

**IMPLEMENTASI PERAWATAN PREVENTIVE PADA MESIN
PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN KEHANDALAN MESIN
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM)***

(STUDI KASUS : PT. XYZ)

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri*



Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Farhan Ikhra Lubis

No. Mahasiswa : 14 522 369

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

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah saya jelaskan. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Agustus 2021



Muhammad Farhan Ikhra Lubis

NIM. 14522369

SURAT KETERANGAN

Nomor : 053/Ka.lab IPO/20/ Lab.IPO/III/2021

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : **Muhammad Farhan Ikhra Lubis**

Nim : 14522369

Jurusan : Teknik Industri

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan Tugas Akhir dengan judul ” **Implementasi Perawatan Preventive Pada Mesin Produksi untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)** di Laboratorium Inovasi Pengembangan dan Organisasi (Lab IPO) Universitas Islam Indonesia pada semester genap Tahun Akademik 2020 / 2021.

Demikian surat keterangan ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 05 Agustus 2021

Kepala Laboratorium
IPO FTI UII



Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**IMPLEMENTASI PERAWATAN PREVENTIVE PADA MESIN
PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN KEHANDALAN MESIN
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM)***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1

Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Disusun Oleh :

Muhammad Farhan Ikhra Lubis

NIM : 14 522 369

Yogyakarta, 2021

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**IMPLEMENTASI PERAWATAN PREVENTIVE PADA MESIN
PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN KEHANDALAN MESIN
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM)*****(STUDI KASUS : PT. XYZ)****TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Farhan Ikhra Lubis

No. Mahasiswa 14 522 369

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

Yogyakarta, Agustus 2021

Tim Penguji**Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.**

Ketua

Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc.

Anggota I

Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I.

Anggota II




Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia


Dr. Idris Immawan, S.T., M.M.

HALAMAN MOTTO

“...dan jangankah kamu berputus asa dari rahmat Allah, sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, melainkan kaum kafir” (Q.S. Yusuf: 87)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui” (Q.S. Ath-Thalaq: 2-3)

“ Tidak ada yang sempurna, Tapi jadilah lebih baik” (Ir. Hartomo, M.sc., Ph.D)

“Sedikit lebih beda lebih baik, daripada sedikit lebih baik” (Pandji Pragiwaksono)

“Setiap segala sesuatu itu memiliki kelebihan, maka janganlah meremehkan dan merendahnya” (Abu Bakar Ash-Siddiq)

“Kalau tidak bisa melakukan untuk dirimu, lakukan lah demi orang tua mu” (Dian Janari, S.T., M.T.)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji Syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “IMPLEMENTASI PERAWATAN PREVENTIVE PADA MESIN PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN KEHANDALAN MESIN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) (STUDI KASUS : PT. XYZ)”. Tak lupa sholawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah mencerahkan serta mencerdaskan kita hingga akhir zaman nanti.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir Hari Purnomo, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini. Tanpa adanya beliau mungkin tulisan tugas akhir ini tidak akan bisa terwujud
4. Seluruh Dosen Fakultas Teknik khususnya Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan ilmu nya selama penulis mengikuti kuliah hingga dapat menyelesaikan skripsi ini
5. Kedua orang tua, Bapak Ikhwan Lubis dan Ibu Herawati, kedua adik saya Muhammad Farid Afif Lubis dan Muhammad Faiz Athallah yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materil serta doa yang tak ada hentinya demi terselesainya skripsi ini.
6. Kepada Erin Juriani yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bantuan dan dukungan lebih dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Serta rekan-rekan Fakultas Teknik Industri khususnya angkatan 2014, yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang sangat besar dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para penulis yang tulisannya telah dikutip sebagai bahan rujukan.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlimpah rahmat, karunia dan kelapangan hati atas segala kebaaikan yang telah mereka berikan kepada saya dan semoga bisa menjadi amal sholeh bagi mereka semua.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan dimasa yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir dapat bermamfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2021

Muhammad Farhan Ikhra Lubis

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

ABSTRAK

Mesin adalah alat yang digunakan dalam melakukan aktifitas produksi dalam memproduksi suatu produk. Sehingga mesin sangat penting untuk sebuah Industri. Kemampuan dan kehandalan mesin sangat berpengaruh terhadap laju aktifitas produksi. Dan untuk itu menjaga performa mesin sangat penting sehingga dapat mencegah penurunan laju aktivitas produksi. Pada penelitian ini akan melakukan analisa kegiatan *maintenance* dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sehingga dapat memberikan estimasi waktu perawatan *preventive* dan menentukan batas waktu beroperasinya mesin sehingga kehandalan mesin dapat terjaga. Hasil dari identifikasi kerusakan mesin didapatkan mesin kritis yaitu mesin G-3-25 dengan total kerusakan 23 kali dan mesin G-3-30 dengan total kerusakan 13 kali. Komponen kritis pada mesin G-3-25 adalah *Overhung Impeller* dengan menggunakan distribusi weibull mendapatkan nilai MTTF 78,5242 hari dengan nilai kehandalan 37% dan nilai MTTR 47,578 hari dengan nilai kehandalan 55%. Pada komponen kritis pada mesin G-3-30 adalah *Pump* dengan distribusi lognormal mendapatkan nilai MTTF 344,86 hari dengan nilai kehandalan 21% dan nilai MTTR 159,798 hari dengan nilai kehandalan 84%. Setelah dilakukan penjadwalan ulang terhadap waktu perbaikan mendapatkan penurunan waktu *breakdown* sebelum adanya kebijakan tindakan *preventive* yaitu dari 88 jam menjadi 56 jam setelah dilakukan tindakan *preventive*. Dengan usulan perawatan menggunakan metode RCM dapat meningkatkan kehandalan komponen dan dapat mengurangi waktu *breakdown* kerusakan mesin.

Kata Kunci : RCM, MTTF, MTTR, Kehandalan, Preventive.

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	i
SURAT KETERANGAN PENELITIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	7
KAJIAN LITERATUR.....	7
2.1 Kajian Induktif	7
2.2 Kajian Deduktif.....	8
2.2.1 Teori Perawatan	8
2.2.2 Jenis-jenis Perawatan.....	9
2.2.3 Kegiatan Perawatan	10
2.2.4 Diagram Pareto	11
2.2.5 Keandalan (<i>Reliability</i>).....	11
2.2.6 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	12
2.2.7 Fungsi Distribusi Kegagalan.....	12
2.2.8 Uji <i>Goodness of Fit</i>	17
2.2.9 Identifikasi Distribusi Antar Waktu Kerusakan dan Perbaikan	20
2.2.10 <i>Mean Time to Failure</i>	20
2.2.11 <i>Mean Time to Repair</i>	21

2.2.12 Preventive Maintenance	21
BAB III	23
METODE PENELITIAN	23
3.1 Objek Penelitian	23
3.2 Diagram Alir Penelitian	23
3.3 Identifikasi Masalah	25
3.4 Kajian Literatur	25
3.5 Penentuan Metode Penelitian	25
3.6 Pengumpulan Data	26
3.7 Pengolahan Data	26
3.8 Hasil dan Pembahasan	27
3.9 Kesimpulan dan Saran	28
BAB IV	29
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	29
4.1 Pengumpulan Data	29
4.1.1 Identifikasi Mesin Krisis	29
4.1.2 Data Komponen Kritis	33
4.2 Pengolahan Data	35
4.2.1 Penentuan Jenis Distribusi <i>Time to Failure</i>	35
4.2.2 Uji Kecocokan <i>Goodness of Fit</i> Data Kerusakan Komponen	42
4.2.3 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Kerusakan (<i>Mean Time to Failure</i>)	45
4.2.4 Penentuan Jenis Distribusi <i>Time to Repair</i>	46
4.2.5 Uji Kecocokan <i>Goodness of Fit</i> Data Perbaikan Komponen	53
4.2.6 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Perbaikan (<i>Mean Time to Repair</i>)	55
4.2.7 Perbaikan <i>Reliability</i>	56
BAB V	60
PEMBAHASAN	60
5.1 Penentuan Mesin Kritis	60
5.2 Penentuan Komponen Kritis	60
5.3 Penentuan Jenis Distribusi <i>Time to Failure</i>	60
5.4 Penentuan Jenis Distribusi <i>Time to Repair</i>	61
5.5 Analisa Kecocokan <i>Goodness of Fit</i>	62
5.6 Analisa Perhitungan Parameter dan Rata-Rata Waktu Antar Kerusakan (<i>Mean Time to Failure</i>)	63

5.7	Analisa Perhitungan Parameter dan Rata-Rata Waktu Antar Kerusakan (<i>Mean Time to Repair</i>)	64
5.8	Perbaikan <i>Reliability</i>	64
5.9	<i>Opportunity Loss</i>	66
BAB VI		68
PENUTUP		68
6.1	Kesimpulan	68
6.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		70
LAMPIRAN		72



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Jumlah Frekuensi <i>Downtime</i> Mesin.....	29
Tabel 4.2 <i>Downtime</i> Kumulatif	32
Tabel 4.3 Jumlah Frekuensi <i>Downtime</i> Komponen Kritis.....	33
Tabel 4.4 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Distribusi Normal	36
Tabel 4.5 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Distribusi Lognormal	37
Tabel 4.6 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Distribusi Ekspensial.....	37
Tabel 4.7 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Distribusi Weibull	38
Tabel 4.8 Nilai Fungsi <i>Index of Fit</i> (r).....	39
Tabel 4.9 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Distribusi Normal	39
Tabel 4.10 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Distribusi Lognormal	40
Tabel 4.11 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Distribusi Ekspensial.....	41
Tabel 4.12 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Distribusi Weibull	41
Tabel 4.13 Nilai Fungsi <i>Index of Fit</i> (r).....	42
Tabel 4.14 Perhitungan Uji <i>Mann's Test</i>	43
Tabel 4.15 Perhitungan Uji <i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	44
Tabel 4.16 Perhitungan <i>Time to Repair</i> Distribusi Normal	46
Tabel 4.17 Perhitungan <i>Time to Repair</i> Lognormal	47
Tabel 4.18 Perhitungan <i>Time to Repair</i> Ekspensial	48
Tabel 4.19 Perhitungan <i>Time to Repair</i> Distribusi Weibull.....	49
Tabel 4.20 Nilai Fungsi <i>Index of Fit</i> (r).....	49
Tabel 4.21 Perhitungan <i>Time to Repair</i> Distribusi Normal	50
Tabel 4.22 Perhitungan <i>Time to Repair</i> Distribusi Lognormal	51
Tabel 4.23 Perhitungan <i>Time to Repair</i> Ekspensial	51
Tabel 4.24 Perhitungan <i>Time to Repair Weibull</i>	52
Tabel 4.25 Nilai Fungsi <i>Index of Fit</i> (r).....	52
Tabel 4.26 Perhitungan Uji <i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	53
Tabel 4.27 Perhitungan Uji <i>Barlett Test</i>	54
Tabel 4.28 Reliabilitas Komponen <i>Overhung Impeller</i>	56
Tabel 4.29 Reliabilitas Komponen <i>Pump</i>	58
Tabel 5.1 Nilai Fungsi <i>Index of Fit</i> (r) Data Waktu Kerusakan <i>Overhung Imepller</i>	61
Tabel 5.2 Nilai Fungsi <i>Index of Fit</i> (r) Data Kerusakan <i>Pump</i>	61
Tabel 5.3 Nilai Fungsi <i>Index of Fit</i> (r) Data Waktu Perbaikan <i>Overhung Impeller</i>	62
Tabel 5.4 Nilai Fungsi <i>Index of Fit</i> (r) Data Waktu Perbaikan <i>Pump</i>	62
Tabel 5.5 Tabel Parameter TTF dan Hasil MTTF Komponen <i>Overhung Impeller</i>	63
Tabel 5.6 Tabel Parameter TTF dan Hasil MTTF Komponen <i>Pump</i>	63
Tabel 5.7 Tabel Parameter TTR dan Hasil MTTR Komponen <i>Overhung Impeller</i>	64
Tabel 5.8 Tabel Parameter TTR dan Hasil MTTR Komponen <i>Pump</i>	64
Tabel 5.9 Waktu Breakdown Sebelum tindakan <i>preventive maintenacne</i>	66
Tabel 5.10 Waktu Breakdown Sesudah tindakan <i>preventive maintenacne</i>	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jumlah <i>breakdown</i> mesin untuk setiap <i>maintenance area</i>	2
Gambar 2.1 <i>Tree</i> diagram hubungan antar perawatan	10
Gambar 2.2 Kurva Distribusi Normal	13
Gambar 2.3 Kurva Distribusi Lognormal	14
Gambar 2.4 Kurva Distribusi <i>Weibull</i>	15
Gambar 2.5 Kurva Distribusi Eksponensial	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Tahap Pengolahan Data	27
Gambar 4.1 <i>Downtime</i> Mesin Kritis	32
Gambar 4.2 <i>Downtime</i> Diagram Pareto Komponen	35
Gambar 5.1 Simulasi <i>Preventive Maintenance</i> Komponen <i>Overhung Impeller</i>	65
Gambar 5.2 Simulasi <i>Preventive Maintenance</i> Komponen <i>Pump</i>	66



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin menjadi salah satu hal penting dalam meningkatkan aktivitas produksi perusahaan. Mesin adalah alat yang digunakan dalam melakukan aktifitas produksi dalam memproduksi suatu produk. Sehingga mesin sangat penting untuk sebuah Industri. Kemampuan dan kehandalan mesin sangat berpengaruh terhadap laju aktifitas produksi. Dan untuk itu menjaga performa mesin sangat penting sehingga dapat mencegah penurunan laju aktivitas produksi. Dengan begitu dibutuhkan kegiatan *Maintenace* yang tepat dalam memelihara performa dan kehandalan mesin.

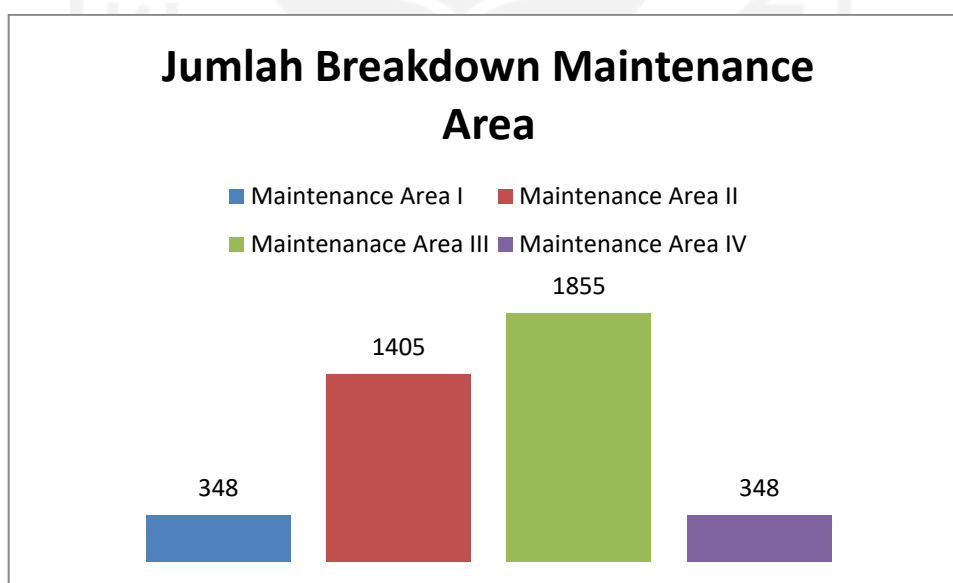
Dalam menjaga aktifitas produksi perusahaan dapat melakukan dengan beberapa cara, salah satunya dengan melakukan tindakan perawatan mesin. Menurut Corder (1992), perawatan adalah suatu kombinasi dari sebagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Selain itu, perawatan juga digunakan untuk melakukan perbaikan atau pergantian pada mesin sehingga mesin dapat terpelihara dengan baik (Assauri, 1999).

Kegiatan perawatan berperan penting untuk mendukung kelancaran proses operasional perusahaan yang dilakukan tiap waktunya. Selain itu, dengan adanya sistem perawatan mesin akan meminimalkan biaya serta kerugian lain yang dapat ditimbulkan. Keputusan perawatan yang baik merupakan keputusan yang diambil untuk mnghasilkan biaya perawatan serendah mungkin namun dapat meningkatkan keandalan dari mesin (Kalagnanam dan Henrion, 1988).

Salah satu metode yang digunakan untuk melakukan penerapan *preventive maintenace* untuk menjaga kehandalan mesin adalah menggunakan metode *Reliability Centered Maintenace (RCM)*. Dimana metode RCM dapat menentukan apa yang harus digunakan untuk menentukan dan memastikan tindakan yang harus dilakukan oleh

perusahaan dalam melakukan tindakan pencegahan. Dengan begitu perusahaan dapat memastikan mesin dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

Kehandalan mesin tentunya sangat berpengaruh terutama untuk PT. XYZ dalam melakukan produksi untuk memenuhi kebutuhan minyak dan gas. Dengan mesin yang bekerja secara terus menerus perlu adanya pengukuran *Reliability* mesin untuk menjaga laju kestabilan produksi. Penelitian ini menggunakan data *unplanned maintenance* dari PT. XYZ sehingga tidak adanya standar waktu untuk melakukan tindakan perawatan pada mesin yang digunakan. Hal itu dapat menyebabkan kerugian terhambatnya pada laju produksi yang dapat ditekan apabila perusahaan dapat menerapkan penjadwalan untuk melakukan perawatan berkala. Dari data yang didapatkan ditemukan beberapa mesin mengalami penurunan kehandalan sebelum adanya tindakan *preventive maintenance*. Sehingga perlu adanya usulan untuk penjadwalan tindakan *preventive maintenance* untuk meningkatkan kehandalan mesin dan mengurangi jumlah *breakdown* mesin. Sehingga perusahaan dapat menghemat waktu *breakdown* dan dapat meningkatkan jumlah produksi.



Gambar 1.1 Jumlah *breakdown* mesin untuk setiap *maintenance area*

Dapat dilihat pada Gambar 1.1 merupakan jumlah kerusakan mesin untuk setiap *maintenance area*. Diagram tersebut menjelaskan bahwa mesin pada MA III memiliki jumlah *breakdown* terbanyak dengan nilai 1885 kali dalam 5 tahun terakhir. Dengan estimasi waktu *breakdown* 8 jam untuk setiap mesinnya maka perusahaan memerlukan

waktu 15.080 jam dalam lima tahun atau 3.016 jam dalam satu tahun nya untuk melakukan perbaikan. Hal tersebut diakibatkan karena tidak ada nya standar penjadwalan. Sehingga perlu ada nya analisa penjadwalan yang lebih lanjut agar dapat mengurangi waktu *breakdown* mesin sehingga dapat menjaga laju produksi tetap optimal.

Pada penelitian ini akan berfokus pada MA III dan akan membuat rancangan usulan *preventive maintenace* terhadap mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM merupakan landasan dasar untuk melakukan perawatan fisik suatu mesin yang dipakai untuk mengembangkan perawatan yang terjadwal (Ben-Daya,2000). Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari mesin / peralatan yang akan dicapai adalah fungsi dari perencanaan dan kualitas pembentukan perawatan pencegahan yang efektif dan jaminan terlaksananya desain keandalan dari mesin (Moubray, 1997). Dengan metode ini akan diketahui *task* yang dibutuhkan dalam interval perawatan berdasarkan prioritas. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan rancangan penjadwalan perawatan mesin untuk perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang diatas maka akan dirumuskan permasalahan nya sebagai berikut :

1. Mesin dan komponen apa saja yang dominan mengalami kerusakan pada MA III?
2. Berapa estimasi waktu *preventive maitenance* yang disarankan agar mesin dapat bekerja dengan optimal?
3. Berapakan selisih waktu *breakdown* perbaikan mesin?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memerlukan ruang lingkup dan fokus kajian yang terarah. Oleh sebab itu, penelitian ini perlu adanya pembatasan agar kajian dapat terfokus dan menghasilkan yang baik. Dan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan data kerusakan mesin pada MA III dalam periode Januari tahun 2019 sampai dengan Desember 2020.
2. Pemilihan komponen kritis terfokus berdasarkan diagram pareto.
3. Penelitian ini menggunakan dua komponen dengan nilai *downtime* terbesar.
4. Penelitian tidak menghitung biaya sebelum dan sesudah dilakukan perawatan pencegahan.
5. Mesin yang paling kritis terpilih adalah mesin G-3-25 dan mesin G-3-30.

1.4 Tujuan Penelitian

Ada pun tujuan dari penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui mesin dan komponen yang dominan mengalami kerusakan.
2. Memberikan usulan waktu *preventive maintenance* pada komponen kritis.
3. Mengetahui selisih waktu *breakdown* sebelum dan sesudah adanya tindakan *preventive maintenance*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mahasiswa, penelitian ini digunakan sebagai implementasi keilmuan yang didapat di bangku perkuliahan pada realita pekerjaan industri.
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam meningkatkan sistem manajemen perawatan pada perusahaan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi contoh untuk penelitian-penelitian kedepannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini ditulis berdasarkan kaidah penulisan yang sudah ditentukan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan permasalahan, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan TA.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Memuat kajian literatur deduktif dan induktif yang dapat membuktikan bahwa topik TA yang diangkat memenuhi syarat dan kriteria yang telah dijelaskan diatas.

BAB III METODE PENELITIAN

Memuat obyek penelitian, data yang digunakan dan tahapan yang telah dilakukan dalam penelitian secara ringkas dan jelas. Metode ini dapat meliputi metode pengumpulan data, alat bantu analisis data, dan metode pengolahan data.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Menguraikan proses pengolahan data dengan prosedur tertentu, termasuk menampilkan data berupa tabel dan grafik yang diperoleh dari hasil penelitian. Pada bab ini akan menjadi acuan pembahasan pada BAB V.

BAB V PEMBAHASAN

Membahas hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

BAB VI PENUTUP

Berisikan tentang kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan berisirekomendasi atau saran-saran dari hasil penelitian pada BAB IV. Sehingga dapat memberikan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Induktif

Beberapa penelitian terdahulu mengenai *Preventive maintenance* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), antara lain Sayuti, Muhammad Dan Siddiq Rifa'I (2013), melakukan penelitian pada PT. Z yang bergerak dalam bidang produksi air minum dalam kemasan dimana perusahaan tersebut memproduksi berbagai jenis air minum dalam kemasan. Dalam menyelesaikan penelitian ini, peneliti menggunakan dua metode yaitu RCM II dan *Failure Mode and Effects Analysis*. Saat menggunakan metode RCM II di dapat hasil kegagalan potensial pada mesin *Ultra filtration* dengan interval perawatan 194.5 jam, mesin *Copper* dengan interval perawatan 146.5 jam, dan *chain conveyor* dengan interval perawatan 127.49 jam. Lalu dengan menggunakan metode *FMEA* dengan menentukan nilai RPN tertinggi ialah pada saat penutupan botol yang telah terisi air dengan nilai RPN 120. Peneliti pun menyarankan kepada perusahaan untuk mendata secara lengkap seluruh kerusakan yang terjadi mesin di *Bottling Line* sehingga peneliti dapat melakukan penjadwalan tentang keandalan, perawatan, dan penggantian komponen. Peneliti juga meminta kepada perusahaan agar dapat melakukan perawatan secara intensif untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin yang dapat mempengaruhi biaya perawatan dan perbaikan komponen.

Berikutnya penelitian yang dilakukan oleh Ansory Puput (2019) yang melakukan pada perusahaan PT. Aneka Gas Industri yang memproduksi berbagai gas industri. Penelitian ini menggunakan RCM II dan melakukan perbandingan biaya sebelum dan sesudah melakukan *preventive maintenance* pada mesin IQF. Penelitian ini menggunakan data perbaikan selama tiga tahun terakhir. Dengan menggunakan metode RCM II peneliti memberikan penjadwalan perawatan pencegahan pada komponen *Gear Box Lifter* dapat melakukan perawatan setiap 4 hari sekali, *Sprocket* dilakukan perawatan setiap 5 hari sekali, *Scraper* dilakukan perawatan setiap 2 hari sekali, *Wiremesh Belt* dilakukan perawatan setiap 5 hari sekali.

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

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Teori Perawatan

Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas dan peralatan pabrik dengan melakukan perbaikan dengan melakukan menyesuaikan atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasai produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Assauri, 2008). Perawatan merupakan kegiatan untuk menjaga segala sesuatu dapat beroperasi yaitu fasilitas produktif dapat beroperasi secara efektif (Handoko, 1984). Sedangkan menurut Anthony Corder (1988) perawatan merupakan suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaiki sampai suatu kondisi yang bisa diterima.

Dari beberapa definisi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa perawatan adalah kegiatan untuk mencegah dan memperbaiki fasilitas pabrik dari kerusakan sehingga dapat menjaga kelancaran proses produksi. Sedangkan dalam penerapannya, perusahaan lebih sering melakukan peratan korektif/perbaikan, sedangkan perawatan pencegahan kurang mendapat perhatian yang lebih oleh perusahaan.

2.2.2 Jenis-jenis Perawatan

Menurut Corder (1988) perawatan dibagi menjadi dua aktifitas yaitu terencana dan tidak terencana. Perawatan tidak terencana adalah perawatan yang dilakukan saat darurat yaitu yang dilakukan tidak untuk mencegah akibat yang serius, misalkan kerusakan mesin atau komponen sehingga memerlukan pergantian.

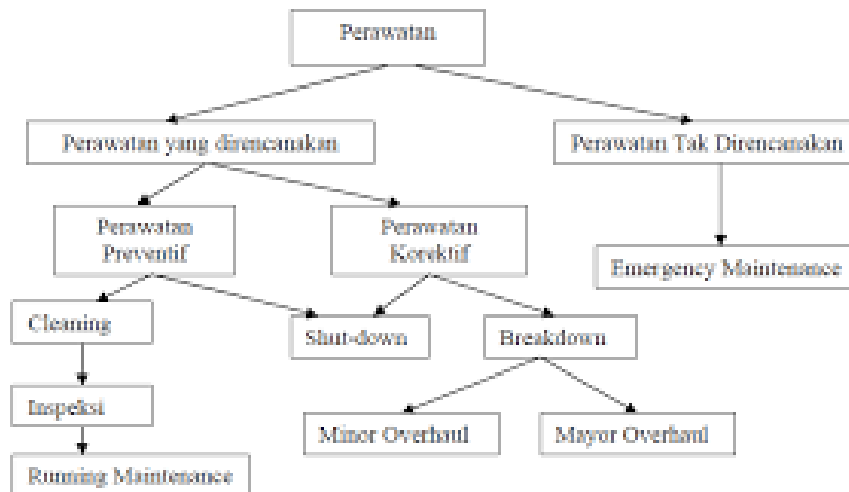
Perawatan terencana adalah perawatan yang dilakukan dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan kebijakan perusahaan. Perawatan terencana sendiri dibagi menjadi dua, yaitu :

a. Perawatan Pencegahan

Perawatan terencana dilakukan berdasarkan aktifitas yang terjadi pada mesin yaitu “lihat, dengar, dan rasakan” serta melakukan pengecekan dan pergantian komponen pada selang waktu tertentu yang perlu diganti pada saat pemeriksaan. Perawatan pencegahan sangat penting dalam menjaga keawetan mesin yang masuk dalam *critical unit*. Yang termasuk dalam golongan *critical unit* adalah kerusakan yang akan berakibat fatal pada kesehatan dan keselamatan kerja, kerusakan yang mengakibatkan menurunnya kualitas produk, kerusakan yang mengakibatkan kemacetan pada seluruh proses produksi.

b. Perawatan Korektif

Perawatan korektif meliputi perbaikan minor, terutama untuk rencana jangka pendek yang mungkin akan terjadi saat pemeriksaan, dan juga *overhaul* terencana tahunan.



Gambar 2.1 Tree diagram hubungan antar perawatan

2.2.3 Kegiatan Perawatan

1. Inspeksi (*Inspection*)

Yaitu kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara rutin berkala yang sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan oleh perusahaan dimana kegiatan tersebut dilakukan meliputi bangunan, peralatan pabrik, dan mesin serta membuat laporan-laporan dari hasil pengecekan dan pemeriksaan tersebut.

2. Kegiatan Teknik (*Engineering*)

Kegiatan yang dilakukan untuk melakukan percobaan pada peralatan yang dibeli dan melakukan kegiatan pengembangan peralatan atau komponen peralatan yang perlu diganti serta melakukan penelitian terhadap pengembangan tersebut.

3. Kegiatan Produksi (*Production*)

Kegiatan yang dilakukan sesuai dengan usulan dalam kegiatan teknik dan inspeksi. Dan melakukan kegiatan *service* dan pelumasan

4. Kegiatan Administrasi (*Clerical Work*)

Kegiatan yang melakukan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan kegiatan pemeliharaan dan biaya yang berhubungan dengan kegiatan pemeliharaan, komponen atau *spare part*, *progress report* tentang apa yang telah dilakukan, lama nya waktu yang dibutuhkan dalam melakukan inspeksi dan perbaikan, serta pencatatan untuk komponen-komponen yang tersedia dibagian *maintenance*.

5. Pemeliharaan Bangunan (*House Keeping*)

Kegiatan dalam menjaga bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya. Sehingga menciptakan lingkungan yang aman untuk para pekerja.

2.2.4 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian (*Gaspersz, 2002*). Dimana grafik pertama akan menunjukkan masalah yang paling banyak terjadi dan batang yang paling tinggi adalah masalah yang paling kritis. Sedangkan batang yang paling kiri adalah masalah yang cukup ringan.

Diagram pareto berfungsi sebagai:

1. Menentukan frekuensi relatif dan urutan pentingnya masalah-masalah atau penyebab yang ada.
2. Memfokuskan perhatian pada isu-isu kritis dan penting dengan memberikan ranking pada masalah-masalah dari masalah itu dalam bentuk yang signifikan.

2.2.5 Keandalan (*Reliability*)

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

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

Dimana :

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

$R(t)$ = *Reliability Function*

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

2.2.6 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya (Dhillon, 2002). RCM merupakan serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan kegiatan perawatan yang tepat dengan tujuan sehingga aset fisik dapat terjaga sesuai fungsi operasionalnya. Sehingga RCM lebih berfokus dalam jenis perawatan *preventive maintenance* pada penerapannya.

Beberapa tujuan dalam penerapan RCM menurut Moubrey (1997), yaitu :

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

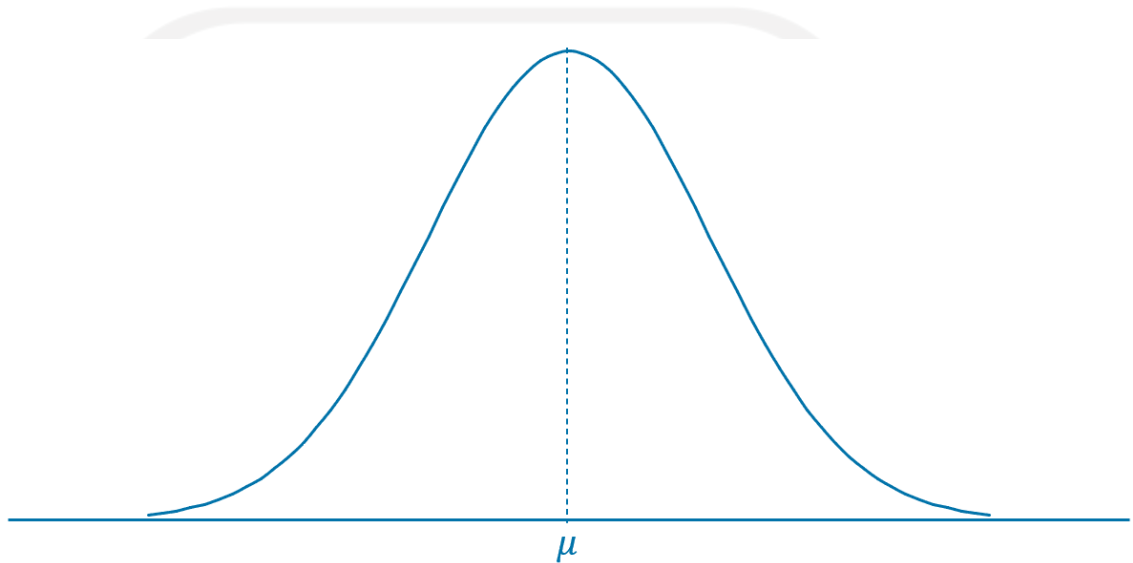
Berikut ini adalah langkah-langkah pada metode RCM pada penelitian ini:

- a. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi
- b. Batasan sistem
- c. Menentukan mesin dan komponen kritis
- d. Menentukan distribusi kegagalan setiap komponen
- e. Menentukan nilai *mean time to failure* dan *mean time to repair*
- f. Menentukan tingkat kehandalan komponen
- g. Menghitung selisih *breakdown* sebelum dan sesudah tindakan *preventive maintenance*.

2.2.7 Fungsi Distribusi Kegagalan

1. Fungsi Distribusi Normal

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



Gambar 2.2 Kurva Distribusi Normal

Fungsi-fungsi distribusi Normal adalah sebagai berikut:

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

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]}$$

Untuk $-\infty < t < \infty$ dimana $t = \text{waktu}$

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

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

- c. Fungsi keandalan (*reliability function*)

$$R(t) = 1 - F(t)$$

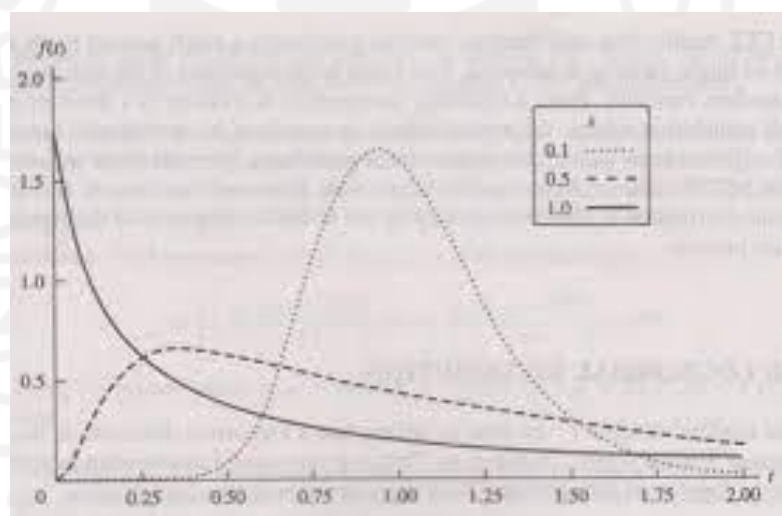
$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

- d. Fungsi laju kerusakan

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

2. Fungsi Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal memiliki dua parameter yaitu s (*shape*) dan parameter t_{med} (*location*) yang merupakan nilai tengah dari waktu kerusakan. Distribusi ini hanya mendefinisikan nilai-nilai positif dari t dan oleh karena itu distribusi normal lebih tepat dari pada distribusi normal sebagai distribusi kegagalan. Distribusi ini memiliki banyak bentuk dan juga distribusi ini memiliki kemiripan dengan distribusi *weibull* sehingga data yang dihasilkan memiliki kecocokan dengan distribusi *weibull* (Ebelling, 1997).



Gambar 2.3 Kurva Distribusi Lognormal

Fungsi-fungsi distribusi Lognormal adalah sebagai berikut:

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

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

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

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

- c. Fungsi keandalan (*reliability function*)

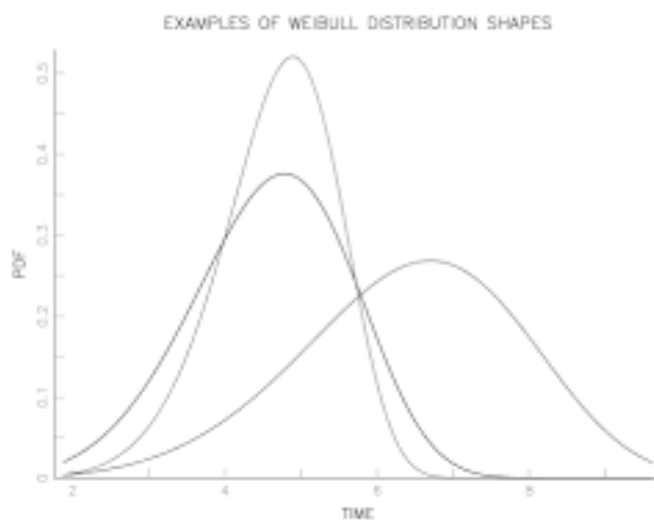
$$R(t) = 1 - \phi \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right)$$

- d. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \phi \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right)}$$

3. Fungsi Distribusi *Weibull*

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



Gambar 2.4 Kurva Distribusi *Weibull*

Fungsi-fungsi distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut ini :

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

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

Untuk $t > 0$

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

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

- c. Fungsi keandalan (*reliability function*)

$$R(t) = 1 - F(t)$$

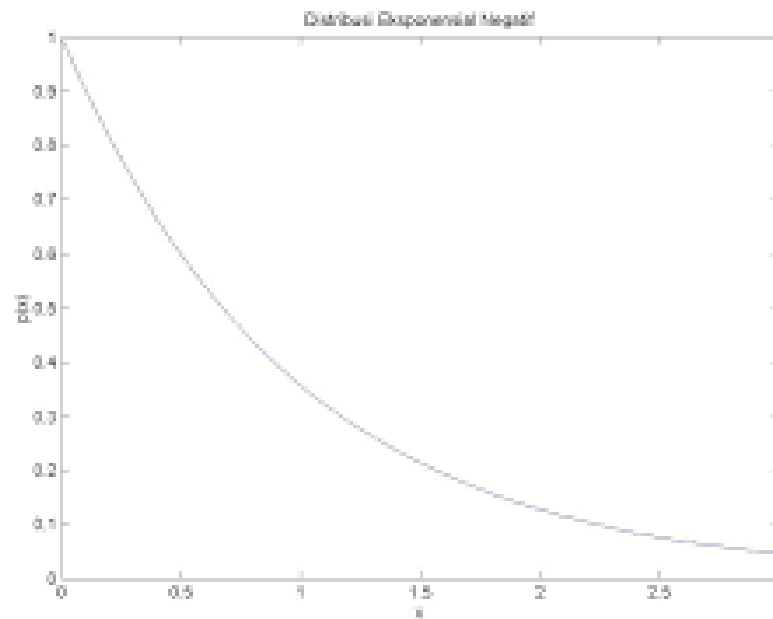
$$R(t) = e \left[\left(-\frac{t}{\theta}\right)^{\beta} \right]$$

- d. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1}$$

4. Fungsi Distribusi Eksponensial

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



Gambar 2.5 Kurva Distribusi Eksponensial

Fungsi-fungsi distribusi Eksponensial adalah sebagai berikut :

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

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

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

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

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

- c. Fungsi keandalan (*reliability function*)

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

- d. Fungsi laju kerusakan

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

- e. *Mean time to failure*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

2.2.8 Uji Goodness of Fit

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

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

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

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

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

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

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

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (ti - tbar)^2}{n-1}}$$

Keterangan :

ti = *time to failure* ke- i

ti = $\ln (ti)$ (lognormal)

$tbar$ = rata-rata *time to failure*

s = *standard deviasi*

n = banyaknya data

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

2. *Mann Test's* untuk Pengujian Distribusi *Weibull*

H_0 : data *time to faillure* berdistribusi *Weibull*

H_1 : data *time to failure* tidak berdistribusi *Weibull*

$$M = \frac{k_1 \sum [(\ln t_{i+1} - \ln t_1) / M_i]}{k_2 \sum [(\ln t_{i+1} - \ln t_1) / M_i]}$$

$$k_1 = \left[\frac{r}{n} \right]$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{n} \right]$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

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

Keterangan :

t_i = data antar waktu kerusakan ke- i

n = jumlah data antar waktu kerusakan komponen

M_i = nilai pendekatan Mann untuk data ke- i

M = nilai perhitungan *Weibull*

$M_{0,05;k_2;k_1}$ = nilai distribusi *Weibull*

r = banyaknya data

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

3. Barlett Test untuk Pengujian Distribusi Ekponensial

H_0 : Data *time to failure* berdistribusi ekponensial

H_1 : data *time to failure* tidak berdistribusi eksponensial

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

Keterangan : t_i = waktu kerusakan ke- i

r = jumlah kerusakan

Data waktu kerusakan berdistribusi eksponensial apabila

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

2.2.9 Identifikasi Distribusi Antar Waktu Kerusakan dan Perbaikan

1. Nilai Tengah Kerusakan

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

Keterangan :

- i = data waktu ke- t
 n = jumlah kerusakan

2. *Index of Fit*

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_1^n x_i)(\sum_1^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_1^n x_i^2) - (\sum_1^n x_i)^2][n(\sum_1^n y_i^2) - (\sum_1^n y_i)^2]}}$$

2.2.10 Mean Time to Failure

Mean Time to Failure adalah selang waktu rata-rata kerusakan dari distribusi kerusakan dan digunakan untuk melakukan prediksi jika terjadinya kerusakan pada suatu mesin atau suatu komponen.

Fungsi-fungsi MTTF untuk setiap distribusi adalah sebagai berikut :

- a. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

- b. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$$

- c. Distribusi Weibull

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

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

d. Distribusi Eksponensial

e. $MTTF = \frac{1}{\lambda}$

2.2.11 Mean Time to Repair

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

Fungsi-fungsi MTTR untuk setiap distribusi adalah sebagai berikut :

a. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

b. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$$

c. Distribusi Weibull

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

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

d. Distribusi Eksponensial

e. $MTTF = \frac{1}{\lambda}$

2.2.12 Preventive Maintenance

Salah satu cara untuk melakukan peningkatan kehandalan adalah dengan menggunakan *Preventive Maintenance*, yaitu merupakan suatu strategi perawatan yang mengacu pada periode perawatan yang tetap maupun dalam kondisi tertentu dari sebuah komponen. Strategi ini dinilai dapat memberikan hasil yang signifikan karena dapat mengurangi kelelahan pada komponen sehingga meningkatkan kehandalan pada mesin. Adapun fungsi dari strategi ini adalah :

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

Keterangan :

Untuk $nT < t < (n+1)T$

Dimana $n = 1, 2, 3, \dots$ dst.

t = Waktu

n = Jumlah perawatan

T = Interval waktu pencegahan penggantian kerusakan

$R(t)$ = Probabilitas keandalan sistem tanpa perlakuan *preventive maintenance*

$R(T)^n$ = Probabilitas keandalan mesin sampai perawatan ke n

$R(t-nT)$ = Probabilitas keandalan sistem antara waktu $t-T$ setelah mesin dikembalikan ke kondisi awal pada saat T

$R_m(t)$ = Probabilitas kehandalan sistem dengan *preventive maintenance*

BAB III

METODE PENELITIAN

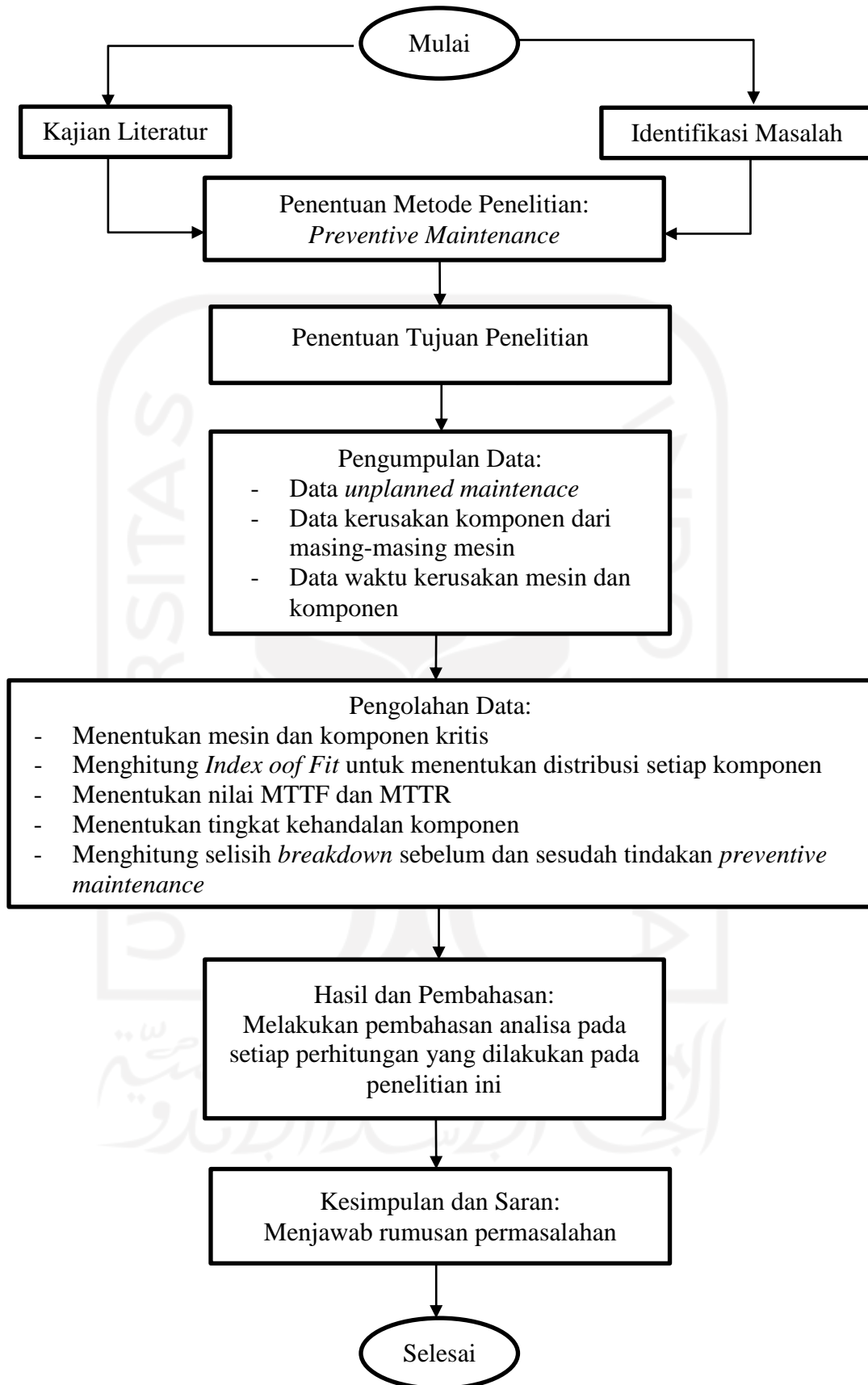
3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan data perawatan mesin PT. XYZ pada *Maintenance Area III* dari tahun 2019-2020.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Langkah –langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Identifikasi Masalah

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

Data yang digunakan adalah data *Maintenance Area III*, dimana mesin tersebut bertugas membantu proses produksi. Dari data tersebut kemudia diolah untuk menentukan waktu estimasi untuk melakukan tindakan *preventive maintenance* sehingga kehandalan pada komponen dapat terjaga dan tidak mengganggu proses produksi.

3.4 Kajian Literatur

Proses selanjutnya adalah kajian literatur yaitu mencari referesensi-referensi dari buku-buku atau dari penelitian-penelitian sebelumnya sehingga dapat menambah pengetahuan penulis dan dapat menjadi dasar dalam melakukan penelitian ini. Pengetahuan yang didapatkan berupa konsep penelitian, teori yang akan digunakan, model penulisan, dan informasi lainnya yang dapat mendukung penelitian ini.

3.5 Penentuan Metode Penelitian

Untuk menentukan metode penelitian dapat didasarkan pada tujuan dan rumusan masalah yaitu *preventive maintenance* sehingga metode yang sesuai dengan topik tersebut adalah metode *Reliability Centered Maintenance*. Perawatan ini dimaksudkan untuk menjaga keadaan peralatan sebelum peralatan itu menjadi rusak. Pada dasarnya yang dilakukan tipe perawatan ini yaitu mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menentukan keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian semua fasilitas –

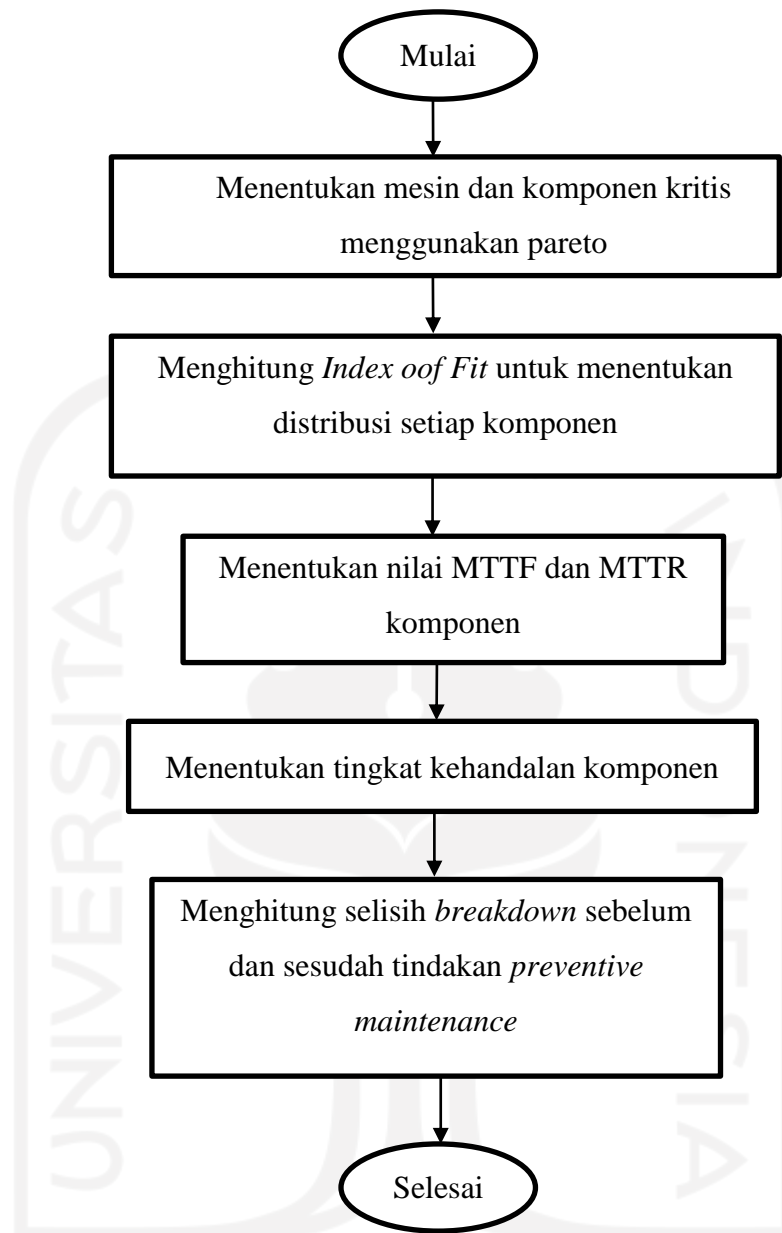
fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan preventif akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi yang siap digunakan untuk setiap proses produksi setiap saat.

3.6 Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari 1 jenis data yaitu data sekunder. Data sekunder diperoleh dari media atau data tertulis yang disimpan oleh perusahaan. Data sekunder diperoleh didapatkan berdasarkan jadwal perawatan yang telah dilakukan dari tahun 2014 hingga 2020. berupa data mesin dan komponen. Selain itu data yang digunakan adalah data waktu antar kegagalan mesin. Dengan data didapatkan akan dilakukan penelitian berdasarkan permasalahan yang ada untuk mengetahui profil dari mesin.

3.7 Pengolahan Data

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



Gambar 3.2 Tahap Pengolahan Data

3.8 Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengolahan data, selanjutnya adalah melakukan analisa pembahasan dari hasil pengolahan data tersebut. Dari hasil tersebut didapatkan tingkat kehandalan mesin dan selisih *breakdown* sebelum dan sesudah tindakan *preventive maintenance*.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan dari seluruh proses penelitian yaitu tingkat kehandalan komponen sebelum dan sesudah dilakukan tindakan *preventive maintenace*. Dan memberikan saran kepada pemilik data dan untuk penelitian selanjutnya.



BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Identifikasi Mesin Krisis

Mesin krisis merupakan mesin yang paling sering terjadi kerusakan yang dapat mempengaruhi proses laju produksi. Mesin tersebut didapatkan dari hasil perhitungan *downtime* dari jadwal perbaikan mesin yang dicatat oleh pabrik. Data jumlah frekuensi *Downtime* kerusakan mesin-mesin produksi yang diambil dari Januari 2019 hingga desember 2020. Untuk menghitung jumlah *downtime* setiap mesin yaitu dengan menggunakan rumus (waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan)×24. Sehingga dapat diketahui waktu *downtime* dengan satuan waktu ‘jam’. Hasil perhitungan untuk setiap mesin dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Jumlah Frekuensi *Downtime* Mesin

No	Mesin	Tanggal Kerusakan		<i>Downtime</i> (Jam)
		Mulai	Selesai	
1	G-3-25	10/01/2019	24/09/2019	6168
		31/01/2019	16/04/2019	1800
		31/01/2019	16/04/2019	1800
		31/01/2019	21/03/2019	1176
		07/02/2019	12/11/2019	6672
		07/02/2019	24/09/2019	5496
		07/02/2019	29/11/2019	7080
		21/03/2019	24/09/2019	4488
		11/07/2019	07/01/2020	4320
		02/08/2019	07/01/2020	3792
		08/08/2019	06/01/2020	3624
		08/08/2019	28/02/2020	4896
		08/08/2019	07/01/2020	3648
29/08/2019	07/01/2020	3144		

No	Mesin	Tanggal Kerusakan		Downtime (Jam)
		Mulai	Selesai	
		29/08/2019	07/01/2020	3144
		19/09/2019	28/02/2020	3888
		09/01/2020	28/02/2020	1200
		30/01/2020	28/02/2020	696
		06/02/2020	28/02/2020	528
		06/02/2020	28/02/2020	528
		06/02/2020	28/02/2020	528
		27/02/2020	28/02/2020	24
		27/02/2020	28/02/2020	24
2	G-3-26	11/10/2019	30/01/2020	2664
		23/10/2019	28/01/2020	2328
		23/10/2019	28/01/2020	2328
		23/10/2019	28/01/2020	2328
		23/10/2019	28/01/2020	2328
3	G-3-30	07/02/2019	24/09/2019	5496
		08/08/2019	28/02/2020	4896
		06/02/2020	28/02/2020	528
		07/02/2020	10/02/2020	72
		07/02/2019	24/09/2019	5496
		07/02/2019	29/11/2019	7080
		08/08/2019	28/02/2020	4896
		08/08/2019	07/01/2020	3648
		06/02/2020	28/02/2020	528
		06/02/2020	28/02/2020	528
		07/02/2019	24/09/2019	5496
		08/08/2019	28/02/2020	4896
		06/02/2020	28/02/2020	528
4	G-3-33	29/08/2019	07/01/2020	3144
		21/02/2020	24/02/2020	72
		07/02/2019	29/11/2019	7080
		08/08/2019	07/01/2020	3648
		07/02/2019	02/12/2019	7152
		08/08/2019	07/01/2020	3648

No	Mesin	Tanggal Kerusakan		Downtime (Jam)
		Mulai	Selesai	
5	G-2-14	23/04/2019	28/06/2019	1584
		03/10/2019	09/10/2019	144
		29/10/2019	06/12/2019	912
		28/02/2020	05/03/2020	144
6	G-2-16	28/02/2020	04/03/2020	120
		17/06/2019	04/07/2019	408
		15/07/2019	17/07/2019	48
		11/02/2020	24/02/2020	312
		28/02/2020	05/03/2020	144
		17/06/2019	15/07/2019	672
7	G-2-05	25/01/2019	24/07/2019	4320
		15/07/2019	17/07/2019	48
		07/10/2019	28/10/2019	504
		23/05/2019	24/05/2019	24
		29/10/2019	01/02/2020	2280
		15/07/2019	17/07/2019	48
		01/08/2019	13/08/2019	288
		18/02/2020	24/02/2020	144
8	G-2-07	28/01/2019	12/02/2019	360
		28/02/2020	05/03/2020	144
		17/01/2019	30/01/2019	312
		28/01/2019	12/02/2019	360
		28/02/2020	05/03/2020	144

Untuk menentukan mesin yang paling banyak mengalami kerusakan dapat diketahui menggunakan perhitungan pada masing-masing mesin dengan presentase *downtime* kerusakan mesin dengan memilih nilai yang paling tinggi. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

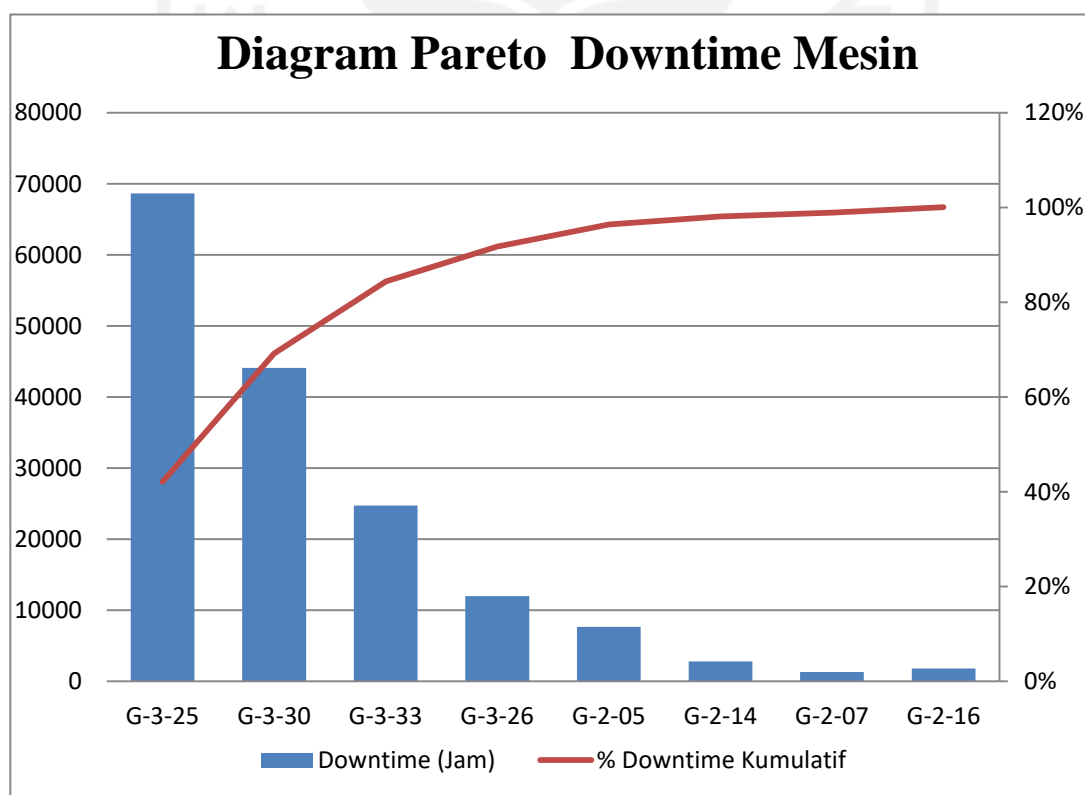
$$\%Downtime = \frac{Downtime \text{ mesin}}{\sum Downtime} \times 100\%$$

Setelah dilakukan perhitungan maka didapat hasil sebagai berikut ini :

Tabel 4.2 *Downtime* Kumulatif

NO	Mesin	Downtime (Jam)	% Downtime	% Downtime Kumulatif
1	G-3-25	68664	42%	42%
2	G-3-30	44088	27%	69%
3	G-3-33	24744	15%	84%
4	G-3-26	11976	7%	92%
5	G-2-05	7656	5%	96%
6	G-2-14	2784	2%	98%
7	G-2-07	1320	1%	99%
8	G-2-16	1794	1%	100%
	Total	163026	100%	

Dari data diatas selanjutnya adalah membuat Diagram pareto untuk menentukan dan mengidentifikasi prioritas mesin yang akan diselesaikan. Hasil pengelompokan tiap mesin dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.

Gambar 4.1 *Downtime* Mesin Kritis

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas hasil diagram pareto tersebut didapatkan bahwa mesin G-3-25 dan mesin G-3-30 adalah mesin yang paling sering mengalami kerusakan yaitu 68.664 jam untuk mesin G-3-25 dan 44.088 untuk mesin G-3-30. Sehingga penelitian ini akan berfokus pada kedua mesin tersebut.

4.1.2 Data Komponen Kritis

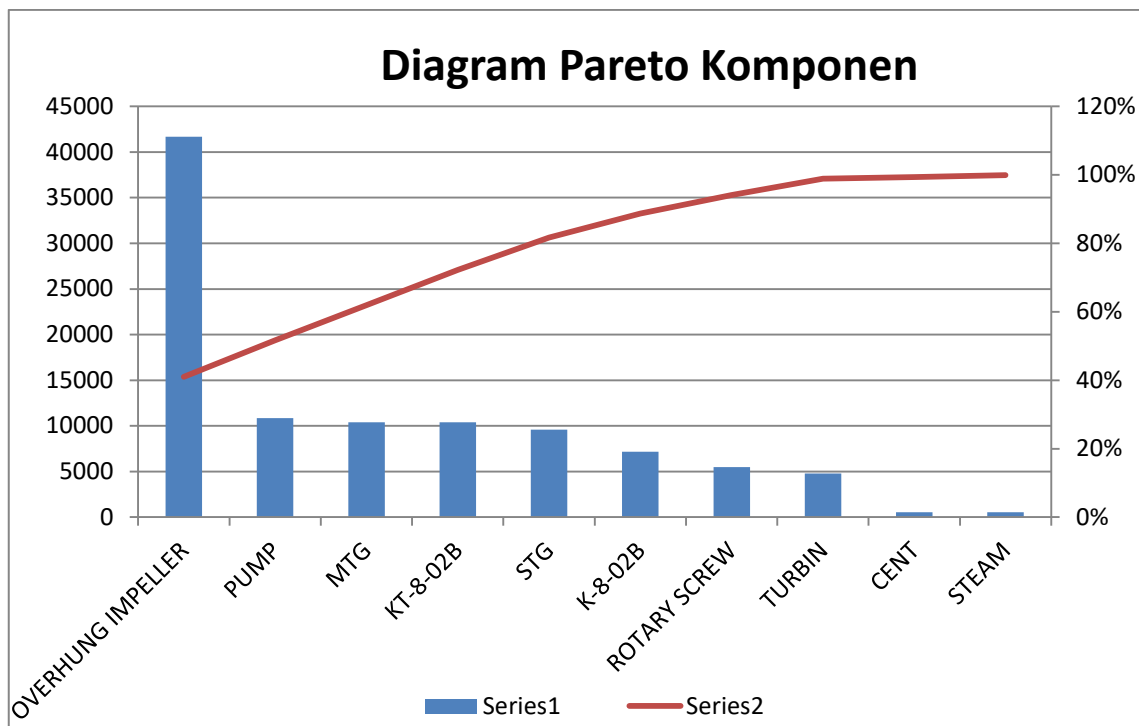
Dari kedua mesin tersebut didapat data komponen kritis, dimana komponen tersebut adalah komponen yang paling sering mengalami kerusakan/pergantian sehingga dapat menyebabkan terhambatnya laju produksi. Data jumlah frekuensi komponen kritis diambil dari data perbaikan dari januari 2019 hingga desember 2020. Berikut ini adalah tabel data kerusakan komponen dari kedua mesin tersebut.

Tabel 4.3 Jumlah Frekuensi *Downtime* Komponen Kritis

Komponen	Tanggal Kerusakan		<i>Downtime</i> (Jam)
	Mulai	Selesai	
1 OVERHUNG IMPELLER	07/02/2019	12/11/2019	6672
	07/02/2019	24/09/2019	5496
	07/02/2019	29/11/2019	7080
	21/03/2019	24/09/2019	4488
	11/07/2019	07/01/2020	4320
	08/08/2019	28/02/2020	4896
	08/08/2019	07/01/2020	3648
	19/09/2019	28/02/2020	3888
	09/01/2020	28/02/2020	1200
2 TURBIN	31/01/2019	16/04/2019	1800
	31/01/2019	16/04/2019	1800
	31/01/2019	21/03/2019	1176
3 PUMP	10/01/2019	24/09/2019	6168
	08/08/2019	06/01/2020	3624
	06/02/2020	28/02/2020	528

No	Komponen	Tanggal Kerusakan		Downtime (Jam)
		Mulai	Selesai	
		06/02/2020	28/02/2020	528
4	CENT	06/02/2020	28/02/2020	528
5	STG	27/02/2020	28/02/2020	24
		27/02/2020	28/02/2020	24
6	K-8-02B	07/02/2020	10/02/2020	72
		07/02/2019	29/11/2019	7080
7	ROTARY SCREW	07/02/2019	24/09/2019	5496
8	KT-8-02A	07/02/2019	24/09/2019	5496
		08/08/2019	28/02/2020	4896
9	MTG	07/02/2019	24/09/2019	5496
		08/08/2019	28/02/2020	4896
10	STEAM	08/08/2019	07/01/2020	3648
		06/02/2020	28/02/2020	528
		06/02/2020	28/02/2020	528

Dari data diatas selanjutnya adalah membuat Diagram pareto untuk menentukan dan mengidentifikasi prioritas komponen yang akan diselesaikan. Hasil pengelompokan tiap komponen dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini



Gambar 4.2 Downtime Diagram Pareto Komponen

Dari diagram pareto diatas didapatkan komponen *overhung impeller* dan *pump* menjadi komponen yang paling kritis. Sehingga perlu ada nya analisa lebih lanjut untuk menentukan penjadwalan untuk tindakan *preventive maintenance*.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Penentuan Jenis Distribusi *Time to Failure*

Penentuan jenis distribusi kegagalan ini menggunakan nilai *index of fit* atau nilai 'r' paling besar. Berikut ini merupakan hasil perhitungan distribusi kegagalan komponen *Overhung Impeller* dan *Pump* :

1. Penentuan Distribusi Kegagalan *Overhung Impeller*

a. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$Xi = ti = 1200$$

$$Y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$Y_i = z_i = \phi^{-1}[0,083333333] = -1,38299$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_1^n x_i)(\sum_1^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_1^n x_i^2) - (\sum_1^n x_i)^2][n(\sum_1^n y_i^2) - (\sum_1^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(8 \cdot 12638,19961) - (32424 \cdot (-2,9E-15))}{\sqrt{((8 \cdot 1,61E+08) - (32424)^2)((8 \cdot 5,68851999) - (-2,9E-15)^2)}} = 0,9822$$

Tabel 4.4 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi Normal

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	1200	1200	1440000	0,083333333	-1,38299	1,912672756	-1659,592953
2	1800	1800	3240000	0,202380952	-0,83315	0,6941337	-1499,664359
3	2640	2640	6969600	0,321428571	-0,46371	0,215024879	-1224,188464
4	3648	3648	13307904	0,44047619	-0,14976	0,02242866	-546,3318214
5	4896	4896	23970816	0,55952381	0,149162,67	0,02242866	733,2348129
6	5496	5496	30206016	0,678571429	0,463708	0,215024879	2548,537802
7	6072	6072	36869184	0,797619048	0,833147	0,6941337	5058,867771
8	6672	6672	44515584	0,916666667	1,382994	1,912672756	9227,336816
Total	32424	1,61E+08	4	-2,9E-15	5,68851999	12638,19961	

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen *overhung impeller* didapatkan nilai r sebesar 0,9822

b. Distribusi Lognormal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$X_i = \ln t_i = 7,090077$$

$$Y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$Y_i = z_i = \phi^{-1}[0,083333333] = -1,38299$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_1^n x_i)(\sum_1^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_1^n x_i^2) - (\sum_1^n x_i)^2][n(\sum_1^n y_i^2) - (\sum_1^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(8 * -9,80553) - (7,090077) * (-1,38299)}{\sqrt{((8 * 50,26919) - (7,090077)^2)((8 * 1,912672756) - (-1,38299)^2)}} = 0,9605$$

Tabel 4.5 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi Lognormal

i	Ti (jam)	Xi=LN ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	1200	7,090077	50,26919	0,083333333	-1,38299	1,912672756	-9,805534625
2	1800	7,495542	56,18315	0,202380952	-0,83315	0,6941337	-6,24488728
3	2640	7,878534	62,0713	0,321428571	-0,46371	0,215024879	-3,653337377
4	3648	8,201934	67,27173	0,44047619	-0,14976	0,02242866	-1,228338194
5	4896	8,496174	72,18497	0,55952381	0,149162,67	0,02242866	1,27240409
6	5496	8,611776	74,16268	0,678571429	0,463708	0,215024879	3,993347208
7	6072	8,711443	75,88924	0,797619048	0,833147	0,6941337	7,2579117
8	6672	8,805675	77,53991	0,916666667	1,382994	1,912672756	12,17819673
Total	65,29116	535,5722	4	-2,9E-15	5,68851999	3,769162,67255	

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen *overhung impeller* didapatkan nilai r sebesar 0,9605

c. Distribusi Eksponensial

$$i-0,3=1-0,3=0,7$$

$$n+0,4=8+0,4=8,4$$

$$Xi = ti = 1200$$

$$yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,08333} \right] = 0,087011$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_1^n xi)(\sum_1^n yi)}{\sqrt{[n(\sum_1^n xi^2) - (\sum_1^n xi)^2][n(\sum_1^n yi^2) - (\sum_1^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{(8 * -104,4136524) - (1200) * (0,087011)}{\sqrt{((8 * 1440000) - (1200)^2)((8 * 0,00757098) - (-0,087011)^2)}} = 0,9155$$

Tabel 4.6 Perhitungan *Time to Failre* Distribusi Eksponensial

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	1200	1200	1440000	0,083333333	0,087011	0,00757098	104,4136524
2	1800	1800	3240000	0,202380952	0,226124	0,051132145	407,023523

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
3	2640	2640	6969600	0,321428571	0,387766	0,150362107	1023,701002
4	3648	3648	13307904	0,44047619	0,580669	0,337176716	2118,281231
5	4896	4896	23970816	0,55952381	0,819899	0,672234184	4014,224947
6	5496	5496	30206016	0,678571429	1,13498	1,288179448	6237,849711
7	6072	6072	36869184	0,797619048	1,597603	2,552336799	9700,648177
8	6672	6672	44515584	0,916666667	2,484907	6,174761058	16579,29717
Total	32424	1,61E+08	4	7,318959	11,23375344	40185,43941	

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen *overhung impeller* didapatkan nilai r sebesar 0,9155

d. Distribusi Weibull

$$i-0,3=1-0,3=0,7$$

$$n+0,4=8+0,4=8,4$$

$$Xi = \ln ti = 7,090077$$

$$Yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,08333} \right] = -2,4417164$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_1^n xi)(\sum_1^n yi)}{\sqrt{[n(\sum_1^n xi^2) - (\sum_1^n xi)^2][n(\sum_1^n yi^2) - (\sum_1^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{(8*(-17,312)) - (7,090077)*(-2,4417164)}{\sqrt{((8*50,26918954) - (7,090077)^2)((8*5,961978973) - (-2,4417164)^2)}} = 0,9858$$

Tabel 4.7 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi Weibull

i	Ti (jam)	F(ti)	Xi=ln ti	Yi	Xi.Yi	Xi ²	Yi ²
1	1200	0,083333	7,090077	-2,4417164	-17,312	50,26918954	5,961978973
2	1800	0,202381	7,495542	-1,48667096	-11,1434	56,18314903	2,210190555
3	2640	0,321429	7,878534	-0,94735442	-7,46376	62,07130108	0,897480404
4	3648	0,440476	8,201934	-0,54357405	-4,45836	67,2717271	0,29547275
5	4896	0,559524	8,496174	-0,19857426	-1,68712	72,18496965	0,039431735
6	5496	0,678571	8,611776	0,12661497	1,09038	74,16268301	0,016031351
7	6072	0,797619	8,711443	0,468504666	4,081352	75,8892447	0,219496622
8	6672	0,916667	8,805675	0,910235093	8,015234	77,53991122	0,828527925

i	Ti (jam)	F(ti)	Xi=ln ti	Yi	Xi.Yi	Xi ²	Yi ²
Total	4	4	65,29116	-4,11253537	-28,8776	535,5721753	10,46861031

Hasil dari perhitungan distribusi weibull untuk komponen *overhung impeller* didapatkan nilai r sebesar 0,9858 . Berikut ini adalah tabel perhitungan *Index of Fit* (r) untuk data kerusakan komponen *Overhung Impeller* :

Tabel 4.8 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r)

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9822
Lognormal	0,9605
exponensial	0,9155
Weibull	0,9858

Berdasarkan tabel 4.8 diketahui bahwa nilai 'r' tertinggi dan yang akan digunakan yaitu distribusi Weibull.

1. Penentuan Distribusi Kegagalan Pump.

a. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 3 + 0,4 = 3,4$$

$$Xi = ti = 1200$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[0,083333333] = -1,38299$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2][n(\sum_{i=1}^n yi^2) - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{(3 * -1659,592953) - (1200 * (-1,38299))}{\sqrt{((3 * 1440000) - (1200)^2)((3 * 1,912672756) - (-1,38299)^2)}} = 0,9783$$

Tabel 4.9 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi Normal

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
---	----------	-------	-----------------	-------	----	-----------------	-------

1	528	1200	1440000	0,083333	-1,38299	1,912672756	-1659,592953
2	744	1800	3240000	0,202381	-0,83315	0,6941337	-1499,664359
3	1128	2640	6969600	0,321429	-0,46371	0,215024879	-1224,188464
Total	5640	11649600	0,607143	-2,67985	2,821831335	-4383,445775	

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen *pump* didapatkan nilai r sebesar 0,9783

b. Distribusi Lognormal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 3 + 0,4 = 3,4$$

$$Xi = \ln ti = 6,269096$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[0,083333333] = -1,38299$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2][n(\sum_{i=1}^n yi^2) - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{(3 * -8,670123343) - (6,269096 * (-1,38299))}{\sqrt{((3 * 39,30157) - (6,269096)^2)((3 * 1,912672756) - (-1,38299)^2)}} = 0,9858$$

Tabel 4.10 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi Lognormal

i	Ti (jam)	Xi=LN ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	528	6,269096	39,30157	0,083333	-1,38299	1,912672756	-8,670123343
2	744	6,612041	43,71909	0,202381	-0,83315	0,6941337	-5,508801267
3	1128	7,028201	49,39562	0,321429	-0,46371	0,215024879	-3,259031483
Total	19,90934	132,4163	0,607143	-2,67985	2,821831335	-17,43795609	

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen *pump* didapatkan nilai r sebesar 0,9858

c. Distribusi Ekponensial

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 3 + 0,4 = 3,4$$

$$Xi = ti = 1200$$

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,08333} \right] = 0,087011$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_1^n x_i)(\sum_1^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_1^n x_i^2) - (\sum_1^n x_i)^2][n(\sum_1^n y_i^2) - (\sum_1^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(8 * -276,6283903) - (1200) * (0,230524)}{\sqrt{((3 * 1440000) - (1200)^2)((3 * 0,053141157) - (0,230524)^2)}} = 0,8997$$

Tabel 4.11 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi Eksponensial

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	528	1200	1440000	0,205882	0,230524	0,053141157	276,6283903
2	744	1800	3240000	0,202381	0,226124	0,051132145	407,023523
3	1128	2640	6969600	0,321429	0,387766	0,150362107	1023,701002
Total		5640	11649600	0,729692	0,844413	0,254635409	1707,352915

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen *pump* didapatkan nilai r sebesar 0,8997

d. Distribusi Weibull

$$i-0,3=1-0,3=0,7$$

$$n+0,4=3+0,4=3,4$$

$$X_i = t_i = 0,205882$$

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,205882} \right] = -1,4674$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_1^n x_i)(\sum_1^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_1^n x_i^2) - (\sum_1^n x_i)^2][n(\sum_1^n y_i^2) - (\sum_1^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(3 * (-9,19928)) - (0,205882) * (-1,4674)}{\sqrt{((3 * 39,30156821) - (6,269096)^2)((3 * 2,153267988) - (-1,4674)^2)}} = 0,8891$$

Tabel 4.12 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi Weibull

i	Ti (jam)	Ft(i)	Xi	Yi	Xi.Yi	Xi ²	Yi ²
---	----------	-------	----	----	-------	-----------------	-----------------

1	528	0,205882	6,269096	-1,4674	-9,19928	39,30156821	2,153267988
2	744	0,5	6,612041	-0,36651	-2,4234	43,71908665	-2,423398471
3	1128	0,794118	7,028201	0,45771	3,216877	49,39561537	3,216877053
Total	1,5	19,90934	-1,3162,67	-8,4058	132,4162702	2,94674657	

Hasil dari perhitungan distribusi weibull untuk komponen *pump* didapatkan nilai r sebesar 0,8891. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan *Index of Fit* (r) untuk data kerusakan komponen *Pump* :

Tabel 4.13 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r)

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9783
Lognormal	0,9858
Exponensial	0,8997
Weibull	0,8891

Berdasarkan tabel 4.13 diketahui bahwa nilai ' r ' tertinggi dan yang akan digunakan yaitu distribusi Lognorma.

4.2.2 Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Kerusakan Komponen

1. Uji kecocokan *Goodness of Fit* data kerusakan komponen *Overhung Impeller*
Pengujian ini dilakukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen *overhung Impeller* distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull sehingga menggunakan uji *Mann's Test*.

Hipotesis untuk uji *Mann's Tests* adalah:

H_0 : Data time to failure berdistribusi Weibull

H_1 : data time to failure tidak berdistribusi Weibull

H_0 diterima apabila $M < F_{crit}$, k_1 , k_2

$$n = 8$$

$$k_1 = \left[\frac{r}{n} \right] = \left[\frac{8}{2} \right] = 4$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] = \left[\frac{8-1}{2} \right] = 7,5$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

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

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1-0,5}{18+0,25} \right) \right] = -2,7723$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$M_i = -1,6061 - (-2,7723) = 1,1662$$

Tabel 4.14 Perhitungan Uji *Mann's Test*

No	Ti (jam)	ln (ti)	1-((i-0,5)/(n+0,25))	Zi	Mi	ln (ti+1)-ln t	(ln t-1 - ln t)/Mi
1	1200	7,0900768	0,939393939	-2,7723	1,1662	0,405465108	0,347688638
2	1800	7,4955419	0,818181818	-1,6061	0,5872	0,382992252	0,652179571
3	2640	7,8785342	0,696969697	-1,0188	0,4248	0,323400155	0,7613162,6732
4	3648	8,2019344	0,575757576	-0,5941	0,3564	0,294239473	0,825573741
5	4896	8,4961738	0,454545455	-0,2377	0,3317	0,11560201	0,348487714
6	5496	8,6117758	0,333333333	0,0940	0,3446	0,099667485	0,289232928
7	6072	8,7114433	0,212121212	0,4386	0,4360	0,094231625	0,216151823
8	6672	8,8056749	0,090909091	0,8746			

$$M = \frac{k_1 \sum [(lnt_{i+1} - lnt_i) / M_i]}{k_2 \sum \left[\frac{lnt_{i+1} - lnt_i}{M_i} \right]}$$

$$M = \frac{4 * 2,5868}{3,5 * 0,8538} = 0,37724$$

Jadi, keputusan $M < F_{crit} = 0,37724 < 3,50046$ maka H_0 diterima.

Uji distribusi *Weibull* menggunakan dua parameter yaitu θ (*scale parameter*) dan β (*shape parameter*). Hasil dari perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. θ (*scale parameter*)

$$\alpha = \frac{\sum y_i}{n} - \frac{b \sum x_i}{n}$$

$$\alpha = \frac{-4,11253537}{8} - \frac{1,03536 * 65,29116}{8} = -1026975,976$$

$$\theta = \exp \left(-\frac{-1026975,976}{1,03536} \right)$$

$$\theta = 79,3984$$

2. β (shape parameter).

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\beta = \frac{8 * (-28,8776) - (65,29116)(-4,11253537)}{8 * 535,5721753 - (65,29116)^2}$$

$$\beta = 1,03536$$

2. Uji kecocokan *Goodness of Fit* data kerusakan komponen *Pump*

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen *Pump* distribusi yang terpilih adalah distribusil Lognormal sehingga menggunakan uji *Kolgomorov-Smirnov Test*.

Hipotesis untuk uji *Kolgomorov-Smirnov Test* adalah:

H_0 : Data time to failure berdistribusi Lognormal

H_1 : Data time to failure tidak berdistribusi Lognormal

H_0 diterima apabila $D_n < D_{tabel}$

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

$$D_{nmax} = 0,2736$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{t_i - t_{bar}}{s} \right) - \left(\frac{t - 1}{n} \right) \right\}$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{528-800}{0,7377} \right) - \left(\frac{1-1}{3} \right) \right\} = 0,00$$

$$D_2 = \max \left\{ \left(\frac{1}{3} \right) - \phi \left(\frac{528 - 800}{0,7377} \right) \right\}$$

$$D_2 = 0,1057$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^n (528 - 800)^2}{3 - 1}}$$

$$s = 0,7377$$

Tabel 4.15 Perhitungan Uji *Kolmogorov-Smirnov Test*

no	Ti (jam)	(ti-tbar) ²	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	zti	fti	D1	D2
1	528	16842816	6,269	4,314678	-4,21758	1,23E-05	1,23E-05	0,111099
2	744	15116544	6,612	3,007573	-3,52126	0,000215	-0,1109	0,222007
3	1128	12278016	7,028	1,737322	-2,6162,677	0,003722	-0,2185	0,329611

total	2400	44237376	19,909	9,059572			
rata-rata	800	14745792	6,636	3,019857	Dn max	1,23E-05	0,146103

Kesimpulan hasil dari perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* adalah $n = 3$, $\alpha = 0,05$, $D_{\text{tabel}} = 0,2953$. Keputusan yang diambil yaitu $D_{\text{hit}} < D_{\text{tabel}} = 0,2736 < 0,2953$ sehingga H_0 diterima yang berarti data *time to failure* terdistribusi Lognormal.

4.2.3 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Kerusakan (*Mean Time to Failure*)

1. Perhitungan Nilai *Mean time to Failure* Pada Komponen *Overhung Impeller*

Distribusi yang terpilih untuk data kerusakan *Overhung Impeller* adalah distribusi *Weibull*. Dan berikut ini adalah perhitungan nilai MTTF untuk data kerusakan *overhung impeller* :

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

$$MTTF = 79,3984 * \Gamma(1,01)$$

$$MTTF = 79,3984 * (0,99433)$$

$$MTTF = 78,5242$$

2. Perhitungan Nilai *Mean Time to Failure* pada Komponen *Pump*

Distribusi yang terpilih untuk data kerusakan *Pump* adalah distribusi Lognormal. Dan berikut ini adalah perhitungan nilai MTTF untuk data kerusakan *Pump*.

$$MTTF = t_{\text{med}} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTF = 162,67 * \left(\exp \frac{0,7377^2}{2} \right)$$

$$MTTF = 162,67 * 4,5258 = 344,86$$

4.2.4 Penentuan Jenis Distribusi *Time to Repair*

Untuk penentuan jenis distribusi perbaikan akan menggunakan tabel *Least Square Curve Fitting*, dimana pemilihan distribusi akan menggunakan nilai 'r' atau nilai *index of fit* paling besar. Dan dibawah ini merupakan penentuan distribusi perbaikan komponen *Overhung Impeller* dan *Pump*.

1. Penentuan Distribusi Perbaikan *Overhung Impeller*

a. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 9 + 0,4 = 9,4$$

$$Xi = ti = 1200$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[0,074468085] = -1,4433$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_1^n xi)(\sum_1^n yi)}{\sqrt{[n(\sum_1^n xi^2) - (\sum_1^n xi)^2][n(\sum_1^n yi^2) - (\sum_1^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{(9*(-1731,959188)) - (1200*(-1,4433))}{\sqrt{((9*1440000) - (1200)^2)((9*2,083112938) - (-1,4433)^2)}} = 0,9692$$

Tabel 4.16 Perhitungan *Time to Repair* Distribusi Normal

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	1200	1200	1440000	0,074468085	-1,4433	2,083112938	-1731,959188
2	3648	3648	13307904	0,180851064	-0,91213	0,831974759	-3327,437487
3	3888	3888	15116544	0,287234043	-0,56148	0,31526354	-2183,047222
4	4320	4320	18662400	0,393617021	-0,2699	0,072848216	-1165,985658
5	4488	4488	20142144	0,5	0	0	0
6	4896	4896	23970816	0,606382979	0,269904	0,072848216	1321,450412
7	5496	5496	30206016	0,712765957	0,561483	0,31526354	3085,912431
8	6672	6672	44515584	0,819148936	0,912127	0,831974759	6085,708035
9	7080	7080	50126400	0,925531915	1,443299	2,083112938	10218,55921
Total	41688	41688	2,17E+08	4,5	0	6,606398907	12303,20054

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen *overhung impeller* didapatkan nilai r sebesar 0,9692

b. Distribusi Lognormal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 9 + 0,4 = 9,4$$

$$X_i = \ln t_i = 7,090077$$

$$Y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$Y_i = z_i = \phi^{-1}[0,074468085] = -1,4433$$

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

$$r = \frac{(9 * (-10,2331031)) - (7,090077 * (-1,4433))}{\sqrt{((9 * 50,26919) - (7,090077)^2)((9 * 2,083112938) - (-1,4433)^2)}} = 0,8796$$

Tabel 4.17 Perhitungan *Time to Repair* Lognormal

i	Ti (jam)	Xi=LN ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	1200	7,090077	50,26919	0,074468085	-1,4433	2,083112938	-10,2331031
2	3648	8,201934	67,27173	0,180851064	-0,91213	0,831974759	-7,481201706
3	3888	8,26565	68,32097	0,287234043	-0,56148	0,31526354	-4,641024854
4	4320	8,371011	70,07382	0,393617021	-0,2699	0,072848216	-2,259369999
5	4488	8,409162	70,71401	0,5	0	0	0
6	4896	8,496174	72,18497	0,606382979	0,269904	0,072848216	2,293152042
7	5496	8,611776	74,16268	0,712765957	0,561483	0,31526354	4,83536865
8	6672	8,805675	77,53991	0,819148936	0,912127	0,831974759	8,031889502
9	7080	8,865029	78,58874	0,925531915	1,443299	2,083112938	12,79489063
Total		75,11649	629,126	4,5	0	6,606398907	3,340601164

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen *overhung impeller* didapatkan nilai r sebesar 0,8796

c. Distribusi Ekponensial

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 9 + 0,4 = 9,4$$

$$X_i = t_i = 1200$$

$$Y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,074468085} \right] = 0,077387$$

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

$$r = \frac{(9 * 104,4136524) - (1200) * (0,077387)}{\sqrt{((9 * 1440000) - (1200)^2)((9 * 0,005988696) - (0,077387)^2)}} = 0,8938$$

Tabel 4.18 Perhitungan *Time to Repair* Ekponensial

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	1200	1200	1440000	0,074468085	0,077387	0,005988696	92,86399634
2	3648	3648	13307904	0,180851064	0,199489	0,039796005	727,7371868
3	3888	3888	15116544	0,287234043	0,338602	0,114651425	1316,485209
4	4320	4320	18662400	0,393617021	0,500244	0,250243574	2161,051982
5	4488	4488	20142144	0,5	0,693147	0,480453014	3110,844546
6	4896	4896	23970816	0,606382979	0,932377	0,869326627	4564,917154
7	5496	5496	30206016	0,712765957	1,247458	1,556151253	6856,028708
8	6672	6672	44515584	0,819148936	1,710081	2,924378525	11409,66336
9	7080	7080	50126400	0,925531915	2,597385	6,746406933	18389,4832
Total		41688	2,17E+08	4,5	8,29617	12,98739605	48629,07534

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen *overhung impeller* didapatkan nilai r sebesar 0,8938

d. Distribusi *Weibull*

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 9 + 0,4 = 9,4$$

$$X_i = t_i = 7,090077$$

$$Y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,074468} \right] = -2,55894082$$

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

$$r = \frac{(9*(-18,1431)) - (7,090077)*(-2,55894082)}{\sqrt{((9*50,26918954) - (7,090077)^2)((9*6,54817811) - (-2,55894082)^2)}} = 0,9280$$

Tabel 4.19 Perhitungan *Time to Repair* Distribusi *Weibull*

i	Dti (jam)	F(ti)	Xi=ln dti	Yi	Xi.Yi	Xi ²	Yi ²
1	1200	0,074468	7,090077	-2,55894082	-18,1431	50,26918954	6,54817811
2	3648	0,180851	8,201934	-1,61199438	-13,2215	67,2717271	2,598525866
3	3888	0,287234	8,26565	-1,08292942	-8,95112	68,32097266	1,172736132
4	4320	0,393617	8,371011	-0,69266027	-5,79827	70,07381983	0,47977825
5	4488	0,5	8,409162	-0,36651292	-3,08207	70,71401306	0,134331721
6	4896	0,606383	8,496174	-0,07001818	-0,59489	72,18496965	0,004902545
7	5496	0,712766	8,611776	0,221107814	1,904131	74,16268301	0,048888665
8	6672	0,819149	8,805675	0,536540994	4,724606	77,53991122	0,2878162,6 738
9	7080	0,925532	8,865029	0,954505028	8,461715	78,58874248	0,911079849
Total		4,5	75,11649	-4,67090215	-34,7004	629,1260286	12,18629738

Hasil dari perhitungan distribusi weibull untuk komponen *overhung impeller* didapatkan nilai *r* sebesar 0,9280. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan *Index of Fit* (*r*) untuk data perbaikan komponen *Overhung Impeller* :

Tabel 4.20 Nilai Fungsi *Index of Fit* (*r*)

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9692
Lognormal	0,8796
Exponensial	0,8938
Weibull	0,9280

Berdasarkan tabel 4.20 diketahui bahwa nilai '*r*' tertinggi dan yang akan digunakan yaitu distribusi Normal.

2. Penentuan Distribusi Perbaikan *Pump*

a. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 4 + 0,4 = 4,4$$

$$Xi = ti = 528$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[0,159091] = -0,9982$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_1^n xi)(\sum_1^n yi)}{\sqrt{[n(\sum_1^n x_i^2) - (\sum_1^n xi)^2][n(\sum_1^n y_i^2) - (\sum_1^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{(4*(-527,0502189)) - (528*(-0,9982))}{\sqrt{((4*278784) - (528)^2)((4*0,99640558) - (-0,9982)^2)}} = 0,9398$$

Tabel 4.21 Perhitungan *Time to Repair* Distribusi Normal

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	528	528	278784	0,159091	-0,9982	0,99640558	-527,0502189
2	528	528	278784	0,386364	-0,28881	0,083410844	-152,4913395
3	3624	3624	13133376	0,613636	0,288809	0,083410844	1046,645103
4	6168	6168	38044224	0,840909	0,998201	0,99640558	6156,90483
Total		10848	51735168	2	0	2,159632847	6524,008374

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen *pump* didapatkan nilai r sebesar 0,9398.

b. Distribusi Lognormal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 4 + 0,4 = 4,4$$

$$Xi = \ln ti = 6,269096$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$Yi = zi = \phi^{-1}[0,159091] = -0,9982$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_1^n xi)(\sum_1^n yi)}{\sqrt{[n(\sum_1^n x_i^2) - (\sum_1^n xi)^2][n(\sum_1^n y_i^2) - (\sum_1^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{(4*(-6,257819259)) - (6,269096*(-0,9982))}{\sqrt{((4*39,30157) - (6,269096)^2)((4*0,99640558) - (-0,9982)^2)}} = 0,9209$$

Tabel 4.22 Perhitungan *Time to Repair* Distribusi Lognormal

i	Ti (jam)	Xi=LN ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	528	6,269096	39,30157	0,159091	-0,9982	0,99640558	-6,257819259
2	528	6,269096	39,30157	0,386364	-0,28881	0,083410844	-1,810573655
3	3624	8,195334	67,16349	0,613636	0,288809	0,083410844	2,366889031
4	6168	8,72713	76,1628	0,840909	0,998201	0,99640558	8,711431311
Total		29,46066	221,9294	2	0	2,159632847	3,009927429

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen *pump* didapatkan nilai r sebesar 0,9209.

c. Distribusi Ekponensial

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 9 + 0,4 = 9,4$$

$$Xi = ti = 528$$

$$Yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,159091} \right] = 0,173272$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2][n(\sum_{i=1}^n yi^2) - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{(4 * -91,48746883) - (528) * (0,173272)}{\sqrt{((4 * 278784) - (528)^2)((4 * 0,030023089) - (0,173272)^2)}} = 0,9741$$

Tabel 4.23 Perhitungan *Time to Repair* Ekponensial

i	Ti (jam)	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	528	528	278784	0,159091	0,173272	0,030023089	91,48746883
2	528	528	278784	0,386364	0,488353	0,238488426	257,8502615
3	3624	3624	13133376	0,613636	0,950976	0,904355904	3446,338074
4	6168	6168	38044224	0,840909	1,838279	3,379271464	11338,50786
Total		10848	51735168	2	3,45088	4,552138884	15134,18367

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen *pump* didapatkan nilai r sebesar 0,9741.

d. Distribusi Weibull

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 9 + 0,4 = 9,4$$

$$X_i = t_i = 6,269096$$

$$Y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,159091} \right] = -1,75289$$

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

$$r = \frac{(4 * (-10,9891)) - (6,269096) * (-1,75289)}{\sqrt{((4 * 39,30156821) - (6,269096)^2)((4 * 3,072638334) - (-1,75289)^2)}} = 0,9001$$

Tabel 4.24 Perhitungan *Time to Repair Weibull*

i	Dti (jam)	F(ti)	Xi=ti	Yi	Xi.Yi	Xi ²	Yi ²
1	528	0,159091	6,269096	-1,75289	-10,9891	39,30156821	3,072638334
2	528	0,386364	6,269096	-0,71672	-4,49317	39,30156821	0,513683615
3	3624	0,613636	8,195334	-0,05027	-0,41195	67,16349392	0,002526686
4	6168	0,840909	8,72713	0,60883	5,313339	76,16279656	0,370674056
Total	2	29,46066	-1,91105	-10,5808	221,9294269	3,959522691	

Hasil dari perhitungan distribusi weibull untuk komponen *pump* didapatkan nilai r sebesar 0,9001. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan *Index of Fit* (r) untuk data perbaikan komponen *Pump* :

Tabel 4.25 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r)

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9398
Lognormal	0,9209
Exponensial	0,9741
Weibull	0,9001

Berdasarkan tabel 4.25 diketahui bahwa nilai 'r' tertinggi dan yang akan digunakan yaitu distribusi Eksponensial.

4.2.5 Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Perbaikan Komponen

1. Uji kecocokan *Goodness of Fit* data perbaikan komponen *Overhung Impeller*

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen *Overhung Impeller* distribusi yang terpilih adalah distribusi Eksponensial sehingga menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Hipotesis untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah:

H_0 : Data time to failure berdistribusi Normal

H_1 : Data time to failure tidak berdistribusi Normal

α : 0,05

H_0 diterima apabila $D_n < D_{tabel}$

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

$$D_{nmax} = 0,2736$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{ti - tbar}{s} \right) - \left(\frac{t-1}{n} \right) \right\}$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{1200-4632}{0,4925} \right) - \left(\frac{1-1}{9} \right) \right\} = 0,005376$$

$$D_2 = \max \left\{ \left(\frac{1}{9} \right) - \phi \left(\frac{1200 - 4632}{0,4925} \right) \right\}$$

$$D_2 = 0,1057$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^n (1200 - 4632)^2}{9 - 1}}$$

$$s = 0,4925$$

Tabel 4.26 Perhitungan Uji *Kolmogorov-Smirnov Test*

no	Ti (jam)	(ti-tbar)^2	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]2	zti	fti	D1	D2
1	1200	11778624	7,090	1,578037532	-2,55063	0,0053763	0,005376	0,1057
2	3648	968256	8,202	0,020834649	-0,29308	0,3847314	0,273620	-0,1625
3	3888	553536	8,266	0,006500602	-0,16371	0,4349810	0,212758	-0,1016
4	4320	97344	8,371	0,000611781	0,050221	0,5200269	0,186693	-0,0755
5	4488	20736	8,409	0,003954646	0,127686	0,5508012	0,106356	0,0047
6	4896	69696	8,496	0,022469215	0,304357	0,6195720	0,064016	0,0470
7	5496	746496	8,612	0,07048991	0,53908	0,7050840	0,038417	0,0726

no	Ti (jam)	(ti-tbar)^2	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]2	zti	fti	D1	D2
8	6672	4161600	8,806	0,211046954	0,932779	0,8245330	0,046755	0,0643
9	7080	5992704	8,865	0,269104376	1,053295	0,8538969	-0,034991	0,1461
total	41688	24388992	75,116	2,183049665				
rata-rata	4632	2709888	8,346	0,242561074	Dn max		0,273620	0,1461

Tabel *kolmogorov-smirnov* dengan $n = 9$, $\alpha = 0,05$, $D_{\text{tabel}} = 0,2953$. Dari hasil perhitungan tersebut didapat $D_{\text{hit}} < D_{\text{tabel}}$; $0,2736 < 0,2953$ maka keputusan H_0 diterima yaitu data *time to repair* berdistribusi Normal.

2. Uji kecocokan *Goodness of Fit* data perbaikan komponen *Pump*

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen *Pump* distribusi yang terpilih adalah distribusi Eksponensial sehingga menggunakan uji *Barlett Test*.

Hipotesis untuk uji *Barlett Test* adalah:

H_0 : Data time to failure berdistribusi Eksponensial

H_1 : Data time to failure tidak berdistribusi Eksponensial

$$B = \frac{2r \left[\left(\ln \left(\frac{1}{r} \right) \sum ti \right) - \left(\left(\frac{1}{r} \right) \sum \ln ti \right) \right]}{1 + \frac{r+1}{6r}}$$

$$B = \frac{2(4) \left[\left(\ln \left(\frac{1}{4} \right) 10848 \right) - \left(\left(\frac{1}{4} \right) 29,46065615 \right) \right]}{1 + \frac{4+1}{6(4)}} = 0,3577$$

$$X^2_{\alpha/2; r-1} = X^2_{0,975; 3} = 0,4844$$

$$X^2_{1-\alpha/2; r-1} = X^2_{0,02516; 3} = 11,1432$$

Jadi, keputusan $X^2_{0,4844} < 0,3577 < X^2_{11,1432}$ sehingga H_0 diterima.

Tabel 4.27 Perhitungan Uji *Barlett Test*

no	Ti (jam)	ln(ti)
1	528	6,269096284
2	528	6,269096284
3	3624	8,195333667

no	Ti (jam)	ln(ti)
4	6168	8,7159,7989915
jumlah	10848	29,46065615

4.2.6 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Perbaikan (*Mean Time to Repair*)

1. Perhitungan Nilai *Mean time to Repair* Pada Komponen *Overhung Impeller*

Distribusi yang terpilih untuk data perbaikan *Overhung Impeller* adalah distribusi Normal. Dan berikut ini adalah perhitungan nilai MTTR untuk data perbaikan *overhung impeller* :

$$MTTR = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTR = 4214 * \left(\exp \frac{0,4925^2}{2} \right)$$

$$MTTR = 4214 * 1,1289 = 47,5787$$

2. Perhitungan Nilai *Mean Time to Repair* pada Komponen *Pump*

Distribusi yang terpilih untuk data perbaikan *Pump* adalah distribusi Ekponensial. Dan berikut ini adalah perhitungan nilai MTTR untuk data Perbaikan *Pump*.

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kerusakan}}{\sum \text{waktu antar kerusakan}}$$

$$\lambda = \frac{4}{10848} = 0,000369$$

$$MTTR = \frac{1}{\lambda}$$

$$MTTR = \frac{1}{0,000369} = 159,798$$

4.2.7 Perbaikan *Reliability*

1. Reliabilitas Komponen *Overhung Impeller*

Analisis reliabilitas untuk komponen *overhung impeller* dengan distribusi terpilih weibull didapatkan nilai MTTF sebesar 78,5242, parameter *scale* 79,3984, parameter *shape* 1,03536 dan nilai MTTR 47,578. Dari hasil data tersebut akan digunakan untuk menghitung hasil nilai reliabilitas komponen.

$$R(MTTF) = \exp^{-\left(\frac{78,5242}{79,3984}\right)^{1,03635}} = 0,3720$$

Hasil reliabilitas MTTF pada hari ke 78,5242 tersebut menunjukkan kehandalan mesin sudah mencapai 0,3720 atau 37% saat tidak dilakukan PM. Sehingga perlu adanya tidakan PM untuk mencegah penurunan kehandalan mesin yang lebih parah lagi. Dari nilai MTTR yang telah didapatkan menunjukkan harus adanya tidakan PM dapat dilakukan pada hari ke 47,578 sehingga mendapatkan hasil 0,5516 atau 55% pada saat melakukan tindakan PM.

$$R(MTTR) = \exp^{-\left(\frac{47,578}{79,3984}\right)^{1,03635}} = 0,5516$$

Dengan menggunakan nilai MTTR tersebut dapat diketahui bahwa tindakan PM harus dilakukan pada hari ke 47,578 sehingga kehandalan komponen dapat terjaga. Sehingga dapat ditentukan nilai dari peluang kehandalan komponen yang dilakukan tindakan PM $R_m(t)$ adalah pada saat $t = 56$ dengan perhitungan sebagai berikut.

$$R(56) = R(56)^1 \times R(56 - 49) = 0,50277$$

Hasil peluang kehandalan komponen setelah dilakukan tindakan *preventive maintenance* pada saat $t = 56$ adalah sebesar 0,50277 atau 50%. Berikut adalah tabel perhitungan sampadengan $t = 91$.

Tabel 4.28 Reliabilitas Komponen *Overhung Impeller*

T (hari)	R(t)	n	t	t-nT (hari)	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
7	0,922278512	0	0	7	1	0,922279	0,922279
14	0,847189297	0	0	14	1	0,847189	0,847189
21	0,776981524	0	0	21	1	0,776982	0,776982
28	0,711847475	0	0	28	1	0,711847	0,711847
35	0,651661447	0	0	35	1	0,651661	0,651661
42	0,596187698	0	0	42	1	0,596188	0,596188
49	0,545148165	1	47	0	0,545148	1	0,545148
56	0,498251478	1	47	7	0,545148	0,922279	0,502778
63	0,455207215	1	47	14	0,545148	0,847189	0,461844
70	0,415733377	1	47	21	0,545148	0,776982	0,42357
77	0,379560382	1	47	28	0,545148	0,711847	0,388062
84	0,346433113	1	47	35	0,545148	0,651661	0,355252
91	0,316111824	1	47	42	0,545148	0,596188	0,325011

2. Reliabilitas Komponen *Pump*

Analisis reliabilitas untuk komponen *pump* dengan distribusi terpilih lognormal didapatkan nilai MTTF sebesar 344,86, parameter *loc* 162,67, parameter *scale* 0,7377 dan nilai MTTR 159,798. Dari hasil data tersebut akan digunakan untuk menghitung hasil nilai reliabilitas komponen.

$$F(MTTF) = \phi\left(\frac{1}{0,7377} \ln \frac{344,86}{162,67}\right) = 0,9820$$

$$R(MTTF) = 1 - 0,9820 = 0,2146$$

Hasil reliabilitas MTTF pada hari ke 344,86 tersebut menunjukkan kehandalan mesin sudah mencapai 0,2146 atau 21% saat tidak dilakukan PM. Sehingga perlu adanya tidakan PM untuk mencegah penurunan kehandalan mesin yang lebih parah lagi. Dari nilai MTTR yang telah didapatkan menunjukkan harus adanya tidakan PM dapat dilakukan pada hari ke 159,798 sehingga mendapatkan hasil 0,8446 atau 84% pada saat melakukan tindakan PM.

$$F(MTTR) = \phi \left(\frac{1}{0,7377} \ln \frac{159,798}{162,67} \right) = 1,8446$$

$$R(MTTF) = 1 - 1,8446 = 0,8446$$

Dengan menggunakan nilai MTTR tersebut dapat dikatui bahwa tindakan PM harus dilakukan pada hari ke 159 sehingga kehandalan komponen dapat terjaga. sehingga dapat ditentukan nilai dari peluang keandlan komponen yang dilakukan tindakan PM $R_m(t)$ adalah pada saat $t = 161$ dengan perhitungan sebagai berikut.

$$R(161) = R(161)^1 \times R(161 - 159) = 0,50277$$

Hasil peluang kehandalan komponen setelah dilakukan tindakan *prevcntive maintenance* pada saat $t = 161$ adalah sebesar 0,52958 atau 52%. Berikut adalah tabel perhitungan sampai dengan $t = 301$.

Tabel 4.29 Reliabilitas Komponen *Pump*

T (hari)	F(t)	R(t)	n	t	t-nT (hari)	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
7	0,098208	0,999989976	0	0	7	1	0,99999	0,99999
14	0,163764	0,999557507	0	0	14	1	0,999558	0,999558
21	0,220861	0,997240877	0	0	21	1	0,997241	0,997241
28	0,273078	0,99146373	0	0	28	1	0,991464	0,991464
35	0,321942	0,981358718	0	0	35	1	0,981359	0,981359
42	0,36829	0,966784746	0	0	42	1	0,966785	0,966785
49	0,412645	0,948083269	0	0	49	1	0,948083	0,948083
56	0,455362	0,925846308	0	0	56	1	0,925846	0,925846
63	0,496698	0,900756394	0	0	63	1	0,900756	0,900756
70	0,536843	0,873491191	0	0	70	1	0,873491	0,873491
77	0,575947	0,844673171	0	0	77	1	0,844673	0,844673
84	0,614129	0,814847412	0	0	84	1	0,814847	0,814847
91	0,651483	0,784475778	0	0	91	1	0,784476	0,784476
98	0,688091	0,753939941	0	0	98	1	0,75394	0,75394
105	0,724019	0,723548733	0	0	105	1	0,723549	0,723549

T (hari)	F(t)	R(t)	n	t	t-nT (hari)	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
112	0,759323	0,693547188	0	0	112	1	0,693547	0,693547
119	0,794053	0,664125799	0	0	119	1	0,664126	0,664126
126	0,828251	0,63542924	0	0	126	1	0,635429	0,635429
133	0,861953	0,607564212	0	0	133	1	0,607564	0,607564
140	0,895194	0,580606284	0	0	140	1	0,580606	0,580606
147	0,928001	0,554605743	0	0	147	1	0,554606	0,554606
154	0,960401	0,529592533	0	0	0	0,529593	1	0,529593
161	0,992416	0,505580383	1	161	7	0,529593	0,99999	0,529587
168	1,024069	0,482570213	1	161	14	0,529593	0,999558	0,529358
175	1,055377	0,460552956	1	161	21	0,529593	0,997241	0,528131
182	1,086358	0,43951185	1	161	28	0,529593	0,991464	0,525072
189	1,117029	0,419424323	1	161	35	0,529593	0,981359	0,51972
196	1,147402	0,400263506	1	161	42	0,529593	0,966785	0,512002
203	1,177493	0,381999466	1	161	49	0,529593	0,948083	0,502098
210	1,207312	0,364600189	1	161	56	0,529593	0,925846	0,490321
217	1,236872	0,34803237	1	161	63	0,529593	0,900756	0,477034
224	1,266183	0,332262037	1	161	70	0,529593	0,873491	0,462594
231	1,295254	0,317255042	1	161	77	0,529593	0,844673	0,447333
238	1,324095	0,302977449	1	161	84	0,529593	0,814847	0,431537
245	1,352715	0,289395826	1	161	91	0,529593	0,784476	0,415453
252	1,381121	0,27647747	1	161	98	0,529593	0,75394	0,399281
259	1,40932	0,264190577	1	161	105	0,529593	0,723549	0,383186
266	1,437321	0,252504359	1	161	112	0,529593	0,693547	0,367297
273	1,465128	0,241389129	1	161	119	0,529593	0,664126	0,351716
280	1,49275	0,230816352	1	161	126	0,529593	0,635429	0,336519
287	1,52019	0,220758674	1	161	133	0,529593	0,607564	0,321761
294	1,547456	0,211189937	1	161	140	0,529593	0,580606	0,307485
301	1,574552	0,202085171	1	161	147	0,529593	0,554606	0,293715

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Penentuan Mesin Kritis

Dengan menggunakan data *downtime* kerusakan mesin dari januari 2019 sampai dengan desember 2020. Untuk memfokuskan penentuan, maka selanjutnya adalah menggunakan diagram pareto yang dapat dilihat pada gambar 4.1. Dari delapan kumulatif mesin yang di teliti, terpilih dua mesin yang paling kritis yaitu mesin G-3-25 dengan total waktu 68.664 jam waktu *downtime* dan mesin G-3-30 dengan total waktu 44.088 jam waktu *downtime*. Setelah menentukan mesin kritis, selanjutnya adalah menentukan komponen kritis berdasarkan mesin kritis tersebut

5.2 Penentuan Komponen Kritis

Komponen pada mesin G-3-25 dan mesin G-3-30 yang sering mengalami kerusakan adalah komponen *Overhung Impeller* dan komponen *Pump* dengan menggunakan diagram pareto. Dengan total 41.688 jam waktu *downtime* pada komponen *Overhung Impeller* dan 10,848 jam waktu *downtime* pada komponen *Pump*.

5.3 Penentuan Jenis Distribusi *Time to Failure*

Penentuan jenis distribusi ini menggunakan distribusi Normal, Lognormal, Eksponensial, dan *Weibull*. Pengujian distribusi ini menggunakan data waktu antara kerusakan (*time to failure*) dan waktu antar perbaikan (*time to repair*) untuk dua komponen yang memiliki frekuensi paling tinggi.

Tabel 5.1 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r) Data Waktu Kerusakan *Overhung Imepller*

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9822
Lognormal	0,9605
exponensial	0,9155
Weibull	0,9858

Tabel 5.2 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r) Data Kerusakan *Pump*

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9783
Lognormal	0,9858
Exponensial	0,8997
Weibull	0,8891

Untuk kompnen *ovehung Impeller* menggunakan jenis distribusi *Weibull* dengan nilai 'r' tertinggi yaitu 0,9822. Sedangkan untuk komponen *pump* jenis distribusi yang digunakan adalah Lognormal dengan nilai 'r' tertinggi yaitu 0,9858. Dan berikut ini adalah nilai (r) data waktu perbaikan komponen *overhung impeller* dan *pump*.

5.4 Penentuan Jenis Distribusi *Time to Repair*

Dalam menentukan jenis distribusi ini akan menggunakan distribusi Normal, Lognormal, Ekponensial, dan *Weibull*. Untuk menentukan jenis distribusi ini menggunakan data waktu antar kerusakan (*time to failure*) dan waktu antar perbaikan (*time to repair*) untuk kedua komponen yang paling kritis yaitu *Overhung Impeller* dan *Pump*. Dalam penentuan jenis distribusi menggunakan metode *least square curve fitting* berdasarkan nilai *index of fit* (r) tertinggi. Berikut ini adalah nilai (r) data waktu kerusakan dari komponen *overhung impeller* dan *pump*.

Tabel 5.3 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r) Data Waktu Perbaikan *Overhung Impeller*

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9692
Lognormal	0,8796
Exponensial	0,8938
Weibull	0,9280

Tabel 5.4 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r) Data Waktu Perbaikan *Pump*

Distribusi	Index Of Fit
Normal	0,9398
Lognormal	0,9209
Exponensial	0,9741
Weibull	0,9001

Untuk komponen *overhung impeller* menggunakan jenis distribusi Normal dengan nilai (r) tertinggi yaitu 0,9692. Sedangkan untuk komponen *pump* jenis distribusi yang digunakan adalah Eksponensial dengan nilai (r) tertinggi yaitu 0,9741.

5.5 Analisa Kecocokan *Goodness of Fit*

Analisa kecocokan *goodness of fit* dilakukan untuk memastikan distribusi yang terpilih apakah sudah sesuai dengan data waktu kerusakan atau perbaikan. Goodness of fit juga untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara jenis distribusi yang terpilih dan uji yang dilakukan.

Untuk data TTF untuk komponen *overhung impeller* menggunakan uji *Komogorov-Sminor* karena distribusi yang digunakan adalah distribusi Normal. Dan hasil dari uji adalah H_0 diterima, sehingga data TTF yang digunakan adalah berdistribusi Normal. Dan untuk Komponen *pump* menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* karena distribusi yang digunakan adalah distribusi Lognormal. Dan hasil dari uji adalah H_0 diterima, sehingga data TTF yang digunakan adalah berdistribusi Lognormal.

Untuk data TTR untuk komponen *overhung impeller* menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* karena distribusi yang digunakan adalah Normal. Dan hasil dari uji adalah H_0 diterima, sehingga data TTR yang digunakan adalah berdistribusi Normal. Dan untuk komponen *pump* menggunakan uji *Barlett Test* karena distribusi yang digunakan adalah Eksponensial. Dan hasil dari uji adalah H_0 diterima, sehingga data TTR yang digunakan adalah berdistribusi Eksponensial.

5.6 Analisa Perhitungan Parameter dan Rata-Rata Waktu Antar Kerusakan (*Mean Time to Failure*)

Untuk menghitung *Mean Time to Failure* dibutuhkan parameter didapat kan dari perhitungan distribusi yang dipilih. Oleh karena itu untuk menghitung MTTF untuk setiap komponen berbeda-beda yaitu menggunakan distribusi dengan Iof masing-masing yang memiliki nilai tertinggi. Untuk komponen *overhung impeller* menggunakan distribusi *weibull* sehingga untuk menentukan MTTF menurut distribusi *weibull*. Sedangkan untuk komponen *pump* menggunakan distribusi lognormal sehingga untuk menentukan MTTF menurut distribusi lognormal. Berikut ini adalah tabel parameter dan hasil MTTF untuk setiap komponen.

Tabel 5.5 Tabel Parameter TTF dan Hasil MTTF Komponen *Overhung Impeller*

Komponen	θ	β	MTTF
<i>Overhung Impeller</i>	79,3984	1,03536	78,5242

Tabel 5.6 Tabel Parameter TTF dan Hasil MTTF Komponen *Pump*

Komponen	t_{med}	s	MTTF
<i>Pump</i>	162,67	0,7377	344,86

5.7 Analisa Perhitungan Parameter dan Rata-Rata Waktu Antar Kerusakan (*Mean Time to Repair*)

Untuk menghitung *Mean Time to Failure* dibutuhkan parameter didapat kan dari perhitungan distribusi yang dipilih. Oleh karena itu untuk menghitung MTTR untuk setiap komponen berbeda-beda yaitu menggunakan distribusi dengan Iof masing-masing yang memiliki nilai tertinggi. Untuk komponen *overhung impeller* menggunakan distribusi *weibull* sehingga untuk menentukan MTTR menurut distribusi normal. Sedangkan untuk komponen *pump* menggunakan distribusi eksponensial sehingga untuk menentukan MTTR menurut distribusi lognormal. Berikut ini adalah tabel parameter dan hasil MTTR untuk setiap komponen.

Tabel 5.7 Tabel Parameter TTR dan Hasil MTTR Komponen *Overhung Impeller*

Komponen	t_{med}	s	MTTR
<i>Overhung Impeller</i>	4214	0,4925	47,5787

Tabel 5.8 Tabel Parameter TTR dan Hasil MTTR Komponen *Pump*

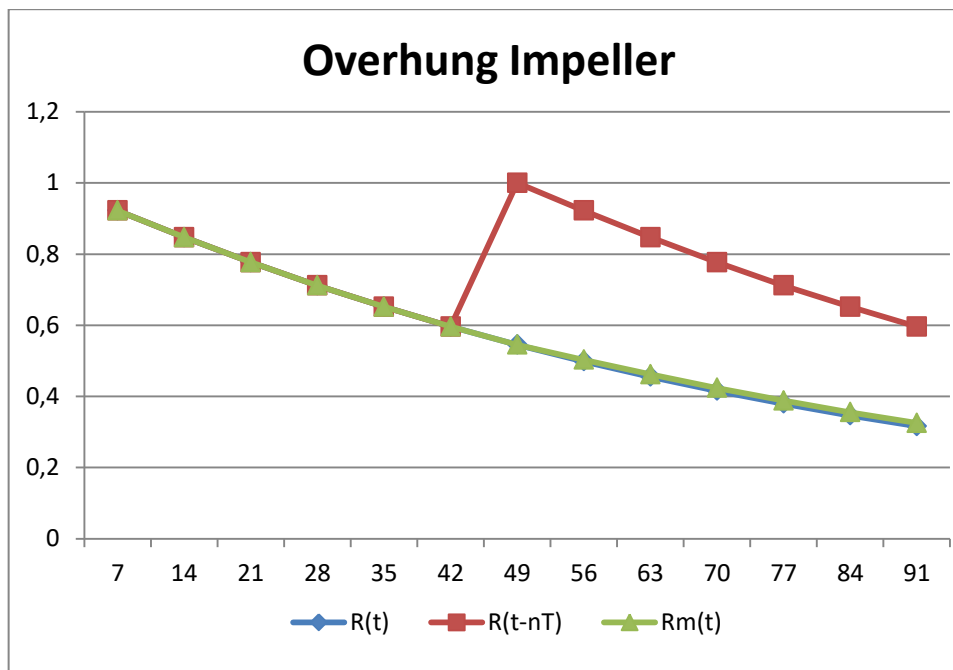
Komponen	λ	MTTR
<i>Pump</i>	0,000369	159,798

5.8 Perbaikan *Reliability*

1. Reliabilitas Komponen *Overhung Impeller*

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai MTTF pada komponen *overhung impeller* sebesar 78,5242 hari dengan nilai kehadalan sebesar 0,3720 atau 37% dimana nilai tersebut didapatkan sebelum adanya tindakan *preventive maintenance*. lalu pada perhitungan MTTR didapatkan nilai 47,578 dengan nilai kehandalan sebesar 0,5516 atau 55% dimana nilai tersebut adalah nilai tindakan PM dimulai. Sehingga nilai kehandalan pada komponen meningkat

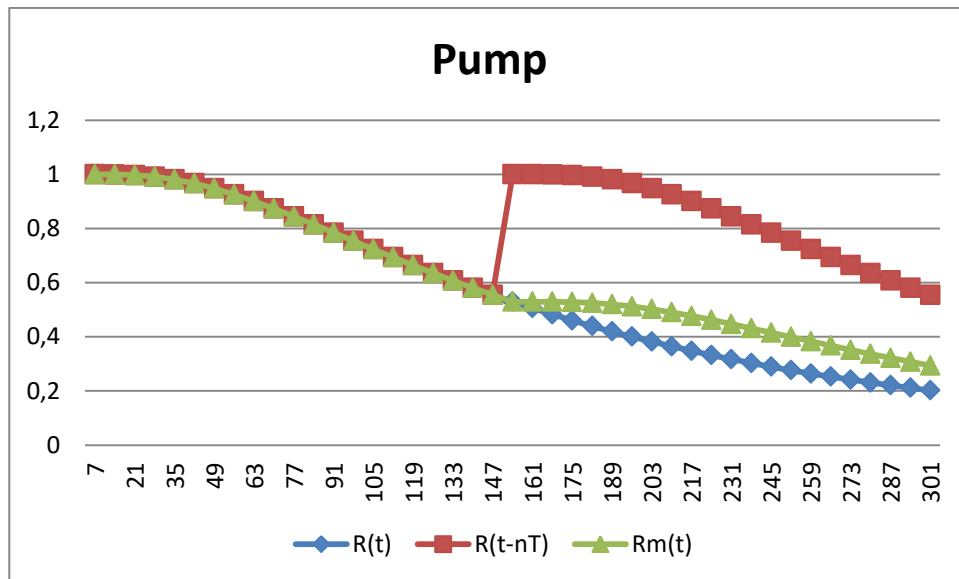
karena ada nya tindakan PM tersebut. Berikut adalah gambar hasil dari simulasi sebelum dan sesudah PM.



Gambar 5.1 Simulasi *Preventive Maintenance* Komponen *Overhung Impeller*

2. Reliabilitas Komponen *Pump*

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai MTTF pada komponen *pump* sebesar 344,86 hari dengan nilai kehandalan sebesar 0,2146 atau 21% dimana nilai tersebut didapatkan sebelum adanya tindakan *preventive maintenance*. lalu pada perhitungan MTTR didapatkan nilai 159,798 hari dengan nilai kehandalan sebesar 0,8446 atau 84 % dimana nilai tersebut adalah nilai tindakan PM dimulai. Sehingga nilai kehandalan pada komponen meningkat karena ada nya tindakan PM tersebut. Berikut adalah gambar hasil dari simulasi sebelum dan sesudah PM.



Gambar 5.2 Simulasi *Preventive Maintenance* Komponen *Pump*

5.9 Opportunity Loss

Opportunity loss didapatkan dengan melihat jumlah breakdown dalam satu tahun dengan perbandingan waktu yang dihabiskan untuk melakukan breakdown tersebut. Dengan estimasi waktu breakdown selama 8 jam setiap mesinnya. Pada tabel berikut ini merupakan perbandingan jumlah dan waktu breakdown berdasarkan estimasi perawatan sebelum dan sesudah dilakukannya tindakan *preventive maintenance*.

Tabel 5.9 Waktu Breakdown Sebelum tindakan *preventive maintenance*

Komponen	MTTF	Jumlah Breakdown/tahun	Waktu Breakdown (jam)
<i>Overhung Impeller</i>	78,5242	8	64
<i>Pump</i>	344,86	3	24
Jumlah			88

Tabel 5.10 Waktu Breakdown Sesudah tindakan *preventive maintenacne*

Komponen	Interval Baru (hari)	Jumlah Breakdown/tahun	Waktu Breakdown (jam)
<i>Overhung</i>	56	5	40
<i>Impeller</i>			
<i>Pump</i>	161	2	16
Jumlah			56

Berdasarkan kedua tabel tersebut dapat dilihat perbandingan waktu breakdown yang terjadi dalam satu tahun. Dimana saat sebelum dilakukan tindakan PM waktu breakdown yang didapat adalah sebesar 88 jam dalam satu tahun. Sementara itu pada saat setelah dilakukan estimasi PM didapatkan waktu breakdown turun menjadi 56 jam dalam satu tahun. Dengan demikian perusahaan dapat menghemat waktu breakdown sebesar 32 jam dalam satu tahun.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini menemukan dua mesin kritis yaitu mesin D-3-25 dan mesin G-3-30. Dimana masing-masing mesin memiliki komponen kritis yaitu *Overhung Impeller* pada mesin G-3-30 dan komponen *Pump* pada mesin G-3-30.
2. Nilai MTTF komponen *overhung impeller* adalah 78,5242 dengan nilai kehandalan sebesar 0,3729 atau 37%. Dan untuk komponen *Pump* memiliki nilai MTTF sebesar 344,86 dengan nilai kehandalan sebesar 0,2146 atau 21%
3. Setelah dilakukan analisa MTTR didapatkan nilai komponen *overhung impeller* sebesar 47,478 dengan nilai kehandalan meningkat menjadi 0,5518 atau 55%. Dan nilai MTTR komponen *pump* sebesar 159,798 dengan nilai kehandalan meningkat menjadi 0,8446 atau 84%.
4. Usulan waktu perbaikan untuk kedua mesin agar mesin dapat bekerja secara optimal adalah untuk mesin G-3-25 dilakukan pada hari ke-47 dan untuk mesin G-3-30 pada hari ke-161 sehingga kehandalan mesin dapat meningkat dan memperpanjang usia mesin.
5. Perbandingan waktu breakdown yang terjadi dalam satu tahun dimana saat sebelum dilakukan tindakan PM waktu breakdown yang didapat adalah sebesar 88 jam dalam satu tahun. Sementara itu pada saat setelah dilakukan estimasi PM didapatkan waktu breakdown turun menjadi 56 jam dalam satu tahun. Dengan demikian perusahaan dapat menghemat waktu breakdown sebesar 32 jam dalam satu tahun.

6.2 Saran

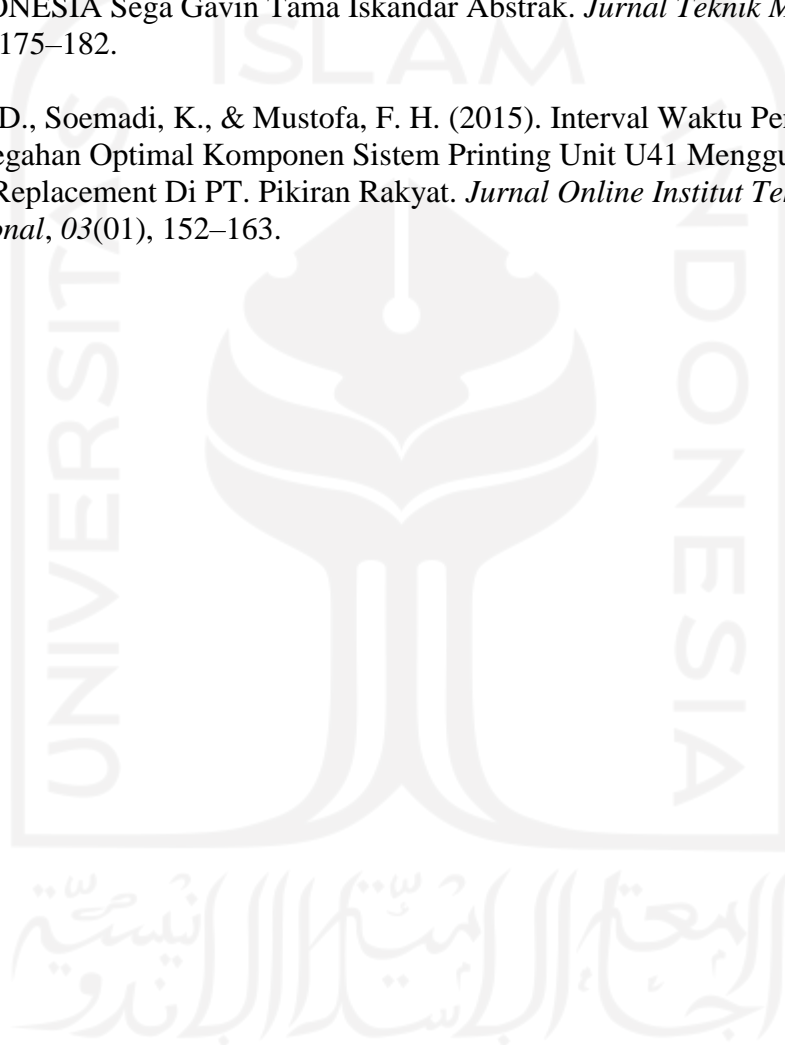
Saran yang dapat diberikan dari penelitian untuk perusahaan maupun penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Lebih memperhatikan pola perawatan preventif secara administrasi maupun praktek dilapangan.
2. Mengembangkan pola perawatan yang melibatkan jajaran manajerial dan jajaran operasional agar terbentuk sistem *maintenance* yang terintegrasi.
3. Perusahaan diharapkan dapat menerapkan kegiatan penggantian komponen sesuai dengan jadwal waktu pergantian dan pemeriksaan yang telah diusulkan sehingga proses distribusi dapat berjalan dengan lancar dan hambatan-hambatan kerusakan mesin dapat dikurangi.
4. Penyediaan suku cadang yang berkualitas.
5. Untuk penelitian selanjutnya dapat memperhatikan mesin dan komponen lain agar pengintegrasian sistem perawatan bisa lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiva, W. H., Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2020). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Perencanaan Interval Preventive Maintenance Dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Analisis Fmea (Studi Kasus : Pt. Xyz). *Jurnal PASTI*, 13(3), 298. <https://doi.org/10.22441/pasti.2019.v13i3.007>
- Amalia, S., Subekti, A., & Setiawan, P. A. (2017). Perencanaan kegiatan perawatan dengan metode RCM II (Reliability Centered Maintenance) dan penentuan persediaan suku cadang pada boiler perusahaan rokok. *Proceeding 1st Conference on Safety Engineering and Its Application*.
- Ansory, P. (2019). MANAJEMEN PERAWAAN MESIN IQF MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENACE (RCM) STUDI KASUS DI PT ANEKA GAS INDUSTRI Tbk. *JISO: Journal Of Industrial And System Optimization*, 62-67.
- Astarini, L. A. A. D. (2016). Analisis Reliabilitas dan Availabilitas pada Mesin. *Sains Dan Seni Its*, 4(1), 7–12.
- Ben-Daya, M. (2000). You may need RCM to enhance TPM implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 6(2), 82-85.
- Corder, A. (1992). *TEKNIK MANAJEMEN PEMELIHARAAN*. Jakarta: Erlangga.
- Jusolihun, N. (2019). *Perancangan Sistem Perawatan Mesin Air Jet Loom (AJL) dengan Menggunakan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus: PT. Primissima Yogyakarta)*.
- Kalagnanam, J., & Henrion, M. (1988). Predictive Mainenance Using Dynamic Probabilistic Networks
- Marasabessy, S. A., Henaulu, A. K., & Rumbouw, J. (2020). Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi pada CV Abadi Tiga Mandiri (Studi Kasus Mesin Cup Sealer). *KAIZEN : Management Systems & Industrial Engineering Journal*, 3(2), 80.
- Moubray, J. (1991). *Reliability Centered Maintenance*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Prawiro, Y. Y. (2017). Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Volpack Menggunakan Metode Age Replacement. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2), 92. <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol16.no2.92-100>

- Rambuna, O. (n.d.). *Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Mesin Produksi Obat-Obatan [Xyz]*. 117–123.
- Sayuti, M., & dan Muhammad Siddiq Rifa, M. (2013). Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT. Z. *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, 2(1), 9–13.
- Tama, S. G., & Iskandar. (2017). PENENTUAN INTERVAL WAKTU OPTIMAL PENGANTIAN KOMPONEN WIRE SCREEN PADA MESIN WIRE PART DENGAN METODE AGE REPLACEMENT DI PT . MOUNT DREAM INDONESIA Segar Gavin Tama Iskandar Abstrak. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(2), 175–182.
- Vidiasari, D., Soemadi, K., & Mustofa, F. H. (2015). Interval Waktu Penggantian Pencegahan Optimal Komponen Sistem Printing Unit U41 Menggunakan Metode Age Replacement Di PT. Pikiran Rakyat. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 03(01), 152–163.



LAMPIRAN

Lampiran 1 data kerusakan G-3-25

Overhung Impeller				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Fucnional Log.
1	10/01/2019	24/01/2019	24/09/2019	G-3-25F
2	31/01/2019	14/02/2019	16/04/2019	G-3-25A
3	31/01/2019	14/02/2019	16/04/2019	G-3-25C
4	31/01/2019	14/02/2019	21/03/2019	G-3-25E
5	07/02/2019	21/02/2019	12/11/2019	G-3-25A
6	07/02/2019	21/02/2019	24/09/2019	G-3-25B
7	07/02/2019	21/02/2019	29/11/2019	G-3-25D
8	21/03/2019	04/04/2019	24/09/2019	G-3-25E
9	11/07/2019	25/07/2019	07/01/2020	G-3-25F
10	02/08/2019	16/08/2019	07/01/2020	G-3-25E
11	08/08/2019	22/08/2019	06/01/2020	G-3-25A
12	08/08/2019	22/08/2019	28/02/2020	G-3-25B
13	08/08/2019	22/08/2019	07/01/2020	G-3-25D
14	29/08/2019	12/09/2019	07/01/2020	G-3-25A
15	29/08/2019	12/09/2019	07/01/2020	G-3-25C
16	19/09/2019	03/10/2019	28/02/2020	G-3-25E
17	09/01/2020	23/01/2020	28/02/2020	G-3-25F
18	30/01/2020	13/02/2020	28/02/2020	G-3-25E
19	06/02/2020	20/02/2020	28/02/2020	G-3-25A
20	06/02/2020	20/02/2020	28/02/2020	G-3-25B
21	06/02/2020	20/02/2020	28/02/2020	G-3-25D
22	27/02/2020	12/03/2020	28/02/2020	G-3-25A
23	27/02/2020	12/03/2020	28/02/2020	G-3-25C

Lampiran 2 data kerusakan G-3-30

Pump				
No	Notif Date	Required End	Changed On	Fucntional Log
1	07/02/2019	21/02/2019	24/09/2019	G-3-30A
2	08/08/2019	22/08/2019	28/02/2020	G-3-30A
3	06/02/2020	20/02/2020	28/02/2020	G-3-30A
4	07/02/2020	21/02/2020	10/02/2020	G-3-30A
5	07/02/2019	21/02/2019	24/09/2019	G-3-30C
6	07/02/2019	21/02/2019	29/11/2019	G-3-30C
7	08/08/2019	22/08/2019	28/02/2020	G-3-30C
8	08/08/2019	22/08/2019	07/01/2020	G-3-30C
9	06/02/2020	20/02/2020	28/02/2020	G-3-30C
10	06/02/2020	20/02/2020	28/02/2020	G-3-30C
11	07/02/2019	21/02/2019	24/09/2019	G-3-30D
12	08/08/2019	22/08/2019	28/02/2020	G-3-30D
13	06/02/2020	20/02/2020	28/02/2020	G-3-30D