3877	5.7013	678.119
28	1440	1440	2073600	0.9422	2.8504	8.1246	4104.527
29	1673	1673	2798594	0.9762	3.7377	13.9702	6252.748
<b>Total</b>	<b>7679</b>	<b>7679</b>	<b>5765897</b>	<b>14.5</b>	<b>28.0665</b>	<b>50.2044</b>	<b>15053.63</b>

Kemudian menghitung nilai r pada distribusi *Eksponensial* dengan perhitungan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi \sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n Yi^2 - (\sum_{i=1}^n Yi)^2}}$$

$$r = \frac{(29 * (15053.63)) - (7679 * (28.0665))}{\sqrt{(29 * 5765897 - (7679)^2)} \sqrt{(29 * 50.2044 - (28.0665)^2)}}$$

$$= 0.821844061$$

## 2. Distribusi Normal

Contoh Perhitungan Distribusi Normal :

$$Xi = ti$$

$$= 60$$

$$Xi^2 = 60^2$$

$$= 3600$$

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

$$= \frac{1-0,3}{29+0,4} = 0.023809524$$

$$\begin{aligned}
 Y_i &= Z_i = \Phi^{-1}(F(t_i)) \\
 Y_i &= Z_i = \Phi^{-1}(0.023809524) = -1.980752397 \\
 Y_i^2 &= -1.980752397^2 \\
 &= 3.923380057 \\
 X_i Y_i &= 60 * -1.980752397 \\
 &= -118.8451438
 \end{aligned}$$

Tabel 4.17 Distribusi Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	60	60	3600	0.0238	-1.9808	3.9234	-118.845
2	60	60	3600	0.0578	-1.5733	2.4753	-94.3988
3	66	66	4356	0.0918	-1.3295	1.7676	-87.7489
4	76	76	5776	0.1259	-1.1462	1.3138	-87.1134
5	84	84	7056	0.1599	-0.9950	0.9901	-83.5814
6	89	89	7921	0.1939	-0.8637	0.7460	-76.8689
7	92	92	8464	0.2279	-0.7458	0.5562	-68.6145
8	120	120	14400	0.2619	-0.6375	0.4064	-76.4981
9	127	127	16040	0.2959	-0.5362	0.2875	-67.9067
10	142	142	20107	0.3299	-0.4401	0.1937	-62.4063
11	159	159	25281	0.3639	-0.3479	0.1211	-55.3212
12	175	175	30625	0.3980	-0.2586	0.0669	-45.2608
13	182	182	33124	0.4320	-0.1714	0.0294	-31.1864
14	186	186	34596	0.4660	-0.0854	0.0073	-15.8775
15	189	189	35721	0.5	0.0000	0.0000	0
16	196	196	38416	0.5340	0.0854	0.0073	16.73115
17	198	198	39204	0.5680	0.1714	0.0294	33.92805
18	201	201	40401	0.6020	0.2586	0.0669	51.98525
19	202	202	40710	0.6361	0.3479	0.1211	70.20111
20	223	223	49893	0.6701	0.4401	0.1937	98.3039
21	225	225	50625	0.7041	0.5362	0.2875	120.6397
22	240	240	57600	0.7381	0.6375	0.4064	152.9962
23	245	245	60025	0.7721	0.7458	0.5562	182.7234
24	248	248	61504	0.8061	0.8637	0.7460	214.1965
25	249	249	62001	0.8401	0.9950	0.9901	247.7593
26	249	249	62001	0.8741	1.1462	1.3138	285.4109
27	284	284	80656	0.9082	1.3295	1.7676	377.5863
28	1440	1440	2073600	0.9422	1.5733	2.4753	2265.571
29	1673	1673	2798594	0.9762	1.9808	3.9234	3313.601
<b>Total</b>	<b>7679</b>	<b>7679</b>	<b>5765897</b>	<b>14.5</b>	<b>0.0000</b>	<b>25.7692</b>	<b>6460.005</b>

Kemudian menghitung nilai r pada distribusi Normal dengan perhitungan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi) (\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n Xi^2 - (\sum_{t=1}^n Xi)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n Yi^2 - (\sum_{t=1}^n Yi)^2}}$$

$$r = \frac{(29 * (6460.005)) - (7679 * (0))}{\sqrt{(29 * 5765897 - (7679)^2)} \sqrt{(29 * 25.7692 - (0)^2)}} = 0.658710254$$

### 3. Distribusi LogNormal

Contoh Perhitungan Distribusi LogNormal :

$$\begin{aligned} Xi &= \ln ti \\ &= \ln (60) = 4.094344562 \\ Xi^2 &= 4.094344562^2 \\ &= 16.76365739 \\ F(ti) &= \frac{i-0,3}{n+0,4} \\ &= \frac{1-0,3}{29+0,4} = 0.023809524 \\ Yi &= Zi = \Phi^{-1}(F(ti)) \\ Yi &= Zi = \Phi^{-1}(0.023809524) = -1.980752397 \\ Yi^2 &= -1.980752397^2 \\ XiYi &= 4.094344562 * -1.980752397 \\ &= -8.109882804 \end{aligned}$$

Tabel 4.18 Distribusi Lognormal

No	ti	Xi = ti	Xi <sup>2</sup>	F(ti)	Yi	Yi <sup>2</sup>	XiYi
1	60	4.0943	16.7637	0.02381	-1.9808	3.9234	-8.1099
2	60	4.0943	16.7637	0.057823	-1.5733	2.4753	-6.4417
3	66	4.1897	17.5532	0.091837	-1.3295	1.7676	-5.5703
4	76	4.3307	18.7553	0.12585	-1.1462	1.3138	-4.9640
5	84	4.4308	19.6321	0.159864	-0.9950	0.9901	-4.4087
6	89	4.4886	20.1479	0.193878	-0.8637	0.7460	-3.8768
7	92	4.5218	20.4466	0.227891	-0.7458	0.5562	-3.3724
8	120	4.7875	22.9201	0.261905	-0.6375	0.4064	-3.0520
9	127	4.8414	23.4394	0.295918	-0.5362	0.2875	-2.5959



No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
10	142	4.9544	24.5463	0.329932	-0.4401	0.1937	-2.1804
11	159	5.0689	25.6938	0.363946	-0.3479	0.1211	-1.7636
12	175	5.1648	26.6750	0.397959	-0.2586	0.0669	-1.3358
13	182	5.2040	27.0817	0.431973	-0.1714	0.0294	-0.8917
14	186	5.2257	27.3084	0.465986	-0.0854	0.0073	-0.4461
15	189	5.2417	27.4759	0.5	0.0000	0.0000	0
16	196	5.2781	27.8585	0.534014	0.0854	0.0073	0.4506
17	198	5.2883	27.9658	0.568027	0.1714	0.0294	0.9062
18	201	5.3033	28.1250	0.602041	0.2586	0.0669	1.3716
19	202	5.3071	28.1654	0.636054	0.3479	0.1211	1.8465
20	223	5.4088	29.2553	0.670068	0.4401	0.1937	2.3804
21	225	5.4161	29.3341	0.704082	0.5362	0.2875	2.9040
22	240	5.4806	30.0374	0.738095	0.6375	0.4064	3.4938
23	245	5.5013	30.2638	0.772109	0.7458	0.5562	4.1029
24	248	5.5134	30.3979	0.806122	0.8637	0.7460	4.7619
25	249	5.5175	30.4423	0.840136	0.9950	0.9901	5.4900
26	249	5.5175	30.4423	0.87415	1.1462	1.3138	6.3243
27	284	5.6490	31.9109	0.908163	1.3295	1.7676	7.5105
28	1440	7.2724	52.8878	0.942177	1.5733	2.4753	11.4418
29	1673	7.4223	55.0907	0.97619	1.9808	3.9234	14.7018
<b>Total</b>	<b>7679</b>	<b>150.5145</b>	<b>797.3802</b>	<b>14.5</b>	<b>0.0000</b>	<b>25.7692</b>	<b>18.6768</b>

Kemudian menghitung nilai r pada distribusi Lognormal dengan perhitungan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi \sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n XI^2 - (\sum_{t=1}^n XI)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n YI^2 - (\sum_{t=1}^n YI)^2}}$$

$$r = \frac{(29 * (18.6768)) - (150.5145 * (0))}{\sqrt{(29 * 797.3802 - (150.5145)^2} \sqrt{(29 * 25.7692 - (0)^2}}$$

$$= 0.914474827$$

#### 4. Distribusi Weibull

Contoh Perhitungan Distribusi Weibull :

$$Xi = \ln ti$$

$$= \ln (60) = 4.094344562$$

$$XI^2 = 4.094344562^2$$

$$= 16.76365739$$

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

$$= \frac{1-0,3}{29+0,4} = 0.023809524$$

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

$$Y_i = \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1-0.0238095247}\right)\right] = -3.725645038$$

$$Y_i^2 = -3.725645038^2$$

$$= 13.88043095$$

$$X_i Y_i = 4.094344562 * -3.725645038$$

$$= -15.2540745$$

Tabel 4.19 Distribusi Weibull

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	60	4.0943	16.7637	0.02381	-3.7256	13.8804	-15.2541
2	60	4.0943	16.7637	0.057823	-2.8207	7.9565	-11.5491
3	66	4.1897	17.5532	0.091837	-2.3400	5.4754	-9.8036
4	76	4.3307	18.7553	0.12585	-2.0062	4.0247	-8.6882
5	84	4.4308	19.6321	0.159864	-1.7476	3.0541	-7.7433
6	89	4.4886	20.1479	0.193878	-1.5347	2.3553	-6.8887
7	92	4.5218	20.4466	0.227891	-1.3524	1.8289	-6.1151
8	120	4.7875	22.9201	0.261905	-1.1918	1.4203	-5.7056
9	127	4.8414	23.4394	0.295918	-1.0474	1.0970	-5.0707
10	142	4.9544	24.5463	0.329932	-0.9154	0.8379	-4.5350
11	159	5.0689	25.6938	0.363946	-0.7930	0.6289	-4.0198
12	175	5.1648	26.6750	0.397959	-0.6784	0.4602	-3.5038
13	182	5.2040	27.0817	0.431973	-0.5699	0.3248	-2.9657
14	186	5.2257	27.3084	0.465986	-0.4663	0.2174	-2.4366
15	189	5.2417	27.4759	0.5	-0.3665	0.1343	-1.9212
16	196	5.2781	27.8585	0.534014	-0.2697	0.0727	-1.4236
17	198	5.2883	27.9658	0.568027	-0.1751	0.0307	-0.9259
18	201	5.3033	28.1250	0.602041	-0.0819	0.0067	-0.4341
19	202	5.3071	28.1654	0.636054	0.0107	0.0001	0.0568
20	223	5.4088	29.2553	0.670068	0.1033	0.0107	0.5589
21	225	5.4161	29.3341	0.704082	0.1969	0.0388	1.0666
22	240	5.4806	30.0374	0.738095	0.2925	0.0856	1.6031
23	245	5.5013	30.2638	0.772109	0.3913	0.1531	2.1526
24	248	5.5134	30.3979	0.806122	0.4950	0.2450	2.7292
25	249	5.5175	30.4423	0.840136	0.6062	0.3675	3.3446
26	249	5.5175	30.4423	0.87415	0.7288	0.5312	4.0213

No	ti	Xi = ti	Xi <sup>2</sup>	F(ti)	Yi	Yi <sup>2</sup>	XiYi
27	284	5.6490	31.9109	0.908163	0.8703	0.7575	4.9166
28	1440	7.2724	52.8878	0.942177	1.0474	1.0971	7.6175
29	1673	7.4223	55.0907	0.97619	1.3185	1.7383	9.7860
<b>Total</b>	<b>7679</b>	<b>150.5145</b>	<b>797.3802</b>	<b>14.5</b>	<b>-16.0213</b>	<b>48.8312</b>	<b>-61.1308</b>

Kemudian menghitung nilai r pada distribusi *Weibull* dengan perhitungan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi) (\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n Xi)^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2} \sqrt{(\sum_{i=1}^n Yi)^2 - (\sum_{i=1}^n Yi)^2}}$$

$$r = \frac{(29 * (-61.1308)) - (150.5145 * (-16.0213))}{\sqrt{(29 * 797.3802 - (150.5145)^2) \sqrt{(29 * 48.8312 - (-16.0213)^2}}}$$

$$= 0.865692357$$

Berikut merupakan rekap hasil *Index of fit* dari setiap masing-masing distribusi yaitu Eksponensial, Normal, Lognormal, dan *Weibull* :

Tabel 4.20 Index Of Fit To Repair

Distribusi	Index Of Fit	Index Of Fit
Eksponensial	0.821844061	82.18%
Normal	0.658710254	65.87%
<b>Log Normal</b>	<b>0.914474827</b>	<b>91.45%</b>
Weibull	0.865692357	86.57%

Berdasarkan tabel yang disajikan, distribusi Log Normal memiliki nilai indeks kecocokan (Index of Fit) tertinggi, yaitu sebesar 91,45%. Oleh karena itu, distribusi yang terpilih untuk analisis ini adalah distribusi Log Normal.

#### 4.3.5 Uji Goodness of fit Distribusi Waktu Kerusakan.

*Uji Goodness of Fit* digunakan untuk menguji hipotesis yang diajukan terhadap distribusi yang telah dipilih, yaitu distribusi Log Normal. Uji ini dilakukan berdasarkan data yang telah dipilih melalui proses pemilihan empat distribusi data waktu kerusakan. Berikut ini merupakan *Uji Goodness of Fit* yang dilakukan pada distribusi data waktu kerusakan

menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov Test*. Berikut merupakan perhitungan *Uji Goodness of Fit* pada komponen Bucket Raking :

Tabel 4.21 Uji Goodness Of Fit Time To Failure

NO	ln(ti)	$\frac{[\ln(ti) - \bar{x}]^2}{\ln(ti)^2}$	Zti	Fti	D1	D2
1	8.713417653	4.07714	-2.058	0.01979722	0.0198	0.015917
2	9.075207698	2.74698	-1.6892	0.04558867	0.00987	0.025840
3	9.284064699	2.09828	-1.4764	0.06992456	-0.0015	0.037218
4	9.554000996	1.38912	-1.2012	0.11483008	0.00769	0.028027
5	9.710266815	1.04518	-1.042	0.14871303	0.00586	0.029858
6	9.975715187	0.57289	-0.7714	0.22022762	0.04166	-0.005942
7	9.989756988	0.55183	-0.7571	0.22449098	0.01021	0.025509
8	10.14372418	0.34679	-0.6002	0.27418969	0.02419	0.011525
9	10.23820826	0.24443	-0.5039	0.30716849	0.02145	0.014260
10	10.25955231	0.22378	-0.4821	0.31485374	-0.0066	0.042289
11	10.38696253	0.11947	-0.3523	0.36231323	0.00517	0.030544
12	10.61117846	0.01475	-0.1238	0.4507518	0.05789	-0.022180
13	10.641632	0.00828	-0.0927	0.46306142	0.03449	0.001224
14	10.65609711	0.00585	-0.078	0.46892151	0.00464	0.031078
15	10.69964248	0.00109	-0.0336	0.48659812	-0.0134	0.049116
16	10.73018175	5.9E-06	-0.0025	0.4990129	-0.0367	0.072416
17	10.76289042	0.00092	0.03086	0.51231032	-0.0591	0.094833
18	10.9339459	0.04054	0.2052	0.58129269	-0.0259	0.061564
19	11.10191501	0.13639	0.3764	0.64668848	0.00383	0.031883
20	11.11680011	0.1476	0.39157	0.6523106	-0.0263	0.061975
21	11.66535466	0.87001	0.95065	0.82910936	0.11482	-0.079109
22	11.72529114	0.98542	1.01174	0.84416849	0.09417	-0.058454
23	11.8275245	1.19884	1.11593	0.86777494	0.08206	-0.046346
24	11.94999259	1.48202	1.24075	0.89265164	0.07122	-0.035509
25	11.98992333	1.58084	1.28145	0.89998237	0.04284	-0.007125
26	12.08571693	1.8309	1.37908	0.91606553	0.02321	0.012506
27	12.17592782	2.08317	1.47103	0.92935801	0.00079	0.034928
28	12.50817284	3.15263	1.80965	0.96482494	0.00054	0.035175
<b>Total</b>	<b>300.5130644</b>	<b>26.95513</b>		<b>DN MAX</b>	0.11482	0.094833

Dari informasi tabel 4.21, dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan nilai Dhitung, perlu memilih nilai yang paling besar antara D1 dan D2. Hasilnya adalah

0,11482. Untuk melakukan validasi data, penting untuk menyusun hipotesis yang akan diuji menggunakan Uji *Kolmogorov-Smirnov* Test, sebagai berikut:

- H0 = Distribusi data *Time Failure* adalah Log Normal.
- H1 = Distribusi data *Time Failure* tidak Log Normal
- a = 0,05
- D<sub>tabel</sub> = 0,250 ( Nilai D<sub>tabel</sub> dapat dilihat pada tabel *Kolmogorov-Smirnov* dengan nilai 28;0,05)
- DN < D<sub>tabel</sub> maka H0 diterima
- Contoh Perhitungan Uji *Kolmogorov-Smirnov*

a. Xbar = 10.73260944 (rata-rata nilai ln)

b. Tmed

$$N = 28$$

$$\begin{aligned}\mu &= \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln (ti)]}{n} \right) \\ &= \left( \frac{300,51}{28} \right) \\ &= (10.73260944 )\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Tmed &= e^{\mu} \\ &= e^{10,73260944} \\ &= 45826.11675\end{aligned}$$

c. S (Standar deviasi)

$$\begin{aligned}S &= \left( \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\ln (ti) - \mu)^2}{n}} \right) \\ &= \left( \sqrt{\frac{26.95513}{28}} \right) \\ &= 0.981164149\end{aligned}$$

d. F(t) / Z(ti)

$$\begin{aligned}Z(ti) &= \left( \frac{ti - \mu}{\sigma} \right) \\ &= \left( \frac{1 - 10.73260944}{0.981164149} \right) \\ &= -2.057955125\end{aligned}$$

e. D1

$$\begin{aligned}
 D1 &= \max \left( \Phi \left( \frac{ti-\mu}{s} \right) - \left( \frac{t-1}{n} \right) \right) \\
 &= \Phi \left( \frac{1-10.73260944}{0.981164149} \right) - \left( \frac{1-1}{28} \right) \\
 &= 0.019797221
 \end{aligned}$$

f. D2

$$\begin{aligned}
 D2 &= \max \left( \left( \frac{i}{n} \right) - \Phi \left( \frac{ti-\mu}{s} \right) \right) \\
 &= \left( \frac{1}{28} \right) - \Phi \left( \frac{1-10.73260944}{0.981164149} \right) \\
 &= 0.015917
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai D1 dan D2, langkah selanjutnya adalah mengambil keputusan berdasarkan perbandingan antara nilai D1 dan D2 yang paling besar yaitu (0,11482) dan nilai Dtabel (0,250). Berdasarkan perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa nilai DN lebih kecil daripada nilai Dtabel. Hal ini mengindikasikan bahwa hipotesis H0 diterima.

#### 4.3.6 Uji Goodness of fit Distribusi Waktu Perbaikan.

*Uji Goodness of Fit* digunakan untuk menguji hipotesis yang diajukan terhadap distribusi yang telah dipilih, yaitu distribusi Log Normal. Uji ini dilakukan berdasarkan data yang telah dipilih melalui proses pemilihan empat distribusi data waktu perbaikan. Berikut ini merupakan *Uji Goodness of Fit* yang dilakukan pada distribusi data waktu kerusakan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov Test*. Berikut merupakan perhitungan *Uji Goodness of Fit* pada komponen Bucket Raking :

Tabel 4.22 Uji Goodness Of Fit Time To Repair

NO	ln(ti)	$\frac{[\ln(ti) - \bar{x}]^2}{\ln(ti)^2}$	Zti	Fti	D1	D2
1	4.0943	1.2008	-1.4667	0.0712	0.0712	-0.0367
2	4.0943	1.2008	-1.4667	0.0712	0.0367	-0.0023

NO	ln(ti)	$\frac{[\ln(ti) - \bar{x}]^2}{\ln(ti)^2}$	Zti	Fti	D1	D2
3	4.1897	1.0010	-1.3392	0.0903	0.0213	0.0132
4	4.3307	0.7386	-1.1503	0.1250	0.0216	0.0129
5	4.4308	0.5766	-1.0164	0.1547	0.0168	0.0177
6	4.4886	0.4921	-0.9390	0.1739	0.0015	0.0330
7	4.5218	0.4467	-0.8946	0.1855	-0.0214	0.0559
8	4.7875	0.1621	-0.5390	0.2950	0.0536	-0.0191
9	4.8414	0.1216	-0.4668	0.3203	0.0445	-0.0100
10	4.9544	0.0556	-0.3155	0.3762	0.0658	-0.0314
11	5.0689	0.0147	-0.1623	0.4355	0.0907	-0.0562
12	5.1648	0.0006	-0.0340	0.4865	0.1071	-0.0727
13	5.2040	0.0002	0.0185	0.5074	0.0936	-0.0591
14	5.2257	0.0013	0.0476	0.5190	0.0707	-0.0362
15	5.2417	0.0027	0.0691	0.5275	0.0448	-0.0103
16	5.2781	0.0077	0.1177	0.5469	0.0296	0.0049
17	5.2883	0.0096	0.1313	0.5522	0.0005	0.0340
18	5.3033	0.0128	0.1515	0.5602	-0.0260	0.0605
19	5.3071	0.0137	0.1565	0.5622	-0.0585	0.0930
20	5.4088	0.0478	0.2927	0.6151	-0.0401	0.0745
21	5.4161	0.0511	0.3024	0.6188	-0.0708	0.1053
22	5.4806	0.0844	0.3888	0.6513	-0.0728	0.1073
23	5.5013	0.0968	0.4164	0.6614	-0.0972	0.1317
24	5.5134	0.1045	0.4327	0.6674	-0.1257	0.1602
25	5.5175	0.1071	0.4381	0.6693	-0.1582	0.1927
26	5.5175	0.1071	0.4381	0.6693	-0.1927	0.2272
27	5.6490	0.2105	0.6141	0.7304	-0.1661	0.2006
28	7.2724	4.3357	2.7871	0.9973	0.0663	-0.0318
29	7.4223	4.9825	2.9877	0.9986	0.0331	0.0014
<b>TOTAL</b>	<b>150.5145</b>	<b>16.1868</b>		<b>Dn Max</b>	<b>0.1071</b>	<b>0.2272</b>

Dari informasi tabel 4.22, dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan nilai Dhitung, perlu memilih nilai yang paling besar antara D1 dan D2. Hasilnya adalah 0,2272. Untuk melakukan validasi data, penting untuk menyusun hipotesis yang akan diuji menggunakan Uji *Kolmogorov-Smirnov Test*, sebagai berikut:

- H0 = Distribusi data *Time Failure* adalah Log Normal.
- H1 = Distribusi data *Time Failure* tidak Log Normal
- a = 0,05

- $D_{\text{tabel}} = 0,246$  ( Nilai  $D_{\text{tabel}}$  dapat dilihat pada tabel *Kolmogorov-Smirnov* dengan nilai 29;0,05)
- $D_N < D_{\text{tabel}}$  maka  $H_0$  diterima
- Contoh Perhitungan Uji *Kolmogorov-Smirnov*

a.  $\bar{X}$  = 5.190154413 (rata-rata nilai ln)

b.  $T_{\text{med}}$

$$N = 29$$

$$\begin{aligned}\mu &= \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln (ti)}{n} \right) \\ &= \left( \frac{150.514478}{29} \right) \\ &= (5.190154413 )\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{\text{med}} &= e^{\mu} \\ &= e^{5.190154413} \\ &= 179.4962674\end{aligned}$$

c.  $S$  (Standar deviasi)

$$\begin{aligned}S &= \left( \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\ln (ti) - \mu)^2}{n}} \right) \\ &= \left( \sqrt{\frac{16.18684424}{29}} \right) \\ &= 0.747105777\end{aligned}$$

d.  $F(t) / Z(ti)$

$$\begin{aligned}Z(ti) &= \left( \frac{ti - \mu}{\sigma} \right) \\ &= \left( \frac{1 - 5.190154413}{0.747105777} \right) \\ &= -1.466739897\end{aligned}$$

e.  $D_1$

$$\begin{aligned}D_1 &= \max \left\{ \left( \frac{ti - \mu}{s} \right) - \left( \frac{t-1}{n} \right) \right. \\ &= \left. \left( \frac{1 - 5.190154413}{0.747105777} \right) - \left( \frac{1-1}{29} \right) \right\} \\ &= 0.071223413\end{aligned}$$



f. D2

$$\begin{aligned}
 D2 &= \max \left( \frac{i}{n} \right) - \Phi \left( \frac{ti - \mu}{s} \right) \\
 &= \left( \frac{1}{29} \right) - \Phi \left( \frac{1 - 5.190154413}{0.747105777} \right) \\
 &= -0.036740654
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai D1 dan D2, langkah selanjutnya adalah mengambil keputusan berdasarkan perbandingan antara nilai D1 dan D2 yang paling besar yaitu (0.227212773) dan nilai D tabel (0,246). Berdasarkan perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa nilai DN lebih kecil daripada nilai D tabel. Hal ini mengindikasikan bahwa hipotesis H0 diterima.

#### 4.3.7 Penentuan Nilai Mean Time to Failure

Berikut adalah metode untuk mendapatkan nilai tengah dari distribusi waktu kerusakan (MTTF) yang mengikuti distribusi Log Normal

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \text{tmed} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\
 &= 45826.11675 * \exp \frac{(0.981164149)^2}{2} \\
 &= 74157.8335
 \end{aligned}$$

#### 4.3.8 Penentuan Nilai Mean Time to Repair.

Berikut adalah metode untuk mendapatkan nilai tengah dari distribusi waktu perbaikan (MTTR) yang mengikuti distribusi Log Normal

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \text{tmed} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\
 &= 179.4962674 * \exp \frac{(0.747105777)^2}{2} \\
 &= 237.2793015
 \end{aligned}$$

#### 4.3.9 Metode Perhitungan Untuk Menentukan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Dengan Tujuan Meminimalkan Downtime.

Dalam metode *Age Replacement* untuk perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan tujuan meminimalkan *downtime*, dipilih interval waktu antara kerusakan ( $tp$ ) dengan nilai *downtime* terkecil. Berikut merupakan data yang diperlukan untuk mencari interval waktu penggantian pencegahan dengan tujuan meminimalkan *downtime* :

1. Data kerusakan Lognormal

$$MTTF = 74157.8335$$

$$T_{med} = 45826.11675$$

$$S = 0.981164149$$

2. Interval waktu untuk melakukan penggantian komponen yang mengalami kerusakan

$$TF = 237.2793015$$

3. Interval waktu untuk melakukan penggantian

$$T_p = 237.2793015$$

Berikut adalah tabel 4.23 yang menampilkan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dalam bentuk data :

Tabel 4.23 Interval Penggantian Komponen Bucket

Interval Penggantian Komponen Dengan Model ARP					
tp	R(tp)	F(tp)	tp + T <sub>p</sub>	$\frac{MTTF}{F(tp)} + T_f$	D(tp)
1	1	3.7657E-28	238.2793015	1.96928E+32	0.0031894045616965
10	1	4.2787E-18	247.2793015	1.7332E+22	0.0031890187731401
1000	0.999951561	4.8439E-05	1237.279302	1530957781	0.0031471463490014
5000	0.988025505	0.01197449	5237.279302	6193219.639	0.0029908436724770
10000	0.939608179	0.06039182	10237.2793	1228182.261	0.0028317927999155
15000	0.872490643	0.12750936	15237.2793	581824.664	0.0027123067616694
20000	0.800955444	0.19904456	20237.2793	372806.2918	0.0026243581717968
25000	0.731584295	0.26841571	25237.2793	276517.0648	0.0025600692445810
30000	0.667052944	0.33294706	30237.2793	222968.8883	0.0025133735077112
35000	0.608218925	0.39178108	35237.2793	189521.1376	0.0024798538829766
40000	0.555110982	0.44488902	40237.2793	166925.6678	0.0024563188591271
45000	0.507396328	0.49260367	45237.2793	150779.8711	0.0024404433857725
50000	0.464603635	0.53539636	50237.2793	138747.4343	0.0024305104799758

Interval Penggantian Komponen Dengan Model ARP					
tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF/F(tp) + Tf	D(tp)
55000	0.426229378	0.57377062	55237.2793	129483.7598	0.0024252331380896
56000	0.41904134	0.58095866	56237.2793	127884.6296	0.0024246458151999
57000	0.412006731	0.58799327	57237.2793	126357.4874	0.0024241982246675
58000	0.405121889	0.59487811	58237.2793	124897.831	0.0024238840710970
59000	0.398383226	0.60161677	59237.2793	123501.5178	0.0024236973706756
60000	0.391787224	0.60821278	60237.2793	122164.7303	0.0024236324329276
<b>60050</b>	<b>0.391461106</b>	<b>0.60853889</b>	<b>60287.2793</b>	<b>122099.3891</b>	<b>0.0024236322840591</b>
65000	0.360829202	0.6391708	65237.2793	116259.2154	0.0024249535002851
70000	0.332952873	0.66704713	70237.2793	111410.5839	0.0024286069226127
75000	0.307801662	0.69219834	75237.2793	107371.0723	0.0024341272427641
80000	0.285062042	0.71493796	80237.2793	103963.5295	0.0024411431647586
85000	0.264459438	0.73554056	85237.2793	101058.1413	0.0024493558367994
90000	0.245753806	0.75424619	90237.2793	98557.7403	0.0024585228034612
95000	0.228735359	0.77126464	95237.2793	96388.23653	0.0024684459908083
100000	0.21322064	0.78677936	100237.2793	94492.20934	0.0024789625998022
105000	0.199049023	0.80095098	105237.2793	92824.51079	0.0024899381244093
110000	0.186079643	0.81392036	110237.2793	91349.18337	0.0025012609411558
115000	0.174188734	0.82581127	115237.2793	90037.25728	0.0025128380744912
120000	0.163267335	0.83673267	120237.2793	88865.14885	0.0025245918515785
125000	0.153219313	0.84678069	125237.2793	87813.47773	0.0025364572368100
130000	0.14395967	0.85604033	130237.2793	86866.18091	0.0025483796908116
135000	0.135413092	0.86458691	135237.2793	86009.84054	0.0025603134378321
140000	0.127512698	0.8724873	140237.2793	85233.16783	0.0025722200538275
145000	0.120198969	0.87980103	145237.2793	84526.60251	0.0025840673084048
150000	0.113418828	0.88658117	150237.2793	83881.99889	0.0025958282092343
155000	0.107124847	0.89287515	155237.2793	83292.37746	0.0026074802090955
160000	0.101274555	0.89872545	160237.2793	82751.72672	0.0026190045444315
165000	0.095829851	0.90417015	165237.2793	82254.84377	0.0026303856809184
170000	0.090756487	0.90924351	170237.2793	81797.20518	0.0026416108466345
175000	0.086023624	0.91397638	175237.2793	81374.86167	0.0026526696373423
180000	0.081603438	0.91839656	180237.2793	80984.35153	0.0026635536814453
185000	0.077470788	0.92252921	185237.2793	80622.62923	0.0026742563545779
190000	0.073602915	0.92639709	190237.2793	80287.006	0.0026847725356681
195000	0.069979182	0.93002082	195237.2793	79975.10027	0.0026950983978090
200000	0.06658085	0.93341915	200237.2793	79684.79603	0.0027052312284706
205000	0.063390877	0.93660912	205237.2793	79414.20773	0.0027151692745367
210000	0.060393737	0.93960626	210237.2793	79161.65054	0.0027249116084273
215000	0.05757527	0.94242473	215237.2793	78925.61501	0.0027344580121921
220000	0.054922542	0.94507746	220237.2793	78704.74548	0.0027438088769708

Interval Penggantian Komponen Dengan Model ARP					
tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF/F(tp) + Tf	D(tp)
225000	0.05242372	0.94757628	225237.2793	78497.82155	0.0027529651156344
230000	0.050067969	0.94993203	230237.2793	78303.74205	0.0027619280867655
235000	0.047845353	0.95215465	235237.2793	78121.51135	0.0027706995284183
240000	0.045746747	0.95425325	240237.2793	77950.22735	0.0027792815003372
245000	0.043763764	0.95623624	245237.2793	77789.07112	0.0027876763335063
250000	0.041888686	0.95811131	250237.2793	77637.29785	0.0027958865860687
<b>Min D(tp)</b>					<b>0.0024236322840591</b>

Di bawah ini diberikan contoh perhitungan interval waktu penggantian pencegahan pada mesin Raking untuk komponen Bucket Raking. Distribusi waktu antara kerusakan (tp) yang digunakan adalah sebesar 237.2793015 menit, dan perhitungannya dapat dilihat pada rumus berikut:

- $F(tp) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$   
 $= 0.60853889$
- $R(tp) = 1 - F(tp)$   
 $= 1 - 0.60853889$   
 $= 0.391461106$
- $(tp + Tp) \times R(tp) = 60287.2793 \times 0.391461106$   
 $= 23600.12504$
- Ekspektasi panjang siklus kerusakan  
 $(M(tp) + tf) \times (1 - R(tp)) = \left(\frac{MTTF}{1 - R(tp)} + Tf\right) \times (1 - R(tp))$   
 $= 122099.3891 \times (1 - 0.391461106)$   
 $= 74302.22718$
- $D(tp) = \frac{Tp \cdot R(tp) + Tf \cdot (1 - r(tp))}{(tp + tp) \cdot r(tp) + (m(tp) + Tf) \cdot (1 - R(tp))}$   
 $= 0.0024236322840591$

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, ditemukan bahwa waktu optimal untuk mengganti komponen Bucket Raking guna meminimalkan *downtime* adalah pada menit

ke 60050. Dengan demikian, untuk mengurangi waktu henti operasional, perlu dilakukan pergantian komponen chain pada saat tersebut.

#### 4.3.10 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan.

Berikut adalah penghitungan untuk menentukan interval waktu pemeriksaan pada komponen Bucket Raking :

1. Waktu yang dibutuhkan perusahaan dalam pemeriksaan komponen Bucket Raking kurang lebih 1 jam, sehingga dibulatkan menjadi 1 jam.

2. Total jam kerja produktif

Jumlah kerusakan komponen Bucket Raking periode 2019-2022 = 29 kali

1 bulan = 30 hari kerja x 24 jam kerja

T = 30 hari kerja x 24 jam kerja = 720 jam / bulan

k =  $\frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{periode terjadinya kerusakan}}$

$$= \frac{29}{48}$$

$$= 0.6042$$

3. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan

MTTR = 237.2793015 = 3.955 Jam

T = 720 jam / bulan

$1/\mu$  = MTTR/T  
= 3.955/720

$$= 0.00549$$

$\mu$  = 182.048

4. Waktu rata-rata pemeriksaan

Durasi pemeriksaan yang diperlukan adalah 1 jam.

T = 720 jam / bulan

$$Ti = \frac{1}{i} = \frac{ti}{T}$$

$$= \frac{1}{i} = \frac{1}{720}$$

$$= \frac{1}{i} = 0.00138889$$

$$I = 720$$

5. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

$$\begin{aligned} n &= \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} \\ &= \sqrt{\frac{0.6042 \cdot 720}{182.048}} \\ &= 1.54584 \end{aligned}$$

6. Interval waktu pemeriksaan

$$\begin{aligned} &= t/n \\ &= 720/1.54584 \\ &= 465.766 \text{ Jam atau } 19 \text{ hari } (19,4) \end{aligned}$$

#### 4.3.11 Perbandingan Reliability Sesudah dan Sebelum Penentuan Interval Waktu Penggantian/Pencegahan Komponen.

Untuk meningkatkan tingkat keandalan sistem, perawatan pencegahan dapat dilakukan dengan menentukan umur optimal komponen. Berikut ini adalah rumus reliabilitas yang didasarkan pada distribusi Log Normal, yang sesuai dengan waktu kegagalan:

- *Reliability* kondisi sebelum interval waktu penggantian

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

- *Reliability* kondisi Setelah interval waktu penggantian

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

N (Jumlah perawatan pencegahan yang telah dilakukan

Berikut merupakan contoh perhitungan sebelum dan sesudah dilakukan tindakan

:

Tabel 4.24 Perbandingan

<b>N</b>	<b>tp (Menit)</b>	<b>R(tp)</b>	<b>R(t- nT)</b>
0	1	1	1
0	10	1	1
0	1000	0.999951561	0.9999516
0	5000	0.988025505	0.9880255

<b>N</b>	<b>tp (Menit)</b>	<b>R(tp)</b>	<b>R(t- nT)</b>
0	10000	0.939608179	0.9396082
0	15000	0.872490643	0.8724906
0	20000	0.800955444	0.8009554
0	25000	0.731584295	0.7315843
0	30000	0.667052944	0.6670529
0	35000	0.608218925	0.6082189
0	40000	0.555110982	0.555111
0	45000	0.507396328	0.5073963
0	50000	0.464603635	0.4646036
0	55000	0.426229378	0.4262294
0	56000	0.41904134	0.4190413
0	57000	0.412006731	0.4120067
0	58000	0.405121889	0.4051219
0	59000	0.398383226	0.3983832
<b>1</b>	<b>60050</b>	<b>0.391461106</b>	<b>1</b>
1	65000	0.360829202	0.9883412
1	70000	0.332952873	0.9402174
1	75000	0.307801662	0.8731996
1	80000	0.285062042	0.8016669
1	85000	0.264459438	0.7322565
1	90000	0.245753806	0.6676706
1	95000	0.228735359	0.6087786
1	100000	0.21322064	0.5556146
1	105000	0.199049023	0.5078483
1	110000	0.186079643	0.4650089
1	115000	0.174188734	0.4265929
<b>2</b>	<b>120100</b>	<b>0.163058116</b>	<b>1</b>

- Contoh Perhitungan :

$$S = 0.981164149$$

$$T_{med} = 45826.11675$$

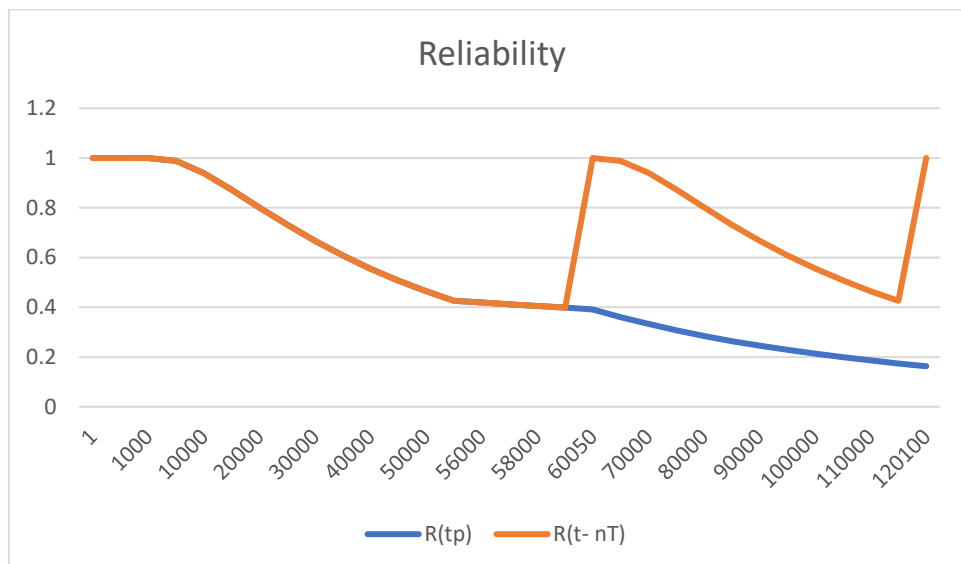
$$T \text{ (menit)} = 60050$$

$$N = 1$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{0.981164149} \ln \frac{65000}{45826.11675}\right) \\
 &= 0.360829202 \\
 R(t-nT) &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t-nT}{t_{med}}\right) \\
 &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{0.981164149} \ln \frac{65000 - (1 \cdot 60050)}{45826.11675}\right) \\
 &= 0.9883412
 \end{aligned}$$

Sebelum implementasi penggantian pencegahan, tingkat keandalan pada waktu 60050 menit adalah sebesar 0.360829202. Namun, setelah dilakukan penggantian atau perbaikan, tingkat keandalan meningkat menjadi 1.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Reliability Sebelum Dan Sesudah

#### 4.3.12 Availability.

*Availability* dihitung untuk mengevaluasi kehandalan mesin setelah menjalani perawatan pencegahan. Interval penggantian pencegahan dan interval pemeriksaan tidak berpengaruh terhadap ketersediaan komponen. Kedua kejadian ini dianggap independen satu sama lain, sehingga peluang kedua kejadian yang independen dapat dihitung dengan mengalikan nilai ketersediaan masing-masing kejadian. Berikut merupakan perhitungannya :

- Perhitungan ketersediaan (*availability*) berdasarkan frekuensi pemeriksaan :



$$\begin{aligned}
 D(n) &= \frac{k}{\mu.n} + \frac{1}{i} \\
 &= \frac{0.6042}{182.048.1.54584} + \frac{1}{720} \\
 &= 0.003536
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A(n) &= 1 - D(n) \\
 &= 1 - 0.003536 \\
 &= 0.996464
 \end{aligned}$$

- Perhitungan ketersediaan (*availability*) berdasarkan interval penggantian :

$$\begin{aligned}
 A(tp) &= 1 - [\min D(tp)] \\
 &= 1 - 0.0024236322840591 \\
 &= 0.9975
 \end{aligned}$$

- Perhitungan ketersediaan (*availability*) total

$$\begin{aligned}
 \textit{Availability} &= A(n) \times A(tp) \\
 &= 0.996464 \times 0.9975 \\
 &= 0.99397284
 \end{aligned}$$

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis data Kualitatif ( Penentuan Mesin Kritis)

Dalam pengidentifikasian mesin yang kritis, memperhatikan data *downtime* terbesar menjadi penting sebagai indikator tingkat kepentingan mesin. Hal ini menunjukkan bahwa mesin memiliki risiko yang tinggi dan memerlukan perhatian khusus dengan melakukan perawatan dan perbaikan. Dalam sistem *Intake* PT. XYZ, mesin Raking tercatat memiliki *downtime* tertinggi dibandingkan dengan mesin lainnya. Hal ini dapat dilihat dari statistik yang menunjukkan bahwa mesin raking memiliki waktu *downtime* sebesar 13523 menit atau 28,2%. Karena mesin raking memiliki nilai *downtime* yang paling tinggi, penelitian difokuskan pada mesin tersebut untuk memastikan stabilitas produktivitas perusahaan tetap terjaga.

#### 5.2 Analisis data Kualitatif ( Penentuan Komponen Kritis)

##### 5.2.1 Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

Dalam tahap Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), sebuah teknik yang banyak digunakan untuk mengevaluasi bentuk, penyebab, dan dampak kerusakan terhadap keandalan sistem secara menyeluruh. Evaluasi kualitatif dalam FMEA memberikan perkiraan kemungkinan terjadinya kerusakan. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengisi tabel FMEA dengan melakukan diskusi bersama tim maintenance yang terdiri dari kepala *maintenance* dan satu karyawan dibagian *Intake* Dam.

Berdasarkan hasil FMEA, teridentifikasi bahwa komponen Bucket Raking memiliki *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu 180, dengan mengalikan nilai *severity* (S) x *occurrence* (O) x *detection* (D) yang masing-masing bernilai 5 x 9 x 4. Pada faktor *severity*, diberikan peringkat 5 karena kerusakan pada komponen tersebut mengakibatkan mesin tidak dapat beroperasi dan kehilangan fungsi utama dengan rata-rata waktu selama

5 jam. Faktor occurrence mendapat peringkat 9 karena kemungkinan terjadinya kerusakan pada komponen tersebut tinggi yaitu dengan rata-rata satu bulan sekali. Sedangkan faktor number diberi peringkat 4 karena perawatan preventif memiliki potensi yang andal dan sedikit terlambat dalam mendeteksi penyebab. Nilai RPN yang didapatkan komponen Bucket adalah 180 yang berarti kategori kritis karena melebihi nilai rata-rata RPN, sehingga komponen Bucket perlu untuk dijadikan prioritas dalam penanganan dan pengendalian yang lebih mendalam. Kerusakan yang terjadi pada komponen raking biasanya disebabkan oleh tali Bucket putus, Bucket aus, dan hidrolik tidak bisa naik turun.

Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa kerusakan yang sering terjadi terletak pada komponen Bucket pada mesin Raking. Jika Bucket tidak bekerja, maka banyak sampah akan menumpuk dan air tidak masuk, sehingga proses produksi listrik terganggu.

### 5.2.2 Analisis Logic Tree Analysis (LTA).

Dalam tahap Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA), dilakukan proses kualitatif untuk mengevaluasi konsekuensi dari setiap failure mode pada mesin Raking. Tujuan utama dari *Logic Tree Analysis* (LTA) adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori agar dapat menentukan penanganan untuk setiap *failure mode* berdasarkan kategori tersebut. Dalam proses ini, dilakukan diskusi atau wawancara dengan kepala *maintenance* dan satu karyawan dibagian *Intake Dam*. Berikut merupakan hasil dari *Logic Tree Analysis* :

1. Dalam analisis *Logic Tree Analysis*, Kategori A (*Safety Problem*) mencakup mode kegagalan komponen yang memiliki potensi mengganggu keselamatan operator bahkan menyebabkan kematian (Sodikin & Jati, 2022). Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada komponen yang termasuk dalam kategori A, karena perusahaan telah memenuhi standar keselamatan yang telah ditetapkan.
2. Dalam analisis *Logic Tree Analysis*, Kategori B (*Outage Problem*) mencakup mode kegagalan komponen yang dapat menyebabkan terhentinya sistem kerja, baik sebagian maupun keseluruhan. Dampaknya dapat mempengaruhi operasional pabrik termasuk jumlah produksi (Sodikin & Jati, 2022). Terdapat lima komponen yang

termasuk dalam kategori B, yaitu komponen Motor yang dapat mempengaruhi keseluruhan sistem mesin Raking, Bucket yang dapat mempengaruhi sebagian mesin Raking, Gearbox yang dapat mempengaruhi keseluruhan sistem mesin Raking, Treveling yang dapat mempengaruhi sebagian sistem mesin Raking system, dan Raking control yang dapat mempengaruhi keseluruhan sistem mesin Raking.

3. Dalam analisis *Logic Tree Analysis*, Kategori C (*Economic Problem*) mencakup mode kegagalan yang tidak memiliki dampak terhadap keselamatan atau operasional pabrik, tetapi hanya berdampak pada aspek ekonomi yang relatif kecil, seperti biaya perbaikan (Sodikin & Jati, 2022). Pada mesin Raking yang termasuk dalam kategori C yaitu komponen *Conveyor* karena komponen ini bertugas untuk mengarahkan sampah ke tempat pembuangan sampah. Apa bila komponen *Conveyor* mengalami kegagalan biasanya para pekerja menyalurkan sampah ke tempat sampah secara manual.
4. Dalam analisis *Logic Tree Analysis*, Kategori D mencakup mode kegagalan yang memiliki dampak langsung. Namun, jika risiko tersebut tidak ditangani dengan baik oleh perusahaan, dapat berakibat serius bahkan memicu kegagalan lainnya (Sodikin & Jati, 2022). Pada mesin Raking tidak ada yang termasuk pada kategori ini.

### 5.2.3 Analisis Task Selection (TS).

Setiap mode kerusakan dievaluasi dan dibuat daftar tindakan yang dapat dilakukan untuk mencegah atau mengurangi dampak kerusakan tersebut. Dalam hal mesin Raking Dalam proses ini, dilakukan diskusi atau wawancara dengan kepala *maintenance* dan satu karyawan dibagian *Intake Dam*.

Dalam pemilihan tindakan, pertimbangan diberikan pada berbagai faktor seperti ketersediaan sumber daya, dampak terhadap kinerja mesin, keamanan, dan aspek lain yang relevan. Berikut merupakan hasil dari *Task Selection* :

1. *Time Direct* (TD)
  - a. Conveyor : Komponen Conveyor, tindakan perawatan berkala dapat melibatkan aktivitas pemeliharaan rutin seperti pengaplikasian pelumas, pembersihan,

pengaturan ulang, atau penggantian bagian yang sudah mencapai usia pemakaian maksimal.

2. *Condition Direct* (CD)

- a. Bucket Raking : Komponen Bucket, tindakan perawatan berkala dapat melibatkan langkah inspeksi visual, seperti pengecekan keretakan tali bucket, keausan Bucket, pergerakan komponen bucket.
- b. Traveling system : Komponen Traveling System, prosedur perawatan berkala melibatkan kegiatan inspeksi visual secara teratur guna mengenali petunjuk keausan, kerusakan, atau kelainan pada rel, roda, dan elemen terhubung lainnya
- c. Raking Control : Komponen Raking Control, tindakan perawatan berkala melibatkan kegiatan inspeksi visual, seperti melakukan pengujian berkala terhadap fungsi kontrol mesin, termasuk menghidupkan dan mematikan sistem sesuai skenario yang telah ditetapkan. Maksudnya adalah untuk memastikan bahwa operasi kontrol mesin berjalan sebagaimana yang diinginkan.

3. *Failure finding* (FF)

- a. Motor : Komponen Motor, dilakukan tindakan perawatan yang tidak terlihat. Seperti, tindakan dapat melibatkan pemeriksaan isolasi lilitan motor guna mengidentifikasi risiko masalah isolasi yang bisa muncul akibat dampak kelembaban dan pemeriksaan berkala getaran motor untuk mendeteksi perubahan tiba-tiba atau karakteristik getaran yang tidak biasa.
- b. Gearbox. : Komponen Motor, dilakukan tindakan perawatan yang tidak terlihat. Seperti, inspeksi rutin minyak pelumas dilakukan untuk menganalisis keadaan minyak, tingkat kontaminasi, dan keausan partikel logam. Perubahan yang mencolok dalam karakteristik minyak pelumas dapat mengindikasikan kemungkinan masalah pada gearbox.

### 5.3 Analisis data Kuantitatif ( Penentuan interval pergantian dan pemeriksaan)

#### 5.3.1 Analisis Distribusi Kerusakan dan Perbaikan.

Untuk menentukan pola distribusi yang cocok, dilakukan pengujian terhadap empat distribusi yang meliputi Eksponensial, Normal, Lognormal, dan *Weibull*. Pengujian distribusi ini dilakukan pada data waktu antara kerusakan (*Time to failure*) dan waktu perbaikan (*Time to repair*) dari komponen Bucket pada mesin Raking didasarkan pada hasil analisis *downtime* terbanyak dengan komponen lainnya. Pemilihan distribusi dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*, yang memilih distribusi dengan nilai indeks kecocokan ( $r$ ) terbesar. Tabel 5.1 berisi hasil nilai indeks kecocokan ( $r$ ) untuk data waktu antara kerusakan pada komponen Bucket.

Tabel 5.1 Index Of Fit To Failure

Distribusi	Index Of Fit	Index Of Fit
Eksponensial	0.986197259	98.620%
Normal	0.905672057	90.567%
Log Normal	0.990678819	99.068%
Weibull	0.975569828	97.557%

Setelah melakukan pengujian pada empat distribusi berdasarkan data waktu antara kerusakan (*downtime*) hingga selesai perbaikan (*downtime completion*), ditemukan pola distribusi dengan nilai *index of fit* ( $r$ ) terbesar. Distribusi yang terpilih untuk data waktu antara kerusakan adalah distribusi Log Normal dengan nilai *index of fit* ( $r$ ) tertinggi. Distribusi Log Normal memiliki persentase tertinggi dibandingkan dengan distribusi Eksponensial, *Weibull*, dan Normal. Dalam pengujian ini, distribusi Log Normal memiliki Index Of Fit sebesar 99,07% untuk data waktu antara kerusakan. Sedangkan untuk melihat hasil perhitungan *index of fit* untuk data perbaikan dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 5.2 Index Of Fit To Repair

<b>Distribusi</b>	<b>Index Of Fit</b>	<b>Index Of Fit</b>
Eksponensial	0.821844061	82.18%
Normal	0.658710254	65.87%
Log Normal	0.914474827	91.45%
Weibull	0.865692357	86.57%

Setelah melakukan pengujian pada empat distribusi berdasarkan data waktu perbaikan, ditemukan pola distribusi dengan nilai *index of fit* (r) terbesar. Distribusi yang terpilih untuk data waktu antara kerusakan adalah distribusi Log Normal dengan nilai *index of fit* (r) tertinggi. Distribusi Log Normal memiliki persentase tertinggi dibandingkan dengan distribusi Eksponensial, *Weibull*, dan Normal. Dalam pengujian ini, distribusi Log Normal memiliki Index Of Fit sebesar 91,45% untuk data waktu perbaikan.

### 5.3.2 Analisis Godnest of Fit.

Distribusi yang terpilih berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar kemudian diperiksa kembali untuk memastikan bahwa distribusi tersebut dengan tepat mewakili data waktu kerusakan dan perbaikan. Setelah memperoleh hasil nilai *index of fit* untuk data kerusakan yaitu distribusi lognormal. Untuk memverifikasi kecocokan distribusi, dilakukan uji *Kolmogorov-Smirnov Test*. Dengan hasil DN (0,11482) < D<sub>tabel</sub> (0,250) atau dapat dilihat pada tabel Tabel 4.20. dari hasil tersebut berisi hasil dari uji yang dilakukan menunjukkan bahwa hipotesis nol (H<sub>0</sub>) atau diterima, yang berarti data antara kerusakan memiliki distribusi Lognormal.

Selanjutnya, untuk data antara perbaikan yang sebelumnya mendapatkan hasil nilai *index of fit* dengan distribusi Lognormal, dilakukan uji *Kolmogorov-Smirnov Test*. Dengan hasil DN (0,227) < D<sub>tabel</sub> (0,246) atau dapat dilihat pada tabel Tabel 4.21. dari hasil tersebut berisi hasil dari uji yang dilakukan menunjukkan bahwa hipotesis nol (H<sub>0</sub>) atau diterima, yang berarti data antara kerusakan memiliki distribusi Lognormal.

### 5.3.3 Analisis Parameter nilai MTTF.

Setelah menguji data kerusakan dan data tersebut diterima, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan estimasi *Mean Time To Failure* (MTTF) berdasarkan distribusi tersebut. Dalam konteks ini, karena data waktu antara kerusakan mengikuti distribusi Log Normal, berikut adalah hasil perkiraan parameter distribusi untuk *Mean Time To Failure* (MTTF):

Tabel 5.3 Nilai Parameter Distribusi MTTF

<b>Komponen</b>	<b>Tmed(Parameter lokasi)</b>	<b>S(Parameter Bentuk)</b>	<b>MTTF</b>
Bucket Raking	45826.11675	0.981164149	74157.8335

Pada hasil kasus komponen Bucket Raking, telah ditemukan bahwa interval waktu antara kerusakan adalah 74157,83 menit. Dengan demikian, estimasi waktu operasional komponen Bucket Raking akan mengalami kerusakan setelah beroperasi selama 74157,83 menit.

### 5.3.4 Analisis Parameter nilai MTTR.

Setelah menguji data perbaikan dan data tersebut diterima, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan estimasi *Mean Time To Repair* (MTTR) berdasarkan distribusi tersebut. Dalam konteks ini, karena data waktu perbaikan mengikuti distribusi Log Normal, berikut adalah hasil perkiraan parameter distribusi untuk *Mean Time To Repair* (MTTR):

Tabel 5.4 Nilai Parameter Distribusi MTTR

<b>Komponen</b>	<b>Tmed(Parameter lokasi)</b>	<b>S(Parameter Bentuk)</b>	<b>MTTR</b>
Bucket Raking	179.4962674	0.747105777	237.2793015



Pada hasil kasus komponen Bucket Raking, telah ditemukan bahwa interval waktu perbaikan adalah 237,27 menit. Dengan demikian, estimasi waktu perbaikan komponen Bucket Raking rata-rata selama 237,27 menit.

### 5.3.5 Analisis Interval Waktu Pemeriksaan dan Pergantian Komponen Bucket.

Untuk menghitung interval waktu pencegahan pergantian, digunakan kriteria *minimisasi downtime*. Hasil perhitungan yang dipilih adalah yang menghasilkan waktu henti (*downtime*) terkecil. Dalam perhitungan ini, model yang digunakan adalah *Age Replacement* dengan menggunakan distribusi Log Normal yang telah dipilih. Perhitungan ini dapat dilakukan setelah menemukan nilai MTTF dan MTTR.

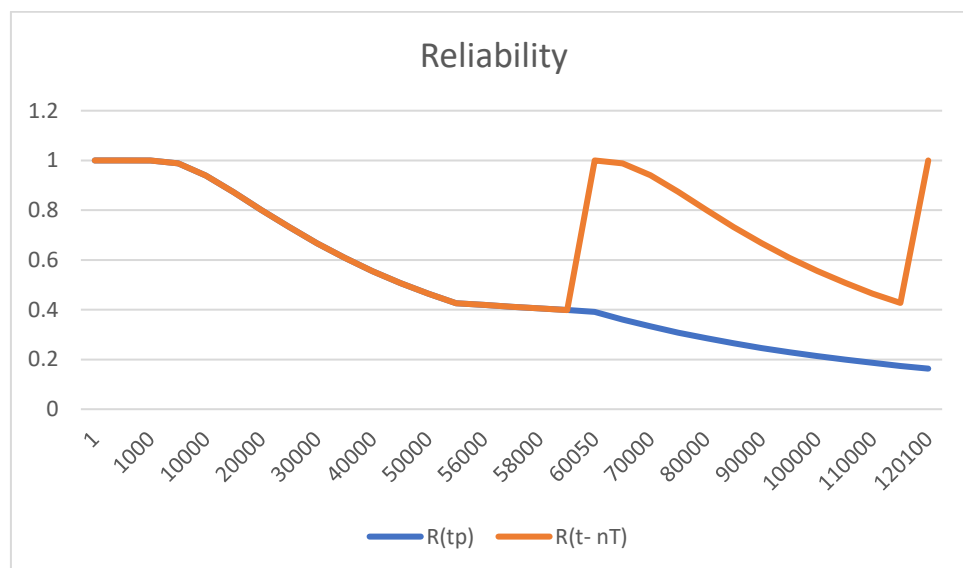
Setelah menganalisis data, ditemukan bahwa interval waktu penggantian komponen Bucket pada mesin reking adalah 60050 menit atau sekitar 41,7 hari. Nilai ini dihasilkan melalui perhitungan pada tabel 4.22. Selama analisis, ditemukan bahwa nilai  $D(tp)$  terkecil terjadi pada  $tp$  ke 60050 menit, dengan nilai minimum  $D(tp)$  sebesar 0.0024236322840591. Bucket, sebagai komponen kritis, harus mengikuti penggantian atau perbaikan (sesuai dengan standar kualitas perusahaan yang telah ditetapkan) setelah beroperasi selama 41,7 hari, sesuai dengan interval waktu penggantian pencegahan yang telah ditetapkan. Perusahaan dapat melakukan penjadwalan penggantian pencegahan untuk komponen Bucket secara teratur sesuai dengan rekomendasi. Ditetapkanlah interval pemeriksaan untuk komponen Bucket sebesar 19,4 hari dengan mempertimbangkan aspek seperti pemeriksaan dilakukan kurang lebih 1 jam dan jam kerja produksi, yang mengindikasikan bahwa pemeriksaan dilakukan secara berkala setiap 19,4 hari. Tujuannya adalah untuk mencegah kerusakan yang dapat menyebabkan berhentinya mesin secara mendadak disaat dibutuhkan, sekaligus meningkatkan masa pakai komponen tersebut.

Sebelumnya, PT. XYZ menggunakan jadwal pergantian atau perawatan setiap 13 minggu sekali. Namun, setelah melakukan studi mendalam, ditemukan bahwa jadwal pergantian yang paling efektif adalah setiap 41,7 hari atau 42 hari. Meskipun jadwal pergantian ini lebih cepat dan mengakibatkan biaya perawatan yang lebih besar, manfaatnya sangat signifikan. Dengan menjalankan perawatan yang tepat, kehandalan

mesin dan proses produksi menjadi lebih lancar. Sebaliknya, bila perawatan dilakukan kurang tepat, dapat menyebabkan penurunan kehandalan yang mengakibatkan kemungkinan terjadinya kegagalan, bahkan berpotensi berdampak pada kegagalan lain pada mesin Raking dan mengganggu dalam sistem produksi.

### 5.3.6 Analisis Interval Waktu Pemeriksaan dan Pergantian Komponen Bucket.

Pada analisis perbandingan *reliabilitas*. Penerapan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) diharapkan dapat meningkatkan kehandalan sebuah komponen kritis yang diteliti. Keandalan komponen adalah kemampuan untuk mencapai nilai tertinggi atau maksimum (1). Gambar dibawah ini menunjukkan grafik perbandingan keandalan sebelum dan sesudah pergantian atau perbaikan komponen.



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Reliability Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan

Kedua grafik pada Gambar 5.1 menunjukkan proteksi komponen sebelum dan sesudah dilakukan perawatan *preventif*. Pada mulanya yaitu pada menit ke 1, grafik biru ( $R(tp)$ ) menunjukkan sebelum dilakukan perawatan dan grafik oren ( $R(t-Nt)$ ) menunjukkan kinerja keandalan setelah perawatan dilakukan. Pada titik ini, keandalan mencapai nilai optimal 1, menandakan bahwa komponen yang telah diganti atau diperbaiki memiliki

keandalan yang tinggi. Namun, di menit 60050 terjadinya perbedaan bahwa grafik biru akan terjadi penurunan tekanan akibat penurunan keandalan. Sedangkan grafik oranye, pada menit ke 60050, komponen meningkat secara signifikan sebagaimana grafik oranye menunjukkan peningkatan eksklusi setelah perawatan *preventif*.

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Setelah menganalisis data dari hasil pengolahan dan pembahasan dalam penelitian di PT. XYZ, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Melalui analisis *Failure mode Effect and Analysis* (FMEA), komponen-komponen penting pada mesin Raking dapat diidentifikasi. Dalam analisis ini, setiap komponen pada mesin Raking dievaluasi berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yang ditemukan. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen Bucket dianggap sebagai komponen yang paling kritis dengan RPN tertinggi, yang diperoleh dari perhitungan  $severity \times occurrence \times detection$  sebesar  $5 \times 9 \times 4 = 180$ .
2. Pada analisis *Task Selection* telah disimpulkan tindakan perawatan yang optimal untuk setiap komponen pada mesin Raking sebagai berikut :
  - *Time Direct* (TD) : Pada mesin Raking terdapat satu komponen yang efektif untuk tindakan pemeliharaan TD yaitu komponen Conveyor.
  - *Condition Direct* (CD) : Pada mesin Raking terdapat tiga komponen yang efektif untuk tindakan pemeliharaan mode CD yaitu Bucket Raking, Traveling system, Raking Control.
  - *Failure finding* (FF) : Pada mesin Raking terdapat dua komponen yang efektif untuk tindakan pemeliharaan FF, yaitu komponen Motor dan Gearbox.
3. Interval waktu penggantian komponen Bucket pada mesin reking adalah 60050 menit atau sekitar 41,7 hari. Selama analisis, ditemukan bahwa nilai  $D(tp)$  terkecil terjadi pada  $tp$  ke 60050 menit, dengan nilai minimum  $D(tp)$  sebesar 0.0024236322840591. Perusahaan dapat melakukan penjadwalan penggantian pencegahan untuk komponen Bucket secara teratur sesuai dengan rekomendasi. Ditetapkanlah interval pemeriksaan untuk komponen Bucket sebesar 19,4 hari yang mengindikasikan bahwa pemeriksaan dilakukan secara berkala setiap 19,4 hari.

4. Perbandingan keandalan sebelum dan sesudah pergantian atau perbaikan komponen. Terlihat dimenit 60050 terjadinya perbedaan bahwa grafik biru (Rtp) akan terjadi penurunan tekanan akibat penurunan keandalan. Sedangkan grafik oren (R t-nt), pada menit ke 60050, komponen meningkat secara signifikan sebagaimana grafik oren (R t-nt) menunjukkan peningkatan eksklusi setelah perawatan *preventif*.

## 6.2 Saran

Berikut ini beberapa saran yang bisa menjadi masukan bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya:

- Mengembangkan pola perawatan yang melibatkan Manajerial dan operasional secara bersama-sama, dengan tujuan menciptakan sistem perawatan yang terintegrasi.
- Perusahaan dapat lebih memperhatikan perawatan *preventif* baik dari segi administrasi maupun implementasi di lapangan
- Memastikan tersedianya suku cadang untuk menjaga ketersediaan dan keandalan sebuah mesin.
- Saran untuk penelitian berikutnya adalah untuk memberikan perhatian yang lebih mendalam pada komponen atau mesin lainnya, dengan tujuan mencapai integrasi yang sejalan antara sistem perawatan dan juga memperhatikan dari segi aspek keuangan jika diizinkan oleh perusahaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2020). *Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS: Consequences Probability Level of Risk*. www.lspmks.co.id
- Amarrudin Firmansyah, M., & Nurhalim. (2020). Analisis *Reliability Centered Maintenance*(RCM) Pada Mesin Hydraulic Press Plate *Machine*1000 Ton(Studi Kasus PT. X). *J-Proteksion*, 4.
- Anderson, R. (1990). *Reliability Centered Maintenance : Management And Engineering Methode*. New York: Elesevier Science Publishing Co Inc.
- Arinta, E.N. (2020). Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Dan *Age Replacement* Pada Mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC) (Studi Kasus : PT. TANJUNG JATI B UNIT 1 PLTU Jepara). Yogyakarta: Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Aritonang, Y. M. K. (2023). Pengembangan Pendekatan Matematis dan Penyelesaiannya untuk Reliabilitas Sistem Dengan Distribusi Kegagalan Berbeda. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 12(1), 35–42. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v12i1.6318.35-42>
- Corder, Antony, *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Erlangga, Jakarta, 1992.
- Deva Putra Mahendra, J. (2022). *Preventive Maintenance* Mesin FBB Can Body Maker dengan Metode RCM Di PT IMCP 41 Preventive Maintenance Mesin Fbb Can Body Maker Dengan Metode RCM Di Pt IMCP.
- Ebeling, C.E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. The Mc-Graw Hills Companies Inc., Singapore.
- Gaspersz, V. 1992. Analisis Sistem Terapan: Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri. Penerbit “Tarsito”, Bandung.

- Gulati, R. (2013). *Maintenance And Reliability Best Practices Second Edition*. New York: Industrial Press, Inc
- Haming, P., Arminas, A., Fajri, N., & Efendi, D. (2023). The Maintenance Interval Of Prebreaker Critical Components Using Reliability Centered Maintenance In Pt XYZ. *Journal of Industrial Engineering Management*, 8(1), 50–54. <https://doi.org/10.33536/jiem.v8i1.1268>
- Ilahy Rosihan, R., Adi Sastra, F., Delano Regent Montororing, Y., Widyantoro, M., Teknik Industri, J., Teknik, F., & Bhayangkara Jakarta Raya, U. (n.d.). Analisa Perawatan Mesin Inflation dengan Metode Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 8(2), 225.
- IR. Ating Sudrajad, M. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Islam, S. S., Lestari, T., Fitriani, A., & Wardani, D. A. (2020). Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode *Fuzzy FMEA* (Vol. 8, Issue 1).
- Jardine, A.K.S. (1973), *Maintenance, Replacement and Reliability*. Department of Engineering, Production Universitas of Birmingham.
- Kementerian ESDM. “Konsumsi Listrik Penduduk Indonesia”, <https://databoks.katadata.co.id>, 2023
- Kurniawan, F. (2013). *Manajemen Perawatan Industri Teknik dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Montgomery, D. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control*, 5 th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.,.
- Nasir, M. A., & Andesta, D. (2022). Pendekatan Metode Failure Mode and Effect Analysis dalam Analisis Risiko Kecelakaan Kerja di Unit Fabrikasi Baja PT. XYZ. *Serambi Engineering*, VII(4).

- Patton, J. &. (1995). *Preventive Maintenance*. United States: The International Society for Measurment & Control
- Pranoto, H. (2015). *Reliability Centered Maintenance*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Prasmoro, A. V. (2020). Analisa sistem perawatan pada mesin las MIG dengan metode *Failure mode and Effect Analysis*: Studi kasus di PT. TE.
- Purnomo, J., Affandi, N., Rahmatullah, A., & Bina Bangsa, U. (n.d.). Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin Xray Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada PT. Tristan Engineering. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 1(01), 2021–2022. <https://doi.org/10.46306/tgc.v1i1>
- Rizkya, I., Siregar, I., Siregar, K., Matondang, R., & Henri, E. W. (2019). *Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201>
- Ruchiyat, I., Prasetyaningsih, E., & Muhammad, C. R. (2020). Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin Blowing dan Mesin Filling Menggunakan Teori Reliability dan Model *Age Replacement* (Studi Kasus pada PT. XYZ). *Jurnal Sistem Teknik Industri* (JSTI), 22(2), 1–12.
- Samsul Huda, M., Yudha Tripariyanto, A., & Komari, A. (2021). Perencanaan Predictive Dan Preventive Maintenance Pada Pompa SWLP (Sea Water Lift Pump) Dengan Menggunakan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Di Saka Indonesia Pangkah Limited. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Industri Universitas Kadiri*, 3(1), 37–51. <https://doi.org/10.30737/jurmatis.v3i1.1406.g1316>
- Smith, A. M. & Glenn, H. R. (2004). *RCM – Gateway to World Class Maintenance*. London : Elsevier Inc.
- Sodikin, J., & Jati, U. S. (2022). Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode *Failures Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Anaysis* (LTA).



*Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, 03(01), 13–21.  
<https://doi.org/10.35970/accurate.v3i1.1273>

Verband der Automobilindustrie e.V. 1996. *Quality Management in the Automotive Industry*

Walpole, R. E., Myers, R. H., dan Myers, S. L., 1995, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan*, ITB, Bandung.

Yssaad, B., Khiat, M., & Chaker, A. (2014). *Reliability Centered Maintenance optimization for power distribution systems. International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 55, 108–115.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.08.025>

## LAMPIRAN

### A-Tabel Nilai Uji Kolmogorov Smirnov

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

**B- Gambar Mesin Raking Intake**





## C-Table Standardized Normal Probabilities

TABLE A.1

Standardized normal probabilities:  $\Phi(z) = \int_{-\infty}^z (1/\sqrt{2\pi})e^{-y^2/2} dy$

$z$	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	$z$	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	$z$	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$
-4.0000	0.00003	0.99997	-3.51000	0.00022	0.99978	-3.02000	0.00126	0.99874
-3.99000	0.00003	0.99997	-3.50000	0.00023	0.99977	-3.01000	0.00131	0.99869
-3.98000	0.00003	0.99997	-3.49000	0.00024	0.99976	-3.00000	0.00135	0.99865
-3.97000	0.00004	0.99996	-3.48000	0.00025	0.99975	-2.99000	0.00139	0.99861
-3.96000	0.00004	0.99996	-3.47000	0.00026	0.99974	-2.98000	0.00144	0.99856
-3.95000	0.00004	0.99996	-3.46000	0.00027	0.99973	-2.97000	0.00149	0.99851
-3.94000	0.00004	0.99996	-3.45000	0.00028	0.99972	-2.96000	0.00154	0.99846
-3.93000	0.00004	0.99996	-3.44000	0.00029	0.99971	-2.95000	0.00159	0.99841
-3.92000	0.00004	0.99996	-3.43000	0.00030	0.99970	-2.94000	0.00164	0.99836
-3.91000	0.00005	0.99995	-3.42000	0.00031	0.99969	-2.93000	0.00169	0.99831
-3.90000	0.00005	0.99995	-3.41000	0.00032	0.99968	-2.92000	0.00175	0.99825