IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT* DALAM PENENTUAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN *BEACOCKS* ll (Studi Kasus: PT. ABC)

TUGAS AKHIR

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

Nama : Muhammad Cygnus Samudera
No. Mahasiswa : 21522239

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Yogyakarta, 9 Mei 2025



(Muhammad Cygnus Samudera)
21522239

SURAT BUKTI PENELITIAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4100, 4101
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor: 01/Ka.Lab.Delsim/70/Lab.DELSIM/V/2025

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa mahasiswa dengan keterangan sebagai berikut :

Nama	:	Muhammad Cygnus Samudera
No. Mhs	:	21522239
Dosen Pembimbing	:	Dian Janari , S.T., M.T.

Telah selesai melaksanakan penelitian yang berjudul "IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT" di Laboratorium Pemodelan dan Simulasi Industri (DELSIM) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia tercatat mulai tanggal 10 Oktober sampai dengan tanggal 14 November 2024

Demikian surat keterangan kami keluarkan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dikeluarkan : di Yogyakarta
Tanggal : 8 Mei 2025

Mengetahui,
Kepala Lab. Pemodelan dan Simulasi Industri

Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT* DALAM PENENTUAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN *BEACOCKS* ll (Studi Kasus: PT. ABC)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Cygnus Samudera

No. Mahasiswa : 21522239

Yogyakarta, 9 Mei 2025

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT* DALAM PENENTUAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN *BEACOCKS* ll

(Studi Kasus: PT. ABC)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Cygnus Samudera

No. Mahasiswa : 21522239

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

Yogyakarta, 4 Juli 2025

Tim Penguji

Dian Janari. S.T.,M.T	
Ketua	
Bambang Suratno, S.T., M.T., Ph.D	
Anggota I	
Ir. Vembri Noor Helia, S.T., M.T., IPM	
Anggota II	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

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

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang kepada Tuhan Yang Maha Esa, tugas akhir ini saya persembahkan sebagai bentuk apresiasi dan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, serta doa selama proses penyusunan hingga penyelesaian tugas ini. Kepada kedua orang tua yang saya cintai, terima kasih atas cinta, doa, dan pengorbanan yang tiada henti, yang selalu menjadi penyemangat dalam setiap langkah hidup saya. Saya juga menghaturkan terima kasih kepada seluruh anggota keluarga atas dorongan dan motivasi yang terus menguatkan saya. Tak lupa, penghargaan setinggi-tingginya saya sampaikan kepada dosen pembimbing dan seluruh dosen di Program Studi Teknik Industri atas ilmu, arahan, dan bimbingan yang sangat berarti selama masa studi hingga tersusunnya tugas akhir ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada rekan-rekan seperjuangan atas kebersamaan, dukungan, dan kerja sama yang telah membantu saya melewati berbagai tantangan selama perkuliahan.

MOTTO

"Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, kecuali kaum yang kafir." (Q.S. Yusuf ayat 87)

"Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat." (Q.S. Al Mujadalah ayat 11)

"Rasulullah bersabda : Barangsiapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga." (HR. Musilm)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraakaatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam. Dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknologi Industri. Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Selain itu, penulis memahami bahwa pencapaian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. sebagai Ketua Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dian Janari, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu yang berharga, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.
5. Orang tua dan keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang yang tak ternilai.
6. Shalwa Salal Said Nahdi dan Fathan Hamam, sebagai rekan satu dosen pembimbing yang selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir.
7. Dhika, Ikhwan, Dava, Gita, Nabila, Dyna, Aa Adit, dan Cici Jenn yang telah memberikan dukungan, inspirasi, dan waktunya selama perjalanan akademik ini.
8. Teman-teman seperjuangan MNM dan CS yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

ABSTRAK

Industri tekstil memainkan peran penting dalam perekonomian Indonesia, namun dalam praktik operasionalnya sering dihadapkan pada masalah gangguan mesin yang berdampak pada efisiensi produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen kritis dan menentukan strategi perawatan optimal pada mesin *Beacocks II* (*steamer*) di PT ABC, dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan pendekatan *Age Replacement*. RCM digunakan untuk menganalisis potensi kegagalan melalui tahapan *Functional Block Diagram* (FBD), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Logic Tree Analysis* (LTA), dan *Task Selection* (TS), sehingga dapat diprioritaskan komponen yang membutuhkan perhatian khusus. Sementara itu, pendekatan *Age Replacement* digunakan untuk menentukan interval optimal pemeriksaan dan penggantian komponen guna meminimalkan *downtime*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode RCM berhasil mengidentifikasi komponen kritis serta menentukan tindakan perawatan preventif yang tepat. Selain itu, perhitungan interval penggantian komponen melalui *Age Replacement* mampu memperpanjang umur pakai mesin dan meningkatkan ketersediaan operasional. Dengan implementasi strategi perawatan ini, perusahaan diharapkan dapat mengurangi frekuensi kerusakan secara mendadak, menekan biaya perbaikan, serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas produksi. Penelitian ini juga memperkuat pentingnya penerapan manajemen perawatan berbasis keandalan untuk mendukung keberlanjutan industri tekstil dalam menghadapi tantangan operasional.

Kata Kunci: Perawatan Mesin, *Reliability Centered Maintenance, Age Replacement, Downtime*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
SURAT BUKTI PENELITIAN iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
MOTTO vii
KATA PENGANTAR viii
ABSTRAK x
DAFTAR ISI xi
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 6
1.5 Batasan Penelitian 6
1.6 Sistematika Penulisan 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Kajian Literatur 9
2.2 Landasan Teori 15
2.2.1 Perawatan (Maintenance) 15
2.2.2 Jenis – Jenis Perawatan 15
2.2.3 Tujuan Perawatan 16
2.2.4 Downtime 17
2.2.5 Reliability Centered Maintenance (RCM) 17
2.2.6 Functional Block Diagram (FBD) 18
2.2.7 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) 19
2.2.8 Logic Tree Analysis (LTA) 23
2.2.9 Pemilihan Tindakan (Task Selection) 25
2.2.10 Fungsi Kehandalan (Reliability) 26
2.2.11 Laju Kerusakan 27
2.2.12 Distribusi 28
2.2.13 Uji Goodness of Fit 29
2.2.14 Estimasi Parameter 31
2.2.15 Mean Time to Failure (MTTF) 33
2.2.16 Mean Time to Repair (MTTR) 33
2.2.17 Age Replacement 34
2.2.18 Interval Waktu Pemeriksaan 36
BAB III METODE PENELITIAN 37
3.1 Obyek Penelitian 37
3.2 Metode Pengumpulan Data 37
3.2.1 Data Primer 37
3.2.2 Data Sekunder 38
3.3 Metode Pengolahan Data 38
3.4 Diagram Alir Penelitian 41
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 45
4.1 Pengumpulan Data 45

4.1.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Beacocks ll 45
4.2 Pengolahan Data dan Penentuan Komponen Kritis 51
4.2.1 Functional Block Diagram (FBD) 51
4.2.2 Failure Mode Effect and Analysis (FMEA) 52
4.2.3 Logic Tree Analysis (LTA) 54
4.2.4 Task Selection (TS) 56
4.3 Pengolahan Data Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis ... 57
4.3.1 Penentuan Mesin dan Komponen Kritis 57
4.3.2 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan 60
4.3.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan 72
4.3.4 Uji Goodness of Fit Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan 84
4.3.5 Uji Goodness of Fit Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan 87
4.3.6 Perhitungan Parameter Distribusi Data Waktu Kerusakan 89
4.3.7 Perhitungan Parameter Distribusi Data Waktu Perbaikan 89
4.3.8 Penentuan Nilai Tengah Distribusi Data Waktu Kerusakan 90
4.3.9 Penentuan Nilai Tengah Distribusi Data Waktu Perbaikan 90
4.3.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian 90
4.3.11 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan 93
BAB V PEMBAHASAN 95
5.1 Analisis *Functional Block Diagram* (FBD) 95
5.2 Analisis *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) 95
5.3 Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA) 96
5.4 Analisis *Task Selection* 97
5.5 Analisis Penentuan Mesin dan Komponen Kritis 99
5.6 Analisis Distribusi *Time To Failure* dan *Time To Repair* 99
5.7 Analisis Uji Kecocokan *Goodness of Fit* 100
5.8 Analisis Parameter Distribusi TTF dan MTTF 101
5.9 Analisis Parameter Distribusi TTF dan MTTR 101
5.10 Analisis Interval Waktu Penggantian dan Pemeriksaan Komponen 102
BAB VI PENUTUP 103
6.1 Kesimpulan 103
6.2 Saran 104
6.2.1 Saran Bagi Perusahaan 104
6.2.2 Saran Bagi Peneliti 104
DAFTAR PUSTAKA 105
LAMPIRAN A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 14
Tabel 2. 2 *Failure Mode and Effect Analysis* 19
Tabel 2. 3 *Rating Severity* 20
Tabel 2. 4 Nilai *Occurence* 21
Tabel 2. 5 Tingkat *Detection* 22
Tabel 4. 1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Beacocks* ll 45
Tabel 4. 2 *Failure Mode Effect and Effect Analysis* 52
Tabel 4. 3 *Logic Tree Analysis* 55
Tabel 4. 4 *Task Selection* 56
Tabel 4. 5 Penentuan Mesin Kritis 57
Tabel 4. 6 Penentuan Komponen Kritis 59
Tabel 4. 7 *Time To Failure* Komponen *Ro*ll *Transport* 60
Tabel 4. 8 Hasil Distribusi Eksponensial *Time To Failure* 62
Tabel 4. 9 Hasil Distribusi Normal *Time To Failure* 65
Tabel 4. 10 Hasil Distribusi Lognormal *Time To Failure* 67
Tabel 4. 11 Hasil Distribusi *Weibu*ll *Time To Failure* 70
Tabel 4. 12 *Index of Fit Time To Failure* 71
Tabel 4. 13 Hasil Distribusi Normal *Time To Repair* 72
Tabel 4. 14 Hasil Distribusi Eksponensial *Time To Repair* 75
Tabel 4. 15 Hasil Distribusi Normal *Time To Repair* 77
Tabel 4. 16 Hasil Distribusi Lognormal *Time To Repair* 80
Tabel 4. 17 Hasil Distribusi *Weibu*ll *Time To Repair* 82
Tabel 4. 18 *Index of Fit Mean Time to Repair* 84
Tabel 4. 19 *Uji Goodness of Fit Time to Failure* 84
Tabel 4. 20 *Uji Goodness of Fit Time to Repair* 87
Tabel 4. 21 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan 91
Tabel 5. 1 Analisis Distribusi *Time To Failure* 99
Tabel 5. 2 Distribusi *Time To Repair* 100
Tabel 5. 3 Analisis Parameter Distribusi MTTF 101
Tabel 5. 4 Analisis Parameter Distribusi MTTR 101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur *Logic Tree Analysis* 24
Gambar 2. 2 *Road Map Task Selection* 26
Gambar 2. 3 Fungsi Keandalan Fungsi Waktu 27
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 41
Gambar 4. 1 *Functional Block Diagram* 51
Gambar 4. 2 Diagram Pareto Penentuan Mesin Kritis 58

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil dan pakaian di Indonesia berperan penting dalam ekonomi Indonesia karena dapat menciptakan lapangan kerja bagi sekitar pabrik tersebut juga dapat meningkatkan kontribusi secara ekspor (Sari Br Siagian et al., 2023). Industri tekstil sendiri merupakan pengolahan dari bahan dasar serat menjadi benang atau kain hingga pakaian jadi serta keperluan pada rumah tangga. Industri tekstil dan produk tekstil Indonesia menempati peringkat ke-16 sebagai eksportir tekstil dan produk tekstil terbesar di dunia. Sektor ini terus menghadirkan inovasi dalam produk-produknya, berbeda dari perusahaan lain yang cenderung memproduksi barang secara monoton (Azizah et al., 2024) Pada tahun 2022, sektor tekstil dan produk tekstil (TPT) menyumbang sekitar 6,2% dari total produk domestik bruto (PDB) industri manufaktur di Indonesia dan memberikan lapangan kerja bagi lebih dari 3 juta pekerja (Khairani et al., 2024). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik selama periode 2012–2016, terdapat fluktuasi dalam data produksi. Pada tahun 2015–2016, produksi kain tenunan mengalami peningkatan dari 2.325.956,90 menjadi 2.499.084,90. Namun, pada periode yang sama, produksi kain rajutan justru menurun dari 1.365.810,90 menjadi 1.329.867,60.

Salah satu perusahaan industri tekstil yang cukup terkenal di pasar Asia Tenggara adalah PT ABC yang menawarkan berbagai layanan dengan berfokuskan pada bidang tekstil, mulai dari pemintalan (*spinning*), penenunan (*weaving*), pencelupan (*finishing*), hingga pembuatan pakaian jadi (*garment*). PT ABC terus melakukan inovasi secara berkelanjutan serta mempunyai komitmen yang tinggi terhadap kualitas dan berhasil memperluas pasar baik domestik maupun internasional, dan pada saat ini menjadi pemasok utama seragam militer yang diekspor ke lebih dari 35 negara. Terdapat beberapa mesin yang digunakan pada departemen *finishing* l yaitu mesin *rotary printing* (*zimmer*), *steamer* (*beacocks* ll), *washing* (*fongyung*), dan *stenter*. Mesin yang digunakan pada PT ABC beroperasi selama 24 jam tanpa henti, oleh karena itu kelancaran produksi menjadi aspek yang penting pada PT ABC tersebut karena mesin yang digunakan secara terus menerus untuk memenuhi permintaan dari *customer*. Mesin merupakan komponen penting dalam proses produksi suatu perusahaan. Kerusakan mendadak pada mesin dapat mengganggu jadwal produksi yang telah direncanakan (R. A. Kurniawan & Mujayin,

2015). Terdapat hambatan pada perusahaan tersebut dikarenakan mesin yang digunakan berjalan secara terus menerus terkait dengan perawatan mesin. Perawatan merupakan Segala kegiatan yang dilakukan bertujuan untuk memastikan mesin dan peralatan tetap berfungsi dengan baik (Yuliandra & Jaeba, 2017). Perawatan sendiri berguna untuk mesin yang memiliki operasional tinggi dengan bertujuan untuk memperpanjang umur dari suatu komponen mesin, minimasi *downtime,* dan meningkatkan kualitas produksi di perusahaan.

PT ABC menerapkan beberapa standar ISO untuk mendukung efektivitas dan efisiensi operasional, termasuk dalam upaya pengurangan *downtime* mesin antara lain menggunakan ISO 9001:2015 yang berisi mengenai standar internasional SMM (Sistem Manajemen Mutu), ISO 45001:2018 tentang SMK3 (Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja), dan ISO 55001:2014 mengenai SMA (Sistem Manajemen Aset). Dalam penggunaan mesin di PT ABC, terdapat perawatan yang dilakukan guna mencegah kegagalan dari mesin tersebut serta memperpanjang umur mesin adalah dengan perawatan secara preventif (*preventive maintenance*) dan perawatan secara korektif (*corrective maintenance*). Perawatan secara preventif (*preventive maintenance*) merupakan perawatan yang bertujuan untuk mencegah atau menghindari kerusakan dengan memiliki perencanaan pada saat sebelum mesin tersebut mengalami kerusakan (Rofiq & Akbar Darmawan, 2022). Sedangkan perawatan secara korektif (*corrective maintenance*) merupakan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki serta meningkatkan kondisi mesin agar sesuai dengan standar yang dibutuhkan pada proses produksinya (Billy Oktavian, 2023). Perawatan secara preventif pada PT ABC sendiri jarang dilakukan, tercatat pada bulan tahun 2020 hingga tahun 2024 terdapat 55.970 *downtime* kumulatif yang terjadi pada departemen *finishing* l. Hal tersebut dapat mengganggu aktifitas produksi pada PT ABC yang dapat berdampak pada *output* produksi. Perawatan *preventive* dipilih sebagai metode perawatan dalam penelitian ini karena memiliki beberapa keunggulan yang sangat relevan untuk mengatasi permasalahan downtime tinggi pada mesin produksi di PT ABC antara lain mengurangi downtime secara mendadak, sesuai dengan standar ISO karena perawatan dilakukan secara terencana dan sistematis, didukung oleh perhitungan data sebelumnya atau historis, dan lebih efisien secara biaya dalam jangka panjang. *Downtime* tergolong tinggi apabila dibandingkan dengan prinsip-prinsip standar manajemen yang dianut perusahaan, khususnya berdasarkan ISO 9001:2015 dan ISO 55001:2014 yang digunakan oleh PT ABC dalam mendukung operasional produksi.

Terdapat beberapa metode untuk melakukan perawatan mesin, seperti *total productive maintenance* sendiri merupakan proses untuk memaksimumkan produktivitas peralatan serta mesin sepanjang masa pakai dari peralatan dan mesin tersebut dengan melibatkan seluruh operator produksi. *Total productive maintenance* juga berkaitan dengan pemberdayaan karyawan untuk bertanggung jawab atas pekerjaan yang dilakukanya (Muhammad et al., 2022). Terdapat kelebihan pada metode tersebut adalah meningkatkan produktivitas dan kualitas, mengoptimalkan efektivitas peralatan, dan melibatkan seluruh karyawan dengan kekuranganya adalah ketergantungan pada kedisiplinan dan keterlibatan seluruh karyawan, keterbatasan dokumentasi dan standarisasi, dan kurangnya modul pelatihan yang spesifik (Amaruddin, 2020). Metode lainya adalah *corrective maintenance*, dimana *corrective maintenance* merupakan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima (Karana et al., 2025). Kelebihan dari metode *corrective maintenance* adalah biaya awal yang rendah, fleksibilitas dalam penanganan masalah, dan pemanfaatan penuh masa pakai aset, sedangkan terdapat kekurangan dari metode tersebut adalah downtime tidak terduga, biaya jangka panjang lebih tinggi, dan risiko kerusakan tambahan (Setiawan, 2020).

Metode berikutnya adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *Reliability Centered Maintenance* merupakan metode pemeliharaan yang berfokus pada peningkatan keandalan sistem melalui pendekatan sistematis untuk mengembangkan dan mengoptimalkan program perawatan. Tujuannya adalah untuk memastikan setiap komponen pada mesin tersebut dapat beroperasi dengan efektif (Ismail & Pusakaningwati, 2023). Kelebihan dari metode *Reliability Centered Maintenance* adalah fokus pada keandalan sistem, mengurangi downtime, dan penerapan strategi yang beragam, sedangkan terdapat kekuranganya yaitu biaya awal dan waktu implemntasi tinggi, memerlukan data historis yang lengkap, dan kompleksitas dalam analisis. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* dikarenakan pada mesin produksi di PT. ABC bersifat kritis dan kompleks. Penggunaan metode *Reliability Centered Maintenance* sendiri membutuhkan beberapa langkah karena metode tersebut bersifat sistematis, yaitu pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD) untuk menggambarkan alur produksi dan hubungan dari setiap komponen mesin di departemen finishing l, *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) untuk mengetahui penyebab, akibat, dan efek kegagalan dari mesin yang ada, *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk memprioritaskan dari setiap mode kegagalan yang ada, dan *task selection*

(TS) untuk pemilihan tindakan apa yang sesuai berdasarkan dari kegagalan yang ada. Penggunaan metode tersebut dapat membantu PT ABC untuk meminimasi *downtime*, meningkatkan umur komponen mesin, dan peningkatan output produksi. Selain metode *Reliability Centered Maintenance,* penggunaan metode *age replacement* juga berguna untuk menentukan interval waktu pemeriksaan serta penggantian komponen kritis pada mesin *beacocks* ll (Zahrotul Husna & Murnawan, 2023).

Terdapat penelitian terdahulu mengenai penggunaan metode *Reliability Centered Maintenance* merupakan metode pemeliharaan yang dirancang untuk meningkatkan keandalan sistem dengan mengidentifikasi komponen kritis dan menentukan strategi pemeliharaan yang tepat. Dalam penerapannya, RCM menggunakan analisis seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengevaluasi mode kegagalan utama serta *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengklasifikasikan dampaknya terhadap operasional, ekonomi, dan keselamatan (Sukmawati et al., 2024). Sebagai contoh, pada sistem *Coal Pulverizer C* di PLTU Banten 1 Suralaya, metode ini berhasil mengidentifikasi bahwa komponen *Coal Feeder* memiliki risiko kegagalan tertinggi dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 320. Dengan pendekatan ini, jadwal pemeliharaan berbasis perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) dibuat, seperti pemeliharaan pada *Coal Feeder* setiap 25 hari. Hasilnya, rata-rata tingkat ketersediaan sistem (*availability*) mencapai 94%, menunjukkan efektivitas RCM dalam meminimalkan *downtime* dan meningkatkan efisiensi operasional.

Penelitian yang ditulis oleh (Gustiawan & Affandi, 2021) bahwa hasil penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menunjukkan bahwa metode ini sangat efektif dalam meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi *downtime*. Sebagai contoh, penelitian di PT Staedtler Indonesia pada mesin ekstruder mengidentifikasi komponen kritis seperti *head body*, motor listrik, dan *vacuum*. Berdasarkan analisis menggunakan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF), diusulkan jadwal pemeliharaan preventif (*scheduled restoration task*). Penjadwalan ini berhasil mengurangi kerusakan mendadak dan memperpanjang masa pakai komponen dengan interval waktu yang optimal, misalnya pemeliharaan *head body* setiap 247 jam atau sekitar 7 hari. Penerapan RCM tidak hanya mengurangi biaya akibat kerusakan tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Pada penelitian (Ramadhania et al., 2024) menyatakan bahwa hasil penelitian yang menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) pada mesin genset PT. Taco Anugrah

Corporindo menunjukkan peningkatan efisiensi dalam perawatan komponen mesin. Analisis mengidentifikasi komponen dengan risiko kegagalan tinggi, seperti filter oli yang memiliki nilai RPN 216. Dengan implementasi metode ini, efisiensi perawatan filter oli meningkat dari 45,80% menjadi 57,69%, dan komponen lainnya seperti belting kipas dari 33,59% menjadi 47,36%. Faktor utama yang menghambat efisiensi adalah keterlambatan akibat ketersediaan komponen dan ketidaksiapan operator. Usulan perbaikan mencakup penjadwalan ulang perawatan dan pembersihan komponen, serta implementasi prosedur operasi standar (SOP) untuk mendukung proses perawatan yang lebih sistematis dan efisien. Pada penelitian (Wiro et al., 2024) menyatakan bahwa metode RCM dan *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) untuk meningkatkan efisiensi perawatan mesin genset di PT. Taco Anugrah Corporindo. Fokus utama terletak pada pengidentifikasian komponen kritis seperti filter oli yang memiliki nilai RPN tertinggi, yaitu 216. Dengan pendekatan ini, efisiensi perawatan filter oli meningkat dari 45,80% menjadi 57,69%, dan efisiensi komponen lainnya juga meningkat signifikan. Penelitian ini menekankan pentingnya penjadwalan ulang perawatan untuk mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, seperti keterlambatan dalam penyediaan komponen dan ketidaksiapan operator. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan RCM mampu meningkatkan produktivitas serta mengurangi kerugian akibat downtime mesin. Penelitian terakhir terkait dengan *Reliability Centered Maintenance* menyatakan bahwa metode RCM untuk menganalisis perawatan mesin *punch* hidrolik pada perusahaan aksesoris. Komponen mata puncher diidentifikasi sebagai komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi sebesar 464 akibat kegagalan fungsi yang signifikan. Metode ini memungkinkan perusahaan untuk mengklasifikasikan tindakan perawatan berdasarkan prioritas, seperti *condition direct* (CD) dan *finding failure* (FF). Pendekatan ini tidak hanya membantu mengurangi downtime tetapi juga mengoptimalkan fungsi peralatan secara keseluruhan. Penelitian ini menyoroti efektivitas metode RCM dalam mengidentifikasi akar penyebab kegagalan dan menyusun strategi perawatan yang sesuai untuk meningkatkan keandalan mesin (Tri Sulistiyono et al., 2008).

Berdasarkan dari latar belakang permasalahan diatas, untuk mengatasi permasalahan tersebut penelitian ini mencoba untuk mengusulkan metode yang sesuai yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna menentukan komponen kritis dari mesin serta melakukan pencegahan terjadinya kegagalan pada sistem produksi dan metode *Age Replacement* untuk perencanaan jadwal perawatan atau interval waktu pemeriksaan secara optimal guna meminimasi *downtime* pada proses produksi yang berada di departemen *finishing* l.

1.2 Rumusan Masalah

Mesin pada PT. ABC beroperasi terus-menerus selama 24 jam untuk memenuhi permintaan produksi. Namun, penggunaan mesin secara terus-menerus menyebabkan tingginya risiko kerusakan. Didapatkan pada data menunjukkan bahwa pada bulan Januari 2020 hingga April 2024, terdapat total *downtime* kumulatif sebesar 55.970 menit di departemen *finishing* I. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna mengidentifikasi komponen kritis dan *Age Replacement* untuk menentukan interval penggantian komponen secara optimal, sehingga *downtime* dapat diminimalkan. Berdasarkan dari latar belakang tersebut, didapatkan pokok permasalahan dari penlitian ini adalah:

***Research Question* 1 :** Apa komponen yang paling kritis pada mesin *beacocks* ll dan bagaimana langkah perawatan yang sesuai untuk mesin tersebut?

***Research Question* 2 :** Bagaimana menentukan jadwal waktu pemeriksaan komponen kritis pada mesin *beacocks* ll menggunakan *Age Replacement?*

***Research Question* 3 :** Berapa perkiraan waktu penggantian komponen pada mesin *beacocks* ll yang direkomendasikan agar kinerjanya tetap optimal?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian berdasarkan dari rumusan masalah tersebut:

1. Mengidentifikasi komponen paling kritis pada mesin *beacocks II* dan menentukan langkah perawatan yang tepat untuk menjaga kinerja mesin.
2. Menentukan jadwal waktu pemeriksaan komponen kritis pada mesin *beacocks* ll menggunakan pendekatan *Age Replacement*.
3. Mengetahui waktu penggantian komponen kritis mesin *beacocks II* yang direkomendasikan untuk memastikan mesin beroperasi secara optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dapat bermanfaat bagi perguruan tinggi, perusahaan, dan peneliti sebagai berikut:

1. Bagi Perguruan Tinggi
    a. Membangun relasi positif antara perguruan tinggi dengan perusahaan.
    b. Memberikan peluang kepada mahasiswa untuk mendalami dunia industri dengan pengalaman yang nyata dan konkret.
    c. Membantu dalam mewujudkan tujuan utama Universitas Islam Indonesia yaitu mencetak Sumber Daya Manusia yang kompeten, profesional, dan berkualitas.
2. Bagi Perusahaan
    a. Hasil penelitian yang dilakukan mahasiswa dapat memberikan rekomendasi solusi berbasis data untuk perbaikan atau peningkatan proses kerja.
    b. Dengan mendukung penelitian mahasiswa, perusahaan dapat menjalin hubungan yang lebih baik dengan institusi pendidikan, yang berpotensi menghasilkan kolaborasi di masa depan.
3. Bagi Peneliti
    a. Memahami secara langsung penerapan ilmu yang telah dipelajari selama perkuliahan khususnya manajemen perawatan.
    b. Melatih mahasiswa dalam menyelesaikan masalah dan mengasah keterampilan pengambilan keputusan saat menghadapi tantangan di tempat kerja.
    c. Mengukur kemampuan dan keterampilan komunikasi mahasiswa dalam lingkungan kerja secara profesional.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan penelitian yang dilakukan:

1. Penelitian dilakukan di PT ABC.
2. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2024.
3. Penelitian ini menggunakan data terkait kerusakan dan perbaikan mesin yang dikumpulkan dari bulan Januari 2020 hingga April 2024.
4. Mesin yang dilakukan penelitian adalah mesin *steamer* dengan tipe *beacocks*.
5. Penelitin ini berfokus pada komponen kritis yang berada di mesin *beacocks*.
6. Penelitian ini tidak membahas lebih mengenai efek ekonomui pada kegagalan mesin *beacocks* ll.

7. Penelitian ini menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengidentifikasi komponen kritis dan menggunakan pendekatan *Age Replacement* guna meminimalkan *downtime*.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan pada penelitian ini:

BAB I **PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan merupakan bab yang membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan dan sistematika penelitian yang menjadi dasar dalam menentukan arah penulisan laporan Tugas Akhir ini.

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab Tinjauan Pustaka berisi pembahasan mengenai teori-teori dasar yang mendasari penelitian, termasuk konsep, dan materi untuk dijadikan acuan pembuatan tugas akhir, serta memuat penelitian sebelumnya terkait topik tugas akhir yang dilakukan
oleh peneliti.

BAB III **METODE PENELITIAN**

Bab Metode Penelitian merupakan bab yang menguraikan langkah-langkah yang diambil untuk melaksanakan penelitian ini. Bab ini meliputi metode pengumpulan data, analisis data yang digunakan.

BAB IV **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab Pengumpulan dan Pengolahan Data merupakan bab yang membahas data yang telah diperoleh dari perusahaan, seperti catatan kerusakan dan perbaikan. Setelah itu dianalisis menggunakan pendekatan RCM dan *Age Replacement*. Hasil pengolahan data ini menjadi dasar untuk menentukan tindakan perawatan yang optimal dan efisien.

BAB V	**PEMBAHASAN** Bab Pembahasan merupakan bagian yang mengulas secara mendalam interpretasi hasil analisis data, mengaitkan temuan dengan tujuan penelitian, serta mengevaluasi keefektifan metode yang diterapkan. Pembahasan yang komprehensif dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya.
BAB VI	**PENUTUP** Bab Penutup berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian serta saran yang dapat diterapkan dalam dunia industri atau digunakan sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya. Kesimpulan disusun berdasarkan temuan dan hasil pembahasan, sedangkan saran disusun dengan mempertimbangkan tantangan dan peluang yang ada.
DAFTAR PUSTAKA	Daftar pustaka mencantumkan semua sumber literatur yang digunakan dalam laporan tugas akhir, seperti jurnal, buku, dan referensi lainnya yang mendukung penelitian ini
LAMPIRAN	Lampiran berisi dokumentasi-dokumentasi dan berbagai kelengkapan yang terkait dengan pelaksanaan penelitian.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Terdapat penelitian terdahulu oleh (Hakim et al., 2021) yang penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin *Cake Breaker Conveyor* (CBC) di pabrik kelapa sawit PT Sumber Budi Agung. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah kerusakan mesin CBC yang sering terjadi, yang menyebabkan *downtime* dan mengganggu proses produksi. Metode RCM digunakan untuk mengidentifikasi komponen kritis dan merancang jadwal perawatan yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen kritis pada mesin CBC adalah kopling, dengan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) sebesar 1.803 jam dan *Mean Time to Repair* (MTTR) sebesar 4 jam. Interval perawatan optimal untuk kopling mesin CBC adalah 19 hari. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan RCM dapat mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin, sehingga berdampak positif pada efisiensi produksi.

Penelitian (Ciani et al., 2021) menunjukan bahwa penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada sistem HVAC di kereta cepat dengan pendekatan *fuzzy logic*. Metode ini mengoptimalkan pemeliharaan berbasis kondisi untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi subjektivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 86% tugas pemeliharaan berfokus pada *condition monitoring* dan *failure finding*, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemeliharaan.

Penelitian lain oleh (Rachel et al., 2021) membahas penerapan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dalam perancangan sistem pemeliharaan preventif di Laboratorium Desain Produk dan Inovasi Institut Teknologi Del. Dengan menggunakan perangkat lunak *EasyFit* 5.5, penelitian ini menghasilkan jadwal pemeliharaan optimal untuk meminimalkan *downtime* dan mencegah kerusakan mendadak. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode RCM merekomendasikan tiga jenis pemeliharaan yaitu *Condition Directed* (CD) pada 14 komponen, *Finding Failure* (FF) pada 8 komponen,

dan *Time Directed* (TD) pada 5 komponen. Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan *Standard Operating Procedure* (SOP) untuk penggunaan dan pemeliharaan fasilitas laboratorium.

Penelitian (Sulkifli et al., 2022) membahas terkait perencanaan pemeliharaan mesin *Mi*ll *Ro*ll di PT Perkebunan Nusantara XIV Pabrik Gula Camming menggunakan metode *Reliability-Centered Maintenance* (RCM). Tujuan penelitian adalah mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin melalui strategi pemeliharaan yang lebih optimal. Hasil dari penelitian tersebut mengatakan bahwa komponen kritis yang sering mengalami kerusakan meliputi *Standard Milk Check, Feeder Ro*ll, *Scrapper,* dan *Chute*. Dengan menerapkan RCM, interval pemeliharaan preventif ditetapkan setiap 4 hingga 21 hari tergantung pada komponen. Strategi pemeliharaan yang digunakan adalah kombinasi antara *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memastikan keandalan mesin dalam jangka panjang.

(Surya Pradita et al., 2022) melakukan penelitian dengan menerapkan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dan dampaknya terhadap produktivitas di industri pengolahan gas. Dengan menggunakan metode *Partial Least Square - Structural Equation Modeling* (PLS-SEM), penelitian ini mengidentifikasi tiga pendekatan pemeliharaan dalam RCM, yaitu *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, dan *reactive maintenance* dengan mendapatkan hasil penelitian bahwa penerapan RCM memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap produktivitas dan pengurangan *equipment downtime*. Selain itu, *equipment downtime* berperan sebagai variabel mediasi yang menghubungkan RCM dengan produktivitas. Studi ini menegaskan bahwa strategi pemeliharaan yang tepat dapat meningkatkan keandalan mesin serta efisiensi operasional dalam industri gas.

Terdapat penelitian oleh (Aidil Saifuddin et al., 2023) yang membahas strategi pemeliharaan mesin di lini produksi *Sabroe* pada industri makanan beku menggunakan metode *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dan *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM). Tujuan penelitian adalah meningkatkan efisiensi pemeliharaan dengan mengidentifikasi komponen kritis dan mengoptimalkan proses perawatan dengan hasil didapatkan bahwa komponen *gearbox* memiliki *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu 216, dengan *Mean Time to Failure* (MTTF) sebesar 242,25 jam dan *Mean Time to Repair* (MTTR) sebesar 2,8 jam. Interval inspeksi optimal untuk *gearbox*

ditentukan setiap 12 hari sekali. Selain itu, efisiensi pemeliharaan berdasarkan analisis MVSM mencapai 73,2%, dengan identifikasi aktivitas yang tidak bernilai tambah untuk dihilangkan.

Pada penelitian yang dilakukan (Maarif, 2020) membahas terkait penerapan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) pada manajemen perawatan truk Mitsubishi di CV. Barokah Djaya dengan bertujuan untuk menentukan komponen kritis, interval perawatan optimal, serta strategi pemeliharaan yang efektif untuk meningkatkan keandalan mesin truk dan mengurangi biaya perawatan dengan hasil bahwa komponen *compressor* merupakan bagian yang paling sering mengalami kerusakan, dengan total 5 kali dalam setahun. Interval perawatan optimal untuk komponen ini adalah setiap 879,6 jam atau sekitar 37 hari sekali. Implementasi jadwal *preventive maintenance* terbukti mampu menurunkan total biaya perawatan hingga 65,6%, dengan penghematan sebesar Rp 2.435.027,08.

(Candra, 2022) melakukan penelitian dengan penerapan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) pada mesin sablon digital untuk meningkatkan efektivitas pemeliharaan dan mengurangi *downtime*. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen *Ink Tube* memiliki *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sebesar 156, sementara *Filter Kapsul Tinta* memiliki RPN sebesar 52. Berdasarkan perhitungan tersebut interval perawatan optimal untuk *Ink Tube* adalah setiap 19.325 jam dengan tingkat kegagalan 12 kali dalam 6 bulan, sedangkan *Filter Kapsul Tinta* memiliki interval perawatan 20.740 jam dengan kegagalan 4 kali dalam 6 bulan. Penerapan metode RCM ini membantu dalam menentukan strategi pemeliharaan yang lebih efektif untuk meningkatkan keandalan mesin dan efisiensi produksi.

Terdapat penelitian yang dilakukan (Andrianto et al., 2024) membahas dengan menerapkan metode *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) pada mesin *Crimping Manual Tipe 30* di industri otomotif untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi *downtime*. Analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) mengidentifikasi dua komponen kritis, yaitu *Crimping Tooling Part Set* dengan *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 360 dan *Motor* dengan RPN sebesar 324. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk *Crimping Tooling Part Set* adalah 440,85 jam, sementara *Motor* memiliki MTTF sebesar 1691,11 jam. Dengan menerapkan jadwal pemeliharaan berbasis nilai keandalan, interval perawatan

ditetapkan setiap 160 jam untuk *Crimping Tooling Part Set* dan setiap 768 jam untuk *Motor*.

(Syukma et al., 2024) melakukan penelitian dengan menerapkan metode *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) pada unit *Pulp Dryer* di PT Indah Kiat Pulp and Paper Perawang. Tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi komponen kritis, menilai tingkat keandalan, serta menyusun jadwal pemeliharaan optimal untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi *downtime* yang ada. Didapatkan hasil dari analisis penelitian tersebut bahwa metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada *Temperature Sensor* memiliki *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sebesar 392, diikuti oleh *Press Transmitter* (288) dan *Level Transmitter* (280). Keandalan komponen diukur menggunakan metode *Mean Time to Failure* (MTTF), dengan hasil *On/Off Valve* memiliki MTTF tertinggi sebesar 10.580 jam. Berdasarkan hasil tersebut, jadwal perawatan yang direkomendasikan adalah *Temperature Sensor* setiap 252 hari, *Press Transmitter* setiap 352 hari, dan *On/Off Valve* setiap 440 hari.

Penelitian oleh (Ismail & Pusakaningwati, 2023) dengan menerapkan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dalam manajemen perawatan *Panel Distribution Control* di PT Tung Cia Tekhnology Indonesia. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan keandalan sistem, mengurangi risiko kegagalan, serta mengoptimalkan pemeliharaan preventif pada panel distribusi listrik. Hasil dari penelitian tersebut adalah metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menunjukkan bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) awal sebesar 540 dapat dikurangi menjadi 126 setelah implementasi strategi perawatan berbasis RCM. Penurunan RPN ini mengindikasikan keberhasilan dalam mengurangi risiko kegagalan melalui perbaikan dan penggantian komponen kritis seperti *relay, kontaktor, timer, push button*, serta *MCB dan fuse*.

Pada penelitian yang dilakukan (Yusuf et al., 2024) terkait dengan perencanaan pemeliharaan mesin *Forming* di PT KHI Pipe Industries menggunakan metode *Reliability-Centered Maintenance* (RCM). Mesin ini mengalami *breakdown* sebanyak 19 kali dalam setahun, dengan komponen *Squeeze Top Ro*ll sebagai bagian yang paling sering mengalami kerusakan. Didapatkan hasil dari penelitian tersebut bahwa metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menunjukkan komponen kritis meliputi *Bearing* dengan *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 378, *Cover Bolt* (324), *Rocking Ro*ll (180), dan *Shafting* (144). Tindakan pemeliharaan yang direkomendasikan mencakup

pemeliharaan berbasis waktu (*Time Directed*), pemantauan kondisi (*Condition Directed*), serta inspeksi berkala untuk mendeteksi kegagalan yang tersembunyi (*Finding Failure*).

(Simanungkalit et al., 2023) melakukan penelitian dengan menerapkan metode R*eliability-Centered Maintenance* (RCM) pada mesin *Cement Mi*ll *Type Tube Mi*ll di PT Cemindo Gemilang Medan untuk meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi *downtime* produksi. Dengan kapasitas produksi 30 ton/jam, mesin ini mengalami gangguan signifikan yang berdampak pada efisiensi operasional. Berdasarkan penelitian tersebut mendapatkan hasil perhitungan bahwa *Mi*ll *Bearing* memiliki *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sebesar 168, sehingga menjadi prioritas utama dalam strategi pemeliharaan. Pendekatan *Logic Tree Analysis* (LTA) mengklasifikasikan *Mi*ll *Bearing* sebagai komponen dengan masalah *outage*, sementara *Mi*ll *Fan* dan *Mi*ll *Diafraghm* termasuk dalam kategori *hidden failure*. Terdapat strategi pemeliharaan yang diusulkan yaitu pemeliharaan berdasarkan dfengan waktu (*Time Directed Maintenance*), inspeksi berkala untuk menemukan kegagalan tersembunyi (*Finding Failure*), serta modifikasi desain pada komponen tertentu.

(Ulum et al., 2023) melakukan penelitian dengan menerapkan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) pada mesin *Pompa Sentrifugal* di PT Petro Jordan Abadi guna meningkatkan kualitas perawatan dan mengurangi frekuensi kerusakan. Pompa ini beroperasi secara terus-menerus dalam proses produksi, sehingga sering mengalami gangguan yang berdampak pada efisiensi operasional. Analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) mengidentifikasi tiga komponen kritis, yaitu *bearing* (RPN 320), *Mechanical seal* (RPN 280), dan *shaft* (RPN 240). Hasil perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) menunjukkan bahwa interval pemeliharaan optimal untuk *bearing* adalah 521,4 jam, *mechanical seal* 608,3 jam, dan *Shaft* 1825 jam. Dengan penerapan RCM, keandalan komponen meningkat, dengan nilai tertinggi pada *Shaft* sebesar 0,93 setelah 140 jam operasi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Samharil et al., 2022) yaitu perancangan pemeliharaan pada mesin *Filter Press* di PT XYZ menggunakan metode *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* (FMECA) dan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dengan bertujuan untuk menentukan interval perawatan optimal guna mengurangi *downtime* dan meningkatkan efisiensi operasional. Didapatkan hasil analisis FMECA bahwa lima komponen kritis yang membutuhkan perhatian lebih adalah *solenoid, frame*

plate, *filter cloth*, *frame design*, dan *hose air shaker*. Berdasarkan perhitungan dengan metode RCM, interval pemeliharaan optimal ditetapkan sebagai berikut: *filter cloth* setiap 12 jam, *frame design* setiap 16 jam, *hose air shaker* setiap 12 jam, *frame plate* setiap 11 jam, dan *solenoid* setiap 15 jam. Implementasi strategi ini berhasil menghemat biaya perawatan hingga Rp 35.156.067. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan RCM dapat meningkatkan keandalan sistem pemeliharaan, mengurangi risiko kegagalan, serta mengoptimalkan efisiensi produksi di industri pengolahan minyak.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

Penulis	**Objek**		**Metode**					
	Maintenance	**Mesin**	**FBD**	**FMEA**	**LTA**	**TS**	**MTTF**	**MTTR**
(Hakim et al., 2021)	✓	✓					✓	✓
(Ciani et al., 2021)	✓	✓						
(Rachel et al., 2021)	✓	✓		✓	✓			
(Sulkifli et al., 2022)	✓	✓					✓	✓
(Surya Pradita et al., 2022)	✓	✓						
(Aidil Saifuddin et al., 2023)	✓	✓		✓				
(Maarif, 2020)	✓	✓		✓				
(Candra, 2022)	✓	✓		✓			✓	
(Andrianto et al., 2024)	✓	✓		✓			✓	✓
(Syukma et al., 2024)	✓	✓		✓			✓	✓
(Ismail & Pusakaningwati, 2023)	✓	✓		✓	✓			
(Yusuf et al., 2024)	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
(Simanungkalit et al., 2023)	✓	✓		✓	✓			
(Ulum et al., 2023)	✓	✓		✓			✓	✓
(Samharil et al., 2022)	✓	✓		✓			✓	✓

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan merupakan aktivitas yang dilakukan untuk memperbaiki kerusakan dan meningkatkan kinerja dari mesin tersebut. Perawatan penting dalam dunia industri untuk menjamin performa mesin yang optimal pada era otomasi serta dalam menghadapi peningkatkan kapasitas produksi yang terus berkembang (Islam et al., 2020). Pemeliharaan memiliki peran yang penting dalam proses produksi pada perusahaan karena berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi, volume hasil produksi, serta ketepatan waktu dalam penyampaian produk kepada pelanggan (Rosyidin Akbar & Widiasih, 2022). Perawatan sendiri adalah bagian penting dari aktivitas produksi di industri karena peralatan dan fasilitas yang digunakan terus-menerus memerlukan pemeliharaan agar dapat beroperasi optimal. Kegiatan perawatan meliputi inspeksi, pengecekan, pelumasan, perbaikan, dan penggantian komponen. Langkah-langkah ini bertujuan untuk menjaga performa peralatan dan mencegah kerusakan yang dapat mengganggu kelancaran proses produksi (Ninny Siregar & Munthe, 2019).

2.2.2 Jenis – Jenis Perawatan

Kegiatan pemeliharaan umumnya dibagi menjadi dua kategori, yaitu perawatan yang direncanakan dan perawatan yang tidak direncanakan (Muhaemin & Nugraha, 2022).

1. **Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*)**

   Perawatan terencana adalah kegiatan pada perawatan yang dilakukan dengan berdasarkan dari perencanaan yang berada pada urutan produksi. Pemeliharaan terencana dibagi menjadi dua yaitu *preventive maintenance* dan *predictive maintenance.*

   a. *Preventive Maintenance*

      Preventive maintenance merupakan perawatan yang bertujuan untuk mencegah atau menghindari kerusakan dengan memiliki perencanaan pada saat sebelum mesin tersebut mengalami kerusakan. Kegiatan yang biasanya dilakukan pada pemeliharaan preventif adalah seperti inspeksi, perbaikan minor, penyetelan, serta pemberian pelumas, agar mesin atau komponen dapat beroperasi secara lancer serta terhindar dari potensi kerusakan (Rofiq & Akbar Darmawan, 2022).

   b. *Predictive Maintenance*

Predictive maintenance merupakan perawatan yang dilakukan untuk mengurangi kerusakan sebelum adanya kerusakan yang besar. Jenis perawatan ini bertujuan untuk memprediksi komponen tertentu berdasarkan dari waktu kerusakan dengan analisis pola serta tren perilaku dari mesin atau komponen tersebut (Purnomo et al., 2021).

2. Perawatan Tidak Terencana *(Unplanned Maintenance)*

Perawatan tidak terencana merupakan perawatan yang dilakukan sebagai respons terhadap kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba dan tidak terduga. Perawatan ini tidak memiliki jadwal sebelumnya, akibat dari hal tersebut biasanya terdapat kerusakan yang fatal dan dibutuhkan penanganan dengan cepat (Jufriyah, 2019). Berikut merupakan jenis perawatan tidak terencana:

a. *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance merupakan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki serta meningkatkan kondisi mesin agar sesuai dengan standar yang dibutuhkan pada proses produksinya. Melakukan perubahan atau modifikasi pada sistem mesin juga termasuk pada *corrective maintanance* karena hal tersebut merupakan koreksi dengan bertujuan untuk mengoptimalkan proses produksi serta memastikan komponen tidak mengalami kerusakan secara mendadak serta dapat meningkatkan efisien pada proses produksi (Billy Oktavian, 2023).

2.2.3 Tujuan Perawatan

Berikut merupakan tujuan utama dari dilakukanya maintenance adalah:

1. Memastikan kapasitas produksi sesuai dengan rencana sehingga kebutuhan produksi dapat terpenuhi.
2. Menjaga kualitas produk pada tingkat yang optimal untuk memenuhi spesifikasi dan memastikan kelancaran proses produksi tanpa gangguan.
3. Mengurangi penggunaan sumber daya secara berlebihan dan menjaga efisiensi penyimpanan, sekaligus melindungi investasi perusahaan sesuai dengan kebijakan yang telah ditetapkan.
4. Mencapai efisiensi dan efektivitas dalam biaya pemeliharaan secara keseluruhan.
5. Menjamin keselamatan para pekerja yang menggunakan peralatan dan fasilitas produksi.

6. Memaksimalkan ketersediaan peralatan sistem produksi dengan mengurangi waktu henti (*downtime*).
7. Memperpanjang masa pakai mesin dan peralatan agar dapat digunakan lebih lama secara optimal (Nasution et al., 2021).

2.2.4 *Downtime*

Downtime merupakan jangka waktu ketika sistem tidak berfungsi atau suatu komponen tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya. Tujuan utama dalam mengelola *downtime* adalah meminimalkan lamanya waktu berhenti agar mesin atau komponen cadangan bisa segera dioperasikan tanpa menimbulkan kerusakan (Ramadhan & Fitriani, 2025). Sedangkan menurut (Kulsum et al., 2018) *Downtime* merupakan periode selama berhentinya suatu pekerjaan yang diesebabkan oleh pemeliharaan fasilitas. *Downtime* terjadi karena adanya pelaksanaan perawatan secara berkalan maupun adanya perbaikan akibat kerusakan pada mesin.

2.2.5 *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Reliability Centered Maintenance pertama kali diterapkan oleh *Federal Aviation Administration* (FAA) pada tahun 1968 untuk program pemeliharaan pesawat *Boeing* 747. Konsep ini kemudian disempurnakan dan digunakan dalam pengembangan pesawat lainnya, seperti DC-10, dengan tujuan memaksimalkan keselamatan dan keandalan pada biaya serendah mungkin. Konsep ini menandai pergeseran dari pendekatan pemeliharaan tradisional ke pendekatan berbasis analisis keandalan yang sistematis. *Reliability Centered Maintenance* terus berkembang dan diadopsi oleh Departemen Pertahanan AS pada awal 1980-an, menjadi pendekatan yang diintegrasikan dalam pengembangan sistem senjata dan aplikasi pemeliharaan setelah produksi (Brauer & Brauer, 1987).

Reliability Centered Maintenance (RCM) telah mengalami perkembangan dari konsep awalnya, yang dikenal sebagai RCM I, menjadi versi yang lebih luas dan komprehensif, yaitu RCM II. RCM I, yang pertama kali dikembangkan oleh *Federal Aviation Administration* (FAA) pada tahun 1968, berfokus pada pemeliharaan berbasis keandalan dengan menganalisis mode dan efek kegagalan suatu sistem (*Failure Modes and Effects Analysis*/FMEA). Pendekatan ini terutama digunakan dalam industri penerbangan dan militer, di mana keandalan peralatan menjadi faktor utama. Namun, seiring berkembangnya kebutuhan industri, RCM II diperkenalkan oleh John Moubray pada tahun 1990-an untuk memperluas cakupan RCM I dengan memasukkan aspek

manajemen, efisiensi biaya, dan budaya organisasi dalam strategi pemeliharaan. Pada RCM II terdapat *decision worksheet* yang digunakan untuk menganalisis konsekuensi dari setiap penyebab kegagalan (*failure modes*) serta menentukan jenis kegiatan perawatan (*proposed task*) yang paling optimal. Selain itu, *worksheet* ini juga membantu menetapkan interval awal untuk pelaksanaan perawatan serta mencantumkan pihak yang bertanggung jawab dalam menjalankan tugas tersebut (Samudro, 2022).

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan metode pemeliharaan yang berfokus pada peningkatan keandalan sistem melalui pendekatan sistematis untuk mengembangkan dan mengoptimalkan program perawatan. Tujuannya adalah untuk memastikan setiap komponen pada mesin tersebut dapat beroperasi dengan efektif (Ismail & Pusakaningwati, 2023). Menurut (Simanungkalit et al., 2023) *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah pendekatan sistematis yang mengevaluasi fasilitas dan sumber daya untuk mencapai tingkat keandalan tinggi dengan biaya yang efisien. Dimana pada fokus utama *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah memahami risiko dari kegagalan jauh lebih signifikan daripada hanya meminimalkan frekeunsi kerusakan. Untuk melakukan analisis menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) terdapat tahapan sebagai berikut:

a. Pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD).
b. Penilaian *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
c. Penilaian *Logic Tree Analysis* (LTA).
d. Melakukan *Task Selection* (pemilihan tindakan).

2.2.6 *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram merupakan representasi dari aliran fungsi utama pada suatu sistem yang dapat digambarkan sebagai blok yang memuat fungsi yang membentuk subsistem tersebut (Fathurohman & Triyono, 2020). *Functional Block Diagram* bertujuan untuk mengidentifikasi komponen utama dari suatu sistem serta untuk memahami cara kerja masing-masing komponen yang sesuai dengan fungsinya (Samudro, 2022). Dengan penggunaan *Functional Block Diagram* sendiri dapat untuk melakukan analisis berdasarkan interaksi antara komponen, mengidentifikasi titik kritis, dan mengembangkan strategi perawatan yang lebih efektif.

2.2.7 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah teknik yang digunakan untuk menetapkan kebijakan pemeliharaan dengan mengidentifikasi potensi jenis kerusakan, dampak yang mungkin ditimbulkan, serta penyebab utama kerusakan (Praja et al., 2021). Pada prosesnya potensi kegagalan dievaluasi berdasarkan tiga kriteria yaitu, *severity* (keparahan dampak), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (kemampuan deteksi) yang nantinya akan menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk menunjukkan tingkat risiko (Ardiansyah et al., 2023). Berikut merupakan contoh tabel pada *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA):

Tabel 2. 2 *Failure Mode and Effect Analysis*

No	**Komponen**	***Function***	***Failure Mode***	***Failure Cause***	***Effect of Failure***	**S**	**O**	**D**	**RPN**

Untuk mendifinisikan tabel tersebut yaitu pada kolom komponen yang berarti komponen pada mesin, pada *function* yaitu fungsi dari komponen, *failure mode* yaitu kegagalan apa yang terjadi di komponen, *failure cause* yaitu penyebab terjadinya kegagalan, *effect of failure* yaitu efek yang terjadi. Pada SOD sendiri secara berurutan yaitu (S) *Severity*, (O) *Occurrence*, (D) *Detection* yang nantinya akan mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus sebagai berikut:

$$RPN = S \; x \; O \; x \; D \qquad ..(2,1)$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dapat melihat dimana komponen pada mesin yang memiliki tingkat risiko yang paling tinggi. Ketika telah mendapatkan nilai RPN yang tertinggi pada komponen, maka komponen tersebut dapat dilakukan penanganan lebih awal untuk dilakukanya perawatan agar proses produksi lebih efisien. Berikut merupakan komponen yang ada pada penilaian *Risk Priority Number* (RPN):

a. *Severity*

   Severity digunakan untuk melakukan identifikasi dari dampak potensial kegagalan dengan cara melakukan penelitian pada akibat yang ditimbulkan oleh kegagalan yang terjadi (Munawir et al., 2020). *Severity* sendiri dinilai menggunakan skala penilaian 1

hingga 10 berdasarkan dari tingkat keparahanya. Berikut merupakan penentuan pada nilai *severity* berdasarkan efeknya:

Tabel 2. 3 *Rating Severity*

Effect	***Rating***	***Severity of Effect for FMEA***	***Impact***
Tidak ada	1	Tidak berpengaruh pada proses produksi, perlu penyesuaian	Proses dapat Dikendalikan
Sangat Minor	2	Dampak yang ditimbulkan sangat kecil dan mesin tetap dapat beroperasi. Masalah hanya diketahui oleh operator yang berpengalaman	Proses dapat dikendalikan, membutuhkan sedikit penyesuaian
Minor	3	Dampak yang ditimbulkan sangat kecil dan mesin tetap dapat beroperasi. Masalah dapat diketahui oleh semua operator	Proses tidak dapat dikendalikan, membutuhkan beberapa penyesuaian
Sangat Rendah	4	Dampak yang ditimbulkan cukup berpengaruh pada proses produksi dan mesin tetap dapat beroperasi. Operator yang kurang puas akibat kinerja mesin yang berkurang	Kurang dari 30 menit *downtime* atau tidak kehilangan waktu produksi
Rendah	5	Dampak yang ditimbulkan cukup berpengaruh pada proses produksi dan mesin tetap dapat beroperasi. Operator yang kurang puas akibat kinerja mesin yang berkurang	30 – 60 menit *downtime*
Sedang	6	Dampak yang ditimbulkan cukup berpengaruh pada proses produksi dan mesin tetap dapat beroperasi. Operator yang sangat tidak puas akibat kinerja mesin yang berkurang	1 – 2 jam *downtime*

Effect	*Rating*	*Severity of Effect for FMEA*	*Impact*
Tinggi	7	Dampak yang ditimbulkan cukup berpengaruh pada proses produksi dan mesin tidak dapat dioperasikan secara penuh. Operator yang sangat tidak puas akibat kinerja mesin yang berkurang	2 – 4 jam *downtime*
Sangat Tinggi	8	Dampak yang ditimbulkan sangat berpengaruh pada proses produksi dan mesin tidak beroperasi.	4 – 8 jam *downtime*
Ekstrem	9	Dampak yang ditimbulkan sangat berpengaruh pada proses produksi dan mesin tidak beroperas serta tidak memenuhi standar keselamatan kerja	> 8 jam *downtime*
Berbahaya	10	Dampak yang ditimbulkan sangat berpengaruh karena dapat menimbulkan kecelakaan kerja secara tiba - tiba	> 8 jam *downtime*

b. *Occurence*

Occurence merupakan tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan atau kecelakaan kerja yang berkaitan erat dengan tugas yang dilakukan pada operator. Pada skala 1 hingga 10 digunakan untuk menilai dari kejadian yang sangat jarang terjadi hingga nilai 10 yaitu kejadian yang hampir pasti terjadi (Ferida Yuamita & Fatkhurohman, 2023). Berikut merupakan penentuan nilai *Occurence* berdasarkan dari kejadianya:

Tabel 2. 4 Nilai *Occurence*

Rating	**Kejadian**	**Kriteria**	**Tingkat Kerusakan**
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	> 10.000 jam operasi
2	*Remote*	Kerusakan mesin sangat jarang terjadi	6.001 – 10.000 jam operasi
3	Sangat Sedikit	Kerusakan mesin jarang terjadi	3.001 – 6.000 jam operasi

Rating	Kejadian	Kriteria	Tingkat Kerusakan
4	Sedikit	Kerusakan mesin sedikit terjadi	2.001 – 3.000 jam operasi
5	Rendah	Kerusakan mesin terjadi dengan tingkat yang rendah	1.001 – 2.000 jam operasi
6	Medium	Kerusakan mesin terjadi dengan tingat yang medium	401 – 1.000 jam operasi
7	Agak Tinggi	Kerusakan mesin terjadi pada tingkat yang lumayan tinggi	101 – 400 jam operasi
8	Tinggi	Kerusakan mesin terjadi pada tingkat yang tinggi	11 - 100jam operasi
9	Sangat Tinggi	Kerusakan mesin terjadi pada tingkat yang sangat tinggi	2 - 10 jam operasi
10	Hampir selalu terjadi	Kerusakan mesin selalu terjadi	Kurang dari jam operasi

c. *Detection*

Detection merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa efektif yang ada untuk mendeteksi suatu kegagalan sebelum dampak tersebut dirasakan oleh operator. Nilai *detection* menggunakan skala 1 hingga 10, dimana angka yang lebih tinggi menunjukkan kegagalan lebih sulit dideteksi pada saat sebelum terjadi. Skor ini membantu menentukan prioritas tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan deteksi dini dan mengurangi risiko kegagalan (Dewi & Yuamita, 2022). Berikut merupakan penentuan nilai *detection* berdasarkan kriterianya:

Tabel 2. 5 Tingkat *Detection*

Rating	Akibat	Kriteria Verbal
1	Hampir Pasti	*Preventive maintenance* selalu mendekati penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

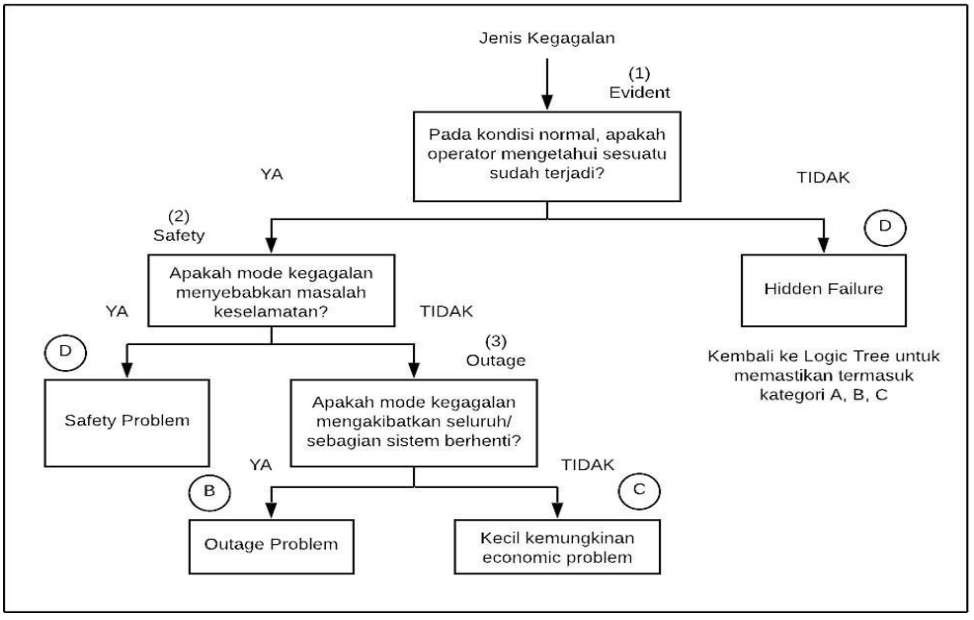
Rating	**Akibat**	**Kriteria Verbal**
2	Sangat Tinggi	*Preventive maintenance* memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
3	Tinggi	*Preventive maintenance* memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
4	*Moderate Highly*	*Preventive maintenance* memiliki kemungkinan *moderate highly* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
5	*Moderate*	*Preventive maintenance* memiliki kemungkinan *moderate* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
6	Rendah	*Preventive maintenance* memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
7	Sangat Rendah	*Preventive maintenance* memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
8	*Remote*	*Preventive maintenance* memiliki kemungkinan remote untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

2.2.8 *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) bertujuan untuk memprioritaskan dari setiap mode kegagalan serta meninjau fungsi agar status mode kegagalan tersebut dapat dibedakan. Prioritas pada suatu mode kegagalan dapat ditentukan melalui jawaban dari pertanyaan yang telah disusun (Simanungkalit et al., 2023). Oleh karena itu, *Logic Tree Analysis* (LTA) mendukung keputusan yang lebih efektif dalam menentukan tindakan pencegahan atau perbaikan yang diperlukan untuk mengurangi risiko kegagalan. Terdapat empat tingkat kritis pada setiap mode kerusakan sebagai berikut:

1. *Evident*: Apakah operator mengetahui telah terjadi adanya kegagalan pada sistem pada saat berada di kondisi normal?
2. *Safety*: Apakah pada kerusakan tersebut dapat menimbulkan risiko kecelakaan?
3. *Outage*: Apakah pada kerusakan dapat menyebabkan sebagian sistem / keseluruhan sistem berhenti?
4. *Category*: Pengkategorian berdasarkan yang didapatkan setelah menjawab pertanyaan yang diajukan. Terdapat empat kategori adalah sebagai berikut:

a. Kategori A (*Safety Problem*): Kegagalan pada komponen yang dapat menyebabkan masalah keselamatan dari operator serta dampak negatif pada lingkungan sekitar.
b. Kategori B (*Outage Problem*): Kegagalan pada komponen yang dapat menyebabkan seluruh atau sebagian mesin tidak dapat beroperasi dan meningkatkan biaya serta kerugian ekonomi.
c. Kategori C (*Economic Problem*): Kegagalan pada komponen yang dapat mengakibatkan dampak pada ekonomi perusahaan, namun tidak mempengaruhi keselamatan atau operasi dari pabrik.
d. Kategori D (*Hidden Failure*): Kegagalan pada komponen akibat dari operator tidak menyadari terjadinya hal tersebut pada saat kondisi normal jika tidak ditindaklanjuti maka risiko ini dapat memicu kegagalan lainya.



Gambar 2. 1 Struktur *Logic Tree Analysis*

2.2.9 Pemilihan Tindakan (*Task Selection*)

Task Selection merupakan tahap akhir pada proses *Reliability-Centered Maintenance* (RCM). Pada tahapan ini, daftar tindakan yang efektif disusun untuk setiap mode kegagalan yang telah diidentifikasi untuk pengambilan tindakan selanjutnya (Harma et al., 2024). Pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan empat kategori sebagai berikut:

1. *Time Directed* (TD)

   Suatu tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan komponen dengan berdasarkan waktu atau umur komponen.

2. *Condition Directed* (CD)

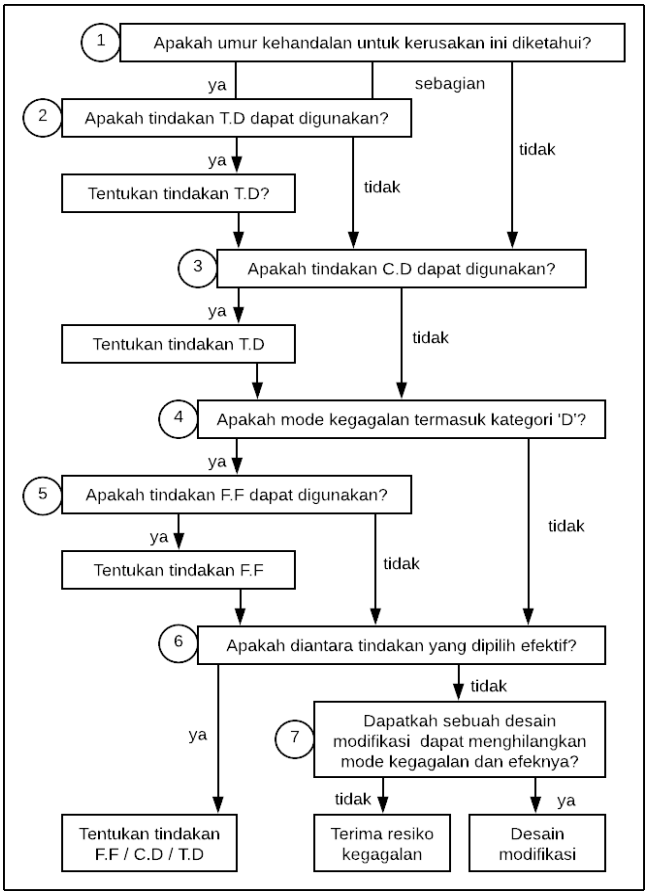
   Suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara pemeriksaan alat. Apabila pada pemeriksaaan ditemukan gejala kerusakan pada peralatan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

3. *Failure Finding* (FF)

   Suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan pada peralatan yang tersembunyi dengan melakukan pemeriksaan secara berkala.

4. *Run to Failure* (RTF)

   Suatu tindakan dengan penggunaan komponen tersebut hingga rusak, karena tidak terdapat tindakan yang ekonomis untuk melakukan pencegahan kerusakan. Berikut merupakan *road map task selection*:



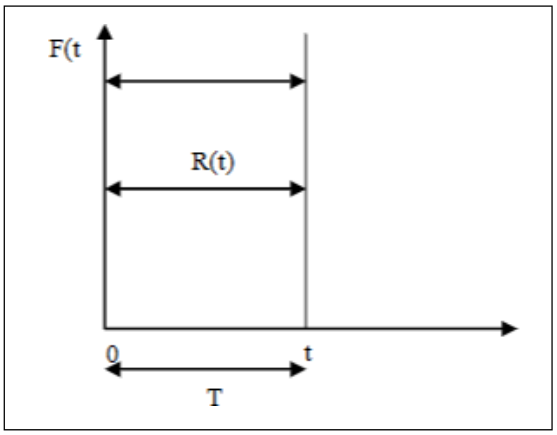
Gambar 2. 2 *Road Map Task Selection*

2.2.10 Fungsi Kehandalan (*Reliability*)

Kehandalan mengacu pada tingkat kemampuan suatu sistem atau produk untuk berfungsi secara andal. Secara sederhana, keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu sistem atau produk akan beroperasi dengan memuaskan selama periode waktu tertentu dalam kondisi kerja yang telah ditentukan (Husin et al., 2024). Kehandalan komponen mesin ditentukan berdasarkan jumlah kerusakan serta frekuensi penggantian komponen selama masa operasionalnya. Perhitungan keandalan setiap komponen dilakukan dengan memperhatikan waktu operasi mesin (Simanungkalit et al., 2023) yang disertai evaluasi terhadap faktor-faktor seperti kualitas material, desain, beban kerja, dan kondisi lingkungan kerja.

Keandalan (*reliability*) adalah probabilitas suatu sistem atau unit untuk menjalankan fungsinya sebagaimana yang diharapkan tanpa mengalami kegagalan dalam jangka waktu tertentu. Keandalan merupakan penerapan teori probabilitas yang digunakan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya kegagalan, dampak yang ditimbulkan, serta menentukan langkah-langkah paling efektif untuk mencegah

kegagalan tersebut (Erna n.d.). Berikut merupakan grafik mengenai fungsi keandalan sebagai fungsi waktu (Putra Cahyadi & Widjajati, 2021):



Gambar 2. 3 Fungsi Keandalan Pada Waktu

Penjelasan:

R(t) = Fungsi Keandalan

F(t) = Probabilitas Kerusakan

T= Jangka waktu suatu peralatan beroperasi hingga mengalami kerusakan merupakan sebuah variabel acak

R(t) = P (Mesin dapat berfungsi) pada saat t

= P (T) (Mesin dapat berfungsi)

= 1-Pa (T>t)

= 1-F (t)

Jadi, keandalan dapat dihitung dengan rumus:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad ..(2.2)$$

$$= 1 - \int dari - \infty \; hingga \; t \; f(t)dt \quad ..(2.3)$$

Penjelasan =

R(t) = Distribusi reliabilitas yaitu probabilitas yang menyatakan waktu kegagalan lebih besar atau sama dengan t.

F(t) = Fungsi distribusi kegagalan atau kerusakan dari suatu mesin.

2.2.11 Laju Kerusakan

Laju kerusakan (fungsi *hazard*) merupakan frekuensi dari suatu kegagalan pada saat bekerjanya suatu sistem atau komponen (Ali et al., 2019). Laju kerusakan sendiri berguna untuk mengukur probabilitas atau tingkat kegagalan suatu komponen atau sistem dalam

rentang waktu tertentu. Laju kerusakan sering digunakan dalam analisis keandalan untuk menggambarkan frekuensi kegagalan suatu peralatan atau mesin seiring waktu. Secara matematis, laju kerusakan dapat diartikan sebagai rasio antara densitas fungsi kegagalan dengan fungsi keandalan, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$h(t) = \frac{f\ (t)}{R(t)} \quad ..(2.4)$$

h(t) = Laju kerusakan pada waktu t.

f(t) = Fungsi distribusi kegagalan, yaitu peluang peralatan gagal pada waktu t.

R(t) = Fungsi keandalan, yaitu peluang peralatan tetap berfungsi hingga waktu t.

2.2.12 Distribusi

Distribusi mengenai kegagalan komponen penting untuk menentukan strategi perawatan yang efektif. Beberapa distribusi yang umum digunakan dalam analisis ini antara lain distribusi eksponensial, normal, lognormal, dan *Weibu*ll.

1. Distribusi Eksponensial

   Distribusi ini digunakan untuk menggambarkan waktu antara peristiwa yang terjadi secara kontinu dan independen pada laju rata-rata yang konstan. Dalam pemeliharaan, distribusi eksponensial sering digunakan untuk memodelkan waktu hingga kegagalan untuk komponen yang memiliki laju kegagalan konstan, yang berarti tidak ada peningkatan atau penurunan risiko kegagalan seiring waktu (Sunaryo et al., 2018).

   $$x_i = t_i, y_i = In\ (\frac{1}{1 - F(ti)}) \quad ..(2.5)$$

2. Distribusi Normal

   Distribusi normal dapat digunakan untuk menganalisis waktu hingga kegagalan komponen yang memiliki karakteristik simetris di sekitar rata-rata (E. Kurniawan et al., 2017).

   $$x_i = In, y_i = \emptyset^{-1}[F(ti)] \quad ..(2.6)$$

3. Distribusi Lognormal

   Distribusi lognormal ini digunakan ketika logaritma dari variabel acak berdistribusi normal. Dalam analisis keandalan, distribusi lognormal sering diterapkan pada data waktu kegagalan yang tidak simetris dan memiliki ekor panjang ke kanan, menunjukkan bahwa sebagian kecil komponen memiliki umur yang jauh lebih panjang (Ya'umar, 2017).

$$x_i = In\ t_i, y_i = \emptyset^{-1}[F(ti)] \quad ..(2.7)$$

4. Distribusi *Weibu*ll

   Distribusi *weibu*ll sangat fleksibel dan dapat digunakan untuk memodelkan berbagai pola kegagalan dengan menyesuaikan parameter bentuknya. Distribusi *weibu*ll dapat menggambarkan laju kegagalan yang meningkat, menurun, atau konstan seiring waktu, sehingga sering digunakan dalam analisis keandalan untuk berbagai jenis komponen dan sistem (Ya'umar, 2017).

$$x_i = In\ t_i, y_i = In\ (\ln \frac{1}{1 - F(ti)}) \quad ..(2.8)$$

2.2.13 Uji *Goodness of Fit*

Uji *goodness of fit* digunakan untuk menentukan distribusi statistik yang paling sesuai dengan data waktu kegagalan komponen atau sistem. Distribusi yang sering diuji meliputi distribusi eksponensial, normal, lognormal, eksponensial, dan *weibu*ll. Berikut merupakan tiga jenis uji pada *goodness of fit*:

1. Uji *Bart*ll*et* pada Distribusi Eksponensial

   Uji *bart*ll*et* digunakan untuk menguji kesamaan varians (homogenitas) antar kelompok data, setelah menentukan distribusi eksponensial sebagai model yang sesuai, dilakukan uji *bartlett* untuk menguji kesesuaian distribusi tersebut (Gapura Bhagya & Prakarsa, 2020). Terdapat hipotesis pada uji ini sebagai berikut:

   H0 = Distribusi pada waktu kegagalan merupakan eksponensial.

   H1 = Distribusi pada waktu kegagalan tidak bersifat eksponensial.

   Uji statistik sebagai berikut:

$$B = \frac{[In\ ti\ ((\frac{1}{r})\ (\sum_{i=1}^{n} ti)) - ((\frac{1}{r})\ (\sum_{i=1}^{n} ti))]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad ..(2.9)$$

   Penjelasan:

   r = Jumlah dari kerusakan

   B = Nilai uji

   ti = Data dari waktu kerusakan

   H0 diterima jika nilai *B* berada dalam wilayah kritis dengan persamaan sebagai berikut:

$$X^2 (1 - \frac{}{2x} - 1) < B < X^2 \quad (\frac{x}{2} - 1) \qquad ..(2.10)$$

2. Uji *Kolmogorov-Smirnov* pada Distribusi Normal dan Lognormal

   Uji *Kolmogorov-Smirnov* merupakan metode statistik non-parametrik yang digunakan untuk menguji kesesuaian distribusi data empiris dengan distribusi teoretis tertentu, seperti distribusi normal atau lognormal. Uji ini membandingkan distribusi kumulatif dari sampel data dengan distribusi kumulatif teoretis yang dihipotesiskan. Terdapat hipotesis pada uji *Kolmogorov-Smirnov* sebagai berikut:

   H0 = Data mengikuti model distribusi tertentu.

   H1 = Data tidak mengikuti model distribusi tertentu.

   Uji statistik sebagai berikut:

$$D1 = max \{\frac{i}{n} - R_{(i)}\} ; 1 \leq i \leq n \qquad ..(2.11)$$

$$D2 = max \{R_{(i)} - \frac{i-1}{N}\} ; 1 \leq i \leq n \qquad ..(2.12)$$

   Penjelasan:

   D1 = Perbedaan maksimum antara distribusi kumulatif empiris dengan teoritis.

   D2 = Perbedaan maksimum untuk arah negatif.

   R(i) = Data yang diurutkan dari terkecil hingga terbesar.

   n = Jumlah data.

3. Uji *Mann* pada Distribusi *Weibu*ll

   Uji *Mann* pada distribusi *Weibu*ll merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk menganalisis data kegagalan atau reliabilitas, khususnya dalam menentukan apakah data mengikuti distribusi *Weibu*ll. Distribusi *Weibu*ll sering digunakan dalam analisis reliabilitas karena dapat memodelkan berbagai bentuk pola kegagalan . Terdapat hipotesis pada uji *mann* sebagai berikut:

   H0 = Data waktu berdistribusi.

   H1 = Data waktu tidak berdistribusi.

   Uji statistik sebagai berikut:

$$M = \frac{K1\Sigma_{i=K1-1}^{n-1} \frac{[In\ ti + 1 - In\ ti]}{Mi}}{K2\Sigma_{i=1}^{K2} \frac{[In\ ti + 1 - In\ ti]}{Mi}} \qquad ..(2.13)$$

   Penjelasan:

Ti = Data waktu kerusakan ke-i.

M_i = Parameter estimasi untuk waktu ke-i.

K_1, K_2 = Konstanta yang bergantung pada jumlah data dalam segmen tertentu.

N = Jumlah total dari data waktu kerusakan.

k_1, k_2 = Indeks batas bawah serta atas pada segmen data tertentu.

2.2.14 Estimasi Parameter

Estimasi parameter merupakan proses untuk menghasilkan nilai tertentu yang menjelaskan karakteristik suatu parameter populasi berdasarkan data yang diambil dari sampel. Proses ini melibatkan penggunaan estimator untuk menduga parameter tersebut. Estimasi parameter bertujuan untuk menduga parameter populasi dan menentukan model peluang yang tepat dari sekumpulan data. Estimasi parameter dapat dilakukan dengan berbagai metode, termasuk metode Maksimum *Likelihood* (MLE) yang populer karena kemampuannya menghasilkan solusi numerik, serta metode *Bayesian* yang menggabungkan informasi awal (distribusi prior) dengan data yang diobservasi untuk menghasilkan distribusi posterior sebagai dasar estimasi (Yendra & Noviadi, 2015). Masing-masing distribusi memiliki estimasi parameter sebagai berikut:

1. Distrubusi Eksponensial

   Terdapat satu parameter pada distribusi eksponensial yaitu *rate* (λ) atau mean (1/λ).

   Rate

$$\lambda = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} ti} \quad ..(2.14)$$

   Penjelasan =

   λ = Parameter laju dari distribusi eksponensial.

   n = Jumlah data atau pengamatan.

   ∑i = Total waktu operasi.

2. Distrubusi Normal

   Terdapat dua parameter pada distribusi normal yaitu mean (μ) dan standar deviasi (σ).

   Mean

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} ti \quad ..(2.15)$$

   Standar Deviasi

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (ti - \hat{\mu})^2} \quad ..(2.16)$$

Penjelasan =

$\hat{\mu}$ = Nilai rata-rata (*mean*) dari data.

n = Jumlah total data.

ti = Nilai individu dari data ke-i.

$\hat{\sigma}$ = Standar deviasi, yang mengukur seberapa tersebar data dari nilai rata-rata ($\hat{\mu}$).

3. Distrubusi Lognormal

Terdapat dua parameter pada distribusi lognormal yaitu mean logaritmik (μ) dan standar deviasi logaritmik (σ).

Mean Logaritmik

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} ln\,(ti)}{n} \quad ..(2.17)$$

Standar Deviasi *Logaritmik*

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} [ln(ti) - \mu^2]}{n}} \quad ..(2.18)$$

Penjelasan =

μ = Estimasi *mean logaritmik*

ti = Logaritma dari variabel pada pengamatan ke-i.

n = Jumlah data

s = Standar deviasi

4. Distribusi *Weibu*ll

Terdapat dua parameter pada distribusi lognormal yaitu β (*shape parameter*) dan α (*scale parameter*).

Shape Parameter

$$\beta = \frac{n\sum_{i=1}^{n} tiyi - (\sum_{i=1}^{n} ti)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{n\sum_{i=1}^{n} ti^2 - (\sum_{i=1}^{n} ti)^2} \quad ..(2.19)$$

Scale Parameter

$$\alpha = \bar{y} - b\bar{x} \quad ..(2.20)$$

$$0 = e - \frac{a}{b} \quad ..(2.21)$$

Penjelasan =

n = Jumlah total data.

ti = Nilai dari variabel independen ke-i.

yi = Nilai dari variabel dependen ke-i.

a = Konstanta

$\bar{y}$ = Rata – rata nilai *yi.*

x = Rata – rata nilai *ti.*

b = Koefisien regresi yang menunjukkan hubungan antara ti dan yi

2.2.15 *Mean Time to Failure* (MTTF)

Mean Time to Failure (MTTF) merupakan rata-rata waktu sebelum suatu sistem atau komponen mengalami kegagalan pertama kali. Pada sistem yang dapat diperbaiki, MTTF sendiri merepresentasikan masa operasi suatu komponen sejak pertama kali digunakan atau diaktifkan hingga mengalami kerusakan atau memerlukan pemeriksaan ulang. Dalam perhitungan jadwal pemeliharaan, nilai keandalan suatu komponen harus ditentukan berdasarkan parameter MTTF (Putra Cahyadi & Widjajati, 2021). Terdapat rumus pada masing-masing distribusi pada *Mean Time to Failure*:

1. Distribusi Eksponensial

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

2. Distribusi Normal

$$\text{MTTF} = \mu \quad ..(2.23)$$

3. Distribusi Lognormal

$$\text{MTTF} = t_{med}\ e^{\frac{s^2}{2}} \quad ..(2.24)$$

4. Distribusi *Weibu*ll

$$\text{MTTF} = \theta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad ..(2.25)$$

2.2.16 *Mean Time to Repair* (MTTR)

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu komponen atau sistem sejak terdeteksi mengalami kegagalan hingga dapat beroperasi kembali secara normal. MTTR mencakup seluruh proses perbaikan, seperti waktu *downtime* dan penggantian komponen. Nilai MTTR yang rendah menunjukkan efisiensi dalam proses pemeliharaan dan perbaikan, sehingga dapat meminimalkan downtime dan meningkatkan ketersediaan operasional suatu mesin atau

sistem (Putra Cahyadi & Widjajati, 2021). Berikut merupakan rumus dari masing-masing distribusi:

1. Distribusi Eksponensial

$$\text{MTTF} = \frac{1}{\lambda} \quad ..(2.26)$$

2. Distribusi Normal

$$\text{MTTF} = \mu \quad ..(2.27)$$

3. Distribusi Lognormal

$$\text{MTTF} = t_{med}\ e^{\frac{s^2}{2}} \quad ..(2.28)$$

4. Distribusi *Weibu*ll

$$\text{MTTF} = \theta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad ..(2.29)$$

2.2.17 *Age Replacement*

Age Replacement menurut (Tri Putri & Herni Mustofa, 2024) adalah pendekatan penggantian komponen berdasarkan interval waktu tertentu, di mana interval tersebut ditentukan dengan mempertimbangkan usia pemakaian komponen. Tujuan dari model ini adalah untuk mencegah terjadinya penggantian komponen yang baru dipasang dalam waktu yang terlalu singkat, sehingga proses penggantian menjadi lebih efisien dan efektif. Sedangkan menurut (Bayu Setiajit et al., 2024) *Age Replacement* merupakan penggantian komponen yang dilakukan pada interval waktu tertentu dengan mempertimbangkan usia pemakaian komponen. Tujuan utamanya adalah untuk menghindari penggantian peralatan yang masih baru namun harus diganti kembali dalam waktu yang relatif singkat, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses penggantian. (Rachman et al., 2022) Terdapat beberapa langkah pada penggunaan metode age replacement ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan komponen kritis dilakukan dengan menganalisis kerusakan pada untuk mengidentifikasi komponen mesin *steamer* yang memiliki total waktu kerusakan tertinggi. Komponen kritis ditentukan berdasarkan data kerusakan dengan menghitung jumlah kegagalan yang paling sering terjadi. Analisis ini menggunakan diagram Pareto untuk memprioritaskan komponen berdasarkan frekuensi kerusakannya.
2. Perhitungan interval waktu kerusakan dan perbaikan dilakukan setelah data yang diperlukan tersedia. Proses ini melibatkan analisis dan penghitungan interval waktu

kerusakan serta perbaikan komponen, dengan menghitung *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) untuk komponen kritis pada mesin *steamer*.

3. Identifikasi distribusi kerusakan dilakukan dengan menentukan pola distribusi kerusakan melalui perhitungan *Index of Fit* pada data waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Perhitungan ini menggunakan empat model distribusi, yaitu distribusi *Weibu*ll, eksponensial, normal, dan lognormal. Setelah perhitungan *Index of Fit* selesai, distribusi dengan nilai *r* terbesar dari keempat model tersebut dipilih. Data yang digunakan dalam analisis ini adalah nilai TTF dan TTR dari komponen kritis mesin *steamer*.
4. Uji kesesuaian distribusi dilakukan setelah diperoleh nilai *r* atau *Index of Fit* terbesar. Tahap ini bertujuan untuk memastikan apakah data yang dianalisis sesuai atau mendekati distribusi dengan nilai *r* terbesar tersebut melalui metode *Goodness of Fit*. Jika hasil uji menunjukkan bahwa data tidak sesuai dengan distribusi yang terpilih, maka pengujian dilanjutkan dengan menggunakan nilai *r* terbesar berikutnya, dan proses ini diulangi hingga ditemukan distribusi yang sesuai. Data yang digunakan dalam uji ini adalah nilai TTF dan TTR dari komponen kritis mesin *steamer*.
5. Perhitungan MTTF dan MTTR dilakukan dengan menghitung parameter yang sesuai dengan distribusi terpilih. Setiap distribusi memiliki metode perhitungan parameter yang berbeda. Parameter yang telah dihitung digunakan untuk menentukan nilai MTTF dan MTTR. MTTF menggambarkan rata-rata waktu antara satu kerusakan dengan kerusakan berikutnya, sedangkan MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan. Data yang digunakan dalam perhitungan ini meliputi nilai TTF, TTR, dan jenis distribusi terpilih untuk komponen kritis mesin *steamer*.

   Berikut merupakan rumus pada perhitungan menggunakan metode *Age Replacement*:

$$D(tp) = \frac{\{TpR\ (tp) + Tf\ (1 - R(tp)\}}{\{(tp\ +\ Tp)R(tp)\ +\ M(tp)\ +\ Tf[1\ -\ R(tp)]\}} \quad ..(2.30)$$

   Penjelasan =

   D(tp) = Probabilitas *downtime* pada waktu tp.

   Tp = *Mean Time To Repair* (MTTR).

   R(tp) = Fungsi keandalan pada waktu tp.

   Tf = *Mean Time To Failure* (MTTF).

tp = Waktu operasi dari awal sistem mulai beroperasi.

M(tp) = Fungsi pemeliharaan pada waktu tp.

2.2.18 Interval Waktu Pemeriksaan

Interval waktu pemeriksaan merupakan periode waktu yang ditentukan antara satu pemeriksaan dengan pemeriksaan berikutnya dalam rangka pemeliharaan atau perawatan suatu komponen kritis. Penentuan interval ini dilakukan berdasarkan analisis data kegagalan komponen, keandalan sistem, serta strategi pemeliharaan yang diterapkan, seperti *preventive maintenance* atau *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Interval pemeriksaan bertujuan untuk mencegah kegagalan sebelum terjadi dan memastikan komponen tetap dalam kondisi optimal selama operasional (Septyani & Taufik, 2015). Terdapat rumus pada interval waktu pemeriksaan sebagai berikut:

1. Waktu rata-rata perbaikan

$$Tf = \frac{1}{\mu} \quad ..(2.31)$$

Penjelasan:

Tf = Waktu rata-rata perbaikan.

μ = Tingkat kecepatan perbaikan

2. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$Ti = \frac{1}{i} \quad ..(2.32)$$

Penjelasan:

Ti = Waktu rata-rata antara dua pemeriksaan.

i = Frekuensi pemeriksaan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini yaitu pada mesin *steamer* dengan bertipe *beacocks* ll yang berada di departemen *finishing* l dengan memiliki fungsi untuk mengeringkan kain setelah melewati proses pencucian atau *washing* dengan mesin bertipekan *fongyung*. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 14 Oktober 2024 hingga tanggal 14 November 2024.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pada tahapan ini melibatkan pengumpulan data yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Data yang akurat sangat penting untuk mendukung penelitian agar tujuan yang diharapkan dapat tercapai secara optimal. Berdasarkan metode pengumpulannya, data penelitian dibagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder, dengan penjelasan sebagai berikut.

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari sumber utama. Data ini dikumpulkan secara langsung oleh peneliti untuk menjawab pertanyaan penelitian atau menyelesaikan masalah tertentu. Berikut merupakan teknik yang digunakan dalam data primer:

a. Wawancara

   Pengumpulan data primer yang dilakukan adalah secara langsung menanyakan kepada *supervisor* serta operator yang berada di departemen *finishing* l terkait dengan peristiwa kegagalan pada komponen mesin, pemicu kegagalan, serta dampak dari kegagalan tersebut.

b. Observasi

   Teknik observasi merupakan langkah yang dilakukan untuk mengamati secara langsung pada obyek penelitian yang berada di departemen *finishing* l . Observasi pada

penelitian ini adalah observasi pada bagian mesin *steamer* dengan bertipekan *beacocks* ll untuk mengetahui sistem produksi pada mesin tersebut.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada atau telah dikumpulkan sebelumnya oleh pihak lainya seperti laporan terkait perawatan (*maintenance*) untuk mendukung teori pada penelitian ini. Berikut merupakan data sekunder pada penelitian ini:

a. Data mesin pada departemen finishing l.
b. Data komponen mesin *steamer* yang bertipe *beacocks* ll.
c. Data waktu produksi mesin *steamer* tipe *beacocks* ll.
d. Data kerusakan yang terjadi pada mesin *steamer* tipe *beacocks* ll.
e. Data waktu antar kerusakan serta lama perbaikan pada komponen mesin *steamer* tipe *beacocks* ll.

3.3 Metode Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) serta *Age Replacement*.

1. *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

   Data primer yang didapatkan melalui wawancara adalah dengan diolah menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode ini dapat memberikan analisis mendalam tentang mode kegagalan pada setiap komponen mesin serta dampak yang diakibatkan. Berikut merupakan tahapan pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM):

   a. *Functional Block Diagram* (FBD)

      Functional Block Diagram digunakan untuk mengetahui komponen apa saja yang terdapat pada sistem produksi tersebut dan akan digambarkan secara blok diagram fungsi secara detail.

   b. *Failure Mode and Effect Analysi* (FMEA)

      Pada tahap pembuatan FMEA sendiri untuk melengkapi matriks komponen dari masing-masing mesin serta kegagalan dari mesin tersebut. Pengisian matriks FMEA dilakukan oleh satu orang responden yaitu bapak Wiyoto selaku *supervisor* dan operator yang berfokus pada mesin *steamer* dengan memiliki tipe *beacocks* ll dimana bapak Wiyoto bertugas untuk mengawasi dan mengoordinasikan seluruh

operasi pada bagian mesin tersebut. Setelah mengisi matriks tersebut maka akan didapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk mengetahui mesin yang paling kritis untuk diperlakukan secara lebih mendetail.

RPN = (s) s*everity x* (o) o*ccurence x* (d) *detection* ..(3.1)

c. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Pada tahap *Logic Tree Analysis* (LTA) berfungsi untuk memberikan nilai prioritas dari setiap mode kegagalan serta melihat fungsinya. Pada pengklasifikasian menggunakan metode *Logic Tree Analysis* ini dilakukan oleh satu orang responden yaitu bapak Wiyoto selaku *supervisor* dan operator yang berfokus pada mesin *steamer* dengan memiliki tipe *beacocks* ll dimana bapak Wiyoto bertugas untuk mengawasi dan mengoordinasikan seluruh operasi pada bagian mesin tersebut. Terdapat empat aspek penting yang perlu diperhatikan pada anallisi *Logic Tree Analysis*:

1. *Evident*: Apakah operator mengetahui telah terjadi adanya kegagalan pada sistem pada saat berada di kondisi normal?
2. *Safety*: Apakah pada kerusakan tersebut dapat menimbulkan risiko kecelakaan?
3. *Outage*: Apakah pada kerusakan dapat menyebabkan sebagian sistem / keseluruhan sistem berhenti?
4. *Category*: Pengkategorian berdasarkan yang didapatkan setelah menjawab pertanyaan yang diajukan. Terdapat empat kategori pada LTA ini adalah :
   a. Kategori A (*Safety Problem*)
   b. Kategori B (*Outage Problem*)
   c. Kategori C (*Economic Problem*)
   d. Kategori D (*Hidden Failure*)

d. Pemilihan Tindakan (*Task Selection*)

Pada metode ini berguna untuk menentukan tindakan yang tepat terhadap mode kerusakan tertentu dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang disajikan dalam diagram *selection task.*

2. Penentuan Komponen Kritis

Hasil dari nilai *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk menentukan komponen kritis tertinggi pada tahap perhitungan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

3. Penentuan *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Perhitungan *Time to Failure* (TTF) dilakukan dengan menghitung selisih waktu antara periode perbaikan komponen sebelumnya dan kerusakan komponen pada hari berikutnya. Sementara itu, pada *Time to Repair* (TTR) dihitung berdasarkan selisih dari waktu antara komponen mengalami kerusakan hingga selesai diperbaiki.

4. Penentuan Distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

   Untuk mengidentifikasi distribusi pada perhitungan nilai *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) dilakukan untuk mendapatkan data mengenai waktu kerusakan dan waktu perbaikan. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan serta penentuan distribusi yang sesuai untuk mendapatkan nilai *index of fit*.

5. Uji *Goodnes of Fit*

   Uji *Goodnes of Fit* berfungsi untuk memastikan apakah model yang digunakan apakah sesuai dengan nyatanya atau tidak dan apakah model tersebut dapat digunakan untuk melihat peramalan di kemudian hari

6. Estimasi Parameter

   Menentukan parameter distribusi yang digunakan untuk memodelkan waktu kerusakan dan perbaikan dimana elemen penting untuk melakukan analisis keandalan mesin. Langkah ini membantu memastikan bahwa model yang digunakan dapat merepresentasikan pola kegagalan dan perbaikan secara akurat untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.

7. *Mean Time To Failure* (MTTF)

   Mean Time To Failure digunakan untuk mengukur rata-rata waktu yang dibutuhkan hingga suatu komponen atau sistem mengalami kegagalan pertama.

8. *Mean Time To Repair* (MTTR)

   Mean Time To Repair digunakan untuk mengukur rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu komponen, mesin, atau sistem setelah mengalami kegagalan

9. *Age Replacement*

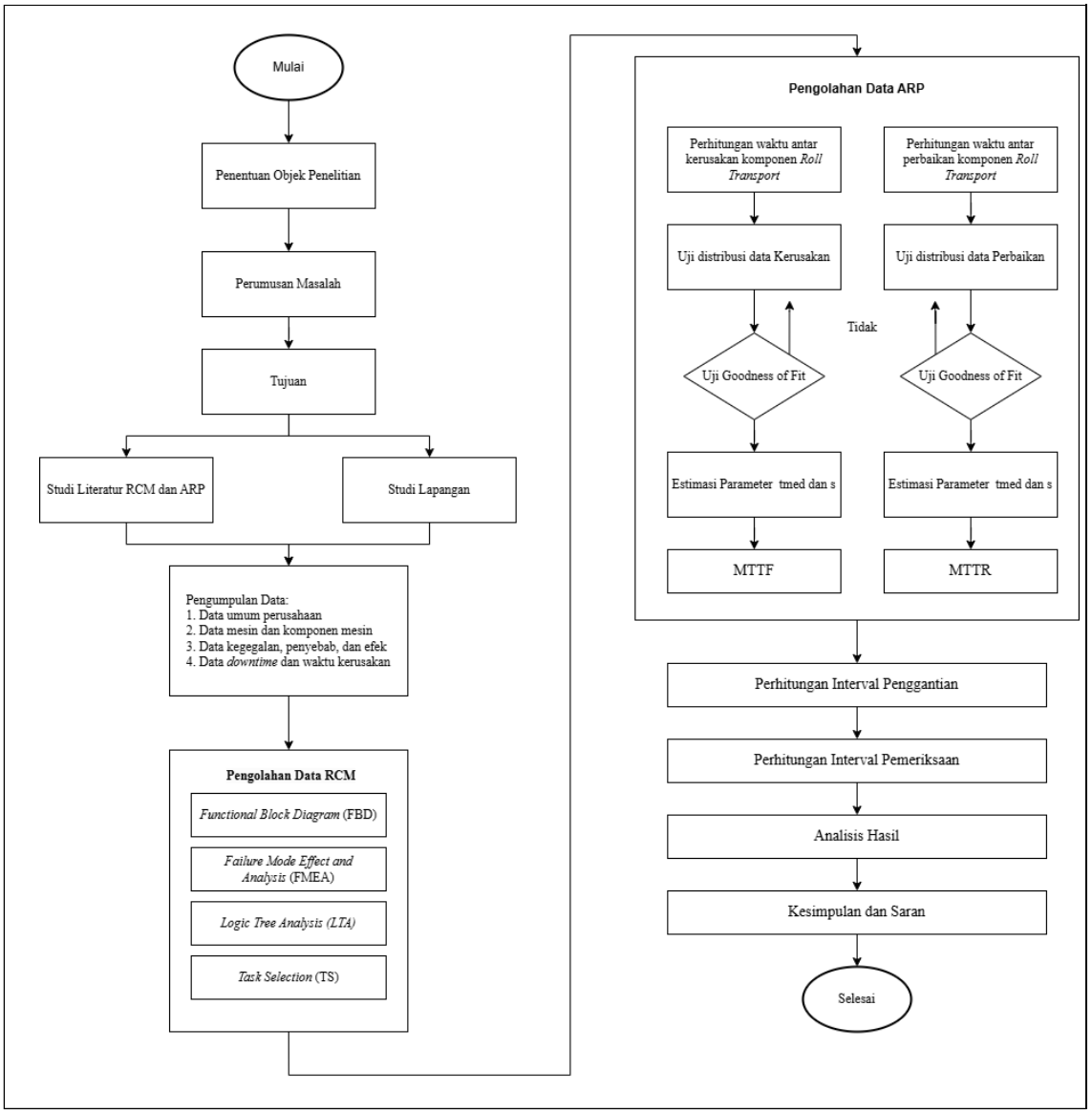
   Age Replacement berguna untuk menentukan waktu pergantian komponen mesin berdasarkan dari kondisi komponen tersebut dengan bertujuan untuk meminimasi risiko kegagalan secara mendadak dan yang lebih besar.

10. Interval Waktu Pemeriksaan

    Interval Waktu Pemeriksaan digunakan untuk menentukan jadwal pemeriksaan secara berkala untuk memastikan bahwa sistem produksi tetap dalam keadaan yang prima sehingga dapat mengurangi waktu *downtime* serta kerusakan secara mendadak.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian yang digunakan:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan diagram alur penelitian tersebut:

1. Mulai

   Tahap pertama yaitu dimulai dengan menetapkan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan.

2. Penentuan Objek Penelitian

   Tahap berikutnya adalah menentukan objek penelitian, yaitu mesin serta komponen mesin yang akan menjadi fokus pada analisis keandalan ini.

3. Perumusan Masalah

Tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah utama yang akan diselesaikan, seperti minimasi *downtime* atau peningkatan keandalan mesin *steamer*.

4. Tujuan

   Tahap berikutnya adalah menentukan fokus dari tujuan penelitian seperti penentuan mesin dan komponen kritisnya, serta penentuan untuk penggantian komponen pada mesin dan perawatanya.

5. Studi Literatur

   Tahap selanjutnya yaitu mengumpulkan berbagai studi literatur dan referensi terkait dengan *Reliability Centered Maintenance* dan *Age Replacement* untuk mendukung dalam penyusunan peneltian ini.

6. Studi Lapangan

   Pada tahap ini pengumpulan data langsung dilakukan di lapangan terkait dengan mesin dan komponen kritis yang akan diidentifikasi lebih lanjut.

7. Pengumpulan Data

   Tahap berikutnya yaitu mengumpulkan data dengan obserbasi dan wawancara langsung terkait informasi secara umum, mesin dan komponennya, kegagalan mesin, penyebab, dan efeknya serta frekuensi kerusakan, dan *downtime*.

8. Pengolahan Data *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

   a. *Functional Block Diagram* (FBD)

      Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui hubungan dari setiap mesin serta komponen dengan pembuatan diagram alur produksi di departemen *finishing I*.

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

      Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui mode kegagalan apa saja yang terjadi pada mesin serta dampak ketika mengalami kegagalan pada mesin di departemen *finishing I* yang didapatkan langsung dari ahli pada departemen *finishing l*.

   c. *Logic Tree Analysis* (LTA)

      Tahapan ini akan dilakukan identifikasi berdasarkan diagram dari penyebab utama yang terjadi dengan analisis sistematis.

   d. *Task Selection* (TS)

      Tahapan ini akan melakukan penentuan terkait dengan perawatan apa yang tepat pada setiap mode kegagalan dengan spesifik.

9. Pengolahan Data *Age Replacement*

   a. Penentuan Komponen Kritis

Tahapan ini penentuan komponen kritis berdasarkan dari nilai *downtime* paling tinggi akan dipilih.

b. Perhitungan Waktu Antar Kerusakan (TTF) dan Waktu Antar Perbaikan (TTR)

Pada tahapan ini akan dilakukan perhitungan dari waktu antar kerusakan komponen kritis serta waktu antar perbaikan.

c. Uji Distribusi TTF dan TTR

Tahapan ini dilakukan untuk pengujian dari data yang telah didapatkan untuk memasikan bahwa data distribusi telah tepat dengan menggunakan distribusi eksponensial, normal, lognnormal, dan weibull. *Software* yang digunakan adalah *microsoft excel*.

d. Uji *Goodness of Fit*

Uji *Goodness of Fit* digunakan untuk menentukan apakah data observasi sesuai dengan distribusi atau pola teoretis tertentu yang diasumsikan sebelumnya. Uji yang digunakan adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan menggunakan *software microsoft excel*.

e. Estimasi Parameter TTF dan TTR

Tahapan ini akan dilakukan perhitungan dari TTF untuk menggambarkan waktu operasional sebelum kegagalan terjadi, sementara TTR menunjukkan waktu rata-rata yang diperlukan untuk perbaikan. Tahapan ini penting untuk menentukan distribusi data, menghitung MTTF dan MTTR, serta merancang interval penggantian dan pemeliharaan yang optimal.

f. MTTF dan MTTR

Pada tahapan ini akan dilakukan perhitungan dari waktu rata-rata sebelum adanya kerusakan dan waktu rata-rata untuk perbaikan.

10. Perhitungan Interval Penggantian

Tahapan perhitungan ini bertujuan untuk penentuan kapan waktu penggantian komponen yang tepat berdasarkan dari kerusakan yang terjadi agar mesin dapat digunakan dengan optimal.

11. Perhitungan Interval Pemeriksaan

Tahapan perhitungan ini bertujuan untuk penentuan waktu untuk dilakukanya pemeriksaan pada komponen mesin.

12. Analisis Hasil

Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi berdasarkan dari data dan hasil perhitungan yang telah didapatkan serta memastikan kesesuaiannya dengan tujuan penelitian.

13. Kesimpulan dan Saran

    Pada tahapan ini bertujuan untuk merangkum dari hasil penelitian secara ringkas, menjelaskan pencapaian tujuan, serta memberikan rekomendasi secara praktis berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan.

14. Selesai

    Tahapan penelitian ini dinyatakan telah selesai, berakhirnya seluruh tahapan penelitian setelah kesimpulan dan saran disusun.

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Beacocks* ll

Berikut merupakan data waktu kerusakan pada komponen yang berada di mesin *Beacocks* ll pada tahun 2020 hingga 2024:

Tabel 4. 1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Beacocks* ll

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime* (Menit)
1.	*Ro*ll *Clouth Guider*	02/09/2020 03:00	02/09/2020 05:00	120
		24/12/2020 09:00	24/12/2020 10:00	60
		10/07/2021 08:00	10/07/2021 11:30	210
		03/10/2021 08:00	03/10/2021 10:00	120
		07/01/2022 11:30	07/01/2022 16:00	270
		13/03/2022 08:30	13/03/2022 13:00	270
		03/09/2022 16:00	03/09/2022 18:00	120
		10/12/2022 21:00	10/12/2022 23:45	165
		26/05/2023 07:00	26/05/2023 10:30	210
		07/01/2024 01:30	07/01/2024 03:30	120
2.	*Ro*ll *Transport*	07/01/2020 07:30	07/01/2020 11:30	240
		27/01/2020 14:30	27/01/2020 16:45	135
		18/02/2020 01:30	18/02/2020 03:00	90
		03/03/2020 19:00	03/03/2020 22:00	180
		22/03/2020 07:00	22/03/2020 14:30	450
		17/04/2020 11:00	17/04/2020 13:30	150

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime* (Menit)
		22/04/2020 07:30	22/04/2020 15:30	480
		05/06/2020 19:00	05/06/2020 21:00	120
		27/06/2020 15:30	27/06/2020 17:30	120
		13/07/2020 15:00	13/07/2020 16:00	60
		29/08/2020 08:00	29/08/2020 09:00	60
		15/11/2020 02:00	15/11/2020 04:30	150
		24/11/2020 09:00	24/11/2020 10:30	90
		13/02/2021 08:00	13/02/2021 09:00	60
		21/04/2021 19:30	21/04/2021 22:40	190
		20/05/2021 07:30	20/05/2021 08:30	60
		16/06/2021 12:00	16/06/2021 15:00	180
		27/06/2021 08:00	27/06/2021 10:30	150
		01/08/2021 06:00	01/08/2021 06:30	30
		12/10/2021 21:30	12/10/2021 23:50	140
		05/12/2021 01:00	05/12/2021 04:00	180
		18/12/2021 21:00	19/12/2021 00:00	180
		04/02/2022 19:00	04/02/2022 21:30	150
		28/02/2022 03:00	28/02/2022 06:30	210
		17/03/2022 08:00	17/03/2022 11:30	210
		21/03/2022 20:00	21/03/2022 22:00	120
		29/03/2022 07:00	29/03/2022 09:00	120
		09/04/2022 08:00	09/04/2022 11:00	180
		23/04/2022 06:00	23/04/2022 08:30	150
		02/05/2022 20:00	02/05/2022 02:30	390
		26/05/2022 03:00	26/05/2022 04:30	90
		15/06/2022 08:30	15/06/2022 10:45	135
		12/07/2022 08:00	12/07/2022 11:30	210

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime* (Menit)
		20/07/2022 08:30	20/07/2022 14:30	360
		21/07/2022 19:30	21/07/2022 22:30	180
		29/07/2022 07:30	29/07/2022 10:30	180
		27/08/2022 08:00	27/08/2022 17:00	540
		05/09/2022 20:00	05/09/2022 22:00	120
		11/09/2022 05:00	11/09/2022 06:30	90
		14/09/2022 13:00	14/09/2022 15:30	150
		08/10/2022 15:30	08/10/2022 16:30	60
		22/10/2022 08:00	22/10/2022 13:00	300
		19/11/2022 01:30	19/11/2022 03:30	120
		25/11/2022 19:30	25/11/2022 23:15	225
		28/11/2022 19:15	28/11/2022 20:00	45
		21/12/2022 07:30	21/12/2022 11:00	210
		27/12/2022 09:00	27/12/2022 10:00	60
		30/12/2022 01:30	30/12/2022 05:00	210
		18/02/2023 10:00	18/02/2023 11:00	60
		19/02/2023 08:00	19/02/2023 09:00	60
		22/03/2023 07:00	22/03/2023 13:00	360
		03/04/2023 12:00	03/04/2023 19:00	420
		10/04/2023 07:00	10/04/2023 09:30	150
		09/05/2023 10:00	09/05/2023 15:00	300
		14/05/2023 07:00	14/05/2023 12:00	300
		07/06/2023 07:00	07/06/2023 12:00	300
		19/08/2023 13:00	19/08/2023 15:00	120
		23/08/2023 07:30	23/08/2023 10:30	180
		02/09/2023 22:00	02/09/2023 23:00	60
		15/09/2023 05:00	15/09/2023 06:30	90

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime* (Menit)
		24/09/2023 15:30	24/09/2023 16:45	75
		15/10/2023 08:00	15/10/2023 10:30	150
		30/10/2023 00:00	30/10/2023 03:30	210
		13/12/2023 08:00	13/12/2023 10:00	120
		14/12/2023 08:30	14/12/2023 11:00	150
		16/01/2024 15:00	16/01/2024 16:30	90
		01/02/2024 19:00	01/02/2024 21:00	120
		04/03/2024 17:00	04/03/2024 19:00	120
3.	*Chain Gear Transport*	04/01/2020 07:00	04/01/2020 16:30	570
		12/01/2020 08:00	12/01/2020 09:30	90
		02/02/2020 07:00	02/02/2020 10:00	180
		11/04/2020 07:00	11/04/2020 08:30	90
		16/04/2020 11:00	16/04/2020 16:00	300
		03/05/2020 08:00	03/05/2020 09:00	60
		21/05/2020 07:15	21/05/2020 09:00	105
		08/07/2020 07:30	08/07/2020 11:30	240
		09/08/2020 22:00	10/08/2020 02:30	270
		03/01/2021 13:30	03/01/2021 16:00	150
		27/01/2021 08:00	27/01/2021 10:30	150
		06/02/2021 19:00	06/02/2021 21:00	120
		18/03/2021 20:00	18/03/2021 22:30	150
		02/06/2021 23:00	03/06/2021 04:00	300
		11/07/2021 14:00	11/07/2021 15:30	90
		17/08/2021 08:00	17/08/2021 09:30	90
		07/09/2021 08:30	07/09/2021 10:30	120
		05/12/2021 08:00	05/12/2021 09:30	90
		22/02/2022 19:30	22/02/2022 23:55	265

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime* (Menit)
		06/03/2022 08:00	06/03/2022 10:45	165
		12/04/2022 05:00	12/04/2022 06:30	90
		25/04/2022 15:30	25/04/2022 18:00	150
		21/05/2022 07:00	21/05/2022 11:00	240
		30/05/2022 13:00	30/05/2022 18:00	300
		15/07/2022 01:30	15/07/2022 04:00	150
		04/08/2022 08:00	04/08/2022 10:00	120
		05/09/2022 08:00	05/09/2022 17:45	585
		11/09/2022 19:00	21/10/2022 20:30	90
		16/09/2022 02:00	16/09/2022 05:00	180
		03/10/2022 00:30	03/10/2022 01:30	60
		06/10/2022 20:30	06/10/2022 23:45	195
		19/10/2022 19:30	19/10/2022 23:00	210
		08/11/2022 16:00	08/11/2022 18:30	150
		24/11/2022 12:30	24/11/2022 14:00	90
		11/12/2022 11:30	11/12/2022 13:00	90
		26/01/2023 14:30	26/01/2023 15:30	60
		14/03/2023 22:00	15/03/2023 02:00	240
		10/04/2023 16:00	10/04/2023 17:30	90
		10/06/2023 08:00	10/06/2023 12:00	240
		16/07/2023 07:00	16/07/2023 10:30	210
		27/08/2023 12:00	27/08/2023 16:30	270
		22/09/2023 09:00	22/09/2023 14:00	300
		03/11/2023 09:00	03/11/2023 12:00	180
		10/02/2024 09:00	10/02/2024 12:30	210
		11/04/2024 08:00	11/04/2024 11:30	210

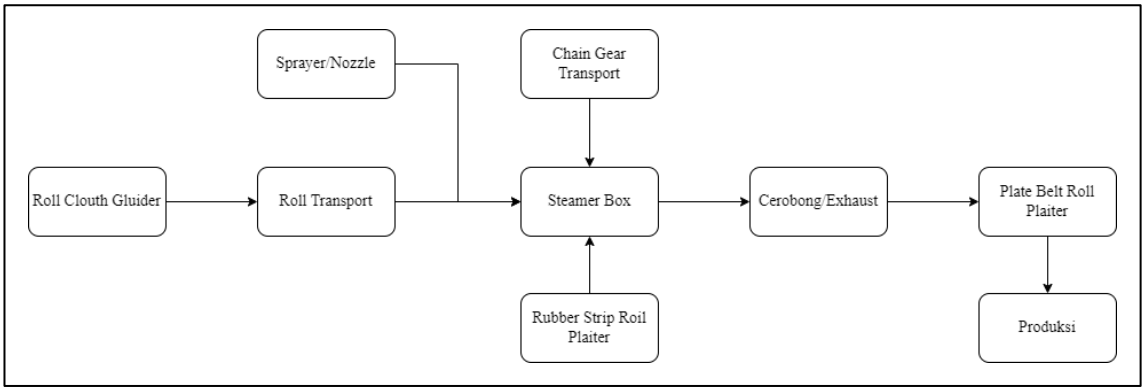
No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime* (Menit)
4.	*Rubber Strip Ro*ll *Plaiter*	14/03/2021 12:00	14/03/2021 14:45	165
		19/07/2021 08:00	19/07/2021 09:00	60
		06/08/2021 11:00	06/08/2021 15:30	270
		15/11/2021 13:30	15/11/2021 17:00	210
		14/02/2022 08:15	14/02/2022 11:00	165
		13/05/2022 15:30	13/05/2022 17:00	90
		19/06/2022 08:00	19/06/2022 14:30	390
		19/08/2022 08:00	19/08/2022 10:00	120
		23/09/2022 13:30	23/09/2022 17:30	240
		26/12/2022 20:30	26/12/2022 23:00	150
		13/02/2023 04:00	13/02/2023 06:00	120
		07/05/2023 08:15	07/05/2023 11:30	195
		11/06/2023 03:00	11/06/2023 05:30	150
		08/09/2023 19:00	08/09/2023 23:30	270
5.	*Sprayer/Nozzle*	21/01/2021 08:15	21/01/2021 10:30	135
		11/09/2021 17:30	11/09/2021 19:00	90
		16/06/2022 06:00	16/06/2022 07:00	60
		19/02/2024 07:00	19/02/2024 08:45	105
6.	Cerobong/*Exhaust*	29/01/2020 15:00	29/01/2020 17:30	150
		19/09/2020 10:00	19/09/2020 13:30	210
		08/05/2021 15:00	08/05/2021 16:30	90
		15/03/2022 19:30	15/03/2022 23:00	210
		27/03/2023 08:00	27/03/2023 11:00	180
7.	*Plate Belt Ro*ll *Plaiter*	09/03/2020 01:00	09/03/2020 05:00	240
		14/02/2021 07:30	14/02/2021 08:30	60
		24/05/2022 09:30	24/05/2022 11:00	90

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime* (Menit)
		06/08/2022 08:00	06/08/2022 12:00	240
		15/11/2022 12:00	15/11/2022 14:00	120

4.2 Pengolahan Data dan Penentuan Komponen Kritis

4.2.1 *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram digunakan untuk mengetahui hubungan antara fungsi dari komponen yang berbeda dengan melakukan metode berupa *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang dimana akan melihat mulai dari *input* hingga *output* produksi di suatu departemen. Berikut merupakan *Functional Block Diagram* pada mesin *beacocks* II dan hubungan dari setiap komponen mesin tersebut.



Gambar 4. 1 *Functional Block Diagram*

Pada awal proses produksi yang berada di mesin *beacocks* ll adalah dimulai dari *ro*ll *cloth glider,* dimana berfungsi untuk tempat kain dalam bentuk gulungan yang ditempatkan untuk mempermudah pergerakan kain ke tahap berikutnya. Berikutnya komponen *ro*ll *transport* berfungsi untuk mengantarkan kain menuju seluruh rangkaian yang berada di dalam tabung *steamer box* yang berada di mesin *beacocks* ll. *Sprayer/nozzle* berfungsi untuk mengatur suhu yang berada di *steamer box* agar tetap terjaga, sehingga kain yang dihasilkan tidak mengalami cacat produksi. Selanjutnya *chain gear transport* berfungsi untuk menjaga kecepatan dan ketegangan kain secara tepat agar tidak terdapat lipatan pada kain. *Rubber strip ro*ll *plaiter* berfungsi untuk merapikan kain saat menjalani rangkaian proses yang berada di *steamer box*. Selanjutnya uap panas yang dihasilkan dari *steamer box* tersebut akan dibuang melalui cerobong/*exhaust*, ketika cerobong tersebut terdapat banyak debu maka uap panas yang dikeluarkan tidak maksimal. Komponen

terakhir pada mesin *beacocks* ll adalah *plate belt ro*ll *plaiter* yang berfungsi untuk melipat kain agar siap untuk dipasarkan.

4.2.2 *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA)

Failure Mode Effect and Effect Analysis digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan peringkat penyebab kegagalan dari setiap komponen yang ada dalam suatu proses (Pramudya Raharja et al., 2021). FMEA juga digunakan untuk mengetahui dari komponen mana yang paling kritis di suatu mesin. Berikut merupakan tabel FMEA di mesin *beacocks II*:

Tabel 4. 2 *Failure Mode Effect and Effect Analysis*

No	Komponen	*Function*	*Failure Mode*	*Failure Cause*	*Effect of Failure*	S	O	D	RPN
1.	*Ro*ll *Clouth Guider*	Memastikan kain tetap lurus dan stabil	Membran angin bocor	Angin terlalu besar	Kain menjadi tidak lurus yang dapat menyebabkan lepas	4	3	4	48
2.	*Ro*ll *Transport*	Pengangkutan kain	As bengkok	Tegangan kain tidak stabil	Mesin berhenti	8	4	3	278
			Roda aus	Gesekan saat memutar dengan kain	Menimbulkan bunyi gangguan *(noise)*	7	6	2	
			Ring aus	Gesekan rel saat memutar dengan kain	*Ro*ll tidak memutar dengan sempurna	7	7	2	
3.	*Chain + Gear Transport*	Menjaga kestabilan, tegangan, kecepatan kain	Gear jebol	Jumlah kain terlalu banyak	Mesin berhenti	7	2	2	88
			Bearing Aus	Kecepatan pada kain terlalu cepat	Gearbox cepat aus	6	5	2	
4.	*Rubber Strip R*oll *Plaiter*	Meredam getaran, mencegah slip pada	Karet aus	Gesekan kain dengan rubber	Ketegangan kain tidak presisi dan produksi	4	3	2	24

No	Komponen	*Function*	*Failure Mode*	*Failure Cause*	*Effect of Failure*	S	O	D	RPN
		penarikan kain			akan melambat				
5.	*Sprayer/Nozzle*	Penyemprotan cairan agar menjaga suhu pada st*eamer box* sesuai	*Nozzle* tersumbat	Air RO *(reverse osmosis)* tidak sesuai standar	Penyumbatan sehingga suhu pada steamer tidak sesuai	6	2	5	60
6.	Cerobong/*Exhaust*	Saluran pembuangan uap dan udara panas dari mesin	Saluran pembuangan kotor	Sisa kain pada *steamer box*	Terdapat air dalam box (atap menjadi kondensat)	5	2	6	60
7.	*Plate Belt Ro*ll *Plaiter*	Penarikan kain serta melipat kain *(plaiting)*	Karet aus	Gesekan *belt* dengan kain	Kain kendor/slip	4	2	2	24
			Kendor	Umur pada pemakaian	Produksi melambat pada belt tersebut	4	1	2	

Berdasarkan dari tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) tersebut didapatkan penjelasan sebagai berikut:

1. Mesin yang mengalami kerusakan adalah mesin *Beacocks II.*
2. Komponen yang mengalami kerusakan pada mesin *Beacocks II* salah satunya adalah pada *Ro*ll *Transport* yang memiliki fungsi untuk mengantarkan kain menuju seluruh rangkaian yang berada di *steamer box.*
3. Mode kegagalan pada komponen *Ro*ll *Transport* tersebut diantaranya as bengkok, roda aus, dan ring aus.
4. Penyebab kegagalan komponen *Ro*ll *Transport* pada as bengkok adalah saat tegangan kain tidak stabil, sedangkan pada roda aus adalah gesekan dengan kain pada saat memutar, dan pada ring aus adalah karena gesekan rel saat memutar dengan kain.
5. Efek kegagalan yang terjadi dari as bengkok adalah mesin berhenti seluruhnya, sedangkan efek dari roda aus adalah dapat menimbulkan bunyi *(noise)* yang dapat mengganggu proses produksi, dan efek dari ring aus adalah roll tidak dapat memutar dengan sempurna.

6. Tingkat *Severity* pada komponen *Ro*ll *Transport* di as bengkok mendapatkan tingkat 8 dimana efek yang ditimbulkan sangat tinggi dikarenakan mesin tidak dapat beroperasi dan menyebabkan *impact* pada waktu *Downtime* 4-8 jam, Sedangkan pada kegagalan roda aus didapatkan nilai 7 yang memiliki efek tinggi sehingga mesin tidak dapat dioperasikan secara penuh yang memiliki *impact* pada waktu *Downtime* sebesar 2-4 jam, serta pada kegagalan ring aus mendapatkan nilai 7 yang memiliki efek tinggi dan mendapatkan waktu *Downtime* sebesar 2-4 jam.
7. Tingkat *Occurency* pada komponen *Ro*ll *Transport* di as bengkok mendapatkan nilai 4 dimana nilai kejadian dan kriteria pada kerusakan komponen terjadi sedikit dan tingkat kejadian kerusakan 2.001 – 3.000 jam operasi, sedangkan pada kegagalan roda aus mendapatkan nilai 6 dimana tingkat kejadian serta kriteria pada kerusakan komponen terjadi pada tingkat medium dengan tingkat kejadian kerusakan 401 – 1.000 jam operasi, serta pada kegagalan ring aus mendapatkan nilai 7 dimana tingkat kejadian serta kriteria pada kerusakan komponen terjadi pada tingkat agak tinggi dengan kriteria pada tingkat kerusakan 101 – 400 jam operasi.
8. Tingkat *Detection* pada komponen *Ro*ll *Transport* pada as bengkok mendapatkan nilai 3 dengan akibat tinggi dan kriteria verbal pada perawatan *preventive maintanance* memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan, sedangkan pada roda aus serta ring aus mendapatkan nilai 2 dengan akibat sangat tinggi dan kriteria verbal pada perawatan *preventive maintanance* memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan yang terjadi.

Risk Priority Number (RPN) yang didapatkan berdasarkan dari tingkat *severity, occurrence,* serta *detection* mendapatkan nilai sebesar 278, dimana pada komponen *Ro*ll *Transport* mendapatkan nilai yang paling tinggi pada *Risk Priority Number.*

4.2.3 *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis atau kategori kerusakan, sehingga memungkinkan penanganan yang tepat. Klasifikasi kerusakan tersebut didasarkan pada tiga kriteria utama: *evident* (kerusakan yang terlihat jelas), *safety* (berkaitan dengan aspek keselamatan), dan *outage* (yang menyebabkan gangguan operasional) (Muhammad et al., 2023). Berikut merupakan data pada *Logic Tree Analysis* (LTA) pada mesin *Beacocks II*

Tabel 4. 3 *Logic Tree Analysis*

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critical Analysis*			*Category*
				Evident	*Safety*	*Outage*	
1.	*Roll Clouth Guider*	Memastikan kain tetap lurus dan stabil	Membran angin bocor	Y	N	Y	B
2.	*Roll Transport*	Pengangkutan kain	As bengkok	Y	N	Y	B
			Roda aus	Y	N	Y	B
			Ring aus	Y	N	Y	B
3.	*Chain + Gear Transport*	Menjaga kestabilan, tegangan, kecepatan kain	Gear jebol	Y	N	Y	B
			Bearing Aus	Y	N	N	C
4.	*Rubber Strip Roll Plaiter*	Meredam getaran, mencegah slip pada penarikan kain	Karet aus	Y	N	N	C
5.	*Sprayer/Nozzle*	Penyemprotan cairan agar menjaga suhu pada steamer box sesuai	*Nozzle* tersumbat	Y	N	Y	B
6.	Cerobong/*Exhaust*	Saluran pembuangan uap dan udara panas dari mesin	Saluran pembuangan kotor	Y	N	N	C
7.	*Plate Belt Roll Plaiter*	Penarikan kain serta melipat kain *(plaiting)*	Karet aus	Y	N	N	C
			Kendor	Y	N	N	C

Berdasarkan dari data tersebut diketahui bahwa komponen *Roll Transport* memiliki fungsi yang sangat penting untuk mengantarkan kain pada keseluruhan rangkaian yang berada di *steamer box*. Kerusakan seperti pada as bengkok, roda aus, serta ring aus termasuk kedalam kategori B *(outage problem)* yang dapat berdampak pada operasi pabrik dan peningkatan ekonomi kerugian pada perusahaan tersebut. Berikut merupakan contoh analisis mode kegagalan pada *Logic Tree Analysis* (LTA):

- *Evident*, (Apakah operator mengetahui telah terjadi adanya kegagalan pada sistem pada saat berada di kondisi normal?) **YES**
- *Safety*, (Apakah pada kerusakan tersebut dapat menimbulkan risiko kecelakaan?) **NO**
- *Outage*, (Apakah pada kerusakan dapat menyebabkan sebagian sistem / keseluruhan sistem berhenti?) **YES**

Kategori B (*Outage problem*) karena *failure mode* pada komponen *R*oll *Transport* dapat berdampak pada operasi pabrik dan peningkatan ekonomi yang diakibatkan oleh kerugian perusahaan.

4.2.4 *Task Selection* (TS)

Pemilihan tindakan dilakukan berdasarkan *Task Selection* yang disesuaikan dengan *road map*. Metode *task selection road map* digunakan untuk menentukan langkah yang tepat dalam menangani mode kegagalan pada mesin *beacokcs II*. Berikut ini merupakan contoh penjelasan salah satu komponen pada mesin *beacokcs II* berdasarkan dari *task selection road*:

Tabel 4. 4 *Task Selection*

No.	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critical Analysis*							*Selection Task*
				1	2	3	4	5	6	7	
1.	*R*oll *Clouth Guider*	Memastikan kain tetap lurus dan stabil	Membran angin bocor	N	-	Y	Y	Y	Y	-	CD
2.	*R*oll *Transport*	Pengangkutan kain	As bengkok	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
			Roda aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
			Ring aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
3.	*Chain + Gear Transport*	Menjaga kestabilan, tegangan, kecepatan kain	Gear jebol	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
			Bearing Aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
4.	*Rubber Strip R*oll *Plaiter*	Meredam getaran, mencegah slip pada penarikan kain	Karet aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
5.	*Sprayer / Nozzle*	Penyemprotan cairan agar menjaga suhu pada steamer box sesuai	*Nozzle* tersumbat	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
6.	Cerobong / *Exhaust*	Saluran pembuangan uap dan udara panas dari mesin	Saluran pembuangan kotor	N	-	Y	Y	Y	Y	-	CD
7.	*Plate Belt R*oll *Plaiter*	Penarikan kain serta melipat kain *(plaiting)*	Karet aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
			Kendor	N	-	Y	Y	Y	Y	-	CD

Berdasarkan dari data yang telah didapatkan bahwa komponen *R*oll *Transport* pada mesin *Beacocks II* berfungsi untuk mengantarkan kain pada keseluruhan rangkaian yang berada

di *steamer box.* Berdasarkan dari analisis kritis pada kerusakan as bengkok, roda aus, ring aus, bearing aus, dan karet aus adalah melakukan tindakan perawatan *Time Directed* (TD) dengan tujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen, sedangkan pada kerusakan yang diakibatkan oleh membran angin bocor, gear jebol, *nozzle* tersumbat, saluran pembuangan kotor, dan kendor adalah tindakan perawatan (CD) dengan bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat, apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau pergantian komponen tersebut. Pendekatan tersebut bertujuan untuk mencegah kegagalan produksi untuk memastikan bahwa komponen *Ro*ll *Transport* tetap optimal untuk mendukung kelancaran produksi pada mesin *Beacocks II.* Berikut merupakan pertanyaan yang terkait pada *task selection* dengan kegagalan salah satu komponen pada *Ro*ll *Transport* yaitu as bengkok:

a. Apakah hubungan kerusakan dengan umur reliabilitas diketahui?
b. Apakah *TD Task* dapat digunakan? **YES**
c. Apakah *CD Task* dapat digunakan? **YES**
d. Apakah termasuk dalam mode kerusakan? **YES**
e. Apakah *FF Task* dapat digunakan? **YES**
f. Apakah diantara Tindakan yang dipiilih efektif? **YES**
g. Dapatkan sebuah desain dari modifikasi mengeliminasi mode kegagalan serta efeknya?

- *Selection Task: Time Direct* (TD)

4.3 Pengolahan Data Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis

4.3.1 Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

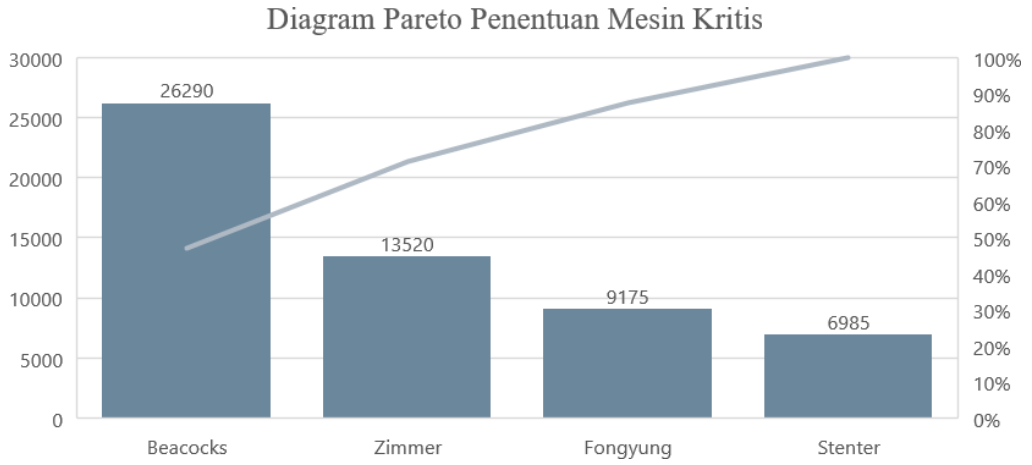
Penentuan mesin kritis bertujuan untuk memastikan bahwa upaya perawatan difokuskan pada mesin-mesin yang paling berdampak pada proses produksi. Berikut ini merupakan tabel data pada penentuan mesin kritis dengan waktu *downtime* terbesar:

Tabel 4. 5 Penentuan Mesin Kritis

No.	Mesin	Frekuensi Kerusakan	*Downtime* (menit)	% *Downtime*
1.	*Zimmer*	163	13520	24,16%
2.	*Beacocks*	151	26290	46,97%

No.	Mesin	Frekuensi Kerusakan	*Downtime* (menit)	% *Downtime*
3.	*Fongyung*	117	9175	16,39%
4.	*Stenter*	79	6985	12,48%
Total		510	55970	100,00%

Berikut merupakan diagram pareto pada penentuan mesin kritis berdasarkan *Downtime* dari mesin tersebut:



Gambar 4. 2 Diagram Pareto Penentuan Mesin Kritis

Diketahui berdasarkan data yang telah didapatkan bahwa pada mesin *Beacocks II* mendapatkan nilai *downtime* paling tinggi sebesar 26.290 menit dari total waktu *Downtime* sebesar 55.970 menit. Pada frekuensi kerusakan yang berada di mesin *Beacocks II* memiliki angka sebesar 151 dengan total kerusakan berjumlah 510. Setelah mendapatkan mesin dengan nilai downtime terbesar, selanjutnya adalah mencari komponen paling kritis yang berada di mesin tersebut. Penentuan komponen kritis bertujuan untuk mengidentifikasi komponen-komponen penting yang memiliki pengaruh secara langsung terhadap kinerja dari sebuah produksi. Dengan mengetahui komponen yang rentan terhadap kerusakan agar dapat lebih mengenali lebih dekat sehingga akan mudah untuk melakukan pemeliharaan yang tepat untuk mencegah kerusakan. Berikut merupakan tabel data pada komponen mesin *beacocks II*:

Tabel 4. 6 Penentuan Komponen Kritis

No.	Komponen	Frekuensi Kerusakan	*Downtime* (menit)	Kum DT	% DT	% *Downtime* Kumulatif
1.	*Roll Transport*	68	11745	11745	44,67%	44,67%
2.	*Chain Gear Transport*	45	8305	20050	31,59%	76,26%
3.	*Rubber Strip Roll Plaiter*	14	2595	22645	9,87%	86,14%
4.	*Roll Clouth Guider*	10	1665	24310	6,33%	92,47%
5.	Cerobong / *Exhaust*	5	840	25150	3,20%	95,66%
6.	*Plate Belt Roll Plaiter*	5	750	25900	2,85%	98,52%
7.	*Sprayer / Nozzle*	4	390	26290	1,48%	100,00%
TOTAL		**151**	**26290**		**100,00%**	

Berikut merupakan diagram pareto pada mesin *Beacocks II* berdasarkan *Downtime* pada komponen mesin tersebut:



Diketahui berdasarkan data yang telah didapatkan pada penentuan komponen kritis yang memiliki nilai *Downtime* terbesar adalah pada komponen *Roll Transport* yaitu sebanyak 11.475 menit dari total waktu *Downtime* sebesar 26.290 menit. Pada frekuensi kerusakan yang berada di komponen *Roll Transport* pada mesin *Beacocks II* mendapatkan angka terbesar yaitu 68 dari 151 total kerusakan komponen yang berada di mesin *beacocks II.*

4.3.2 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan

Setelah mengidentifikasi komponen kritis pada mesin *beacocks* ll, berikutnya merupakan perhitungan jarak antar kerusakan pada komponen kritis berupa *ro*ll *transport* dan menentukan distribusi waktu antar kerusakan.

Tabel 4. 7 *Time To Failure* Komponen *Ro*ll *Transport*

No	Mulai	Selesai	ti
1	07/01/2020 07:30	07/01/2020 11:30	0
2	27/01/2020 14:30	27/01/2020 16:45	28980
3	18/02/2020 01:30	18/02/2020 03:00	30765
4	03/03/2020 19:00	03/03/2020 22:00	21120
5	22/03/2020 07:00	22/03/2020 14:30	26460
6	17/04/2020 11:00	17/04/2020 13:30	37230
7	22/04/2020 07:30	22/04/2020 15:30	6840
8	05/06/2020 19:00	05/06/2020 21:00	63570
9	27/06/2020 15:30	27/06/2020 17:30	31350
10	13/07/2020 15:00	13/07/2020 16:00	22890
11	29/08/2020 08:00	29/08/2020 09:00	67200
12	15/11/2020 02:00	15/11/2020 04:30	111900
13	24/11/2020 09:00	24/11/2020 10:30	13230
14	13/02/2021 08:00	13/02/2021 09:00	116490
15	21/04/2021 19:30	21/04/2021 22:40	97110
16	20/05/2021 07:30	20/05/2021 08:30	40850
17	16/06/2021 12:00	16/06/2021 15:00	39090
18	27/06/2021 08:00	27/06/2021 10:30	15420
19	01/08/2021 06:00	01/08/2021 06:30	50130
20	12/10/2021 21:30	12/10/2021 23:50	104580
21	05/12/2021 01:00	05/12/2021 04:00	76390
22	18/12/2021 21:00	19/12/2021 00:00	19740
23	04/02/2022 19:00	04/02/2022 21:30	68820
24	28/02/2022 03:00	28/02/2022 06:30	33450
25	17/03/2022 08:00	17/03/2022 11:30	24570
26	21/03/2022 20:00	21/03/2022 22:00	6270
27	29/03/2022 07:00	29/03/2022 09:00	10620
28	09/04/2022 08:00	09/04/2022 11:00	15780
29	23/04/2022 06:00	23/04/2022 08:30	19860
30	02/05/2022 20:00	03/05/2022 02:30	13650
31	26/05/2022 03:00	26/05/2022 04:30	33150
32	15/06/2022 08:30	15/06/2022 10:45	29040
33	12/07/2022 08:00	12/07/2022 11:30	38715
34	20/07/2022 08:30	20/07/2022 14:30	11340
35	21/07/2022 19:30	21/07/2022 22:30	1740

No	Mulai	Selesai	ti
36	29/07/2022 07:30	29/07/2022 10:30	10620
37	27/08/2022 08:00	27/08/2022 17:00	41610
38	05/09/2022 20:00	05/09/2022 22:00	13140
39	11/09/2022 05:00	11/09/2022 06:30	7620
40	14/09/2022 13:00	14/09/2022 15:30	4710
41	08/10/2022 15:30	08/10/2022 16:30	34560
42	22/10/2022 08:00	22/10/2022 13:00	19650
43	19/11/2022 01:30	19/11/2022 03:30	39630
44	25/11/2022 19:30	25/11/2022 23:15	9600
45	28/11/2022 19:15	28/11/2022 20:00	4080
46	21/12/2022 07:30	21/12/2022 11:00	32370
47	27/12/2022 09:00	27/12/2022 10:00	8520
48	30/12/2022 01:30	30/12/2022 05:00	3810
49	18/02/2023 10:00	18/02/2023 11:00	72300
50	19/02/2023 08:00	19/02/2023 09:00	1260
51	22/03/2023 07:00	22/03/2023 13:00	44520
52	03/04/2023 12:00	03/04/2023 19:00	17220
53	10/04/2023 07:00	10/04/2023 09:30	9360
54	09/05/2023 10:00	09/05/2023 15:00	41790
55	14/05/2023 07:00	14/05/2023 12:00	6720
56	07/06/2023 07:00	07/06/2023 12:00	34260
57	19/08/2023 13:00	19/08/2023 15:00	105180
58	23/08/2023 07:30	23/08/2023 10:30	5310
59	02/09/2023 22:00	02/09/2023 23:00	15090
60	15/09/2023 05:00	15/09/2023 06:30	17640
61	24/09/2023 15:30	24/09/2023 16:45	13500
62	15/10/2023 08:00	15/10/2023 10:30	29715
63	30/10/2023 00:00	30/10/2023 03:30	20970
64	13/12/2023 08:00	13/12/2023 10:00	63630
65	14/12/2023 08:30	14/12/2023 11:00	1350
66	16/01/2024 15:00	16/01/2024 16:30	47760
67	01/02/2024 19:00	01/02/2024 21:00	23190
68	04/03/2024 17:00	04/03/2024 19:00	45840

Analisis dilakukan berdasarkan nilai In*dex of Fit* menggunakan perhitungan distribusi eksponensial, normal, *lognormal*, dan *Weibu*ll. Berikut merupakan perhitungan distribusi berdasarkan downtime waktu kerusakan:

1. Distribusi Eksponensial

   Berikut merupakan perhitungan menggunakan distribusi eksponensial:

   $X_i \quad = t_i$

= 1260

x_i^2 = 1260^2

= 1587600

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

= $\frac{(1-0,3)}{(67+0,4)}$ = 0,01039

Y_i = $ln\ [(\frac{1}{1-F(ti)})]$

= $ln\ [(\frac{1}{1-0,010385})]$ = 0,10440

Y_i^2 = $0,10440^2$

= 0,00011

X_iY_i = 1260*0,10440

= 13,1544

Berikut merupakan perhitungan nilai r pada distribusi eksponensial:

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

= $\frac{(67*(13,15448))-((1260*0,10440))}{\sqrt{((67*-1587600)-(1260)^2)*((67*0,00011)-(0,10440)^2)}}$

= 0,98817

Tabel 4. 8 Hasil Distribusi Eksponensial *Time To Failure*

Eksponensial							
No	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	1260	1260	1587600	0,01039	0,01044	0,00011	13,15448
2	1350	1350	1822500	0,02522	0,02555	0,00065	34,48722
3	1740	1740	3027600	0,04006	0,04088	0,00167	71,13784
4	3810	3810	14516100	0,05490	0,05646	0,00319	215,1143
5	4080	4080	16646400	0,06973	0,07228	0,00522	294,917
6	4710	4710	22184100	0,08457	0,08836	0,00781	416,1807
7	5310	5310	28196100	0,09941	0,10470	0,01096	555,964
8	6270	6270	39312900	0,11424	0,12131	0,01472	760,6325
9	6720	6720	45158400	0,12908	0,13821	0,01910	928,7396
10	6840	6840	46785600	0,14392	0,15539	0,02415	1062,853
11	7620	7620	58064400	0,15875	0,17287	0,02988	1317,276
12	8520	8520	72590400	0,17359	0,19066	0,03635	1624,465
13	9360	9360	87609600	0,18843	0,20878	0,04359	1954,193
14	9600	9600	92160000	0,20326	0,22723	0,05163	2181,427

Eksponensial							
No	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
15	10620	10620	112784400	0,21810	0,24603	0,06053	2612,834
16	10620	10620	112784400	0,23294	0,26519	0,07032	2816,288
17	11340	11340	128595600	0,24777	0,28472	0,08106	3228,715
18	13140	13140	172659600	0,26261	0,30464	0,09281	4002,971
19	13230	13230	175032900	0,27745	0,32497	0,10560	4299,3
20	13500	13500	182250000	0,29228	0,34571	0,11952	4667,134
21	13650	13650	186322500	0,30712	0,36690	0,13462	5008,197
22	15090	15090	227708100	0,32196	0,38855	0,15097	5863,17
23	15420	15420	237776400	0,33680	0,41067	0,16865	6332,555
24	15780	15780	249008400	0,35163	0,43330	0,18775	6837,425
25	17220	17220	296528400	0,36647	0,45645	0,20834	7860,002
26	17640	17640	311169600	0,38131	0,48014	0,23054	8469,738
27	19650	19650	386122500	0,39614	0,50442	0,25444	9911,793
28	19740	19740	389667600	0,41098	0,52929	0,28015	10448,26
29	19860	19860	394419600	0,42582	0,55481	0,30781	11018,44
30	20970	20970	439740900	0,44065	0,58098	0,33754	12183,25
31	21120	21120	446054400	0,45549	0,60787	0,36950	12838,18
32	22890	22890	523952100	0,47033	0,63549	0,40385	14546,47
33	23190	23190	537776100	0,48516	0,66391	0,44077	15395,96
34	24570	24570	603684900	0,50000	0,69315	0,48045	17030,63
35	26460	26460	700131600	0,51484	0,72327	0,52312	19137,72
36	28980	28980	839840400	0,52967	0,75433	0,56901	21860,44
37	29040	29040	843321600	0,54451	0,78638	0,61840	22836,54
38	29715	29715	882981225	0,55935	0,81950	0,67158	24351,38
39	30765	30765	946485225	0,57418	0,85375	0,72889	26265,55
40	31350	31350	982822500	0,58902	0,88921	0,79070	27876,82
41	32370	32370	1047816900	0,60386	0,92598	0,85744	29974,02
42	33150	33150	1098922500	0,61869	0,96415	0,92959	31961,71
43	33450	33450	1118902500	0,63353	1,00384	1,00770	33578,51
44	34260	34260	1173747600	0,64837	1,04517	1,09238	35807,52
45	34560	34560	1194393600	0,66320	1,08828	1,18435	37610,96
46	37230	37230	1386072900	0,67804	1,13333	1,28444	42193,98
47	38715	38715	1498851225	0,69288	1,18051	1,39361	45703,5
48	39090	39090	1528028100	0,70772	1,23003	1,51296	48081,73
49	39630	39630	1570536900	0,72255	1,28212	1,64384	50810,47
50	40850	40850	1668722500	0,73739	1,33708	1,78778	54619,73
51	41610	41610	1731392100	0,75223	1,39524	1,94668	58055,78
52	41790	41790	1746404100	0,76706	1,45698	2,12280	60887,37
53	44520	44520	1982030400	0,78190	1,52280	2,31891	67794,95
54	45840	45840	2101305600	0,79674	1,59325	2,53844	73034,54
55	47760	47760	2281017600	0,81157	1,66904	2,78570	79713,49

Eksponensial							
No	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
56	50130	50130	2513016900	0,82641	1,75106	3,06620	87780,45
57	63570	63570	4041144900	0,84125	1,84040	3,38708	116994,3
58	63630	63630	4048776900	0,85608	1,93852	3,75786	123348
59	67200	67200	4515840000	0,87092	2,04732	4,19153	137580
60	68820	68820	4736192400	0,88576	2,16942	4,70640	149299,8
61	72300	72300	5227290000	0,90059	2,30854	5,32935	166907,3
62	76390	76390	5835432100	0,91543	2,47018	6,10178	188697
63	97110	97110	9430352100	0,93027	2,66308	7,09201	258611,9
64	104580	104580	10936976400	0,94510	2,90231	8,42342	303523,8
65	105180	105180	11062832400	0,95994	3,21739	10,35162	338405,4
66	111900	111900	12521610000	0,97478	3,68002	13,54252	411793,9
67	116490	116490	13569920100	0,98961	4,56732	20,86041	532047,1
TOTAL	2174865	2174865	1,23407E+11	33,50000	65,90012	123,85278	3883948
IOF = r =	0,98817						

2. Distribusi Normal

Berikut merupakan perhitungan menggunakan distribusi normal:

X_i $= t_i$

$= 1260$

x_i^2 $= 1260^2$

$= 1587600$

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

$= \frac{(1-0,3)}{(67+0,4)} = 0,01039$

Y_i $= zi = \Phi^{-1}[F(ti)]$

$= zi = \Phi^{-1}[F(0,01038)] = -2,31211$

Y_i^2 $= -2,31211^2$

$= 5,34586$

X_iY_i $= 1260*(-2,31211)$

$= -2913,2610$

Berikut merupakan perhitungan nilai r pada distribusi normal:

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

$$= \frac{(67*(-2913{,}261))-((1260*(-2{,}31211197)))}{\sqrt{((67*-1587600)-(1260)^2)*((67*5{,}345862)-(-2{,}31211197)^2)}}$$

$$= 0{,}92320$$

Tabel 4. 9 Hasil Distribusi Normal *Time To Failure*

Normal							
No	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	1260	1260	1587600	0,01039	-2,31211	5,34586	-2913,26
2	1350	1350	1822500	0,02522	-1,95617	3,82660	-2640,83
3	1740	1740	3027600	0,04006	-1,75000	3,06249	-3045
4	3810	3810	14516100	0,05490	-1,59913	2,55721	-6092,68
5	4080	4080	16646400	0,06973	-1,47778	2,18384	-6029,35
6	4710	4710	22184100	0,08457	-1,37497	1,89055	-6476,13
7	5310	5310	28196100	0,09941	-1,28494	1,65107	-6823,03
8	6270	6270	39312900	0,11424	-1,20427	1,45026	-7550,75
9	6720	6720	45158400	0,12908	-1,13075	1,27860	-7598,64
10	6840	6840	46785600	0,14392	-1,06289	1,12973	-7270,14
11	7620	7620	58064400	0,15875	-0,99959	0,99919	-7616,9
12	8520	8520	72590400	0,17359	-0,94007	0,88373	-8009,41
13	9360	9360	87609600	0,18843	-0,88371	0,78094	-8271,49
14	9600	9600	92160000	0,20326	-0,83002	0,68893	-7968,18
15	10620	10620	112784400	0,21810	-0,77862	0,60625	-8268,98
16	10620	10620	112784400	0,23294	-0,72921	0,53174	-7744,17
17	11340	11340	128595600	0,24777	-0,68151	0,46446	-7728,32
18	13140	13140	172659600	0,26261	-0,63532	0,40363	-8348,05
19	13230	13230	175032900	0,27745	-0,59044	0,34862	-7811,51
20	13500	13500	182250000	0,29228	-0,54672	0,29890	-7380,75
21	13650	13650	186322500	0,30712	-0,50403	0,25404	-6879,95
22	15090	15090	227708100	0,32196	-0,46223	0,21366	-6975,04
23	15420	15420	237776400	0,33680	-0,42123	0,17743	-6495,3
24	15780	15780	249008400	0,35163	-0,38092	0,14510	-6010,89
25	17220	17220	296528400	0,36647	-0,34122	0,11643	-5875,81
26	17640	17640	311169600	0,38131	-0,30205	0,09124	-5328,22
27	19650	19650	386122500	0,39614	-0,26334	0,06935	-5174,72
28	19740	19740	389667600	0,41098	-0,22503	0,05064	-4442,03
29	19860	19860	394419600	0,42582	-0,18704	0,03498	-3714,54
30	20970	20970	439740900	0,44065	-0,14931	0,02229	-3131,12
31	21120	21120	446054400	0,45549	-0,11180	0,01250	-2361,29
32	22890	22890	523952100	0,47033	-0,07445	0,00554	-1704,15
33	23190	23190	537776100	0,48516	-0,03720	0,00138	-862,643
34	24570	24570	603684900	0,50000	0,00000	0,00000	0
35	26460	26460	700131600	0,51484	0,03720	0,00138	984,2831
36	28980	28980	839840400	0,52967	0,07445	0,00554	2157,543

Normal							
No	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
37	29040	29040	843321600	0,54451	0,11180	0,01250	3246,773
38	29715	29715	882981225	0,55935	0,14931	0,02229	4436,874
39	30765	30765	946485225	0,57418	0,18704	0,03498	5754,177
40	31350	31350	982822500	0,58902	0,22503	0,05064	7054,589
41	32370	32370	1047816900	0,60386	0,26334	0,06935	8524,47
42	33150	33150	1098922500	0,61869	0,30205	0,09124	10013,07
43	33450	33450	1118902500	0,63353	0,34122	0,11643	11413,82
44	34260	34260	1173747600	0,64837	0,38092	0,14510	13050,25
45	34560	34560	1194393600	0,66320	0,42123	0,17743	14557,55
46	37230	37230	1386072900	0,67804	0,46223	0,21366	17208,8
47	38715	38715	1498851225	0,69288	0,50403	0,25404	19513,35
48	39090	39090	1528028100	0,70772	0,54672	0,29890	21371,36
49	39630	39630	1570536900	0,72255	0,59044	0,34862	23399,11
50	40850	40850	1668722500	0,73739	0,63532	0,40363	25952,65
51	41610	41610	1731392100	0,75223	0,68151	0,46446	28357,62
52	41790	41790	1746404100	0,76706	0,72921	0,53174	30473,54
53	44520	44520	1982030400	0,78190	0,77862	0,60625	34664,3
54	45840	45840	2101305600	0,79674	0,83002	0,68893	38048,06
55	47760	47760	2281017600	0,81157	0,88371	0,78094	42205,83
56	50130	50130	2513016900	0,82641	0,94007	0,88373	47125,77
57	63570	63570	4041144900	0,84125	0,99959	0,99919	63544,14
58	63630	63630	4048776900	0,85608	1,06289	1,12973	67631,41
59	67200	67200	4515840000	0,87092	1,13075	1,27860	75986,41
60	68820	68820	4736192400	0,88576	1,20427	1,45026	82877,61
61	72300	72300	5227290000	0,90059	1,28494	1,65107	92901,2
62	76390	76390	5835432100	0,91543	1,37497	1,89055	105034,3
63	97110	97110	9430352100	0,93027	1,47778	2,18384	143507,5
64	104580	104580	10936976400	0,94510	1,59913	2,55721	167236,7
65	105180	105180	11062832400	0,95994	1,75000	3,06249	184064,8
66	111900	111900	12521610000	0,97478	1,95617	3,82660	218895,4
67	116490	116490	13569920100	0,98961	2,31211	5,34586	269337,9
TOTAL	2174865	2174865	1,23407E+11	33,5	-1,86517E-14	63,15438	1685987,968
IOF = r =	0,92320						

3. Distribusi *Lognormal*

Berikut merupakan perhitungan menggunakan distribusi *lognormal*:

X_i = ln t_i

= ln (1260) = 7,13887

x_i^2 = 7,13887^2

= 50,96342

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

= $\frac{(1-0,3)}{(67+0,4)}$ = 0,01039

Y_i = zi = $\Phi^{-1}[F(ti)]$

= zi = $\Phi^{-1}[F(0,01039)]$ = -2,31211

Y_i^2 = -2,31211²

= 5,3458

X_iY_i = 7,13887*(-2,31211)

= -16,5059

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi lognormal:

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

= $\frac{(67*(-16,5059)-((7,13887*(-2,31211))}{\sqrt{((67*-(50,96342)-(7,13887)^2)*((67*5,3458)-(-2,31211)^2)}}$

= 0,98961

Tabel 4. 10 Hasil Distribusi Lognormal *Time To Failure*

Lognormal							
No	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	1260	7,13887	50,96342	0,01039	-2,31211	5,34586	-16,50586
2	1350	7,20786	51,95324	0,02522	-1,95617	3,82660	-14,09980
3	1740	7,46164	55,67608	0,04006	-1,75000	3,06249	-13,05785
4	3810	8,24538	67,98637	0,05490	-1,59913	2,55721	-13,18542
5	4080	8,31385	69,12014	0,06973	-1,47778	2,18384	-12,28607
6	4710	8,45744	71,52835	0,08457	-1,37497	1,89055	-11,62877
7	5310	8,57735	73,57088	0,09941	-1,28494	1,65107	-11,02138
8	6270	8,74353	76,44935	0,11424	-1,20427	1,45026	-10,52954
9	6720	8,81284	77,66621	0,12908	-1,13075	1,27860	-9,96512
10	6840	8,83054	77,97849	0,14392	-1,06289	1,12973	-9,38586
11	7620	8,93853	79,89735	0,15875	-0,99959	0,99919	-8,93490
12	8520	9,05017	81,90561	0,17359	-0,94007	0,88373	-8,50781
13	9360	9,14420	83,61640	0,18843	-0,88371	0,78094	-8,08079
14	9600	9,16952	84,08007	0,20326	-0,83002	0,68893	-7,61087
15	10620	9,27049	85,94206	0,21810	-0,77862	0,60625	-7,21822
16	10620	9,27049	85,94206	0,23294	-0,72921	0,53174	-6,76010
17	11340	9,33609	87,16261	0,24777	-0,68151	0,46446	-6,36264

Lognormal							
No	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
18	13140	9,48342	89,93518	0,26261	-0,63532	0,40363	-6,02496
19	13230	9,49024	90,06470	0,27745	-0,59044	0,34862	-5,60341
20	13500	9,51044	90,44856	0,29228	-0,54672	0,29890	-5,19957
21	13650	9,52149	90,65886	0,30712	-0,50403	0,25404	-4,79908
22	15090	9,62179	92,57880	0,32196	-0,46223	0,21366	-4,44747
23	15420	9,64342	92,99556	0,33680	-0,42123	0,17743	-4,06205
24	15780	9,66650	93,44120	0,35163	-0,38092	0,14510	-3,68214
25	17220	9,75383	95,13714	0,36647	-0,34122	0,11643	-3,32820
26	17640	9,77792	95,60780	0,38131	-0,30205	0,09124	-2,95346
27	19650	9,88583	97,72969	0,39614	-0,26334	0,06935	-2,60338
28	19740	9,89040	97,82006	0,41098	-0,22503	0,05064	-2,22561
29	19860	9,89646	97,93998	0,42582	-0,18704	0,03498	-1,85100
30	20970	9,95085	99,01938	0,44065	-0,14931	0,02229	-1,48580
31	21120	9,95798	99,16128	0,45549	-0,11180	0,01250	-1,11334
32	22890	10,03846	100,77059	0,47033	-0,07445	0,00554	-0,74736
33	23190	10,05148	101,03218	0,48516	-0,03720	0,00138	-0,37390
34	24570	10,10928	102,19757	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000
35	26460	10,18339	103,70142	0,51484	0,03720	0,00138	0,37881
36	28980	10,27436	105,56250	0,52967	0,07445	0,00554	0,76492
37	29040	10,27643	105,60500	0,54451	0,11180	0,01250	1,14894
38	29715	10,29941	106,07779	0,55935	0,14931	0,02229	1,53785
39	30765	10,33413	106,79430	0,57418	0,18704	0,03498	1,93286
40	31350	10,35297	107,18398	0,58902	0,22503	0,05064	2,32970
41	32370	10,38499	107,84796	0,60386	0,26334	0,06935	2,73483
42	33150	10,40880	108,34308	0,61869	0,30205	0,09124	3,14401
43	33450	10,41781	108,53070	0,63353	0,34122	0,11643	3,55477
44	34260	10,44173	109,02980	0,64837	0,38092	0,14510	3,97744
45	34560	10,45045	109,21195	0,66320	0,42123	0,17743	4,40200
46	37230	10,52487	110,77289	0,67804	0,46223	0,21366	4,86490
47	38715	10,56398	111,59772	0,69288	0,50403	0,25404	5,32452
48	39090	10,57362	111,80148	0,70772	0,54672	0,29890	5,78083
49	39630	10,58734	112,09180	0,72255	0,59044	0,34862	6,25118
50	40850	10,61766	112,73475	0,73739	0,63532	0,40363	6,74557
51	41610	10,63610	113,12653	0,75223	0,68151	0,46446	7,24860
52	41790	10,64041	113,21838	0,76706	0,72921	0,53174	7,75906
53	44520	10,70369	114,56906	0,78190	0,77862	0,60625	8,33414
54	45840	10,73291	115,19541	0,79674	0,83002	0,68893	8,90852
55	47760	10,77394	116,07786	0,81157	0,88371	0,78094	9,52101
56	50130	10,82237	117,12380	0,82641	0,94007	0,88373	10,17380
57	63570	11,05990	122,32132	0,84125	0,99959	0,99919	11,05540
58	63630	11,06084	122,34219	0,85608	1,06289	1,12973	11,75641

Lognormal							
No	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
59	67200	11,11543	123,55275	0,87092	1,13075	1,27860	12,56877
60	68820	11,13925	124,08288	0,88576	1,20427	1,45026	13,41462
61	72300	11,18858	125,18431	0,90059	1,28494	1,65107	14,37666
62	76390	11,24361	126,41870	0,91543	1,37497	1,89055	15,45967
63	97110	11,48360	131,87306	0,93027	1,47778	2,18384	16,97027
64	104580	11,55771	133,58061	0,94510	1,59913	2,55721	18,48225
65	105180	11,56343	133,71288	0,95994	1,75000	3,06249	20,23597
66	111900	11,62536	135,14902	0,97478	1,95617	3,82660	22,74118
67	116490	11,66556	136,08531	0,98961	2,31211	5,34586	26,97208
TOTAL	2174865	667,98324	6728,478	33,5	-1,86517E-14	63,15438	65,20981
IOF = r =	0,98961						

4. Distribusi *Weibu*ll

Berikut merupakan perhitungan menggunakan distribusi *weibu*ll:

X_i = ln t_i

= ln (1260) = 7,13887

x_i^2 = $7{,}13887^2$

= 50,96342

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

= $\frac{(1-0{,}3)}{(67+0{,}4)}$ = 0,01039

Y_i = $In\ [In(\frac{1}{1-F(ti)})]$

= $In\ [In(\frac{1}{1-0{,}010386})]$ = -4,56210

Y_i^2 = $-4{,}56210^2$

= 20,8127

X_iY_i = 7,13887*(-4,56210)

= -32,5682

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi *weibu*ll:

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

$$= \frac{(67*(-32{,}5682)-((7{,}13887*(-4{,}5621))}{\sqrt{((67*-(50{,}96342)-(7{,}13887)^2)*((67*20{,}8127)-(-4{,}56210)^2)}}$$

$= 0{,}97746$

Tabel 4. 11 Hasil Distribusi *Weibu*ll *Time To Failure*

***Weibu*ll**							
No	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	1260	7,13887	50,96342	0,01039	-4,56210	20,81280	-32,56826
2	1350	7,20786	51,95324	0,02522	-3,66727	13,44888	-26,43317
3	1740	7,46164	55,67608	0,04006	-3,19702	10,22094	-23,85502
4	3810	8,24538	67,98637	0,05490	-2,87421	8,26111	-23,69901
5	4080	8,31385	69,12014	0,06973	-2,62716	6,90196	-21,84181
6	4710	8,45744	71,52835	0,08457	-2,42632	5,88705	-20,52049
7	5310	8,57735	73,57088	0,09941	-2,25664	5,09244	-19,35602
8	6270	8,74353	76,44935	0,11424	-2,10938	4,44949	-18,44344
9	6720	8,81284	77,66621	0,12908	-1,97902	3,91650	-17,44075
10	6840	8,83054	77,97849	0,14392	-1,86183	3,46641	-16,44098
11	7620	8,93853	79,89735	0,15875	-1,75521	3,08076	-15,68901
12	8520	9,05017	81,90561	0,17359	-1,65724	2,74644	-14,99829
13	9360	9,14420	83,61640	0,18843	-1,56647	2,45382	-14,32410
14	9600	9,16952	84,08007	0,20326	-1,48178	2,19568	-13,58724
15	10620	9,27049	85,94206	0,21810	-1,40230	1,96646	-13,00005
16	10620	9,27049	85,94206	0,23294	-1,32732	1,76178	-12,30490
17	11340	9,33609	87,16261	0,24777	-1,25625	1,57817	-11,72849
18	13140	9,48342	89,93518	0,26261	-1,18862	1,41283	-11,27222
19	13230	9,49024	90,06470	0,27745	-1,12403	1,26345	-10,66736
20	13500	9,51044	90,44856	0,29228	-1,06214	1,12815	-10,10147
21	13650	9,52149	90,65886	0,30712	-1,00266	1,00533	-9,54686
22	15090	9,62179	92,57880	0,32196	-0,94534	0,89367	-9,09588
23	15420	9,64342	92,99556	0,33680	-0,88996	0,79203	-8,58227
24	15780	9,66650	93,44120	0,35163	-0,83633	0,69945	-8,08440
25	17220	9,75383	95,13714	0,36647	-0,78428	0,61510	-7,64978
26	17640	9,77792	95,60780	0,38131	-0,73367	0,53827	-7,17376
27	19650	9,88583	97,72969	0,39614	-0,68435	0,46834	-6,76539
28	19740	9,89040	97,82006	0,41098	-0,63621	0,40477	-6,29239
29	19860	9,89646	97,93998	0,42582	-0,58914	0,34708	-5,83038
30	20970	9,95085	99,01938	0,44065	-0,54303	0,29488	-5,40361
31	21120	9,95798	99,16128	0,45549	-0,49780	0,24780	-4,95705
32	22890	10,03846	100,77059	0,47033	-0,45335	0,20553	-4,55095
33	23190	10,05148	101,03218	0,48516	-0,40962	0,16779	-4,11724
34	24570	10,10928	102,19757	0,50000	-0,36651	0,13433	-3,70518
35	26460	10,18339	103,70142	0,51484	-0,32397	0,10496	-3,29914
36	28980	10,27436	105,56250	0,52967	-0,28193	0,07948	-2,89663

Weibull							
No	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
37	29040	10,27643	105,60500	0,54451	-0,24031	0,05775	-2,46955
38	29715	10,29941	106,07779	0,55935	-0,19906	0,03963	-2,05023
39	30765	10,33413	106,79430	0,57418	-0,15812	0,02500	-1,63403
40	31350	10,35297	107,18398	0,58902	-0,11742	0,01379	-1,21563
41	32370	10,38499	107,84796	0,60386	-0,07690	0,00591	-0,79862
42	33150	10,40880	108,34308	0,61869	-0,03650	0,00133	-0,37997
43	33450	10,41781	108,53070	0,63353	0,00383	0,00001	0,03995
44	34260	10,44173	109,02980	0,64837	0,04418	0,00195	0,46131
45	34560	10,45045	109,21195	0,66320	0,08460	0,00716	0,88409
46	37230	10,52487	110,77289	0,67804	0,12516	0,01567	1,31732
47	38715	10,56398	111,59772	0,69288	0,16595	0,02754	1,75307
48	39090	10,57362	111,80148	0,70772	0,20704	0,04286	2,18912
49	39630	10,58734	112,09180	0,72255	0,24852	0,06176	2,63113
50	40850	10,61766	112,73475	0,73739	0,29049	0,08438	3,08431
51	41610	10,63610	113,12653	0,75223	0,33306	0,11093	3,54250
52	41790	10,64041	113,21838	0,76706	0,37637	0,14165	4,00472
53	44520	10,70369	114,56906	0,78190	0,42055	0,17686	4,50143
54	45840	10,73291	115,19541	0,79674	0,46578	0,21695	4,99913
55	47760	10,77394	116,07786	0,81157	0,51225	0,26240	5,51896
56	50130	10,82237	117,12380	0,82641	0,56022	0,31385	6,06290
57	63570	11,05990	122,32132	0,84125	0,60998	0,37208	6,74636
58	63630	11,06084	122,34219	0,85608	0,66192	0,43814	7,32144
59	67200	11,11543	123,55275	0,87092	0,71653	0,51342	7,96457
60	68820	11,13925	124,08288	0,88576	0,77446	0,59979	8,62693
61	72300	11,18858	125,18431	0,90059	0,83661	0,69992	9,36052
62	76390	11,24361	126,41870	0,91543	0,90429	0,81774	10,16749
63	97110	11,48360	131,87306	0,93027	0,97948	0,95939	11,24801
64	104580	11,55771	133,58061	0,94510	1,06551	1,13531	12,31483
65	105180	11,56343	133,71288	0,95994	1,16857	1,36556	13,51269
66	111900	11,62536	135,14902	0,97478	1,30292	1,69759	15,14688
67	116490	11,66556	136,08531	0,98961	1,51893	2,30714	17,71913
TOTAL	2174865	667,9832	6728,4784	33,5	-37,6016	121,5574	-293,6523
IOF = r =	0,97746						

Berdasarkan hasil dari perhitungan *Index of Fit* pada distribusi eksponensial, normal, lognormal, dan *Weibu*ll didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 4. 12 *Index of Fit Time To Failure*

Distribusi	**Index Of Fit**

Exponensial	0,98817
Normal	0,92320
Lognormal	**0,98961**
*Weibu*ll	0,97745
Distribusi	**Index Of Fit**
Exponensial	98,82%
Normal	92,32%
Lognormal	**98,96%**
*Weibu*ll	97,75%

Dapat diketahui berdasarkan dari hasil perhitungan *Index of Fit* bahwa pada distribusi *lognormal* mendapatkan nilai paling besar yaitu 98,96%, maka pengolahan data berikutnya menggunakan distribusi *lognormal*.

4.3.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan

Setelah distribusi data antar waktu kerusakan diketahui maka berikutnya adalah menentukan jarak antar waktu perbaikan pada komponen *ro*ll *transport* sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Hasil Distribusi Normal *Time To Repair*

No	Mulai	Selesai	dti
1	07/01/2020 07:30	07/01/2020 11:30	240
2	27/01/2020 14:30	27/01/2020 16:45	135
3	18/02/2020 01:30	18/02/2020 03:00	90
4	03/03/2020 19:00	03/03/2020 22:00	180
5	22/03/2020 07:00	22/03/2020 14:30	450
6	17/04/2020 11:00	17/04/2020 13:30	150
7	22/04/2020 07:30	22/04/2020 15:30	480
8	05/06/2020 19:00	05/06/2020 21:00	120
9	27/06/2020 15:30	27/06/2020 17:30	120
10	13/07/2020 15:00	13/07/2020 16:00	60
11	29/08/2020 08:00	29/08/2020 09:00	60
12	15/11/2020 02:00	15/11/2020 04:30	150
13	24/11/2020 09:00	24/11/2020 10:30	90
14	13/02/2021 08:00	13/02/2021 09:00	60
15	21/04/2021 19:30	21/04/2021 22:40	190
16	20/05/2021 07:30	20/05/2021 08:30	60
17	16/06/2021 12:00	16/06/2021 15:00	180
18	27/06/2021 08:00	27/06/2021 10:30	150
19	01/08/2021 06:00	01/08/2021 06:30	30
20	12/10/2021 21:30	12/10/2021 23:50	140
21	05/12/2021 01:00	05/12/2021 04:00	180

No	Mulai	Selesai	dti
22	18/12/2021 21:00	19/12/2021 00:00	180
23	04/02/2022 19:00	04/02/2022 21:30	150
24	28/02/2022 03:00	28/02/2022 06:30	210
25	17/03/2022 08:00	17/03/2022 11:30	210
26	21/03/2022 20:00	21/03/2022 22:00	120
27	29/03/2022 07:00	29/03/2022 09:00	120
28	09/04/2022 08:00	09/04/2022 11:00	180
29	23/04/2022 06:00	23/04/2022 08:30	150
30	02/05/2022 20:00	03/05/2022 02:30	390
31	26/05/2022 03:00	26/05/2022 04:30	90
32	15/06/2022 08:30	15/06/2022 10:45	135
33	12/07/2022 08:00	12/07/2022 11:30	210
34	20/07/2022 08:30	20/07/2022 14:30	360
35	21/07/2022 19:30	21/07/2022 22:30	180
36	29/07/2022 07:30	29/07/2022 10:30	180
37	27/08/2022 08:00	27/08/2022 17:00	540
38	05/09/2022 20:00	05/09/2022 22:00	120
39	11/09/2022 05:00	11/09/2022 06:30	90
40	14/09/2022 13:00	14/09/2022 15:30	150
41	08/10/2022 15:30	08/10/2022 16:30	60
42	22/10/2022 08:00	22/10/2022 13:00	300
43	19/11/2022 01:30	19/11/2022 03:30	120
44	25/11/2022 19:30	25/11/2022 23:15	225
45	28/11/2022 19:15	28/11/2022 20:00	45
46	21/12/2022 07:30	21/12/2022 11:00	210
47	27/12/2022 09:00	27/12/2022 10:00	60
48	30/12/2022 01:30	30/12/2022 05:00	210
49	18/02/2023 10:00	18/02/2023 11:00	60
50	19/02/2023 08:00	19/02/2023 09:00	60
51	22/03/2023 07:00	22/03/2023 13:00	360
52	03/04/2023 12:00	03/04/2023 19:00	420
53	10/04/2023 07:00	10/04/2023 09:30	150
54	09/05/2023 10:00	09/05/2023 15:00	300
55	14/05/2023 07:00	14/05/2023 12:00	300
56	07/06/2023 07:00	07/06/2023 12:00	300
57	19/08/2023 13:00	19/08/2023 15:00	120
58	23/08/2023 07:30	23/08/2023 10:30	180
59	02/09/2023 22:00	02/09/2023 23:00	60
60	15/09/2023 05:00	15/09/2023 06:30	90
61	24/09/2023 15:30	24/09/2023 16:45	75
62	15/10/2023 08:00	15/10/2023 10:30	150

No	Mulai	Selesai	dti
63	30/10/2023 00:00	30/10/2023 03:30	210
64	13/12/2023 08:00	13/12/2023 10:00	120
65	14/12/2023 08:30	14/12/2023 11:00	150
66	16/01/2024 15:00	16/01/2024 16:30	90
67	01/02/2024 19:00	01/02/2024 21:00	120
68	04/03/2024 17:00	04/03/2024 19:00	120
TOTAL			**11745**

Berikut merupakan perhitungan distribusi antar waktu perbaikan untuk mencari nilai Index of Fit terbesar dengan menggunakan 4 distribusi yaitu distribusi eksponensial, normal, *lognormal*, dan *weibu*ll.

1. Distibusi Eksponensial

Berikut merupakan perhitungan menggunakan distribusi eksponensial:

X_i $= dt_i$

$= 30$

x_i^2 $= 30^2$

$= 900$

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

$= \frac{(1-0,3)}{(68+0,4)} = 0,0102$

Y_i $= ln\ [(\frac{1}{1-F(dti)})]$

$= ln\ [(\frac{1}{1-0,0102})] = 0,0103$

Y_i^2 $= 0,0103^2$

$= 0,0001$

X_iY_i $= 30*0,0103$

$= 0,3086$

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi eksponensial:

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

$= \frac{(68*(0,3086))-((30*0,0102))}{\sqrt{((68*-900)-(30)^2)*((68*0,0001)-(0,0103)^2)}}$

$= 0,98923$

Tabel 4. 14 Hasil Distribusi Eksponensial *Time To Repair*

Eksponensial							
No	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	30	30	900	0,0102	0,0103	0,0001	0,3086
2	45	45	2025	0,0249	0,0252	0,0006	1,1326
3	60	60	3600	0,0395	0,0403	0,0016	2,4164
4	60	60	3600	0,0541	0,0556	0,0031	3,3367
5	60	60	3600	0,0687	0,0712	0,0051	4,2713
6	60	60	3600	0,0833	0,0870	0,0076	5,2207
7	60	60	3600	0,0980	0,1031	0,0106	6,1853
8	60	60	3600	0,1126	0,1194	0,0143	7,1657
9	60	60	3600	0,1272	0,1360	0,0185	8,1624
10	60	60	3600	0,1418	0,1529	0,0234	9,1760
11	60	60	3600	0,1564	0,1701	0,0289	10,2069
12	75	75	5625	0,1711	0,1876	0,0352	14,0699
13	90	90	8100	0,1857	0,2054	0,0422	18,4853
14	90	90	8100	0,2003	0,2235	0,0500	20,1158
15	90	90	8100	0,2149	0,2420	0,0585	21,7764
16	90	90	8100	0,2295	0,2608	0,0680	23,4682
17	90	90	8100	0,2442	0,2799	0,0784	25,1924
18	90	90	8100	0,2588	0,2994	0,0897	26,9502
19	120	120	14400	0,2734	0,3194	0,1020	38,3241
20	120	120	14400	0,2880	0,3397	0,1154	40,7633
21	120	120	14400	0,3026	0,3604	0,1299	43,2530
22	120	120	14400	0,3173	0,3816	0,1456	45,7954
23	120	120	14400	0,3319	0,4033	0,1626	48,3929
24	120	120	14400	0,3465	0,4254	0,1810	51,0479
25	120	120	14400	0,3611	0,4480	0,2007	53,7630
26	120	120	14400	0,3757	0,4712	0,2220	56,5409
27	120	120	14400	0,3904	0,4949	0,2449	59,3846
28	120	120	14400	0,4050	0,5191	0,2695	62,2974
29	135	135	18225	0,4196	0,5440	0,2960	73,4429
30	135	135	18225	0,4342	0,5695	0,3244	76,8870
31	140	140	19600	0,4488	0,5957	0,3549	83,3998
32	150	150	22500	0,4635	0,6226	0,3876	93,3894
33	150	150	22500	0,4781	0,6502	0,4228	97,5333
34	150	150	22500	0,4927	0,6786	0,4605	101,7950
35	150	150	22500	0,5073	0,7079	0,5011	106,1812
36	150	150	22500	0,5219	0,7380	0,5446	110,6997
37	150	150	22500	0,5365	0,7691	0,5914	115,3584
38	150	150	22500	0,5512	0,8011	0,6418	120,1665
39	150	150	22500	0,5658	0,8342	0,6959	125,1339

Eksponensial							
No	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
40	150	150	22500	0,5804	0,8685	0,7543	130,2714
41	180	180	32400	0,5950	0,9039	0,8171	162,7093
42	180	180	32400	0,6096	0,9407	0,8849	169,3277
43	180	180	32400	0,6243	0,9789	0,9582	176,1987
44	180	180	32400	0,6389	1,0186	1,0375	183,3425
45	180	180	32400	0,6535	1,0599	1,1234	190,7816
46	180	180	32400	0,6681	1,1030	1,2166	198,5414
47	180	180	32400	0,6827	1,1481	1,3180	206,6509
48	180	180	32400	0,6974	1,1952	1,4286	215,1430
49	190	190	36100	0,7120	1,2448	1,5494	236,5033
50	210	210	44100	0,7266	1,2968	1,6818	272,3384
51	210	210	44100	0,7412	1,3518	1,8274	283,8797
52	210	210	44100	0,7558	1,4100	1,9880	296,0925
53	210	210	44100	0,7705	1,4717	2,1659	309,0595
54	210	210	44100	0,7851	1,5375	2,3640	322,8803
55	210	210	44100	0,7997	1,6080	2,5856	337,6752
56	225	225	50625	0,8143	1,6838	2,8351	378,8484
57	240	240	57600	0,8289	1,7658	3,1180	423,7882
58	300	300	90000	0,8436	1,8551	3,4415	556,5387
59	300	300	90000	0,8582	1,9532	3,8152	585,9741
60	300	300	90000	0,8728	2,0620	4,2520	618,6149
61	300	300	90000	0,8874	2,1842	4,7705	655,2457
62	360	360	129600	0,9020	2,3233	5,3976	836,3755
63	360	360	129600	0,9167	2,4849	6,1748	894,5664
64	390	390	152100	0,9313	2,6778	7,1707	1044,3460
65	420	420	176400	0,9459	2,9170	8,5091	1225,1568
66	450	450	202500	0,9605	3,2321	10,4466	1454,4545
67	480	480	230400	0,9751	3,6947	13,6511	1773,4774
68	540	540	291600	0,9898	4,5820	20,9952	2474,3058
TOTAL	11745	11745	2832425	34	66,89717	125,80855	18424,27835
IOF = r =	**0,98923**						

2. Distribusi Normal

   Berikut merupakan perhitungan menggunakan distribusi normal:

   X_i = dt_i

   = 30

   x_i^2 = 30^2

   = 900

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

$= \frac{(1-0,3)}{(68+0,4)} = 0,0102$

$Y_i = zi = \Phi^{-1}[F(dti)]$

$= zi = \Phi^{-1}[F(0,0102)]$

$= -2,3177$

$Y_i^2 = -2,3177^2$

$= 5,3715$

$X_iY_i = 30*(-2,3177)$

$= -69,5298$

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi normal:

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

$$= \frac{(68*-(-69,5298))-((30*(-2,3177)))}{\sqrt{((68*-900)-(30)^2)*((68*5,3715)-(-2,3177)^2)}}$$

$= 0,92752$

Tabel 4. 15 Hasil Distribusi Normal *Time To Repair*

Normal							
No	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	30	30	900	0,0102	-2,3177	5,3715	-69,5298
2	45	45	2025	0,0249	-1,9625	3,8513	-88,3112
3	60	60	3600	0,0395	-1,7568	3,0864	-105,4096
4	60	60	3600	0,0541	-1,6064	2,5805	-96,3837
5	60	60	3600	0,0687	-1,4854	2,2065	-89,1265
6	60	60	3600	0,0833	-1,3830	1,9127	-82,9796
7	60	60	3600	0,0980	-1,2933	1,6726	-77,5982
8	60	60	3600	0,1126	-1,2130	1,4713	-72,7774
9	60	60	3600	0,1272	-1,1398	1,2991	-68,3856
10	60	60	3600	0,1418	-1,0722	1,1496	-64,3326
11	60	60	3600	0,1564	-1,0092	1,0185	-60,5537
12	75	75	5625	0,1711	-0,9500	0,9025	-71,2510
13	90	90	8100	0,1857	-0,8940	0,7992	-80,4561
14	90	90	8100	0,2003	-0,8406	0,7066	-75,6520
15	90	90	8100	0,2149	-0,7895	0,6233	-71,0543
16	90	90	8100	0,2295	-0,7404	0,5482	-66,6350
17	90	90	8100	0,2442	-0,6930	0,4803	-62,3708
18	90	90	8100	0,2588	-0,6471	0,4188	-58,2422

Normal							
No	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
19	120	120	14400	0,2734	-0,6026	0,3631	-72,3104
20	120	120	14400	0,2880	-0,5592	0,3127	-67,1043
21	120	120	14400	0,3026	-0,5168	0,2671	-62,0216
22	120	120	14400	0,3173	-0,4754	0,2260	-57,0478
23	120	120	14400	0,3319	-0,4348	0,1890	-52,1702
24	120	120	14400	0,3465	-0,3948	0,1559	-47,3773
25	120	120	14400	0,3611	-0,3555	0,1264	-42,6589
26	120	120	14400	0,3757	-0,3167	0,1003	-38,0055
27	120	120	14400	0,3904	-0,2784	0,0775	-33,4086
28	120	120	14400	0,4050	-0,2405	0,0578	-28,8602
29	135	135	18225	0,4196	-0,2029	0,0412	-27,3970
30	135	135	18225	0,4342	-0,1657	0,0274	-22,3647
31	140	140	19600	0,4488	-0,1286	0,0165	-18,0064
32	150	150	22500	0,4635	-0,0917	0,0084	-13,7618
33	150	150	22500	0,4781	-0,0550	0,0030	-8,2496
34	150	150	22500	0,4927	-0,0183	0,0003	-2,7486
35	150	150	22500	0,5073	0,0183	0,0003	2,7486
36	150	150	22500	0,5219	0,0550	0,0030	8,2496
37	150	150	22500	0,5365	0,0917	0,0084	13,7618
38	150	150	22500	0,5512	0,1286	0,0165	19,2925
39	150	150	22500	0,5658	0,1657	0,0274	24,8497
40	150	150	22500	0,5804	0,2029	0,0412	30,4411
41	180	180	32400	0,5950	0,2405	0,0578	43,2903
42	180	180	32400	0,6096	0,2784	0,0775	50,1128
43	180	180	32400	0,6243	0,3167	0,1003	57,0082
44	180	180	32400	0,6389	0,3555	0,1264	63,9883
45	180	180	32400	0,6535	0,3948	0,1559	71,0660
46	180	180	32400	0,6681	0,4348	0,1890	78,2553
47	180	180	32400	0,6827	0,4754	0,2260	85,5717
48	180	180	32400	0,6974	0,5168	0,2671	93,0324
49	190	190	36100	0,7120	0,5592	0,3127	106,2485
50	210	210	44100	0,7266	0,6026	0,3631	126,5432
51	210	210	44100	0,7412	0,6471	0,4188	135,8986
52	210	210	44100	0,7558	0,6930	0,4803	145,5318
53	210	210	44100	0,7705	0,7404	0,5482	155,4816
54	210	210	44100	0,7851	0,7895	0,6233	165,7933
55	210	210	44100	0,7997	0,8406	0,7066	176,5212
56	225	225	50625	0,8143	0,8940	0,7992	201,1403
57	240	240	57600	0,8289	0,9500	0,9025	228,0033
58	300	300	90000	0,8436	1,0092	1,0185	302,7683
59	300	300	90000	0,8582	1,0722	1,1496	321,6630

Normal							
No	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
60	300	300	90000	0,8728	1,1398	1,2991	341,9282
61	300	300	90000	0,8874	1,2130	1,4713	363,8871
62	360	360	129600	0,9020	1,2933	1,6726	465,5889
63	360	360	129600	0,9167	1,3830	1,9127	497,8779
64	390	390	152100	0,9313	1,4854	2,2065	579,3222
65	420	420	176400	0,9459	1,6064	2,5805	674,6859
66	450	450	202500	0,9605	1,7568	3,0864	790,5720
67	480	480	230400	0,9751	1,9625	3,8513	941,9864
68	540	540	291600	0,9898	2,3177	5,3715	1251,5361
TOTAL	11745	11745	2832425	34	-9,32587E-15	64,14342	6660,10408
IOF = r =	**0,92752**						

3. Distribusi *Lognormal*

Berikut merupakan perhitungan menggunakan distribusi *lognormal*:

X_i = ln dt_i

= ln (30) = 3,4012

x_i^2 = $3{,}4012^2$

= 11,5681

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

= $\frac{(1-0{,}3)}{(68+0{,}4)}$ = 0,0102

Y_i = zi = $\Phi^{-1}[F(dti)]$

= zi = $\Phi^{-1}[F(0{,}0102)]$ = -2,3177

Y_i^2 = $-2{,}3177^2$

= 5,3715

X_iY_i = 3,4012*(-2,3177)

= -7,8828

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi lognormal:

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

= $\frac{(68*-(-7{,}8828))-((3{,}4012*(-2{,}3177)))}{\sqrt{((68*-11{,}5681)-(3{,}4012)^2)*((68*5{,}3715)-(-2{,}3177)^2)}}$

= 0,99268

Tabel 4. 16 Hasil Distribusi Lognormal *Time To Repair*

Lognormal							
No	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	30	3,4012	11,5681	0,0102	-2,3177	5,3715	-7,8828
2	45	3,8067	14,4907	0,0249	-1,9625	3,8513	-7,4705
3	60	4,0943	16,7637	0,0395	-1,7568	3,0864	-7,1931
4	60	4,0943	16,7637	0,0541	-1,6064	2,5805	-6,5771
5	60	4,0943	16,7637	0,0687	-1,4854	2,2065	-6,0819
6	60	4,0943	16,7637	0,0833	-1,3830	1,9127	-5,6625
7	60	4,0943	16,7637	0,0980	-1,2933	1,6726	-5,2952
8	60	4,0943	16,7637	0,1126	-1,2130	1,4713	-4,9663
9	60	4,0943	16,7637	0,1272	-1,1398	1,2991	-4,6666
10	60	4,0943	16,7637	0,1418	-1,0722	1,1496	-4,3900
11	60	4,0943	16,7637	0,1564	-1,0092	1,0185	-4,1321
12	75	4,3175	18,6407	0,1711	-0,9500	0,9025	-4,1017
13	90	4,4998	20,2483	0,1857	-0,8940	0,7992	-4,0226
14	90	4,4998	20,2483	0,2003	-0,8406	0,7066	-3,7824
15	90	4,4998	20,2483	0,2149	-0,7895	0,6233	-3,5526
16	90	4,4998	20,2483	0,2295	-0,7404	0,5482	-3,3316
17	90	4,4998	20,2483	0,2442	-0,6930	0,4803	-3,1184
18	90	4,4998	20,2483	0,2588	-0,6471	0,4188	-2,9120
19	120	4,7875	22,9201	0,2734	-0,6026	0,3631	-2,8849
20	120	4,7875	22,9201	0,2880	-0,5592	0,3127	-2,6772
21	120	4,7875	22,9201	0,3026	-0,5168	0,2671	-2,4744
22	120	4,7875	22,9201	0,3173	-0,4754	0,2260	-2,2760
23	120	4,7875	22,9201	0,3319	-0,4348	0,1890	-2,0814
24	120	4,7875	22,9201	0,3465	-0,3948	0,1559	-1,8902
25	120	4,7875	22,9201	0,3611	-0,3555	0,1264	-1,7019
26	120	4,7875	22,9201	0,3757	-0,3167	0,1003	-1,5163
27	120	4,7875	22,9201	0,3904	-0,2784	0,0775	-1,3329
28	120	4,7875	22,9201	0,4050	-0,2405	0,0578	-1,1514
29	135	4,9053	24,0617	0,4196	-0,2029	0,0412	-0,9955
30	135	4,9053	24,0617	0,4342	-0,1657	0,0274	-0,8126
31	140	4,9416	24,4198	0,4488	-0,1286	0,0165	-0,6356
32	150	5,0106	25,1065	0,4635	-0,0917	0,0084	-0,4597
33	150	5,0106	25,1065	0,4781	-0,0550	0,0030	-0,2756
34	150	5,0106	25,1065	0,4927	-0,0183	0,0003	-0,0918
35	150	5,0106	25,1065	0,5073	0,0183	0,0003	0,0918
36	150	5,0106	25,1065	0,5219	0,0550	0,0030	0,2756
37	150	5,0106	25,1065	0,5365	0,0917	0,0084	0,4597
38	150	5,0106	25,1065	0,5512	0,1286	0,0165	0,6445
39	150	5,0106	25,1065	0,5658	0,1657	0,0274	0,8301

Lognormal							
No	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
40	150	5,0106	25,1065	0,5804	0,2029	0,0412	1,0169
41	180	5,1930	26,9668	0,5950	0,2405	0,0578	1,2489
42	180	5,1930	26,9668	0,6096	0,2784	0,0775	1,4457
43	180	5,1930	26,9668	0,6243	0,3167	0,1003	1,6447
44	180	5,1930	26,9668	0,6389	0,3555	0,1264	1,8460
45	180	5,1930	26,9668	0,6535	0,3948	0,1559	2,0502
46	180	5,1930	26,9668	0,6681	0,4348	0,1890	2,2576
47	180	5,1930	26,9668	0,6827	0,4754	0,2260	2,4687
48	180	5,1930	26,9668	0,6974	0,5168	0,2671	2,6840
49	190	5,2470	27,5313	0,7120	0,5592	0,3127	2,9342
50	210	5,3471	28,5916	0,7266	0,6026	0,3631	3,2221
51	210	5,3471	28,5916	0,7412	0,6471	0,4188	3,4603
52	210	5,3471	28,5916	0,7558	0,6930	0,4803	3,7056
53	210	5,3471	28,5916	0,7705	0,7404	0,5482	3,9589
54	210	5,3471	28,5916	0,7851	0,7895	0,6233	4,2215
55	210	5,3471	28,5916	0,7997	0,8406	0,7066	4,4947
56	225	5,4161	29,3341	0,8143	0,8940	0,7992	4,8418
57	240	5,4806	30,0374	0,8289	0,9500	0,9025	5,2067
58	300	5,7038	32,5331	0,8436	1,0092	1,0185	5,7564
59	300	5,7038	32,5331	0,8582	1,0722	1,1496	6,1157
60	300	5,7038	32,5331	0,8728	1,1398	1,2991	6,5009
61	300	5,7038	32,5331	0,8874	1,2130	1,4713	6,9184
62	360	5,8861	34,6462	0,9020	1,2933	1,6726	7,6125
63	360	5,8861	34,6462	0,9167	1,3830	1,9127	8,1404
64	390	5,9661	35,5949	0,9313	1,4854	2,2065	8,8624
65	420	6,0403	36,4847	0,9459	1,6064	2,5805	9,7030
66	450	6,1092	37,3229	0,9605	1,7568	3,0864	10,7329
67	480	6,1738	38,1156	0,9751	1,9625	3,8513	12,1159
68	540	6,2916	39,5838	0,9898	2,3177	5,3715	14,5817
TOTAL	11745	338,05454	1705,4779	34	0	64,1434	39,6539
IOF = r =	**0,99268**						

4. Distribusi *Weibu*ll

   Berikut merupakan perhitungan menggunakan distribusi *weibu*ll:

   X_i = ln dt_i

   = ln (30) = 3,4012

   x_i^2 = $3{,}4012^2$

   = 11,5681

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

$= \frac{(1-0,3)}{(68+0,4)} = 0,0102$

$Y_i = In\ [In(\frac{1}{1-F(dti)})]$

$= In\ [In(\frac{1}{1-0,0102})] = -4,5769$

$Y_i^2 = -4,5769^2$

$= 20,9481$

$X_iY_i = 3,4012*(-4,5769)$

$= -15,5670$

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi *weibu*ll:

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

$= \frac{(68*-(-15,5670))-((3,4012*(-4,5769)))}{\sqrt{((68*-11,5681)-(3,4012)^2)*((68*20,9481)-(-4,5769)^2)}}$

$= 0,97149$

Tabel 4. 17 Hasil Distribusi *Weibu*ll *Time To Repair*

Weibull							
No	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	30	3,4012	11,5681	0,0102	-4,5769	20,9481	-15,5670
2	45	3,8067	14,4907	0,0249	-3,6822	13,5585	-14,0168
3	60	4,0943	16,7637	0,0395	-3,2121	10,3173	-13,1512
4	60	4,0943	16,7637	0,0541	-2,8894	8,3484	-11,8300
5	60	4,0943	16,7637	0,0687	-2,6424	6,9824	-10,8190
6	60	4,0943	16,7637	0,0833	-2,4417	5,9620	-9,9972
7	60	4,0943	16,7637	0,0980	-2,2722	5,1627	-9,3030
8	60	4,0943	16,7637	0,1126	-2,1250	4,5158	-8,7006
9	60	4,0943	16,7637	0,1272	-1,9948	3,9792	-8,1674
10	60	4,0943	16,7637	0,1418	-1,8778	3,5260	-7,6882
11	60	4,0943	16,7637	0,1564	-1,7713	3,1374	-7,2522
12	75	4,3175	18,6407	0,1711	-1,6735	2,8004	-7,2251
13	90	4,4998	20,2483	0,1857	-1,5828	2,5054	-7,1224
14	90	4,4998	20,2483	0,2003	-1,4983	2,2449	-6,7421
15	90	4,4998	20,2483	0,2149	-1,4190	2,0135	-6,3852
16	90	4,4998	20,2483	0,2295	-1,3442	1,8068	-6,0485
17	90	4,4998	20,2483	0,2442	-1,2733	1,6212	-5,7295
18	90	4,4998	20,2483	0,2588	-1,2058	1,4540	-5,4260

Weibull							
No	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
19	120	4,7875	22,9201	0,2734	-1,1414	1,3028	-5,4645
20	120	4,7875	22,9201	0,2880	-1,0797	1,1658	-5,1691
21	120	4,7875	22,9201	0,3026	-1,0204	1,0413	-4,8853
22	120	4,7875	22,9201	0,3173	-0,9633	0,9280	-4,6118
23	120	4,7875	22,9201	0,3319	-0,9081	0,8247	-4,3477
24	120	4,7875	22,9201	0,3465	-0,8547	0,7306	-4,0920
25	120	4,7875	22,9201	0,3611	-0,8029	0,6447	-3,8439
26	120	4,7875	22,9201	0,3757	-0,7525	0,5663	-3,6027
27	120	4,7875	22,9201	0,3904	-0,7035	0,4949	-3,3678
28	120	4,7875	22,9201	0,4050	-0,6556	0,4298	-3,1385
29	135	4,9053	24,0617	0,4196	-0,6088	0,3706	-2,9862
30	135	4,9053	24,0617	0,4342	-0,5629	0,3169	-2,7614
31	140	4,9416	24,4198	0,4488	-0,5180	0,2683	-2,5598
32	150	5,0106	25,1065	0,4635	-0,4739	0,2245	-2,3743
33	150	5,0106	25,1065	0,4781	-0,4304	0,1853	-2,1568
34	150	5,0106	25,1065	0,4927	-0,3877	0,1503	-1,9425
35	150	5,0106	25,1065	0,5073	-0,3455	0,1194	-1,7311
36	150	5,0106	25,1065	0,5219	-0,3038	0,0923	-1,5223
37	150	5,0106	25,1065	0,5365	-0,2626	0,0690	-1,3157
38	150	5,0106	25,1065	0,5512	-0,2218	0,0492	-1,1111
39	150	5,0106	25,1065	0,5658	-0,1813	0,0329	-0,9082
40	150	5,0106	25,1065	0,5804	-0,1410	0,0199	-0,7066
41	180	5,1930	26,9668	0,5950	-0,1010	0,0102	-0,5244
42	180	5,1930	26,9668	0,6096	-0,0611	0,0037	-0,3174
43	180	5,1930	26,9668	0,6243	-0,0213	0,0005	-0,1108
44	180	5,1930	26,9668	0,6389	0,0184	0,0003	0,0955
45	180	5,1930	26,9668	0,6535	0,0582	0,0034	0,3021
46	180	5,1930	26,9668	0,6681	0,0980	0,0096	0,5091
47	180	5,1930	26,9668	0,6827	0,1381	0,0191	0,7170
48	180	5,1930	26,9668	0,6974	0,1783	0,0318	0,9261
49	190	5,2470	27,5313	0,7120	0,2189	0,0479	1,1488
50	210	5,3471	28,5916	0,7266	0,2599	0,0676	1,3899
51	210	5,3471	28,5916	0,7412	0,3014	0,0909	1,6118
52	210	5,3471	28,5916	0,7558	0,3436	0,1180	1,8371
53	210	5,3471	28,5916	0,7705	0,3864	0,1493	2,0663
54	210	5,3471	28,5916	0,7851	0,4302	0,1850	2,3002
55	210	5,3471	28,5916	0,7997	0,4750	0,2256	2,5398
56	225	5,4161	29,3341	0,8143	0,5210	0,2715	2,8220
57	240	5,4806	30,0374	0,8289	0,5686	0,3233	3,1163
58	300	5,7038	32,5331	0,8436	0,6180	0,3819	3,5247
59	300	5,7038	32,5331	0,8582	0,6695	0,4482	3,8186

***Weibu*ll**							
No	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
60	300	5,7038	32,5331	0,8728	0,7237	0,5237	4,1278
61	300	5,7038	32,5331	0,8874	0,7812	0,6103	4,4560
62	360	5,8861	34,6462	0,9020	0,8430	0,7106	4,9618
63	360	5,8861	34,6462	0,9167	0,9102	0,8285	5,3577
64	390	5,9661	35,5949	0,9313	0,9850	0,9702	5,8767
65	420	6,0403	36,4847	0,9459	1,0706	1,1461	6,4665
66	450	6,1092	37,3229	0,9605	1,1731	1,3763	7,1670
67	480	6,1738	38,1156	0,9751	1,3069	1,7080	8,0686
68	540	6,2916	39,5838	0,9898	1,5221	2,3169	9,5767
TOTAL	11745	338,0545	1705,478	34	-38,3863	123,48973	-141,93941
IOF = r =	**0,97149**						

Berikut merupakan hasil perhitungan *Index of Fit* menggunakan distribusi eksponensial, normal, *lognormal*, dan *weibu*ll:

Tabel 4. 18 *Index of Fit Mean Time to Repair*

Distribusi	**Index Of Fit**	
Exponensial	0,98923	98,92%
Normal	0,92752	92,75%
Lognormal	**0,99268**	**99,27%**
Weibull	0,97149	97,15%

Berdasarkan dari hasil tabel *Index of Fit* didapatkan nilai tertinggi dari keempat distribusi tersebut adalah pada distribusi lognormal sebesar 0,99268. Sehingga distribusi yang terpilih untuk pengolahan data berikutnya adalah distribusi lognormal.

4.3.4 Uji *Goodness of Fit* Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan

Berdasarkan dari data kerusakan pada uji hipotesis terpilih adalah pada distribusi lognormal, sehingga pengujian *Goodness of Fit* akan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov*. Berikut merupakan uji *Goodness of Fit* menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* pada distribusi waktu antar kerusakan:

Tabel 4. 19 *Uji Goodness of Fit Time to Failure*

No	**ln(ti)**	**[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2**	**Zti**	**Fti**	**D1**	**D2**
1	7,1389	8,0147	-2,7707	0,0028	0,0028	0,0121
2	7,2079	7,6289	-2,7032	0,0034	-0,0115	0,0264
3	7,4616	6,2914	-2,4548	0,0070	-0,0228	0,0377

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2	Zti	Fti	D1	D2
4	8,2454	2,9740	-1,6878	0,0457	0,0010	0,0140
5	8,3139	2,7425	-1,6208	0,0525	-0,0072	0,0221
6	8,4574	2,2875	-1,4802	0,0694	-0,0052	0,0201
7	8,5773	1,9392	-1,3629	0,0865	-0,0031	0,0180
8	8,7435	1,5040	-1,2002	0,1150	0,0105	0,0044
9	8,8128	1,3388	-1,1324	0,1287	0,0093	0,0056
10	8,8305	1,2981	-1,1151	0,1324	-0,0019	0,0168
11	8,9385	1,0637	-1,0094	0,1564	0,0071	0,0078
12	9,0502	0,8459	-0,9001	0,1840	0,0198	-0,0049
13	9,1442	0,6818	-0,8081	0,2095	0,0304	-0,0155
14	9,1695	0,6406	-0,7833	0,2167	0,0227	-0,0078
15	9,2705	0,4892	-0,6845	0,2468	0,0379	-0,0229
16	9,2705	0,4892	-0,6845	0,2468	0,0229	-0,0080
17	9,3361	0,4017	-0,6203	0,2675	0,0287	-0,0138
18	9,4834	0,2367	-0,4761	0,3170	0,0633	-0,0483
19	9,4902	0,2301	-0,4694	0,3194	0,0507	-0,0358
20	9,5104	0,2111	-0,4497	0,3265	0,0429	-0,0280
21	9,5215	0,2011	-0,4388	0,3304	0,0319	-0,0170
22	9,6218	0,1212	-0,3407	0,3667	0,0532	-0,0383
23	9,6434	0,1066	-0,3195	0,3747	0,0463	-0,0314
24	9,6665	0,0921	-0,2969	0,3833	0,0400	-0,0250
25	9,7538	0,0467	-0,2115	0,4163	0,0581	-0,0431
26	9,7779	0,0369	-0,1879	0,4255	0,0523	-0,0374
27	9,8858	0,0071	-0,0823	0,4672	0,0792	-0,0642
28	9,8904	0,0063	-0,0778	0,4690	0,0660	-0,0511
29	9,8965	0,0054	-0,0719	0,4714	0,0534	-0,0385
30	9,9508	0,0004	-0,0186	0,4926	0,0597	-0,0448
31	9,9580	0,0001	-0,0117	0,4953	0,0476	-0,0327
32	10,0385	0,0047	0,0671	0,5267	0,0641	-0,0491
33	10,0515	0,0067	0,0798	0,5318	0,0542	-0,0393
34	10,1093	0,0194	0,1364	0,5543	0,0617	-0,0468
35	10,1834	0,0456	0,2089	0,5828	0,0753	-0,0604
36	10,2744	0,0927	0,2980	0,6171	0,0948	-0,0798
37	10,2764	0,0940	0,3000	0,6179	0,0806	-0,0657
38	10,2994	0,1086	0,3225	0,6265	0,0742	-0,0593
39	10,3341	0,1327	0,3565	0,6393	0,0721	-0,0572
40	10,3530	0,1467	0,3749	0,6461	0,0640	-0,0491
41	10,3850	0,1723	0,4062	0,6577	0,0607	-0,0458
42	10,4088	0,1926	0,4295	0,6662	0,0543	-0,0394
43	10,4178	0,2006	0,4384	0,6694	0,0426	-0,0276
44	10,4417	0,2226	0,4618	0,6779	0,0361	-0,0212

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2	Zti	Fti	D1	D2
45	10,4505	0,2309	0,4703	0,6809	0,0242	-0,0093
46	10,5249	0,3080	0,5431	0,7065	0,0348	-0,0199
47	10,5640	0,3529	0,5814	0,7195	0,0330	-0,0180
48	10,5736	0,3645	0,5909	0,7227	0,0212	-0,0063
49	10,5873	0,3812	0,6043	0,7272	0,0108	0,0042
50	10,6177	0,4196	0,6340	0,7369	0,0056	0,0093
51	10,6361	0,4438	0,6520	0,7428	-0,0035	0,0184
52	10,6404	0,4496	0,6562	0,7442	-0,0170	0,0320
53	10,7037	0,5385	0,7182	0,7637	-0,0124	0,0274
54	10,7329	0,5822	0,7468	0,7724	-0,0187	0,0336
55	10,7739	0,6465	0,7869	0,7843	-0,0216	0,0366
56	10,8224	0,7267	0,8343	0,7979	-0,0229	0,0379
57	11,0599	1,1881	1,0668	0,8570	0,0211	-0,0062
58	11,0608	1,1902	1,0677	0,8572	0,0064	0,0085
59	11,1154	1,3122	1,1211	0,8689	0,0032	0,0117
60	11,1392	1,3674	1,1444	0,8738	-0,0068	0,0217
61	11,1886	1,4852	1,1927	0,8835	-0,0120	0,0269
62	11,2436	1,6223	1,2466	0,8937	-0,0167	0,0317
63	11,4836	2,2913	1,4814	0,9308	0,0054	0,0095
64	11,5577	2,5211	1,5540	0,9399	-0,0004	0,0153
65	11,5634	2,5393	1,5596	0,9406	-0,0147	0,0296
66	11,6254	2,7406	1,6202	0,9474	-0,0227	0,0377
67	11,6656	2,8753	1,6595	0,9515	-0,0336	0,0485
TOTAL	**667,9832**	**69,9492**		**DnMax**	**0,0948**	0,0485

Berdasarkan dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa:

Pada Dhitung akan diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, Dhitung yang didapatkan adalah sebesar 0,0948 dengan hipotesa pada pengujian *Kolmogrov-Smirnov* sebagai berikut:

H0 : Data *Time To Failure* berdistribusi Lognormal

H1 : Data *Time To Failure* tidak berdistribusi Lognormal

a : 0,05

Dtabel : Dapat diketahui berdasarkan tabel D *Kolmogorov-Smirnov* dengan nilai Dcrit 67 ; 0,05 = 0,1659

Wilayah kritis : Dn < Dcrit maka H0 diterima

4.3.5 Uji *Goodness of Fit* Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan

Berdasarkan dari data waktu perbaikan pada uji hipotesis terpilih adalah pada distribusi lognormal, sehingga pengujian *Goodness of Fit* akan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov*. Berikut merupakan uji *Goodness of Fit* menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* pada distribusi waktu antar perbaikan:

Tabel 4. 20 *Uji Goodness of Fit Time to Repair*

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2	Zti	Fti	D1	D2
1	3,4012	2,4655	-2,5666	0,0051	0,0051	0,0096
2	3,8067	1,3566	-1,9039	0,0285	0,0138	0,0009
3	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	0,0464	-0,0317
4	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	0,0317	-0,0170
5	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	0,0170	-0,0023
6	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	0,0023	0,0124
7	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	-0,0124	0,0271
8	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	-0,0271	0,0418
9	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	-0,0418	0,0565
10	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	-0,0565	0,0712
11	4,0943	0,7692	-1,4336	0,0758	-0,0712	0,0859
12	4,3175	0,4276	-1,0689	0,1426	-0,0192	0,0339
13	4,4998	0,2224	-0,7708	0,2204	0,0439	-0,0292
14	4,4998	0,2224	-0,7708	0,2204	0,0292	-0,0145
15	4,4998	0,2224	-0,7708	0,2204	0,0145	0,0002
16	4,4998	0,2224	-0,7708	0,2204	-0,0002	0,0149
17	4,4998	0,2224	-0,7708	0,2204	-0,0149	0,0296
18	4,4998	0,2224	-0,7708	0,2204	-0,0296	0,0443
19	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	0,1172	-0,1024
20	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	0,1024	-0,0877
21	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	0,0877	-0,0730
22	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	0,0730	-0,0583
23	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	0,0583	-0,0436
24	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	0,0436	-0,0289
25	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	0,0289	-0,0142
26	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	0,0142	0,0005
27	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	-0,0005	0,0152
28	4,7875	0,0338	-0,3006	0,3819	-0,0152	0,0299
29	4,9053	0,0044	-0,1081	0,4570	0,0452	-0,0305
30	4,9053	0,0044	-0,1081	0,4570	0,0305	-0,0158
31	4,9416	0,0009	-0,0486	0,4806	0,0394	-0,0247
32	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	0,0697	-0,0550
33	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	0,0550	-0,0403

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2	Zti	Fti	D1	D2
34	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	0,0403	-0,0256
35	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	0,0256	-0,0109
36	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	0,0109	0,0038
37	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	-0,0038	0,0185
38	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	-0,0185	0,0332
39	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	-0,0332	0,0480
40	5,0106	0,0015	0,0642	0,5256	-0,0480	0,0627
41	5,1930	0,0491	0,3622	0,6414	0,0532	-0,0384
42	5,1930	0,0491	0,3622	0,6414	0,0384	-0,0237
43	5,1930	0,0491	0,3622	0,6414	0,0237	-0,0090
44	5,1930	0,0491	0,3622	0,6414	0,0090	0,0057
45	5,1930	0,0491	0,3622	0,6414	-0,0057	0,0204
46	5,1930	0,0491	0,3622	0,6414	-0,0204	0,0351
47	5,1930	0,0491	0,3622	0,6414	-0,0351	0,0498
48	5,1930	0,0491	0,3622	0,6414	-0,0498	0,0645
49	5,2470	0,0760	0,4506	0,6738	-0,0320	0,0467
50	5,3471	0,1412	0,6141	0,7304	0,0099	0,0049
51	5,3471	0,1412	0,6141	0,7304	-0,0049	0,0196
52	5,3471	0,1412	0,6141	0,7304	-0,0196	0,0343
53	5,3471	0,1412	0,6141	0,7304	-0,0343	0,0490
54	5,3471	0,1412	0,6141	0,7304	-0,0490	0,0637
55	5,3471	0,1412	0,6141	0,7304	-0,0637	0,0784
56	5,4161	0,1978	0,7269	0,7664	-0,0425	0,0572
57	5,4806	0,2593	0,8324	0,7974	-0,0261	0,0408
58	5,7038	0,5364	1,1972	0,8844	0,0461	-0,0314
59	5,7038	0,5364	1,1972	0,8844	0,0314	-0,0167
60	5,7038	0,5364	1,1972	0,8844	0,0167	-0,0020
61	5,7038	0,5364	1,1972	0,8844	0,0020	0,0127
62	5,8861	0,8367	1,4952	0,9326	0,0355	-0,0208
63	5,8861	0,8367	1,4952	0,9326	0,0208	-0,0061
64	5,9661	0,9895	1,6260	0,9480	0,0216	-0,0069
65	6,0403	1,1425	1,7472	0,9597	0,0185	-0,0038
66	6,1092	1,2947	1,8599	0,9686	0,0127	0,0020
67	6,1738	1,4458	1,9654	0,9753	0,0047	0,0100
68	6,2916	1,7429	2,1580	0,9845	-0,0008	0,0155
TOTAL	**338,05454**	**25,0757**		**DMAX**	**0,1172**	0,0859

Berdasarkan dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa:

Pada Dhitung akan diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, Dhitung yang didapatkan adalah sebesar **0,1172** dengan hipotesa pada pengujian *Kolmogrov-Smirnov* sebagai berikut:

H0 : Data *Time To Repair* berdistribusi Lognormal

H1 : Data *Time To Repair* tidak berdistribusi Lognormal

a : 0,05

Dtabel : Dapat diketahui berdasarkan tabel D *Kolmogorov-Smirnov* dengan nilai Dcrit 68 ; 0,05 = 0,1649

Wilayah kritis : Dn < Dcrit maka H0 diterima

4.3.6 Perhitungan Parameter Distribusi Data Waktu Kerusakan

Setelah data yang didapatkan terbukti berdistribusi lognormal pada selanjutnya akan dilakukan perhitungan parameter. Parameter yang digunakan pada perhitungan distribusi data waktu kerusakan yaitu Tmed (parameter lokasi) serta s (parameter bentuk). Berikut merupakan perhitungan manual parameter tersebut:

1. Tmed (Parameter Lokasi)

   N = 67

   $\mu = \frac{\sum^{n}_{i=1} In\,(ti)}{n}$

   $\mu = \frac{667,9832}{67}$

   $\mu = 9,9699$

   Tmed = e^{μ}

   $= e^{9,9699}$

   = 21373,35

2. s (Parameter bentuk)

   $s = \sqrt{\frac{\sum^{n}_{i=1} [In(ti)-\mu]^2}{n}}$

   $s = \sqrt{\frac{69,9492}{67}}$

   s = 1,02177

4.3.7 Perhitungan Parameter Distribusi Data Waktu Perbaikan

1. Tmed (Parameter Lokasi)

   N = 68

   $\mu = \frac{\sum^{n}_{i=1} In\,(ti)}{n}$

$\mu = \frac{338,05454}{68}$

$\mu = 4,97139$

$Tmed = e^{\mu}$

$= e^{4,97139}$

$= 144.22722$

2. s (Parameter bentuk)

$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} [ln(tt) - \mu]^2}{n}}$

$s = \sqrt{\frac{25,0757}{68}}$

$s = 0,60726$

4.3.8 Penentuan Nilai Tengah Distribusi Data Waktu Kerusakan

Berikut merupakan perhitungan yang digunakan untuk menentukan nilai tengah dari distribusi data waktu kerusakan pada distribusi lognormal:

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

$= 21373,35 \ .e^{\frac{1,02177^2}{2}}$

$= 36022,81912$

4.3.9 Penentuan Nilai Tengah Distribusi Data Waktu Perbaikan

Berikut merupakan perhitungan yang digunakan untuk menentukan nilai tengah dari distribusi data waktu perbaikan pada distribusi lognormal:

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

$= 144.22722 \ .e^{\frac{0,60726^2}{2}}$

$= 173,90726$

4.3.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian

Pada perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan meminimasi *downtime* metode yang digunakan adalah *age replacement* dimana nilai pada parameter serta nilai MTTF yang sudah didapatkan sebelumnya menjadi masukin untuk mengetahui interval waktu penggantian pencegahan. Interval waktu antar kerusakan (tp) yang didapatkan berupa nilai downtime terkecil. Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan untuk pencarian interval waktu penggantian pencegahan dengan meminimasi *downtime*:

1. Data waktu kerusakan (*Time to Failure*) berdistribusi lognormal

MTTF = 36022,8 menit

Tmed = 21373,35

s = 1,02177

2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen mesin

   tf = 173,907 menit

3. Waktu untuk melakukan penggantian komponen secara *preventive*

   tp = 173,907 menit

Berikutnya yaitu untuk melakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan dari data yang telah didapatkan diatas dengan simulasi perhitungan selama 420.000 menit. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan dibawah ini:

Tabel 4. 21 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan

Interval Penggantian Komponen *Ro*ll *Transport* Dengan Model ARP						
No	**tp**	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp+Tp**	**(MTTF/F(tp))+Tf**	**D(tp)**
1	1	1	8,6E-23	174,907	4,20354E+26	0,00480
2	1000	0,99864	0,00136	1173,91	26415285,49	0,00468
3	10000	0,77137	0,22863	10173,9	157734,9889	0,00396
4	20000	0,52591	0,47409	20173,9	76157,23702	0,00372
5	**30000**	**0,37001**	**0,62999**	**30173,9**	**57353,81549**	**0,00368**
6	40000	0,26981	0,73019	40173,9	49507,5387	0,00370
7	50000	0,20277	0,79723	50173,9	45358,84813	0,00375
8	60000	0,1562	0,8438	60173,9	42864,99404	0,00382
9	70000	0,12281	0,87719	70173,9	41239,88042	0,00388
10	80000	0,09822	0,90178	80173,9	40120,27129	0,00395
11	90000	0,07971	0,92029	90173,9	39316,76087	0,00401
12	100000	0,0655	0,9345	100174	38721,71857	0,00407
13	110000	0,05442	0,94558	110174	38269,9191	0,00412
14	120000	0,04565	0,95435	120174	37919,80999	0,00417
15	130000	0,03862	0,96138	130174	37643,84089	0,00422
16	140000	0,03292	0,96708	140174	37423,13802	0,00426
17	150000	0,02826	0,97174	150174	37244,41415	0,00430
18	160000	0,02441	0,97559	160174	37098,09615	0,00434
19	170000	0,02121	0,97879	170174	36977,14843	0,00437
20	180000	0,01852	0,98148	180174	36876,31016	0,00440
21	190000	0,01625	0,98375	190174	36791,58745	0,00443
22	200000	0,01432	0,98568	200174	36719,90717	0,00445
23	210000	0,01267	0,98733	210174	36658,8761	0,00448
24	220000	0,01125	0,98875	220174	36606,61024	0,00450
25	230000	0,01003	0,98997	230174	36561,61192	0,00452

Interval Penggantian Komponen *Ro*ll *Transport* Dengan Model ARP						
No	**tp**	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp+Tp**	**(MTTF/F(tp))+Tf**	**D(tp)**
26	240000	0,00897	0,99103	240174	36522,6799	0,00453
27	250000	0,00804	0,99196	250174	36488,84283	0,00455
28	260000	0,00724	0,99276	260174	36459,30939	0,00457
29	270000	0,00653	0,99347	270174	36433,43041	0,00458
30	280000	0,0059	0,9941	280174	36410,66996	0,00459
31	290000	0,00535	0,99465	290174	36390,58296	0,00461
32	300000	0,00486	0,99514	300174	36372,79772	0,00462
33	310000	0,00443	0,99557	310174	36357,00222	0,00463
34	320000	0,00404	0,99596	320174	36342,93328	0,00464
35	330000	0,0037	0,9963	330174	36330,3679	0,00465
36	340000	0,00339	0,99661	340174	36319,1163	0,00466
37	350000	0,00311	0,99689	350174	36309,01633	0,00466
38	360000	0,00286	0,99714	360174	36299,92893	0,00467
39	370000	0,00263	0,99737	370174	36291,73436	0,00468
40	380000	0,00243	0,99757	380174	36284,32923	0,00469
41	390000	0,00224	0,99776	390174	36277,62393	0,00469
42	400000	0,00207	0,99793	400174	36271,54055	0,00470
43	410000	0,00192	0,99808	410174	36266,01119	0,00470
44	420000	0,00178	0,99822	420174	36260,97646	0,00471
	Min D(tp)					0,00368

Berikut merupakan contoh perhitungan interval waktu penggantian pencegahan pada komponen *ro*ll *transport* dengan distribusi lognormal pada nilai Tp sebesar 30.000 menit:

a. F(tp) $= \Phi\ (\frac{1}{s} ln \frac{t}{tmed})$

$= 0{,}62999$

b. R(tp) $= 1 – (F(tp)$

$= 1 - 0{,}62999$

$= 0{,}37001$

c. (tp +Tp) x R(tp) $= 30173{,}9 * 0{,}37001$

$= 11164{,}62171$

d. D(tp) $= \frac{\{TpR\,(tp)+Tf\,(1-R(tp)\}}{\{(tp\ +\ Tp)R(tp)\ +\ M(tp)\ +\ Tf[1\ -\ R(tp)]\}}$

$= 0{,}00368$

Berdasarkan perhitungan yang telah didapatkkan pada nilai D(tp) yang paling minimum adalah pada tp sebesar 30.000 menit. Oleh karena itu, waktu interval penggantian

komponen *ro*ll *transport* dengan kriteria minimasi *downtime* adalah pada menit 30.000 atau 20 hari.

4.3.11 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan komponen *ro*ll *transport* ini dilakukan analisis dengan tujuan untuk memastikan bahwa ketika mesin tersebut terus siap ketika akan digunakan. Berikut merupakan perhitungan interval waktu pemeriksaan komponen *ro*ll *transport*:

1. Jumlah Pemeriksaan (k)
   a. 1 bulan = 30 hari kerja; 1 hari = 24 jam kerja
   b. T = 30 hari/bulan x 24 jam/hari = 720 jam/bulan
   c. Jumlah kerusakan komponen *ro*ll *transport* 2020-2024 =
   d. k $= \frac{68}{60\ bulan}$
      = 1,13333
2. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan
   a. MTTR = 173,90727 menit
      = 2,89845 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. $\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{T}$
   d. μ = 248,408
3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan
   a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan (ti) = 1 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. $\frac{1}{i} = \frac{ti}{t}$
      $= \frac{1}{720}$
      = 0,00138
4. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

   n $= \sqrt{\frac{\overline{k.i}}{\mu}}$

   $= \sqrt{\frac{\overline{1,13333.720}}{248,408}}$

   = 1,81243
5. Interval waktu pemeriksaan

$\frac{t}{n}$ $= \frac{720}{1{,}81243}$

= 397,25596 jam

= 16 hari

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram berfungsi untuk menggambarkan fungsi dari seluruh rangkaian yang berada pada mesin *beacocks* ll. Proses awal produksi dimulai dari *ro*ll *cloth glider,* dimana berfungsi untuk tempat kain dalam bentuk gulungan yang ditempatkan untuk mempermudah pergerakan kain ke tahap berikutnya. Berikutnya komponen *ro*ll *transport* berfungsi untuk mengantarkan kain menuju seluruh rangkaian yang berada di dalam tabung *steamer box* yang berada di mesin *beacocks* ll. *Sprayer/nozzle* berfungsi untuk mengatur suhu yang berada di *steamer box* agar tetap terjaga, sehingga kain yang dihasilkan tidak mengalami cacat produksi. Selanjutnya *chain gear transport* berfungsi untuk menjaga kecepatan dan ketegangan kain secara tepat agar tidak terdapat lipatan pada kain. *Rubber strip ro*ll *plaiter* berfungsi untuk merapikan kain saat menjalani rangkaian proses yang berada di *steamer box*. Selanjutnya uap panas yang dihasilkan dari *steamer box* tersebut akan dibuang melalui cerobong/*exhaust*, ketika cerobong tersebut terdapat banyak debu maka uap panas yang dikeluarkan tidak maksimal. Komponen terakhir pada mesin *beacocks* ll adalah *plate belt ro*ll *plaiter* yang berfungsi untuk melipat kain agar tetap sesuai ukuran serta siap untuk dipasarkan.

5.2 Analisis *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA)

Failure Mode Effect and Analysis digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan peringkat penyebab kegagalan dari setiap komponen dari mesin tersebut. Pada FMEA sendiri memiliki kolom untuk dilakukan penilaian dari masing-masing kegagalan yang ada yaitu pada kolom komponen yang berarti komponen pada mesin, pada *function* yaitu fungsi dari komponen, *failure mode* yaitu kegagalan apa yang terjadi di komponen, *failure cause* yaitu penyebab terjadinya kegagalan, *effect of failure* yaitu efek yang terjadi. Pada SOD sendiri secara berurutan yaitu (S) *Severity*, (O) *Occurrence*, (D) *Detection* yang nantinya akan mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Berdasarkan dari hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dapat melihat dimana komponen pada mesin yang memiliki tingkat risiko yang paling tinggi. Berdasarkan dari hasil wawancara dengan Bapak Wiyoto selaku *supervisor* didapatkan pada penilian *Risk Priority Number* yang terpilih adalah komponen *ro*ll *transport* dengan nilai *Risk Priority Number* sebesar 278. Komponen *ro*ll *transport* berfungsi untuk pengangkutan kain menuju seluruh

rangkaian yang berada didalam *steamer box*. Mode kegagalan utama, penyebab, dan efek dari kegagalan pada komponen *ro*ll *transport* ini adalah as bengkok yang dapat menyebabkan tegangan kain tidak stabil dengan efek mesin dapat berhenti secara total, roda aus yang dapat menyebabkan gesekan *ro*ll saat memutar dengan kain dengan efek dapat menimbulkan bunyi gangguan (*noise*), dan ring aus yang dapat menyebabkan gesekan rel saat memutar dengan kain dengan efek *ro*ll tidak dapat memutar dengan sempurna.

Berdasarkan dari hasil analisis didapatkan pada mode kegagalan as bengkok mendapatkan nilai *Severity* (S) sebesar 8 karena dapat menyebabkan mesin berhenti dengan *downtime* sebesar 4-8 jam, dengan nilai *Occurrence* (O) sebesar 4 karena kerusakan sedikit terjadi dengan tingkat frekuensi kerusakan sebesar 2.001 – 3.000 jam operasi, dan *Detection* (D) sebesar 3 dikarenakan kerusakan mudah untuk dideteksi. Pada mode kegagalan roda aus mendapatkan nilai *Severity* (S) sebesar 7 karena bunyi yang dihasilkan dapat mengganggu operator dengan *downtime* sebesar 2-4 jam, dengan nilai *Occurrence* (O) sebesar 6 karena mesin sering terjadi kerusakan yang diakibatkan oleh gesekan kain dengan roda dengan tingkat frekuensi kerusakan sebesar 401 – 1.000 jam operasi dan *Detection* (D) sebesar 2 dikarenakan kerusakan sangat mudah untuk dideteksi. Mode kegagalan yang terakhir adalah ring aus dengan nilai *Severity* (S) sebesar 7 dapat menyebabkan *ro*ll tidak memutar dengan sempurna dengan *downtime* sebesar 2- 4 jam, dengan nilai *Occurrence* (O) sebesar 7 karena mesin sering terjadi kerusakan dengan tingkat frekuensi kerusakan sebesar 401 – 1.000 jam operasi dan *Detection* (D) sebesar 2 dikarenakan kerusakan sangat mudah untuk dideteksi.

5.3 Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis merupakan tahapan untuk pemberian nilai prioritas dari setiap mode kegagalan pada mesin *beacocks II* serta melihat fungsinya untuk mendukung keputusan yang lebih efektif dalam menentukan tindakan pencegahan atau perbaikan yang diperlukan untuk mengurangi risiko kegagalan. Terdapat empat pengkategorian komponen berdasarkan dari setiap kegagalan pada mesin *beacocks II* yang didapatkan berdasarkan dari wawancara secara langsung dengan Bapak Wiyoto selaku supervisor sebagai berikut:

1. Kategori A (*Safety Problem*) merupakan kegagalan pada komponen yang dapat menyebabkan masalah keselamatan dari operator serta dampak negatif pada

lingkungan sekitar. Pada penelitian ini, tidak terdapat komponen yang termasuk pada kategori *safety problem.*

2. Kategori B (*Outage Problem*) merupakan kegagalan pada komponen yang dapat menyebabkan seluruh atau sebagian mesin tidak dapat beroperasi dan meningkatkan biaya serta kerugian ekonomi. Berikut merupakan komponen yang termasuk dalam kategori ini:
   a. *Ro*ll *Clouth Guider,* dengan mode kegagalan berupa membran angin bocor yang dapat menyebabkan tekanan angin tidak normal.
   b. *Ro*ll *Transport*, dengan mode kegagalan as bengkok, roda aus, dan ring aus yang dapat menyebabkan mesin berhenti total atau berhenti sebagian.
   c. *Chain + Gear Transport*, dengan mode kegagalan berupa gear jebol yang dapat menyebabkan mesin berhenti secara keseluruhan.
   d. *Sprayer/Nozzle*, dengan mode kegagalan berupa *nozzle* tersumbat yang dapat menyebabkan suhu pada *steamer box* tidak optimal.
3. Kategori C (*Economic Problem*):
   Berikut merupakan komponen yang termasuk dalam kategori ini:
   e. *Chain + Gear Transport*, dengan mode kegagalan berupa bearing aus yanng dapat menyebabkan kecepatan pada kain terlalu cepat sehingga gearbox cepat aus.
   f. *Rubber Strip Ro*ll *Plaiter,* dengan mode kegagalan berupa karet aus yang dapat menyebabkan ketegangan kain tidak presisi dan produksi akan melambat.
   g. Cerobong/*Exhaust,* dengan mode kegagalan berupa saluran pembuangan kotor sehingga dapat menyebabkan saluran pembuangan uap panas dari *steamer box* tidak terhambat.
   h. *Plate Belt Ro*ll *Plaiter,* dengan mode kegagalan berupa karet aus dan kendor yang dapat mengakibatkan gesekan belt dengan kain sehingga dapat memperlambat produksi.
4. Kategori D (*Hidden Failure*) merupakan kegagalan pada komponen akibat dari operator tidak menyadari terjadinya hal tersebut pada saat kondisi normal jika tidak ditindaklanjuti maka risiko ini dapat memicu kegagalan lainya. Pada penelitian ini, tidak terdapat komponen yang termasuk pada kategori *hidden failure.*

5.4 Analisis *Task Selection*

Task Selection adalah proses pemilihan tugas pemeliharaan yang tepat untuk mencegah atau mengatasi mode kegagalan tertentu yang telah diidentifikasi untuk pengambilan

tindakan selanjutnya. *Task Selection* merupakan tahap akhir pada proses *Reliability-Centered Maintenance* (RCM). Pemilihan tindakan dibantu oleh *supervisor* bernama Bapak Wiyoto dengan komponen dan pemilihan tindakan sebagai berikut:

1. *Time Directed* (TD)

   Time Directed merupakan tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan komponen dengan berdasarkan waktu atau umur dari komponen tersebut. Berikut merupakan komponen yang termasuk pada rencana tindakan pemeliharaan ini:

   a. *Ro*ll *Transport* dengan mode kegagalan berupa as bengkok, roda aus, ring aus.
   b. *Chain + Gear Transport* dengan mode kegagalan berupa bearing aus.
   c. *Rubber Strip Ro*ll *Plaiter* dengan mode kegagalan berupa karet aus.
   d. *Plate Belt Ro*ll *Plaiter* dengan mode kegagalan berupa karet aus.

2. *Condition Directed* (CD)

   Condition Directed merupakan tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara pemeriksaan alat secara langsung. Apabila pada pemeriksaaan terdapat gejala kerusakan pada peralatan tersebut, maka akan dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen. Berikut merupakan komponen yang termasuk pada rencana tindakan pemeliharaan ini:

   a. *Ro*ll *Clouth Guider* dengan mode kegagalan berupa membran angin bocor.
   b. *Chain + Gear Transport* dengan mode kegagalan berupa *gear* jebol.
   c. *Sprayer / Nozzle* dengan mode kegagalan berupa *nozzle* tersumbat.
   d. Cerobong / *Exhaust* dengan mode kegagalan berupa saluran pembuangan kotor.
   e. *Plate Belt Ro*ll *Plaiter* dengan mode kegagalan berupa karet kendor.

3. *Failure Finding* (FF)

   Failure Finding merupakan tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan pada peralatan yang tidak terlihat/tersembunyi dengan melakukan pemeriksaan secara berkala. Pada penelitian ini tidak terdapat komponen yang termasuk pada tindakan perawatan *failure finding.*

Berdasarkan dari hasil pemilihan Tindakan (*task selection*) yang didapatkan pada komponen kritis yang berada pada mesin *beacocks II* adalah komponen *ro*ll *transport,* dimana tindakan yang dilakukan adalah melakukan penggantian komponen berdasarkan dari waktu atau umur dari komponen tersebut agar tidak terdapat kegagalan mesin secara mendadak, maka pemilihan tindakan yang tepat adalah *Time Directed* (TD).

5.5 Analisis Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

Pada analisis penentuan mesin dan komponen kritis ini dilakukan pada departemen *finishing* 1 dengan jumlah mesin sebanyak 4 mesin yaitu mesin *zimmer* (*printing*), *washing* (*fongyung*), *steamer* (*beacocks* ll), dan mesin *stenter*. Berdasarkan dari hasil perhitungan kuantitatif terhadap data *downtime* dari keempat mesin tersebut, diketahui bahwa mesin yang paling sering mengalami kerusakan adalah mesin *steamer* (*beacocks* ll), dengan total *downtime* sebesar 26.290 menit atau sebesar 46,97%. Berikutnya, setelah mengidentifikasi mesin dengan *downtime* terbesar, langkah selanjutnya adalah menentukan komponen pada mesin tersebut yang memiliki *downtime* tertinggi atau yang paling sering mengalami kerusakan yaitu pada komponen *ro*ll *transport* dengan mendapatkan nilai downtime tertinggi yaitu sebesar 11.745 menit atau 44,67% dengan frekuensi kerusakan sebesar 68 kali dengan data yang didapatkan adalah pada bulan Januari 2020 hingga bulan April 2024.

Berdasarkan dari hasil perhtiungan penentuan komponen kritis menunjukkan bahwa metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menghasilkan kesimpulan yang sama antara analisis secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif, komponen *ro*ll *transport* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi berdasarkan tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), sehingga menjadi komponen dengan prioritas utama. Sementara itu, secara kuantitatif data *downtime* mesin juga menunjukkan bahwa *ro*ll *transport* merupakan komponen dengan frekuensi kerusakan terbesar. Hal tersebut menjelaskan bahwa kegagalan pada komponen *ro*ll *transport* harus segera dilakukan penanganan, karena jika tidak dilakukan penanganan lebih lanjut maka proses produksi tidak dapat berjalan dengan optimal.

5.6 Analisis Distribusi *Time To Failure* dan *Time To Repair*

Pada tahapan berikutnya yaitu untuk menentukan distribusi waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu antar perbaikan (TTR) dengan pengujian menggunakan 4 distribusi berupa distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi *weibu*ll. Komponen yang akan dilakukan pengujian adalah *ro*ll *transport* pada mesin *beacocks* ll dengan hasil perhitungan pada *Index of Fit* untuk waktu antar kerusakan sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Analisis Distribusi *Time To Failure*

Distribusi	**Index Of Fit**
Exponensial	0,98817
Normal	0,92320
Lognormal	**0,98961**

Weibull	0,97745
Distribusi	**Index Of Fit**
Exponensial	98,82%
Normal	92,32%
Lognormal	**98,96%**
Weibull	97,75%

Berdasarkan dari hasil keempat distribusi pengujian *Index of Fit* dapat diketahui bahwa pada distribusi lognormal mendapatkan nilai paling tinggi yang merupakan kecocokan paling tinggi dengan data yang dilakukan pengujian sebesar 0,989614395 atau sebesar 98,96%. Distribusi lognormal secara akurat dapat merepresentasikan pola data yang dianalisis. Hal tersebut menunjukkan bahwa data yang didapatkan secara langsung di lapangan memiliki karakteristik yang paling sesuai dengan distribusi lognormal. Berikut merupakan uji distribusi pada waktu antar perbaikan (TTR):

Tabel 5. 2 Distribusi *Time To Repair*

Distribusi	**Index Of Fit**	
Exponensial	0,98923	98,92%
Normal	0,92752	92,75%
Lognormal	**0,99268**	**99,27%**
Weibull	0,97149	97,15%

Berdasarkan dari hasil keempat uji distribusi pada waktu antar perbaikan (TTR), didapatkan nilai pada distribusi lognormal paling tinggi yaitu sebesar 0,992687027 atau sebesar 99,27%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pada perhitungan antara distribusi waktu antar kerusakan (TTF) dan distribusi waktu antar perbaikan (TTR) pada komponen *ro*ll *transport* berdistribusi lognormal.

5.7 Analisis Uji Kecocokan *Goodness of Fit*

Uji *Goodness of Fit* digunakan untuk menilai sejauh mana data kegagalan sesuai dengan distribusi data waktu antar kerusakan (TTF) dan data waktu antar perbaikan (TTR). Berdasarkan hasil dari *Index of Fit* terbesar pada data waktu antar kerusakan (TTF) dan data waktu antar perbaikan (TTR) yaitu distribusi lognormal, maka uji kecocokan yang digunakan adalah uji *kolmogorov-smirnov test.* Jika hasil dari uji *kolmogorov-smirnov test* pada H0 diterima, maka data waktu antar kerusakan dan data waktu antar perbaikan berdistribusi lognormal.

a. Data Waktu Antar Kerusakan (*Time To Failure*)

Pada data waktu antar kerusakan (TTF) Dhitung didapatkan dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dn = 0,0948 dan nilai Dcrit 67 ; 0,05 = 0,1659. Sehingga keputusan yang didapatkan adalah Dn < Dcrit yaitu Dn = 0,0948 < Dcrit = 0,1659, dengan keputusan yaitu H0 diterima atau data pada waktu antar kerusakan (TTF) berdistribusi lognormal.

b. Data Waktu Antar Perbaikan (*Time To Repair*)

Pada data waktu antar perbaikan (TTR) Dhitung didapatkan dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dn = 0,1172 dan nilai Dcrit 68 ; 0,05 = 0,1649. Sehingga keputusan yang didapatkan adalah Dn < Dcrit yaitu Dn = 0,1172 < Dcrit = 0,1649, dengan keputusan yaitu H0 diterima atau data pada waktu antar perbaikan (TTR) berdistribusi lognormal.

5.8 Analisis Parameter Distribusi TTF dan MTTF

Analisis parameter ini bertujuan untuk melakukan perhitungan parameter statistik dari distribusi TTF, dengan *Mean Time to Failure* (MTTF) sebagai indikator utama untuk memahami rata-rata waktu operasional sebelum terjadi kegagalan. Setelah mendapatkan pola distribusi dan data waktu antar kerusakan selanjutnya akan menentukan hasil dari *Mean Time to Failure* (MTTF) dengan tabel sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Analisis Parameter Distribusi MTTF

Komponen	Tmed (Parameter Lokasi)	s (Parameter Bentuk)	MTTF
*Ro*ll *Transport*	21373,35	1,02177	36022,81912

Nilai dari Tmed (parameter lokasi) yaitu waktu median antar kerusakan, s (parameter bentuk) yaitu variasi pada data yang moderat, MTTF yaitu rata-rata waktu operasional sebelum terjadinya kegagalan. Berdasarkan dari hasil perhitungan menggunakan distribusi lognormal, didapatkan nilai pada Tmed = 21373,35; s = 1,02177; dan pada MTTF = 36022,81912 menit.

5.9 Analisis Parameter Distribusi TTF dan MTTR

Setelah mendapatkan nilai rata-rata waktu operasional sebelum terjadi kegagalan *Mean Time to Failure* (MTTF), selanjutnya adalah perhitungan hasil dari *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk mengetahui estimasi rata-rata waktu perbaikan setelah mengalami kerusakan dengan distribusi lognormal sebagai berikut:

Tabel 5. 4 Analisis Parameter Distribusi MTTR

Komponen	Tmed (Parameter Lokasi)	s (Parameter Bentuk)	MTTR

*Ro*ll *Transport*	144.22722	0,60726	173,9072685

Berdasarkan dari hasil perhitungan tersebut didapatkan pada Tmed (parameter lokasi) adalah sebesar 144.22722, pada s (parameter bentuk) mendapatkan nilai sebesar 0,60726, dan pada *Mean Time to Repair* (MTTR) sebesar 173,9072685.

5.10 Analisis Interval Waktu Penggantian dan Pemeriksaan Komponen Berikutnya setelah mendapatkan nilai *mean time to failure* (MTTF) dan nilai *mean time to repair* (MTTR) untuk menentukan interval waktu penggantian komponen pencegahan menggunakan model *age replacement* dengan menggunakan kriteria minimasi *downtime* terdendah, komponen yang didapatkan *ro*ll *transport* yang berada di mesin *beacocks* ll dengan rentang waktu pada bulan Januari 2020 hingga bulan April 2024 dengan frekuensi kerusakan sebesar 68 kerusakan.

Berdasarkan dari hasil perhitungan pada nilai tp terkecil mendapatkan angka sebesar 30.000 menit dengan nilai D(tp) terkecil sebesar 0,00367691958314954. Oleh karena itu waktu yang tepat untuk melakukan pergantian komponen *ro*ll *transport* adalah 20 hari dari kerja mesin tersebut atau sebesar 30.000 menit. Sedangkan untuk interval frekuensi pemeriksaan komponen kritis diperoleh sebesar 1,81243 pemeriksaan per bulan. Pada interval waktu pemeriksaan mendapatkan angka sebesar 397,25596 jam atau sekitar 16 hari sekali.

Berdasarkan dari hasil yang didapatkan pada perusahaan ABC seharunya menerapkan jadwal perawatan secara prefentif dengan kurun waktu pada pemeriksaan adalah selama 16 hari sekali dengan pergantian komponen *ro*ll *transport* pada mesin *beacocks* ll adalah selama 20 hari sekali dengan harapan ketika mesin tersebut digunakan tidak terjadi kegagalan yang dapat berdampak pada proses produksi dari mesin tersebut.

Didapatkan total *downtime* pada tahun 2020 hingga tahun 2024 atau 60 bulan di departemen finishing l adalah sebesar 55.970 menit atau 15,55 jam/bulan. Pada PT ABC beroperasi 1 *shift* kerja selama 8 jam per hari, maka terdapat 3 *shift* kerja perharinya, maka terdapat 1,84 shift kerja hilang per bulanya. Hilangnya *shift* kerja per bulan sangat berdampak terhadap efisiensi produksi. Hal ini menunjukkan bahwa *downtime* tergolong tinggi, terutama bila dikaitkan dengan target produktivitas harian dan standar ISO yang dianut PT ABC. Oleh karena itu, penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan pendekatan *Age Replacement* menjadi solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan pada PT ABC dengan mengidentifikasi komponen kritis penyebab utama *downtime*, menentukan jadwal pemeriksaan dan penggantian yang optimal, dan meningkatkan keandalan serta ketersediaan mesin untuk produksi jangka panjang.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan strategi pemeliharaan yang tepat pada mesin *Beacocks* II di PT. ABC dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* dan *Age Replacement*. Berikut ini merupakan kesimpulan yang di dapat berdasarkan pengolahan serta analisis data yang telah dilakukan:

1. Dalam penentuan komponen kritis, ditemukan bahwa komponen *ro*ll *transport* merupakan komponen dengan tingkat kegagalan tertinggi yang mengalami kerusakan sebanyak 151 kali dengan total waktu downtime mencapai 26.290 menit. Hal ini sesuai dengan hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), di mana perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) menunjukkan skor sebesar 278 untuk komponen *ro*ll *transport*. Sementara itu, berdasarkan *Logic Tree Analysis* (LTA), *ro*ll *transport* dikategorikan sebagai kategori B (*Outage Problem*), yang berarti komponen *Ro*ll *Transport* dapat berdampak pada operasi pabrik dan peningkatan ekonomi yang diakibatkan oleh kerugian perusahaan. Terakhir, berdasarkan metode *Task Selection* (TS), tindakan pemeliharaan yang direkomendasikan untuk *ro*ll *transport* adalah *Time Directed* (TD), dengan tujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
2. Berdasarkan hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan terhadap komponen *ro*ll *transport* menunjukkan bahwa pemeriksaan atau perawatan dilakukan setiap 16 hari sekali. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi potensi kerusakan serta memungkinkan deteksi dini terhadap kondisi komponen *ro*ll *transport* guna memastikan performa optimal pada mesin.
3. Berdasarkan pendekatan *Age Replacement*, jadwal penggantian optimal untuk komponen *ro*ll *transport* dengan simulasi perhitungan selama 420.000 menit, didapatkan nilai sebesar 30.000 menit atau kira-kira setiap 20 hari sekali. Strategi ini

bertujuan untuk mengurangi kemungkinan *downtime* mesin, sehingga kegiatan operasional dapat berjalan dengan lebih efisien dan minim gangguan.

6.2 Saran

6.2.1 Saran Bagi Perusahaan

Berikut merupakan saran yang dapat diberikan untuk menjadi masukan perusahaan:

1. Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan, peneliti menyarankan agar penggunaan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat dipertimbangkan sebagai pendekatan pada sistem perawatan di perusahaan tersebut untuk melakukan analisa pada mesin lainya agar perusahaan dapat mengetahui jenis tindakan perawatan yang lebih optimal dikarenakan pada penelitian ini hanya terdapat satu komponen kritis yang diteliti.
2. Berdasarkan dari hasil penelitian yang didapatkan peneliti mengharapkan dari hasil penelitian ini bisa dijadikan rekomendasi untuk perbaikan komponen *r*oll *transport* dengan interval pemeriksaan tiap 16 hari dengan interval waktu penggantian pencegahan selama 20 hari sekali.

6.2.2 Saran Bagi Peneliti

Berikut merupakan saran yang diberikan untuk peneliti selanjutnya:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menyertakan dari perhitungan biaya setelah melakukan interval waktu pemeriksaan dan pergantian komponen.
2. Komponen lain pada penelitian selanjutnya juga menjadi saran agar dapat dilakukan perhitungan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* dan metode lainya.

DAFTAR PUSTAKA

Aidil Saifuddin, J. (s), Nugraha, I. (s), & Condro Winursito, Y. (s). (2023). *Machine Maintenance in the Sabroe Line Using Reliability Centered Maintenance (RCM) and Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) Methods*. 212–217. https://doi.org/10.11594/nstp.2023.3630

Ali, A., Setiawan, D., & Situmeang, U. (2019). Analisis Keandalan Transformator Daya 60 MVA Menggunakan Metode Distribusi Weibull. In *Seminar Nasional Cendekiawan ke* (Vol. 5).

Andrianto, M., Sujatmiko, A., & Firmansyah, H. (2024). Perencanaan Perawatan Pada Mesin Crimping Manual Tipe 30 Dengan Metode RCM di Perusahaan Otomotif. *Journal of Mechanical Engineering*, *1*(4), 1–17. https://doi.org/10.47134/jme.v1i4.3299

Ardiansyah, R., Widyaningrum, D., & Jufriyanto, M. (2023). Upaya Perawatan Peralatan Bengkel Alat Berat PT. BMI dengan Metode FMEA. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *5*(2), 660–668. https://doi.org/10.55338/saintek.v5i2.2082

Azizah, N., Nirwana, E., Fahrudin, I. M., & Artikel, R. (2024). *Jurnal Sains Ekonomi dan Edukasi Pengaruh Harga Saham, Earning Per Share, dan Sales Growth terhadap Profitabilitas pada Perusahaan Industri Tekstil INFO ARTIKEL*. *1*(12), 1272–1289. https://doi.org/10.62335

Bayu Setiajit, S. (s), Permana, I. (s), Arif Pratama, R. (s), & Ikhsan, M. (s). (2024). *Perawatan Dan Perbaikan Mesin Bubut Di SMK Karya Teknika Sebagai Sarana Pembelajaran*. *2*(2), 192–197.

Billy Oktavian, B. O. (2023). Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Mesin Cnc Milling FZ 2000. *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, *4*(02), 15–25. https://doi.org/10.35970/accurate.v4i02.2355

Brauer, D. C., & Brauer, G. D. (1987). Reliability Centered Maintenance. *IEEE Transactions on Reliability*, *R-36*(1), 17–24. https://doi.org/10.1109/TR.1987.5222285

Candra, A. (2022). Analisa Reliability Centered Maintenance (RCM) Mesin Sablon Digital. In *Tekmapro : Journal of Industrial Engineering and Management* (Vol. 17, Issue 2).

Ciani, L., Guidi, G., Patrizi, G., & Galar, D. (2021). Condition-based maintenance of hvac on a high-speed train for fault detection. *Electronics (Switzerland)*, *10*(12). https://doi.org/10.3390/electronics10121418

Dewi, A. A., & Yuamita, F. (2022). Pengendalian Kualitas Pada Produksi Air Minum Dalam Kemasan Botol 330 Ml Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Di PDAM Tirta Sembada. In *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan / JTMIT* (Vol. 1).

Fathurohman, F., & Triyono, S. (2020). Reliability Centered Maintenance: The Implementation In Preventive Maintenance (Case Study In An Expedition Company). *EKOMABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis*, *1*(02), 197–212. https://doi.org/10.37366/ekomabis.v1i02.29

Ferida Yuamita, O., & Fatkhurohman, A. (2023). Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Pada Stasiun Pemotongan Batu Alam Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di PBA Surya Alam. In *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah* (Vol. 2, Issue 12). http://bajangjournal.com/index.php/JCI

Gapura Bhagya, T., & Prakarsa, G. (2020). *Model Keputusan Penentuan Jenis Distribusi Dari Kerusakan Bearing Pada Mesin TFO Di PT XYZ*. *2*, 134–142.

Gustiawan, M., & Affandi, N. (2021). Perencanaan Ulang Penjadwalan Perawatan Mesin EXTR UDER Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT Staedter Indonesia. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi*, *1*(2), 134–270. https://doi.org/10.46306/tgc.v1i2

Hakim, L., Andriyas Puji, A., Denur, & Andriyas Puji, A. (2021). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Mesin Cake Breaker Conveyor di Pabrik Kelapa Sawit (PKS). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, *4*(2), 21–28.

Harma, B., Yetrina, M., & Pebriyanto, R. (2024). Penelitian terhadap Perawatan pada Mesin Press Cap Roller dengan Metode FMEA dan RCM. *Jurnal Teknologi*, *14*(1). https://doi.org/10.35134/jitekin.v12i1.116

Husin, C., Anggraini Sabar, L., Rumahorbo, J. S., Sulistyo, S., & Nasution, N. A. (2024). Pengaruh Keandalan (Reliability) Terhadap Kepuasan Pelanggan (Customer Satisfaction) Pada Bisnis Transportasi Online Grab (Studi Kasus Mahasiswa Manajemen Universitas Negeri Medan). *Neraca Manajemen, Ekonomi*, *5*. https://doi.org/10.8734/mnmae.v1i2.359

Islam, S. S., Lestari, T., Fitriani, A., & Wardani, D. A. (2020). *Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA* (Vol. 8, Issue 1).

Ismail, O., & Pusakaningwati, A. (2023). Manajemen Perawatan Panel Distribution Control Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Tung Cia Tekhnology Indonesia. In *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah* (Vol. 2, Issue 12). http://bajangjournal.com/index.php/JCI

Jufriyah, I. M. I. (2019). *Pemeliharaan Dan Penyimpanan Peralatan Laboratorium Kimia*. *1*, 26–32.

Khairani, N. R., Rahmadiani, O., & Ardiyanti, V. R. (2024). Dampak Libur Lebaran Terhadap Aktivitas Impor Tekstil di Indonesia. *Journal of Economics and Management*, *2*(3), 145–148. https://doi.org/10.70716/ecoma.v2i3.78

Kulsum (s), Febianti, E. (s), & Supriatna H, I. (s). (2018). *Usulan Waktu Preventive Maintenance Untuk Menurunkan Downtime Mesin Paper Mill 1 dengan Reliability Block Diagram (Studi Kasus: PT Indah Kiat Pulp and Paper)*. 1–8.

Kurniawan, E., Taufiqurrahman, D. M., Prof, J., & Nawawi, H. (2017). *Analisis Tingkat Keandalan dan Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin Pompa Distribusi Pada PDAM Tirta Muare Ulakan Sambas*.

Kurniawan, R. A., & Mujayin, H. (2015). Usulan Perawatan Mesin Stitching Dengan Metode Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Teknik Industri*, *16*(2), 83–91.

Maarif, M. A. (2020). *Manajemen Perawatan Truk Jenis Mitsubishi dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Studi Kasus di CV. Barokah Djaya*. *3*(1), 41–46.

Muhaemin, G., & Nugraha, A. E. (2022). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *8*(9), 205–219. https://doi.org/10.5281/zenodo.6645451

Muhammad, F., Suryani, F., Tamalika, T., Moulita, R. A. N., & Maryadi, D. (2023). *Aplikasi Failure Mode and Effect Analysis dan Reliability Centered Maintenance pada Preventive Maintenance Kendaraan Application of Failure Mode and Effect Analysis and Reliability Centered Maintenance in Preventive Maintenance of Vehicle*. http://jietri.univ-tridinanti.ac.id

Munawir, H. (s), Mifta Ulfa, R. (s), & Djunaidi, M. (s). (2020). *Analisa Risiko Kegagalan Terhadap Downtime Pada Line Crank Case Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis*. 149–156.

Nasution, M., Bakhori, A., & Novarika, W. (2021). Manfaat Perlunya Manajemen Perawatan Untuk Bengkel Maupun Industri. In *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol. 16, Issue 3). Online.

Ninny Siregar, H., & Munthe, S. (2019). *Analisa Perawatan Mesin Digester dengan Metode Reliabity Centered Maintenance pada PTPN II Pagar Merbau*. http://ojs.uma.ac.id/index.php/jime

Praja, I. I., Dahda, S. S., & Widyaningrum, D. (2018). *Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Perawatan Mesin Conveyor Unloading Phosphate Rock (Studi Kasus PT Petrokimia Gresik)*.

Pramudya Raharja, I., Bagus Suardika, I., & Galuh, H. W. (2021). *Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Di CV. Jaya Perkasa Teknik*.

Purnomo, J., Affandi, N., & Rahmatullah, A. (2021). Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mexin Xray Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada PT. Tristan Engineering. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi*, *1*(2), 154–168. https://doi.org/10.46306/tgc.v1i2

Putra Cahyadi, I., & Widjajati, P. (2021). Analisis Reliabilitas, Laju Kerusakan, dan Analisis Biaya Pada Mesin Penenun Menggunakan Metode LCC Di PT XYZ Mojokerto. In *Juminten : Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi* (Vol. 02, Issue 03).

Rachel, B., Marpaung, A., Manik, Y., Anna, B., & Siboro, H. (2021). Design of Preventive Maintenance System for A Product Design Lab using Reliability Centered Maintenance (RCM) Methodology. *Jurnal IPTEK*, *25*(2), 161–170. https://doi.org/10.31284/j.iptek.2021.v25i2.2369

Rachman, T., Natasia Watunglawar, D., Derajat Amperajaya, M., Rahmat Adnan, S., & Kumala Sriwana, I. (2022). *Penentuan Interval Waktu Penggantian dan Perbaikan Komponen Kritis Mesin Bubut Type SS-850 di PT. Hamdan Jaya Makmur Dengan Metode Age Replacement*. http://ejournal.atmajaya.ac.id/index.php/metris

Ramadhan, I., & Fitriani, R. (2025). Optimalisasi Efektivitas Preventive Maintenance Berbasis Usage-Based Maintenance untuk Mengurangi Downtime di PT PQR. *Journal of Integrated System*, *7*(2), 166–183. https://doi.org/10.28932/jis.v7i2.9760

Ramadhania, S., Setyo Rini, A., & Rahmatulloh, A. (2024). Reliability Centered Maintenance dan Maintenance Value Stream Mapping (Studi Kasus : PT Taco Anugrah Corporindo). *Mustofa INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, *4*, 4004–4017.

Rofiq, M., & Akbar Darmawan, I. (2022). Preventive Maintenance Electrical C-2B Belt Conveyor di PT. Indonesia Power PLTU Banten 3 Lontar Omu. *Jurnal Sains Dan Teknologi (SAINTEK)*, *1*(2), 1–9. https://ftuncen.com/index.php/SAINTEK

Rosyidin Akbar, M., & Widiasih, W. (2022). *Analisis Perawatan Mesin Bubut Dengan Metode Preventive Maintenance Guna Menghindari Kerusakan Secara Mendadak Dan Untuk Menghitung Biaya Perawatan*.

Samharil, F., Ismiyah, E., & Priyana, E. D. (2022). Perancangan Pemeliharaan Mesin Filter Press dengan metode FMECA dan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT. XYZ). In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 8, Issue 2).

Samudro, M. A. (2022). *Penentuan Jadwal Perawatan Pada Billet Reheating Furnace di PT X Dengan Metode RCM II*. *4*(3), 2714–2755. https://doi.org/10.55642

Sari Br Siagian, N., Annisa Gunawan Sirait, N., & Wardahlia, F. (2023). Analisis Pengaruh Impor Baju Bekas Terhadap Pengusaha Tekstil Dalam Negeri di Indonesia. *Novita Sari Br. Siagian,Dkk) Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, *1*(4), 2986–6340. https://doi.org/10.5281/zenodo.7952262

Septyani, S. (s), & Taufik. (2015). Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, *14*(2), 238–258.

Shevilia Agustian, E. (s). (2020). *Reliability Control Program Untuk Pemeliharaan Sistem Senjata Pesawat Militer*.

Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023a). Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan. *Blend Sains Jurnal Teknik*, *2*(1), 72–83. https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.199

Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023b). Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan. *Blend Sains Jurnal Teknik*, *2*(1), 72–83. https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.199

Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023c). Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan. *Blend Sains Jurnal Teknik*, *2*(1), 72–83. https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.199

Sukmawati, S., Rini, A. S., Canisius, P., & Saputra, A. (2024). Analisis Perawatan Sistem Coal Pulverizer Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PLTU Banten 1 Suralaya 8. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi*, *4*(2), 415–428. https://doi.org/10.46306/tgc.v4i2

Sulkifli, S., Lantara, D., & Hafid, M. F. (2022). Machine Maintenance Planning Using the Reliability Centered Maintenance (RCM) Method at PT Perkebunan Nusantara XIV Camming Sugar Factory in Bone Regency. *Journal of Sustainability Industrial Engineering and Management System*, *1*(1), 34–42. https://doi.org/10.56953/jsiems.v1i1.9

Sunaryo, Legisnal, & Denur. (2018). Aplikasi Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Sistem Saluran Gas Mesin Wartsila. In *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)* (Vol. 1, Issue 2).

Surya Pradita, B., Rimawan, E., & Santoso Saroso, D. (2022). An Hierarchical Latent Variable Model Of Reliability Centered Maintenance Using PLS-SEM And Its Impact On Productivity Of Gas Processing Companies. In *Journal of Positive School Psychology* (Vol. 2022, Issue 8). http://journalppw.com

Syukma, A. S., Jufrizel, J., Ullah, A., & Mursyitah, D. (2024). Analisa Keandalan Instrumentasi Pada Pulp Dryer Unit Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang. *JURNAL Al-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, *9*(3), 282–291. https://doi.org/10.36722/sst.v9i3.2896

Tri Putri, N. (s), & Herni Mustofa, F. (s). (2024). *Usulan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Mesin Filler Dengan Menggunakan Metode Age Replacement di PT XYZ*. 18–31.

Tri Sulistiyono, R., Iviana Juniani, A., & Iva Setyana. (2008). *Implementation of RCM II (Reliability Centered Maintenance) and RPN (Risk Priority Number) in Risk*

Assessment and Scheduling Maintenance Task at HPB (High Pressure Boiler) Base On JSA (Job Safety Analysis) (Vol. 7, Issue 2).

Ulum, M. B., Rarindo, H., Wicaksono, H., & Agus, D. (2023). Metode RCM Untuk Meningkatkan Kualitas Perawatan Pompa Sentrifugal. *Jurnal Teknologi*, *17*(2), 13–20.

Wiro, M., Fayad, A., Nugraha, W., Prayoga, A. D., Mickola, R., & Prastyo, Y. (2024). *Analisis Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Terhadap Mesin Punch Hidrolik Pada Perusahaan Accecoris Part Untuk Tower Jaringan*. https://lenteranusa.id/

Ya'umar, I. (2017). *Analisa Reliability Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada sistem Stripper CO2 Di PT. Petrokimia Gresik*.

Yendra, R., & Noviadi, E. T. (2015). Perbandingan Estimasi Parameter Pada Distribusi Eksponensial Dengan Menggunakan Metode Maksimum Likelihood Dan Metode Bayesian. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, *1*(2), 62. https://doi.org/10.24014/jsms.v1i2.1960

Yuliandra, B., & Jaeba, K. A. (2017). *Perancangan Sistem Informasi Perawatan Mesin Pada PT XYZ*. http://journal.unpar.ac.id/index.php/jrsi/index

Yusuf, Y., Djamal, N., & Cahyadi, D. (2024). *Forming Machine Maintenance Planning Using the Reliability Centered Caintenance (RCM) Method at PT. KHI Pipe Industries*. *20*(1), 105–110. https://doi.org/10.62870/tjst.v20i1.24215

Zahrotul Husna, T., & Murnawan, H. (2023). Optimasi Penjadwalan Perawatan Mesin Ultrasonography Untuk Meminimalkan Biaya Kerusakan Komponen (Studi Kasus: Rumah Sakit X). *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, *3*(2). https://doi.org/10.46306/tgc.v3i2

Amaruddin, H. (2020). Analisis Analisis Penerapan Total Productive Maintenance. *EKOMABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis*, *1*(02), 141–148. https://doi.org/10.37366/ekomabis.v1i02.46

Karana, J., Mamboro, K., Palu, K., Palu, U.-K., Tengah, S., & Sulaya, F. (2025). Analisis Biaya Pemeliharaan Mesin Pada PT. Media Suara Rakyat Di Kota Palu. In *Jurnal Ilmu Manajemen dan Bisnis Indonesia* (Vol. 1, Issue 1).

Muhammad, O., Ihsan, K., & Nugroho, Y. A. (2022). Analisis Perawatan Mesin Sizing Menggunakan Metode Total Productive Maintenance Pada PT URW. In *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah* (Vol. 1, Issue 12). http://bajangjournal.com/index.php/JCI

Setiawan, M. (2020). Analisis Biaya Pemeliharaan Mesin Produksi Terhadap Hasil Produksi Analysis of The Cost of Maintaining Production. *International Journal Administration, Business and Organization (IJABO) |*, *1*(2), 50–58. https://ijabo.a3i.or.id

LAMPIRAN






Zimmer




DEPT.

