STRATEGI PERAWATAN MESIN *SCOURING BLEACHING* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *RELIABILTY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT*

(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 : Shalwa Salal Said Nahdi
No. Mahasiswa : 21522273

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, 09 Mei 2025



Shalwa Salal Said Nahdi
21522273

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: 02/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	:	Shalwa Salal Said Nahdi
No. Mhs	:	21522273
Dosen Pembimbing	:	Dian Janari , S.T., M.T.

Telah selesai melaksanakan penelitian yang berjudul "STRATEGI PERAWATAN MESIN SCOURING BLEACHING MENGGUNAKAN PENDEKATAN RELIABILTY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT (Studi Kasus: PT. ABC)" di Laboratorium Pemodelan dan Simulasi Industri (DELSIM) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia tercatat mulai tanggal 14 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

STRATEGI PERAWATAN MESIN *SCOURING BLEACHING* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *RELIABILTY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT* (Studi Kasus: PT. ABC)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Shalwa Salal Said Nahdi

No. Mahasiswa : 21522273

Yogyakarta, 9 Mei 2025

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

STRATEGI PERAWATAN MESIN *SCOURING BLEACHING* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *RELIABILTY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT*

(Studi Kasus: PT. ABC)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Shalwa Salal Said Nahdi

No. Mahasiswa : 21 522 273

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, 04 Juli 2025

Tim Penguji

Dian Janari, S.T., M.T.	
Ketua	
Dr. Qurtubi, S.T., M.T.	
Anggota I	
Dr. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.	1 jun 25
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
NIK.015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, saya mempersembahkan tugas akhir ini sebagai bentuk penghargaan dan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa selama proses penyusunan hingga penyelesaiannya. Teruntuk kedua orang tua tercinta, terima kasih atas kasih sayang, doa, dan pengorbanan yang tak pernah putus, yang menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah saya. Kepada seluruh anggota keluarga yang selalu memberikan dorongan dan motivasi, saya ucapkan terima kasih yang tulus. Saya juga menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada dosen pembimbing serta seluruh dosen di Program Studi Teknik Industri atas ilmu, arahan, dan bimbingan yang telah diberikan selama masa studi hingga proses penyusunan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada teman-teman seperjuangan yang telah menjadi tempat berbagi semangat, pengalaman, dan kerja sama dalam menyelesaikan berbagai tantangan.

MOTTO

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

"Janganlah kamu bersikap lemah dan janganlah pula kamu bersedih hati, padahal kamulah orang orang yang paling tinggi derajatnya jika kamu beriman" (Q.S. Ali Imran ayat 139)

"Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya" (Q.S Al-Zalzalah ayat 7)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraakaatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknologi Industri. Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Penulis juga memahami bahwa tanpa adanya dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, proses ini tidak akan berjalan dengan lancar. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dian Janari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta arahan dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Orang tua tercinta, yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan, serta semangat tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan akademik ini.
6. Kakak dan adik penulis yang selalu memberikan motivasi, dorongan, serta kebersamaan yang menjadi sumber kekuatan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Muhammad Cygnus Samudera dan Fathan Hammam, rekan satu dosen pembimbing, yang selalu saling mendukung dan membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir.
8. Teman-teman seperjuangan MnM yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Dyna, Griselda, Gita, Lala, dan Nabila yang yang telah menjadi sumber inspirasi, dukungan, dan tempat berbagi selama perjalanan akademik ini.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

ABSTRAK

Industri tekstil merupakan sektor strategis yang berkontribusi besar terhadap perekonomian Indonesia. PT ABC, sebagai salah satu perusahaan tekstil terkemuka, menghadapi tantangan dalam menjaga keandalan mesin produksi, khususnya pada mesin *scouring bleaching-VI* yang beroperasi selama 24 jam. Salah satu komponen kritis pada mesin ini adalah *mechanic seal*, yang mengalami tingkat kegagalan tinggi dan berdampak pada *downtime* produksi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan strategi perawatan mesin menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* guna meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi *downtime*. Berdasarkan hasil analisis, MTTF komponen *mechanic seal* adalah 88.313,78 menit (sekitar 61 hari), sementara MTTR rata-rata adalah 101,24 menit (1,69 jam). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa interval optimal untuk pemeriksaan mechanic seal adalah setiap 30 hari, sedangkan penggantian sebaiknya dilakukan setiap 55 hari guna meminimalkan risiko kegagalan. Dengan implementasi strategi perawatan berbasis RCM dan *Age Replacement*, perusahaan dapat meningkatkan keandalan mesin dan efisiensi biaya perawatan.

Kata Kunci: ***Reliability Centered Maintenance, Age Replacement, Scouring Bleaching-VI***

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 ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
2.1 Kajian Literatur 8
2.2 Landasan Teori 15
2.2.1 Perawatan (*Maintenance*) 15
2.2.2 *Downtime* 15
2.2.3 Jenis-jenis Perawatan 15
2.2.4 *Reliability Centered Maintenance* (RCM) 16
2.2.5 Laju Kerusakan (*Failure Mode*) 25
2.2.6 Distribusi Kerusakan 26
2.2.7 Uji *Goodness of Fit* 28
2.2.8 Estimasi Parameter 29
2.2.9 *Mean Time to Failure* (MTTF) 31
2.2.10 *Mean Time to Repair* (MTTR) 32
2.2.11 *Age Replacement* 32
2.2.12 Interval Waktu Pemeriksaan 33
BAB III METODE PENELITIAN 34
3.1 Obyek Penelitian 34
3.2 Metode Pengumpulan Data 34
3.2.1 Data Primer 34
3.2.2 Data Sekunder 34
3.3 Metode Pengumpulan Data 35
3.4 Alur Penelitian 37
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 40
4.1 Pengumpulan Data 40
4.1.2 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Scouring bleaching-VI 40

4.2 Pengolahan Data Penentuan Komponen Kritis 45
4.2.1 *Functional Block Diagram* (FBD) 45
4.2.2 *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) 46
4.2.3 *Logic Tree Analysis (LTA)* 49
4.2.4 *Task Selection* (TS) 51
4.3 Pengolahan Data Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis 53
4.3.1 Penentuan Mesin dan Komponen Kritis 53
4.3.2 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan *(Time to Failure)* 56
4.3.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan *(Time to Repair)* 66
4.3.4 Uji *Goodness of Fit Time to Failure* 76
4.3.5 Uji *Goodness of Fit Time to Repair* 78
4.3.6 Perhitungan Parameter *Time to Failure* 79
4.3.7 Perhitungan Parameter *Time to Repair* 80
4.3.8 Penentuan Nilai Tengah *Mean Time to Failure* 81
4.3.9 Penentuan Nilai Tengah *Mean Time to Repair* 81
4.3.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Komponen 81
4.3.11 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan Komponen 83
BAB V PEMBAHASAN 85
5.1 Analisis *Functional Block Diagram* (FBD) 85
5.2 Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) 85
5.3 Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA) 86
5.4 Analisis *Task Selection* (TS) 87
5.5 Analisis Penentuan Mesin dan Komponen Kritis 88
5.6 Analisis Distribusi *Time To Failure* dan *Time To Repair* 89
5.7 Analisis Uji Kecocokan *Goodness of Fit* 90
5.8 Analisis Parameter Distribusi TTF dan MTTF 90
5.9 Analisis Parameter Distribusi TTR dan MTTR 91
5.10 Analisis Interval Waktu Penggantian dan Pemeriksaan Komponen 91
BAB VI PENUTUP 93
6.1 Kesimpulan 93
6.2 Saran 93
6.2.1 Saran Untuk Perusahaan 93
6.2.2 Saran Untuk Peneliti 94
DAFTAR PUSTAKA 95
LAMPIRAN 99

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 14
Tabel 2. 2 Tabel *Severity* 19
Tabel 2. 3 Rating *Occurrence* 20
Tabel 2. 4 Rating *Detection* 22
Tabel 4. 1 Data Waktu Kerusakan Komponen 40
Tabel 4. 2 Penilaian FMEA 46
Tabel 4. 3 *Logic Tree Analysis* (LTA) 49
Tabel 4. 4 *Task Selection* (TS) 51
Tabel 4. 5 Mesin Kritis 53
Tabel 4. 6 Komponen Kritis *Scouring bleaching-VI* 54
Tabel 4. 7 *Time to Failure* Komponen *Mechanic Seal* 56
Tabel 4. 8 *Time to Failure* Distribusi Eksponensial 58
Tabel 4. 9 *Time to Failure* Distribusi Normal 60
Tabel 4. 10 *Time to Failure* Distribusi Lognormal 62
Tabel 4. 11 *Time to Failure* Distribusi *Weibull* 64
Tabel 4. 12 *Index of Fit Time to Failure* 65
Tabel 4. 13 *Time to Repair* Komponen *Mechanic Seal* 66
Tabel 4. 14 *Time to Repair* Distribusi Eksponensial 68
Tabel 4. 15 *Time to Repair* Distribusi Normal 70
Tabel 4. 16 *Time to Repair* Distribusi Lognormal 72
Tabel 4. 17 *Time to Repair* Distribusi *Weibull* 74
Tabel 4. 18 *Index of Fit Time to Repair* 76
Tabel 4. 19 *Kolmogorov-Smirnov Time to Failure* 76
Tabel 4. 20 *Kolmogorov-Smirnov Time to Repair* 78
Tabel 4. 21 Interval Penggantian Komponen Menggunakan ARP 82
Tabel 5. 1 Hasil Distribusi *Time to Failure* 89
Tabel 5. 2 Hasil Distribusi *Time to Repair* 89
Tabel 5. 3 Nilai Parameter TTF dan MTTF 90
Tabel 5. 4 Nilai Parameter TTR dan MTTR 91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur LTA 24
Gambar 2. 2 *Road Map Task Selection* 25
Gambar 2. 3 Kurva Laju Kerusakan.....26
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....37
Gambar 4. 1 *Functional Block Diagram* (FBD) 45
Gambar 4. 3 Diagram Pareto Mesin Kritis.....54
Gambar 4. 4 Diagram Pareto Komponen Kritis 55

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil di Indonesia merupakan salah satu dari 10 komoditas industri unggulan yang berperan penting bagi negara. Selain menyediakan lapangan kerja, industri ini turut memenuhi kebutuhan sandang masyarakat, memberikan kontribusi pada devisa negara, serta mendorong pertumbuhan ekonomi (Anugrah et al., 2024). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Pada triwulan pertama tahun 2024, subsektor industri tekstil dan pakaian jadi tumbuh sebesar 2,64% secara *year-on-year* (yoy), didorong oleh peningkatan permintaan luar negeri sebesar 7,34% untuk produk tekstil dan 3,08% untuk pakaian jadi. Selain itu, konsumsi domestik juga mengalami peningkatan, seiring dengan pelaksanaan Pemilu 2024 dan momen lebaran yang mendorong kebutuhan pakaian masyarakat. Berkat inovasi teknologi yang semakin berkembang, proses produksi tekstil kini jauh lebih efisien dan menghasilkan produk yang lebih beragam serta berkualitas tinggi. Perkembangan ini tidak hanya sekadar meningkatkan kuantitas produksi, tetapi juga membuka peluang bagi kreativitas tanpa batas. Tekstil memiliki rantai produksi yang panjang dan kompleks yang melibatkan beberapa proses utama: pemintalan (*spinning*), penenunan (*weaving*), pencelupan (*dyeing*) percetakan (*printing*), dan *finishing*.

PT ABC salah satu perusahaan tekstil terkemuka di Indonesia, berfokus pada produksi kain berkualitas tinggi yang digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari pakaian sehari-hari hingga kebutuhan khusus. Pada proses produksinya, PT ABC menggunakan berbagai mesin, dimana mesin tersebut beroperasi selama 24 jam. Keberlangsungan operasional mesin-mesin ini sangat menentukan kelancaran produksi serta kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar yang terus bertambah. Pada PT ABC terdapat beberapa departemen, salah satunya adalah departemen *Finishing 2&3*. Pada departemen tersebut terdapat mesin *gas singeing, slowmotion, scouring bleaching, mercerized, stenter* dan *folding* yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dan penampilan produk sebelum dipasarkan. Penggunaan mesin yang terus beroperasi memungkinkan perusahaan untuk memenuhi permintaan pasar yang tinggi dan menjaga konsistensi dalam kualitas produk. Namun, operasional mesin tekstil yang intensif sering menghadapi tantangan dalam hal perawatan. Perawatan mesin (*maintenance*) merupakan kegiatan memperbaiki atau menjaga kondisi mesin

agar tetap berfungsi secara optimal sesuai dengan tujuan dan fungsinya (Muhaemin & Nugraha, 2022). Tujuan utama dari perawatan mesin adalah untuk meminimalkan *downtime*, meningkatkan efisiensi, dan memperpanjang umur komponen mesin.

Sistem perawatan yang diterapkan oleh PT ABC adalah *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. *Preventive maintenance* adalah perencanaan yang memerlukan inspeksi berkala, perawatan teratur, dan upaya untuk memastikan bahwa fasilitas produksi selalu dalam kondisi baik. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mencegah terjadinya kerusakan di masa mendatang (Siregar et al., 2022). Pada *preventive maintenance* biasanya dilakukan penjadwalan untuk pengecekan (*inspection*) dan pembersihan (*cleaning*) atau pergantian suku cadang secara rutin dan berkala (Purnomo et al., 2021) .Sedangkan *corrective maintenance* adalah jenis pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau gangguan dengan tujuan untuk mengembalikan fungsinya agar dapat beroperasi (Sodikin et al., 2024). Meskipun kedua perawatan ini penting, namun dalam praktiknya, terkadang perawatan *preventive* tidak selalu dilakukan karena padatnya aktivitas produksi. Sehingga perusahaan lebih sering melakukan perawatan *corrective*, menyebabkan *downtime* tinggi sehingga berdampak pada proses produksi. Pada periode 2020-2024 PT ABC mencatat *downtime* kumulatif sebesar 30814 menit atau setara dengan 21 hari 10 jam 1 menit. Sedangkan *downtime* pada mesin *scouring bleaching* adalah 16510 menit atau setara dengan 11 hari 11 jam 10 menit.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah meningkatkan efektivitas perawatan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah pendekatan manajemen pemeliharaan yang dirancang secara sistematis dan proaktif untuk mencegah kegagalan fungsional pada sistem. RCM berfokus pada identifikasi dan pengelolaan risiko dengan cara memastikan bahwa setiap komponen sistem tetap dapat berfungsi sesuai dengan peran yang dibutuhkan. Tujuan utama dari RCM adalah memaksimalkan keandalan operasional dengan mengembangkan strategi perawatan yang spesifik untuk setiap aset, berdasarkan pentingnya peran dan potensi dampak kegagalannya terhadap keseluruhan sistem (Kusnadi et al., 2020). Pada implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM), digunakan berbagai metode analisis untuk mendukung identifikasi dan mitigasi kegagalan sistem yaitu *Functional Block Diagram* (FBD) digunakan untuk menggambarkan sistem secara detail dalam bentuk diagram blok, sehingga mempermudah identifikasi hubungan antar komponen mesin, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

bertujuan mengidentifikasi penyebab kerusakan mesin serta mengetahui kegagalan yang paling berpengaruh berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN), *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk menguraikan urutan penyebab kegagalan, dan *Task Selection* (TS) berfungsi dalam memilih tindakan yang paling efektif untuk mencegah atau mengontrol kegagalan. Selain RCM, *Age Replacement* juga digunakan menentukan waktu optimal untuk mengganti suatu komponen berdasarkan usia pemakaiannya. Pendekatan ini mengandalkan analisis data terkait umur komponen, tingkat kegagalan, dan biaya pemeliharaan untuk memutuskan apakah suatu komponen perlu diganti sebelum mengalami kegagalan atau dibiarkan hingga rusak (Juwandono & Purnama, 2023).

Beberapa penelitian terdahulu mengenai penerapan RCM dan *Age Replacement* menunjukkan hasil yang signifikan dalam mengurangi *downtime*. Salah satu studi yang dilakukan pada tahun 2021 menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin *Rotary lathe* di PT. Kutai Timber Indonesia terdapat penurunan *downtime* sebesar 21,5 %, dimana hasil produksi veneer pada mesin *Rotary lathe* akan meningkat rata-rata sebesar 272,7 m3/bulan (Kurniawan et al., 2021). Penelitian lain yang dilakukan pada tahun 2021 pada motor konveyor mesin XRAY di PT.Tristan Engineering, usulan perbaikan yang diberikan dapat menurunkan rata-rata *downtime* sebesar 39% (Purnomo et al., 2021). Penelitian lain yang dilakukan pada tahun 2021, menerapkan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin pompa air pendingin untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pemeliharaan. Menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), untuk menganalisis fungsi komponen, mode kegagalan, penyebab, dan dampaknya. Selain itu, perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) digunakan untuk menentukan interval pemeliharaan optimal. Hasilnya menunjukkan bahwa komponen seperti bantalan, poros, dan segel oli adalah yang paling rentan mengalami kegagalan. Dengan MTTF tertinggi pada gasket (6.064,13 jam) dan terendah pada oil gauge (2.842,17 jam), penelitian ini berhasil menyusun jadwal pemeliharaan yang lebih optimal (Supriyanto et al., 2021). Penelitian lain yang dilakukan pada tahun 2024 menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin *drag chain* di PT Solusi Bangun Andalas. Komponen kritis seperti *chain leaf*, *return rail*, dan *link wheel* diidentifikasi sebagai area utama dengan risiko kegagalan tinggi. Hasilnya adalah *chain leaves* memiliki MTTF 90 hari, *return rail* 158,73 hari, dan *link wheel* 294,1 hari. Penelitian ini merekomendasikan kombinasi pemeliharaan preventif, prediktif, dan korektif untuk mengoptimalkan interval kegagalan dan meningkatkan keandalan mesin (Ariani & Juanda,

2024). Penelitian terdahulu yang lain yaitu pemeliharaan mesin *Cake Breaker Conveyor* (CBC) di industri minyak kelapa sawit menggunakan metode *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Empat komponen kritis yaitu *bearing, universal joint, clutch rod*, dan *pen* yang diidentifikasi sebagai penyebab utama kerusakan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. RCM menghasilkan jadwal pemeliharaan optimal, seperti penggantian *bearing* setiap 461,5 jam, yang secara signifikan mengurangi *downtime* hingga 39%, meningkatkan keandalan, dan menekan biaya pemeliharaan (Basuki Nanda & Valentino Roni, 2023).

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* pada mesin *scouring bleaching-VI* di PT ABC. Harapannya dapat memberikan solusi untuk meningkatkan kinerja mesin dan meminimalisir *downtime*, sehingga mendukung PT ABC dalam memenuhi permintaan pasar secara efisien dan mempertahankan kualitas produk yang konsisten.

1.2 Rumusan Masalah

Perawatan merupakan kegiatan memperbaiki atau menjaga kondisi mesin agar berfungsi secara optimal. Perawatan mesin di PT ABC belum mampu menekan *downtime* secara optimal, khususnya pada mesin *scouring bleaching-VI*. Pada periode 2020-2024 PT ABC mencatat *downtime* kumulatif sebesar 30814 menit atau setara dengan 21 hari 10 jam 1 menit. Sedangkan *downtime* pada mesin *scouring bleaching* adalah 16510 menit atau setara dengan 11 hari 11 jam 10 menit. Oleh karena itu, diperlukan strategi perawatan yang tepat guna mengurangi *downtime* dan menjaga kelancaran produksi. Dengan demikian, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Apa komponen yang menjadi prioritas pada mesin *scouring bleaching-VI* serta perawatan yang tepat untuk mesin tersebut?
2. Berapa estimasi interval waktu pemeriksaan komponen prioritas pada mesin *scouring bleaching-VI*?
3. Berapa estimasi interval waktu pergantian komponen *scouring bleaching-VI* yang disarankan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian berdasarkan dari rumusan masalah tersebut:

1. Mengetahui komponen prioritas pada mesin *scouring bleaching-VI* serta menentukan tindakan perawatan yang tepat untuk mesin tersebut.
2. Menentukan interval waktu pemeriksaan untuk komponen prioritas pada mesin *scouring bleaching-VI*.
3. Menentukan interval waktu pergantian komponen prioritas pada mesin *scouring bleaching-VI.*

1.4 Manfaat Penelitian

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

1. Bagi Perguruan Tinggi
   a. Meningkatkan hubungan kerja sama dengan dunia industri.
   b. Menambah referensi untuk pembelajaran dan penelitian.
   c. Mendukung pengembangan ilmu pengetahuan bagi mahasiswa.
2. Bagi Perusahaan
   a. Mendapatkan solusi yang relevan dan inovatif untuk masalah yang sedang diteliti.
3. Bagi Peneliti.
   a. Memahami secara langsung penerapan ilmu yang telah dipelajari selama perkuliahan.
   b. Memberikan kesempatan untuk mengasah kemampuan dalam menganalisis masalah dan mencari solusi yang sesuai.
   c. Membantu peneliti memahami dinamika dan kebutuhan dunia kerja, sehingga lebih siap secara professional.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan penelitian yang dilakukan:

1. Penelitian dilakukan di PT ABC.
2. Penelitian dilakukan pada lingkup departemen *finishing* 2 dan 3.
3. Penelitian ini meliputi data kerusakan dan perbaikan mesin pada bulan Januari 2020 sampai April 2024.
4. Mesin yang dilakukan penelitian adalah mesin *scouring bleaching-VI*.
5. Penelitin berfokus pada komponen kritis yang berada di mesin *scouring bleaching-VI.*
6. Penelitian ini tidak mencakup efek ekonomi terkait kegagalan mesin.

7. Peneliti menggunkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengidentifikasi komponen kritis dan *Age Replacement* sebagai pendekatan minimasi *downtime*.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan pada penelitian ini:

BAB I **PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan memuat dasar penyusunan Tugas Akhir, yang berisi latar belakang yang menjelaskan alasan penelitian, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian. Selain itu, bab ini menetapkan batasan penelitian agar penelitian tetap terarah dan menjelaskan sistematika penulisan sebagai panduan alur laporan secara keseluruhan.

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab Tinjauan Pustaka membahas teori dasar, konsep, dan kerangka teori yang mendukung penelitian, serta mencakup kajian penelitian sebelumnya untuk mengidentifikasi celah penelitian dan memperkuat landasan ilmiah dalam penyusunan Tugas Akhir.

BAB III **METODE PENELITIAN**

Bab Metode Penelitian merupakan bab yang menjelaskan menjelaskan tahapan yang dilakukan dalam penelitian, termasuk pengumpulan data.

BAB IV **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab Pengumpulan dan Pengolahan Data merupakan bab yang membahas data yang telah diperoleh dari perusahaan, catatan kerusakan dan perbaikan mesin, yang dianalisis dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacemen*t. Hasilnya digunakan untuk merancang tindakan perawatan yang optimal dan efisien, guna

	meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi *downtime* perusahaan.
BAB V	**PEMBAHASAN**
	Bab Pembahasan merupakan bab yang berisikan hasil analisis data secara keseluruhan, menghubungkan dengan tujuan penelitian, serta mengevaluasi keefektifan metode yang diterapkan. Tujuannya adalah menjawab rumusan masalah temuan terhadap konteks penelitian.
BAB VI	**PENUTUP**
	Bab Penutup berisi kesimpulan dari penelitian berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, serta saran untuk dunia industri atau penelitian selanjutnya. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pembahasan, sedangkan saran disusun dengan mempertimbangkan tantangan dan peluang yang ada untuk memberikan solusi yang bermanfaat.
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 berkaitan dengan penelitian.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Siswantoro et al., 2022) yang berjudul "*The Maintenance Task Allocation Analysis in Steam Power Plant: Case Study on Closed Cooling Water Systemmembahas"* melakukan penelitian menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada sistem pendingin tertutup (*closed cooling water system*) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Sistem ini berperan penting dalam menjaga suhu operasi peralatan agar tidak mengalami overheating yang dapat mengakibatkan kerusakan dan *downtime* produksi. Dengan pendekatan RCM yang melibatkan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA), penelitian ini mengidentifikasi 155 mode kegagalan, di mana 73% merupakan kegagalan nyata dan 27% kegagalan tersembunyi. Dari hasil analisis tersebut, ditentukan lima kategori tindakan pemeliharaan, yaitu *scheduled on condition task* 57%, *scheduled restoration task* 24%, *scheduled discard task* 13%, *scheduled finding failure* 2%, dan *no scheduled maintenance* 4%.

Penelitian yang berjudul "*Maintenance Performance Evaluation of an RCM Implementation: A Functional Oriented Case Study*" yang ditulis oleh (Supriyanto et al., 2021) dimana pada penelitiannya menggunakan metode RCM guna meningkatkan efisiensi dan keandalan pemeliharaan mesin pompa air pendingin. Metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menganalisis fungsi komponen, mode kegagalan, penyebab, dan dampak kegagalan tersebut. Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk menentukan interval pemeliharaan yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen utama seperti bantalan (*bearing*), poros (*shaft*), dan segel oli (*oil seal*) merupakan elemen yang paling sering mengalami kegagalan. MTTF menunjukkan bahwa gasket memiliki durasi kegagalan terpanjang sebesar 6.064,13 jam, sedangkan *oil gauge* memiliki durasi kegagalan terendah sebesar 2.842,17 jam. Hasil penelitian tersebut digunakan untuk menyusun jadwal pemeliharaan yang optimal.

Penelitian yang yang berjudul "*Analysis of Maintenance Activities on Drag Chain Machines to Optimize Failure Time Intervals Using Reliability Centered Maintenance (RCM) Approach"* yang ditulis oleh (Ariani & Juanda, 2024) menganalisis aktivitas pemeliharaan pada mesin *drag chain* di PT Solusi Bangun Andalas dengan tujuan mengoptimalkan interval waktu kegagalan

menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen paling kritis pada mesin drag chain di PT Solusi Bangun Andalas adalah *chain leaves, return rail*, dan *link wheel*, yang ditentukan melalui analisis FMEA berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Komponen *chain leaves* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 112, *return rail* sebesar 84, dan *link wheel* sebesar 60. Selanjutnya, dilakukan analisis keandalan menggunakan distribusi *Weibull* untuk menentukan parameter keandalan dari ketiga komponen tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk *chain leaves* adalah 90 hari, *return rail* 158 hari, dan *link wheel* 294 hari. Sementara itu, *Mean Time to Repair* (MTTR) masing-masing adalah 22 hari untuk *chain leaves*, 21 hari untuk *return rail*, dan 19 hari untuk *link wheel*.

Penelitian yang berjudul "*Scheduling Preventive Maintenance to Determine Maintenance Actions on Screw Press Machine"* yang ditulis oleh (Pohan et al., 2023) menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), dimana *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengetahui komponen kritis, menganalisis mode dan efek kegagalan. mengklasifikasikan risiko dengan *Logic Tree Analysis (LTA)* dan menentukan tindakan pemeliharaan yang tepat menggunakan LTA. Penelitian ini mengidentifikasi lima jenis kerusakan dengan *downtime* tertinggi yaitu *worm screw, extension shaft, bearing, oil seal*, dan *press cage*. Berdasarkan analisis, interval waktu perawatan yang optimal untuk setiap komponen dihitung, misalnya perawatan *worm screw* dilakukan setiap 307,84 jam dan pergantian setiap 2035,3 jam. Dengan jadwal perawatan yang terstruktur, perusahaan dapat mencegah kerusakan yang tidak terduga, meningkatkan keandalan mesin, dan mengurangi biaya perbaikan.

Penelitian yang dilakukan (Bangun et al., 2022) yang berjudul "*Preventive Maintenance Scheduling with Age Replacement Method at CNG Station"* menerapkan metode *Age Replacement* dalam penjadwalan pemeliharaan preventif di stasiun pengisian CNG. Metode penelitian dimulai dengan analisis data *breakdown* menggunakan diagram Pareto untuk mengidentifikasi komponen kritis. Hasilnya menunjukkan bahwa *Air Supply's Hose* dan *Double Nipple Stage 4* adalah komponen yang paling sering mengalami kerusakan. Data *time to failure* dan *time to repair* dianalisis menggunakan distribusi Weibull untuk menentukan pola kegagalan. Dengan metode *Age Replacement*, interval penggantian optimal untuk *Air Supply's Hose* ditentukan setiap 20 hari dan *Double Nipple Stage 4* setiap 24 hari. Implementasi pemeliharaan preventif ini mengurangi biaya pemeliharaan sebesar 4,78% untuk *Air Supply's*

Hose dan 29,06% untuk *Double Nipple Stage 4*. Kesimpulannya, penerapan metode ini efektif dalam mengurangi biaya dan meningkatkan keandalan komponen kritis di sistem distribusi CNG.

Penelitian yang dilakukan oleh (Tiffanya & Sembiring, 2024) yang berjudul "*Analysis of Boiler Machine Maintenance using The Reliability-Centered Maintenance Method"* menerapkan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada mesin boiler di PT Industri Karet Deli mampu mengidentifikasi komponen kritis yang paling sering mengalami kerusakan, yaitu ball valve dengan nilai RPN tertinggi 210. Melalui analisis FMEA dan LTA, dapat mengetahui penyebab utama kerusakan dan merancang Tindakan pemelihara, seperti *Time Directed Maintenance* untuk *ball valve* dan pipa, serta *Condition Directed* untuk *V-belt* dan *pillow block*. Penerapan strategi ini diharapkan tidak hanya mengurangi *downtime*, tetapi juga meningkatkan keandalan mesin dan efisiensi biaya perawatan secara keseluruhan.

Penelitian yang ditulis oleh (Yang et al., 2020) yang berjudul "*Applying Reliability Centered Maintenance (RCM) to Sampling Subsystem in Continuous Emission Monitoring System"* menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada subsistem pengambilan sampel di CEMS untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi perawatan. Tahapan dimulai dari pengumpulan data kerusakan, analisis FMEA untuk menghitung RPN, evaluasi keandalan dengan MTBF. Hasilnya menunjukkan bahwa elemen penyaring adalah komponen paling kritis dengan keputusan pemeliharaan menunjukkan perlunya berbagai strategi: *scheduled maintenance*, *condition-based maintenance*, dan *run-to-failure* tergantung pada komponen. MTBF yang didapatkan sebesar 2628 jam. Strategi perawatan yang diusulkan lebih tepat dimana dapat menjaga ketersediaan sistem di atas 95% dan mengurangi biaya perawatan yang tidak efektif.

Penelitian yang berjudul "*Production Machine Maintenance System Design Using Reliability Centered Maintenance"* yang ditulis oleh (Wicaksono et al., 2021) menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk membuat strategi perawatan mesin yang lebih efektif di lini produksi kepala silinder pada sebuah perusahaan otomotif. Langkah-langkahnya dimulai dengan memilih bagian produksi yang paling sering mengalami kerusakan, kemudian dilakukan identifikasi fungsi mesin dan analisis FMEA untuk mengetahui jenis kerusakan dan risiko tertinggi. Setelah itu, ditentukan waktu perawatan terbaik menggunakan software Weibull++, dan dirancang strategi perawatan berdasarkan tingkat risiko kerusakan. Hasil penelitian menemukan bahwa ada 67 fungsi, 108 kegagalan fungsi, dan 34 jenis

kerusakan. Dari semua itu, lima kerusakan yang paling kritis adalah *NC Fault, D-Link Fault, Machine Won't Process, Clamp/Unclamp Fault,* dan *Master On Dead*. Dengan strategi perawatan berdasarkan RCM, keandalan mesin meningkat rata-rata 39,34%. Strategi RCM memberikan perawatan yang lebih tepat sasaran sesuai jenis kerusakannya, sehingga mesin lebih jarang rusak dan biaya perawatan bisa ditekan.

Penelitian yang berjudul "*Analysis of the Age Replacement Method to Reduce Tool Downtime*" yang ditulis (Irwan Sukendar et al., 2020) membahas mengenai upaya pengurangan *tool downtime* pada perusahaan manufaktur mesin diesel di Indonesia dengan menggunakan metode *Age Replacement*. Fokus utama penelitian adalah lini *cylinder liner*, yang memiliki frekuensi penggantian tertinggi 1254 kali dan total *downtime* sebesar 7243,94 menit dalam periode April–Juni 2018. Penelitian dimulai dengan identifikasi alat kritis menggunakan diagram Pareto, yaitu OP1 L1, OP2 L3, OP5 B1, OP6 H1, dan OP6 H2. Selanjutnya dilakukan analisis *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR), serta pengujian distribusi data menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan *Bartlett.* Perhitungan dilakukan terhadap nilai MTTF dan MTTR, lalu ditentukan jadwal penggantian alat optimal berdasarkan nilai *D(tp)* terendah (total *downtime* per unit waktu). Pada alat OP1 L1 optimal diganti setiap 200 menit, yang menurunkan *downtime* dari 557,1 menjadi 443,7 menit. Secara keseluruhan, total *downtime* menurun dari 3612,6 menit menjadi 3240,4 menit. Dengan demikian, penerapan metode *Age Replacement* terbukti efektif dalam menentukan interval penggantian alat secara preventif, menurunkan *downtime*, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem produksi.

Penelitian yang berjudul "*Determination of Lathe Component Replacement Interval Using Age Replacement Method*" yang ditulis oleh (Ma'ruf & Dahda, 2021) membahas mengenai interval penggantian komponen mesin bubut khususnya *gear* dan *control cable,* dengan tujuan utama meminimalkan *downtime* dan biaya perawatan. Masalah yang dihadapi adalah sering terjadinya kerusakan pada dua komponen tersebut yang menyebabkan terganggunya proses produksi. Peneliti menggunakan metode *Age Replacement* dan pola kerusakan dianalisis menggunakan distribusi *Weibull,* yang cocok untuk menggambarkan masa pakai komponen. Hasil analisis menunjukkan bahwa interval penggantian optimal untuk komponen *gear* adalah setiap 29 hari, dengan nilai *downtime probability* terendah (D(tp)) sebesar 0.2000. Sementara itu, untuk komponen *control cable*, penggantian optimal dilakukan setiap 61 hari, dengan D(tp) sebesar 0.0332. Biaya total pemeliharaan tahunan untuk penggantian preventif *gear* adalah Rp 183.206.964, dan untuk *control cable* sebesar Rp 33.669.006. Penggunaan metode ini secara

signifikan mengurangi risiko kerusakan mendadak dan memberikan penghematan biaya melalui jadwal penggantian yang lebih efisien.

Penelitian yang berjudul "Analisa Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Age Replacement" yang ditulis oleh (Juwandono & Purnama, 2023) melakukan penelitian guna membahas strategi pemeliharaan mesin produksi di PT. Daesang Ingredients Indonesia dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi komponen kritis pada mesin *rotogravure printing, laminating*, dan *slitting* guna mengurangi *downtime* yang mencapai 21.100 menit dalam periode dua tahun. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan metode ini dapat menentukan interval penggantian optimal bagi komponen seperti *bearing, vanbelt,* dan *slitting blade*, sehingga dapat meningkatkan keandalan mesin serta mengurangi biaya pemeliharaan akibat pemakaian strategi *corrective maintenance* yang sebelumnya diterapkan perusahaan.

Penelitian yang berjudul "Analisis Penggantian dan Perawatan pada Papermachine Bagian Wire dan Dryer Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan Age replacement Pada PT. X" yang ditulis oleh (Ramadhan & Widiasih, 2023), penelitian ini dilakukan di PT X yang memproduksi kertas dan mengalami kerusakan cukup sering pada bagian *Wire* dan *Dryer*. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* guna menentukan jadwal penggantian dan pemeriksaan yang tepat agar *downtime* bisa diminimalkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa 13 komponen tergolong kritis, seperti *bearing screen*, *couchroll 5*, *gearbox dryer*, dan lainnya. Setiap komponen memiliki jadwal penggantian yang berbeda, contohnya *bearing screen* setiap 27 hari dan *wire 1* setiap 65 hari. Pemeriksaan juga dilakukan rutin tiap 2–4 hari tergantung jenis komponennya. Setelah jadwal ini diterapkan, tingkat keandalan (*reliability)* dan ketersediaan (*availability*) meningkat, bahkan sebagian besar komponen mencapai *availability* di atas 95%, yang berarti mesin bisa berfungsi sesuai harapan dan produksi berjalan lancar.

Penelitian yang dilakukan oleh (Purnomo et al., 2021) yang berjudul "Analisis penerapan perawatan motor konveyor mesin X-ray dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada PT. Tristan Engineering", dimana terdapat ketidakteraturan dalam melakukan perawatan berkala pada mesin X-ray menyebabkan tingginya frekuensi kerusakan dan *downtime,* terutama pada komponen motor konveyor. Melalui *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), diketahui bahwa motor konveyor memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN)

tertinggi sebesar 405. RCM dilakukan untuk merancang jadwal perawatan yang tepat berdasarkan nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan frekuensi kerusakan. Hasil dari penerapan RCM menunjukkan adanya penurunan rata-rata *downtime* sebesar 39%, dari total 5.400 menit menjadi 3.140 menit. Selain itu, MTBF meningkat menjadi 2.412 jam. Perbaikan yang dilakukan meliputi penyusunan jadwal pemeliharaan berbasis kondisi dan waktu, serta pelatihan operator dan penggunaan check sheet untuk mengontrol jadwal perawatan.

Penelitian yang berjudul "Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* dan *Age Replacement"* yang ditulis oleh (Saputra et al., 2024) dilakukan di PT. Dok Perkapalan Kodja Bahari bertujuan untuk mengidentifikasi komponen paling rentan pada mesin bubut serta merancang strategi perawatan yang lebih efektif. Melalui analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), ditemukan bahwa dinamo merupakan komponen paling rawan mengalami kerusakan, dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yaitu 400, yang disebabkan oleh dampak kerusakan yang tinggi, frekuensi kegagalan yang sering, serta tingkat pendeteksian yang masih cukup rendah Hasil analisis menunjukkan bahwa *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen dinamo adalah sekitar 917 menit atau setara 3,15 hari, sedangkan *Mean Time To Repair* (MTTR) sekitar 460 menit atau 8 jam. Interval ideal untuk pemeriksaan komponen dinamo ditentukan sekitar 97 menit atau setiap 4,4 hari, untuk mengurangi risiko kerusakan yang berulang.

Penelitian yang berjudul "Manajemen Perawatan Panel Distribution Control dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. Tung Cia Tekhnology Indonesia" yang ditulis oleh (Ismail & Ayik Pusakaningwati, 2023). Jurnal ini membahas penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dalam manajemen perawatan panel *Distribution Control* (PDC) di PT. Tung Cia Tekhnology Indonesia. Perusahaan ini bergerak di bidang industri olahan turunan minyak kelapa sawit dan sangat bergantung pada keandalan sistem panel distribusi listrik. Dalam penelitian ini, dilakukan identifikasi sistem dan komponen kritis pada panel PDC seperti relay, kontaktor, timer, push button, serta MCB dan fuse. Selanjutnya, dilakukan analisis kegagalan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menghitung nilai Risk Priority Number (RPN), serta *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk memahami struktur dan penyebab kegagalan lebih lanjut. Nilai awal RPN ditemukan sebesar 540, yang mengindikasikan risiko kegagalan yang tinggi. Setelah dilakukan tindakan perawatan dan penggantian komponen kritis, nilai RPN berhasil diturunkan menjadi 126, yang menunjukkan keberhasilan implementasi metode RCM dalam mengurangi potensi risiko dan

meningkatkan keandalan sistem. Hasil ini menegaskan bahwa RCM sangat efektif dalam merancang strategi pemeliharaan preventif, mengurangi *downtime*, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya perawatan di perusahaan tersebut.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

Penulis	**Obyek (Industri)**		**Metode**					
	Maintenance	**Mesin**	**FBD**	**FMEA**	**LTA**	**TS**	**MTTF**	**MTTR**
(Siswantoro et al., 2022)	√	√	√	√	√	√		
(Supriyanto et al., 2021)	√	√	√	√			√	√
(Ariani & Juanda, 2024)	√	√		√	√	√	√	√
(Pohan et al., 2023)	√	√		√	√	√	√	√
(Bangun et al., 2022)	√	√					√	√
(Tiffanya & Sembiring, 2024)	√	√	√	√	√	√		
(Yang et al., 2020)	√	√		√		√		
(Wicaksono et al., 2021)	√	√		√			√	√
(Irwan Sukendar et al., 2020)	√	√					√	√
(Ma'ruf & Dahda, 2021)	√	√					√	√
(Juwandono & Purnama, 2023)	√	√		√	√	√	√	√
(Ramadhan & Widiasih, 2023)	√	√		√			√	√
(Purnomo et al., 2021)	√	√		√				
(Saputra et al., 2024)	√	√		√			√	√
(Ismail & Ayik Pusakaningwati, 2023)	√	√		√	√			
Usulan (2025)	√	√	√	√	√	√	√	√

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Perawatan (*Maintenance*)

Pemeliharaan (*maintenance*) adalah serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk menjaga dan memperbaiki mesin atau peralatan agar tetap dalam kondisi optimal dan berfungsi secara efektif. Dalam konteks industri manufaktur, pemeliharaan merupakan fungsi yang sama pentingnya dengan fungsi produksi dan lainnya, karena keberadaan mesin dan peralatan yang dapat diandalkan sangat menentukan kelancaran proses produksi (Muslih Nasution, Ahmad Bakhori, 2021). Tujuan utama pemeliharaan (*maintenance*) adalah untuk memperpanjang usia pakai aset, yang sangat penting di negara berkembang dengan keterbatasan sumber daya modal. Selain itu, pemeliharaan bertujuan menjamin ketersediaan peralatan secara optimal untuk mendukung produksi dan memaksimalkan laba investasi. Sistem ini juga memastikan kesiapan operasional peralatan penting, seperti unit cadangan dan alat pemadam kebakaran, dalam keadaan darurat, serta melindungi keselamatan pengguna sarana tersebut (Susilo & Suliantoro, 2017).

2.2.2 *Downtime*

Downtime merupakan waktu berhenti suatu operasional pekerjaan kibat pemeliharaan fasilitas produksi, yang dapat mencakup kegiatan perawatan preventif (*preventive maintenance*) ataupun perbaikan akibat kerusakan. *Downtime* pada dasarnya didefinisikan sebagai waktu ketika suatu komponen sistem tidak berfungsi dengan baik, sehingga mengganggu kelancaran operasional sistem secara keseluruhan (Sihombing, 2023).

2.2.3 Jenis-jenis Perawatan

Pemeliharaan biasanya terbagi atas pemeliharaan secara terencana dan tidak terencana.

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

   Pemeliharaan terencana (*Planned Maintenance*) adalah suatu proses perawatan yang dilakukan berdasarkan suatu rencana yang telah disusun dengan mempertimbangkan jadwal dan kebutuhan dalam proses produksi. Dalam kegiatan ini, setiap langkah dan tindakan perawatan diorganisasi sedemikian rupa agar sesuai dengan siklus produksi dan meminimalkan gangguan pada operasi mesin (Mentari et al., 2017). Pemeliharaan terencana terdiri dari:

   a. ***Preventive Maintenance***

      Perawatan *preventif* adalah perawatan yang dilakukan sesuai dengan batas waktu yang ditentukan berdasarkan umur maksimum suatu komponen atau mesin. Pemeliharaan

terjadwal merupakan pendekatan pemeliharaan yang dilakukan secara teratur dan sistematis, di mana aktivitas pemeliharaan diatur berdasarkan jangka waktu tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya. Perawatan ini bertujuan untuk memastikan mesin dapat beroperasi secara optimal dan untuk mencegah kerusakan yang dapat mengganggu kelancaran dalam penggunaanya (Yuli Setiawannie & Nita Marikena, 2022).

b. *Predictive Maintenance*

Pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*) adalah metode perawatan yang menggunakan analisis data untuk memprediksi kapan suatu komponen atau mesin memerlukan perawatan (Sodikin et al., 2024).

2. Pemeliharaan Tidak Terencana

Pemeliharaan tidak langsung adalah jenis perawatan yang dilakukan secara mendadak tanpa jadwal atau rencana sebelumnya. *Corrective maintenance* adalah salah satu jenis perawatan tidak terencana dimana perawatan ini dilakukan untuk mengatasi kerusakan atau gangguan pada mesin yang terjadi secara berulang (Aldyansyah et al., 2023). Tujuannya adalah untuk memperbaiki kerusakan agar mesin atau peralatan dapat beroperasi kembali dengan normal. Karena karakteristik ini, *corrective maintenance* sering disebut sebagai perawatan reaktif. Pendekatan ini bersifat reaktif karena tindakan perbaikan hanya dilakukan setelah masalah muncul, tanpa upaya pencegahan untuk mencegah kerusakan sebelumnya (Yuliandra & Jaeba, 2017).

2.2.4 *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) dimulai di industri penerbangan pada 1960-an untuk mengatasi tingginya biaya pemeliharaan. Sebuah kelompok kerja yang melibatkan maskapai penerbangan dan FAA dibentuk untuk menilai efektivitas pemeliharaan preventif, yang menghasilkan pedoman pemeliharaan seperti MSG-1 pada 1968. Pedoman ini digunakan untuk program pemeliharaan pesawat Boeing 747, diikuti oleh MSG-2 untuk Lockheed L-1011 dan Douglas DC-10. Keberhasilan metode ini terlihat dari pengurangan signifikan pada kebutuhan inspeksi, seperti perbandingan DC-8 dan DC-10. Pada 1974, Departemen Pertahanan AS meminta United Airlines untuk menulis laporan tentang pendekatan pemeliharaan di industri penerbangan (Moubray, 1997).

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah metode analisis yang dirancang untuk mengidentifikasi langkah-langkah pemeliharaan yang diperlukan guna memastikan suatu

sistem atau peralatan dapat beroperasi dengan optimal dan memenuhi fungsinya secara efektif (Alsakina & Momon, 2023). Tujuan utama dari RCM adalah memastikan fungsi sistem tetap berjalan dengan optimal melalui identifikasi mode kegagalan (*failure mode*) dan penilaian prioritas kegagalan berdasarkan tingkat kritisnya (Armanda et al., 2023). Pada RCM, setiap kemungkinan mode kegagalan dianalisis untuk memahami dampak dan frekuensi potensialnya, sehingga mode kegagalan yang paling signifikan dan berisiko tinggi dapat diidentifikasi dan diprioritaskan. Prinsip-prinsip RCM adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan Berbasis Fungsi

   RCM tidak hanya berfokus pada menjaga suatu sistem atau peralatan agar tetap beroperasi, tetapi lebih pada memastikan bahwa sistem tersebut terus menjalankan fungsi utamanya sesuai dengan yang diharapkan.
2. Fokus pada Keandalan Sistem secara Keseluruhan

   Dalam RCM, fokus utama diberikan pada fungsi keseluruhan sistem dibandingkan dengan kondisi satu komponen tertentu.
3. Pendekatan Berbasis Keandalan

   RCM menekankan pentingnya keandalan (*reliability*), yaitu kemampuan sistem atau peralatan untuk terus beroperasi sesuai dengan spesifikasi.
4. Penerapan Strategi Pemeliharaan yang Tepat

   Tujuan utama RCM adalah mempertahankan keandalan sistem sesuai dengan kapasitas dan spesifikasi yang telah dirancang.
5. Prioritas pada Keselamatan:

   Keselamatan (*safety*) menjadi faktor utama dalam RCM, diikuti dengan pertimbangan efisiensi ekonomi. Ini berarti bahwa tindakan pemeliharaan dirancang terlebih dahulu untuk mengurangi risiko kecelakaan atau bahaya, baru kemudian mempertimbangkan aspek biaya dan efektivitas ekonomi.
6. Evaluasi Kegagalan Berdasarkan Performa Sistem

   Dalam konteks RCM, kegagalan (*failure*) tidak hanya diartikan sebagai kerusakan fisik suatu komponen, tetapi juga sebagai kondisi di mana sistem tidak dapat memenuhi standar kinerja yang telah ditetapkan.
7. Hasil yang Terukur dan Jelas:

   RCM harus menghasilkan dampak nyata, seperti pengurangan jumlah kegagalan atau minimal mengurangi tingkat keparahan kerusakan akibat kegagalan. Implementasi metode

ini harus memberikan manfaat konkret dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemeliharaan (Sunaryo et al., 2018).

Tahapan RCM meliputi:

a. Mendeskripsikan sistem secara detail dengan *Functional Block Diagram* (FBD).
b. Melakukan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
c. *Logic Tree Analysis* (LTA).
d. *Task selection* (pemilihan tindakan).

2.2.4.1 *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) adalah alat yang membantu menggambarkan aliran fungsi dan interaksi di dalam suatu sistem atau komponen. Diagram ini menunjukkan bagaimana sistem beroperasi ketika menerima serangkaian input dan menghasilkan output utama, tanpa melibatkan penyimpanan internal (Agustus et al., 2022).

2.2.4.2 *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

FMEA adalah metode yang digunakan untuk menilai dan menganalisis desain suatu sistem dengan mempertimbangkan berbagai potensi mode kegagalan yang dapat terjadi dalam setiap komponen sistem (Simanungkalit et al., 2023). Melalui pendekatan ini, FMEA mengidentifikasi kemungkinan kegagalan pada tingkat komponen serta menilai dampak kegagalan tersebut terhadap keandalan dan performa keseluruhan sistem. Pada FMEA, setiap potensi kegagalan dinilai berdasarkan tiga kriteria utama yaitu *severity* (keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (kemungkinan deteksi). Ketiga kriteria ini masing-masing diberi nilai dari 1 hingga 10, yang membantu menentukan tingkat risiko dan prioritas penanganan kegagalan (Marpaung et al., 2021). Berikut ini merupakan rumus perhitungan RPN:

$$RPN = S \; x \; O \; x \; D \qquad \ldots(2.1)$$

Hasil dari perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) mengindikasikan komponen-komponen yang memiliki tingkat risiko yang tinggi. Oleh karena itu, komponen-komponen ini memerlukan penanganan khusus dalam bentuk pemeliharaan yang lebih intensif. Berikut ini adalah komponen penyusun RPN:

a. *Severity*

   Severity menggambarkan seberapa signifikan dampak dari suatu kejadian atau kegagalan yang diukur dengan skala 1-10. Angka 1 menunjukkan bahwa kejadian tersebut memiliki

tingkat keparahan yang hampir tidak signifikan, sedangkan angka 10 menunjukkan kejadian yang sangat serius (Yaqin et al., 2020). Berikut ini merupakan rating *severity*:

Tabel 2. 2 Tabel *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. *Occurrence*

Occurrence mengacu pada frekuensi terjadinya gangguan pada komponen yang dapat menyebabkan kegagalan sistem. Dengan kata lain, o*ccurrence* menggambarkan peluang terjadinya gangguan yang dapat mengganggu operasi keseluruhan. Pada skala 1 hingga 10, nilai 1 menunjukkan gangguan sangat jarang, sementara nilai 10 menunjukkan gangguan yang hampir pasti terjadi dalam setiap siklus operasi (Dian Supiandi et al., 2021). Berikut ini merupakan rating *Occurrence:*

Tabel 2. 3 Rating *Occurrence*

Rating	**Kejadian**	**Kriteria**	**Tingkat Kerusakan**
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	> 10.000 jam operasi

Rating	Kejadian	Kriteria	Tingkat Kerusakan
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
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 merujuk pada proses mengidentifikasi potensi risiko yang dapat mengganggu sistem atau operasi. Proses ini penting untuk mengurangi dampak negatif dari kegagalan yang mungkin terjadi (Julianto et al., 2024). Berikut ini merupakan rating *Detection.*

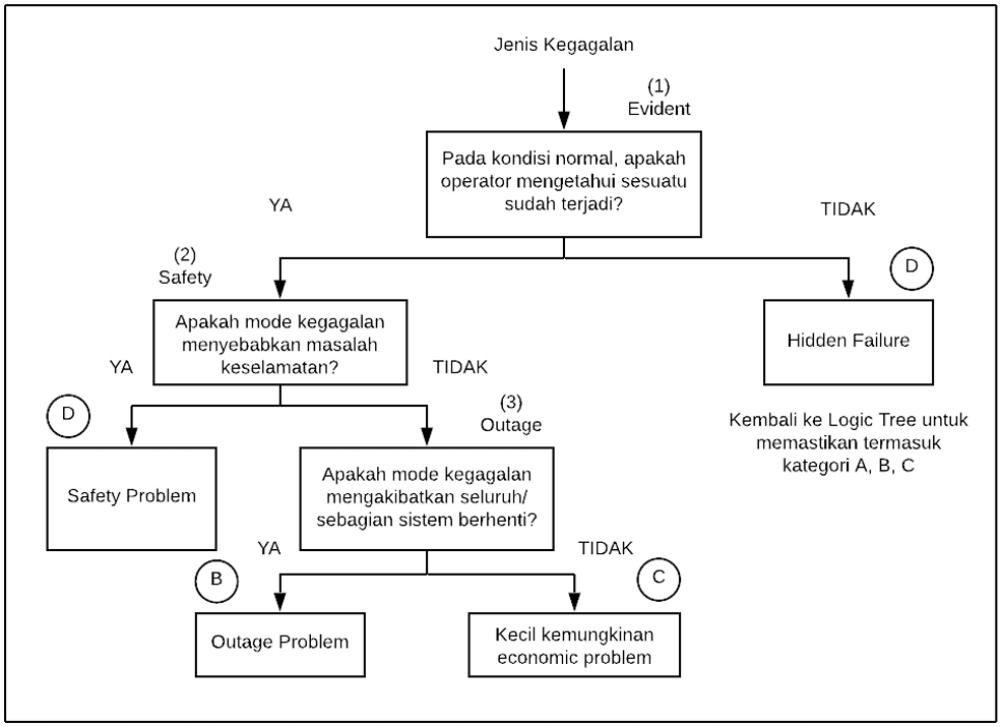
Tabel 2. 4 Rating *Detection*

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

2.2.4.3 *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) bertujuan untuk mengutamakan setiap mode kerusakan dan melakukan analisis terhadap fungsi serta kegagalan fungsi, sehingga status dari setiap mode kerusakan dapat dibedakan dengan jelas. Pada proses LTA, analisis dimulai dengan mengidentifikasi semua mode kerusakan yang mungkin terjadi pada suatu sistem atau komponen. Setelah itu, setiap mode kerusakan dievaluasi untuk menentukan dampaknya terhadap fungsi keseluruhan (Wibowo et al., 2021). Empat hal yang krusial dalam analisis kekritisan adalah sebagai berikut:

1. *Evident*: Apakah operator menyadari adanya gangguan dalam sistem saat berada dalam kondisi normal?
2. *Safety*: Apakah mode kerusakan ini menimbulkan risiko keselamatan?
3. *Outage*: Apakah mode kerusakan ini menyebabkan mesin berhenti secara keseluruhan atau sebagian?
4. *Category*: Pengkategorian yang dilakukan setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Pada bagian ini, komponen dibagi menjadi empat kategori:
    a. Kategori A (*Safety problem*): Jika kegagalan komponen menyebabkan risiko bagi keselamatan karyawan bahkan dapat mengakibatkan kematian serta dampak negatif terhadap lingkungan.
    b. Kategori B (*Outage problem*): Jika kegagalan komponen mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin tidak beroperasi serta meningkatkan biay a dan kerugian ekonomi.
    c. Kategori C (*Economic problem*): Jika kegagalan komponen menyebabkan tidak mempengaruhi keselamatan dan operasi pabrik, tetapi berdampak pada ekonomi Perusahaan.
    d. Kategori D (*Hidden failure*): Jika karyawan tidak menyadari terjadinya kegagalan komponen saat kondisi normal jika tidak diselesaikan resiko ini dapat memicu kegagalan lainnya.



Gambar 2. 1 Struktur LTA

2.2.4.4 *Task Selection*

Task selection dalam konteks kebijakan perawatan adalah proses yang bertujuan untuk menentukan kebijakan perawatan yang paling mungkin diterapkan secara efektif serta memilih tugas yang paling efisien. Efektivitas kebijakan perawatan berarti bahwa kebijakan tersebut dapat mencegah atau mendeteksi kegagalan sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar atau masalah yang serius (Yuliandra & Jaeba, 2017). Tindakan pemeliharaan dapat dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu:

1. *Time Directed* (TD)

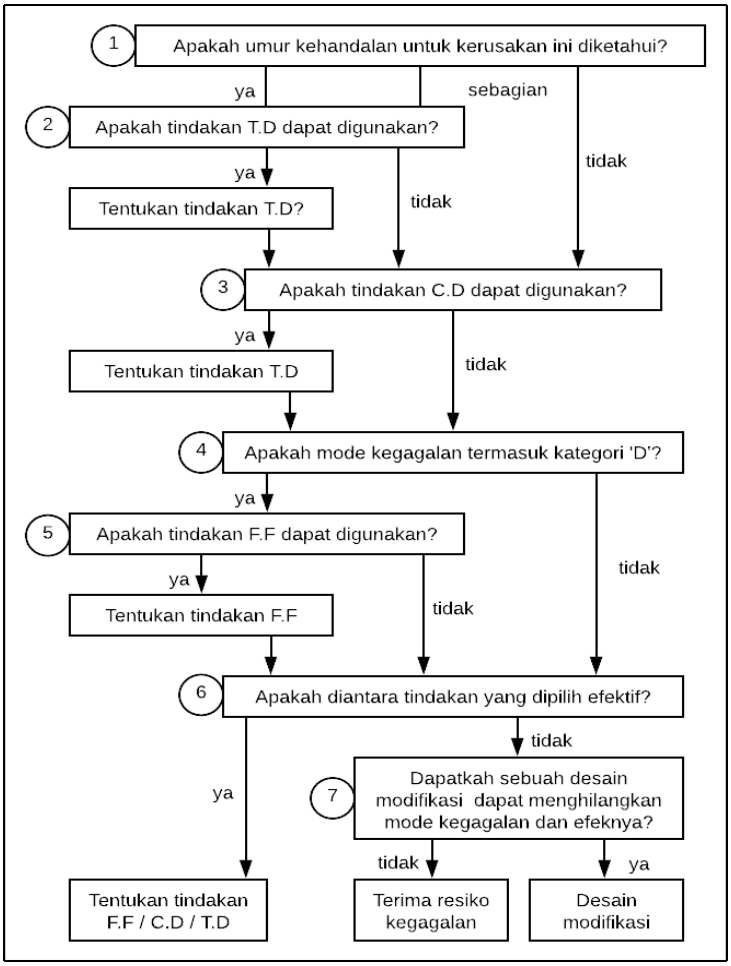
   Pemeliharaan ini dilakukan secara langsung pada komponen yang mengalami kerusakan akibat usia atau masa pakai yang telah mencapai batas tertentu.

2. *Condition Directed* (CD)

   Tindakan pemeliharaan ini dilakukan melalui proses pemeriksaan atau inspeksi rutin. Jika selama pemeriksaan ditemukan indikasi adanya kerusakan, maka perbaikan atau penggantian komponen segera dilakukan.

3. *Finding Failure* (FF)

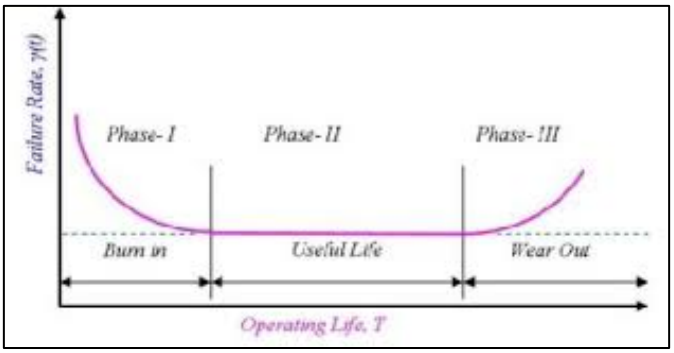
   Pemeliharaan ini ditujukan untuk mendeteksi kerusakan tersembunyi melalui inspeksi atau pemeliharaan berkala, guna mengidentifikasi masalah yang mungkin belum tampak secara langsung. Berikut ini adalah *road map task selection:*



Gambar 2. 2 *Road Map Task Selection*

2.2.5 Laju Kerusakan (*Failure Mode*)

Laju kerusakan merupakan pada suatu interval tertentu yang mengacu pada kecepatan atau frekuensi terjadinya kerusakan pada periode tertentu (Daniel Chrisnanda Septrian Putra & Etik Puspitasari, 2024). Laju keruakan biasanya dihitung berdasarkan data historis kerusakan suatu sistem atau komponen. Laju kerusakan akan mengikuti pola dasar dalam kurva kerusakan (*bathub curve*) (Iman Mujiarto et al., 2022). Pada kurva ini masa pakai akan terbagi menjadi 3 periode waktu seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. 3 Kurva Laju Kerusakan

Keterangan =

1. *Phase-I* atau yang dikenal dengan fase *burn in*, akan ditandai dengan tingkat kegagalan yang cenderung menurun seiring waktu. Hal ini disebabkan oleh cacat awal pada komponen atau sistem yang mulai terdeteksi dan diperbaiki.
2. *Phase-II* atau yang disebut dengan *Useful Life* merupakan periode di mana sistem atau komponen berada pada kondisi operasi yang stabil dan andal. Tingkat kegagalan selama fase ini relatif konstan, mencerminkan kinerja optimal.
3. *Phase-III* atau yang dikenal sebagai periode "*wear-out*" dan ditandai dengan peningkatan tingkat kegagalan seiring waktu akibat penurunan kondisi fisik komponen. Faktor utama pada fase ini adalah penuaan material dan kelelahan komponen.

2.2.6 Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan digunakan untuk menggambarkan pola kegagalan atau waktu yang dibutuhkan hingga suatu komponen atau sistem mengalami kegagalan. Pola ini penting dalam analisis keandalan, uji hidup (*life testing*), dan perencanaan pemeliharaan. Distribusi yang digunakan adalah distribusi Normal, *Lognormal, Weibull*, dan *Eksponensial.*

2.2.6.1 Distribusi Normal

Distribusi normal memiliki karakteristik laju kegagalan yang meningkat seiring bertambahnya usia atau waktu penggunaan mesin dan peralatan (Aritonang, 2023).

1. Fungsi Keandalan

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

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_{-\infty}^{t} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(t-\mu)^2}{\sigma^2}\right] dt \quad (2.\ 3)$$

3. Fungsi Kepadatan Peluang

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

2.2.6.2 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal memiliki dua parameter, yaitu s (*scale parameter*) dan t_{med} (median waktu kerusakan), yang juga menggambarkan nilai median dari data (Soesetyo & Yenny Bendatu, 2014).

1. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} In \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (2.5)$$

2. Fungsi Kepadatan Peluang

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi st}} \exp\left[-\frac{1}{2s^2}\left(In \frac{t}{t_{med}}\right)^2\right] \quad (2.6)$$

2.2.6.3 Distribusi Weibull

Distribusi *Weibull* adalah distribusi kontinu yang fleksibel dan sering digunakan untuk merepresentasikan data dalam berbagai aplikasi, terutama dalam analisis keandalan (*reliability*) dan data uji hidup (*life testing*). Distribusi ini memiliki kemampuan unik untuk meniru karakteristik dari berbagai jenis distribusi lainnya. Distribusi Weibull ini digunakan dalam teknik keandalan, dalam Distribusi Weibull dikenal adanya dua parameter yaitu parameter bentuk (β) dan parameter skala (η) (Uun Unaijah, 2023). Fungsi kepadatan distribusi weibull:

1. Fungsi Padat Probabilitas

$$f(t) = \alpha\beta^{-\alpha}t^{\alpha-1}e^{-(\frac{t}{\beta})^{\alpha}} \quad (2.7)$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-(\frac{t}{\beta})^{\alpha}} \quad (2.8)$$

2.2.6.4 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial digunakan untuk memodelkan waktu antara kejadian-kejadian acak yang terjadi dengan laju konstan, seperti kegagalan sistem atau komponen. Dalam distribusi ini, kemungkinan terjadinya kerusakan pada suatu waktu tidak bergantung pada usia peralatan atau sistem tersebut (Aritonang, 2023).

1. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.9)$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.\ 10)$$

3. Fungsi Kepadatan Peluang

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.\ 11)$$

2.2.7 Uji *Goodness of Fit*

Uji *goodness of fit* dalam analisis statistik adalah metode untuk mengevaluasi sejauh mana suatu model statistik mampu merepresentasikan atau menggambarkan data pengamatan yang ada (Maryam et al., 2022). Terdapat tiga jenis uji *goodness of fit*, yaitu:

1. Uji *Bartllet* untuk Uji Distribusi Eksponensial

   Uji *Bartlett* adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk menguji kesamaan varians antar kelompok (homoskedastisitas) dalam analisis data (Annisak et al., 2024). Hipotesis yang digunakan adalah:

   H0 = Distribusi waktu kegagalan merupakan eksponensial.

   H1 = Distribusi waktu kegagalan bukan bersifat eksponensial.

   Uji statistik:

$$B = \frac{\left[In\ ti\left(\left(\frac{1}{r}\right)\left(\sum_{i=1}^{n} ti\right)\right) - \left(\left(\frac{1}{r}\right)\left(\sum_{i=1}^{n} ti\right)\right)\right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (2.\ 12)$$

   Dimana:

   r : jumlah kerusakan

   B : nilai uji

   ti : data waktu kerusakan

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

$$X^2\left(1 - \frac{\alpha}{2x} - 1\right) < B < X^2\left(\frac{\alpha}{2}x - 1\right) \quad (2.\ 13)$$

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

   Uji *Kolmogorov-Smirnov* digunakan untuk menguji sejauh mana kesesuaian (*goodness of fit)* antara distribusi sampel dengan distribusi lain. Uji ini membandingkan data dalam sampel dengan distribusi normal yang memiliki nilai rata-rata dan deviasi standar yang serupa (Sintia et al., 2022). Hipotesis yang digunakan adalah:

   H_o = data mengikuti distribusi yang ditetapkan

H_a: data tidak mengikuti distribusi yang ditetapkan

$$L = | F(Z_i - S(Z_i)| \; ; \; Z_i = \frac{X_i - X}{sd} \quad (2.\ 14)$$

Dimana :

$F(Z_i)$ = peluang teoritis nilai-nilai $\leq Z_{hit}$ ($P(Z \leq Z_{hit})$)

$S(Z_i)$ = frekuensi kumulatif empiris nilai-nilai $\leq Z_{hit}$ ($P(Z \leq Z_{hit})$)

3. Uji Mann's untuk Uji Distribusi *Weibull*

Uji Mann's adalah metode yang digunakan untuk menguji apakah data sampel berasal dari distribusi *Weibull*. Uji ini memanfaatkan properti linearitas dari distribusi *Weibull* dalam bentuk logaritmik untuk memeriksa kecocokan data dengan distribusi *Weibull*(Uun Unaijah, 2023).

H0 = Data waktu berdistribusi.

H1 = Data waktu tidak berdistribusi

$$M = \frac{K1\Sigma_{i=K1+1}^{n-1} \frac{[In\ ti + 1 - In\ ti]}{Mi}}{K2\Sigma_{i=1}^{K2} \frac{[In\ ti + 1 - In\ ti]}{Mi}} \quad (2.\ 15)$$

$$Mi = Y_{i+1} - Yi \quad (2.\ 16)$$

Dimana:

ti: Waktu kerusakan ke-i

M: Nilai perhitungan distribusi Weibull

Mi: Nilai pendekatan Mann untuk data ke-i

2.2.8 Estimasi Parameter

Perhitungan estimasi parameter distribusi kerusakan dilakukan dengan menganalisis pola distribusi yang sesuai dengan data kerusakan yang diamati. Proses ini bertujuan untuk menentukan parameter-parameter distribusi yang menggambarkan pola kerusakan dengan lebih akurat dan memadai (Muhammad et al., 2023). Berikut merupakan estimasi parameter dari setiap distribus, antara lain:

2.2.8.1 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial memiliki satu parameter yaitu *rate* (λ) atau mean (1/λ).

Rate

$$\lambda = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} ti} \quad (2.\ 17)$$

Dimana:

λ : Parameter laju dari distribusi eksponensial

n : Jumlah data atau pengamatan.

2.2.8.2 Distribusi Normal

Distribusi normal memiliki dua parameter yaitu mean (μ) dan standar deviasi (σ).

Mean

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} ti \tag{2. 18}$$

Standar deviasi

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (ti - \hat{\mu})^2} \tag{2. 19}$$

Dimana:

μ̂ : Nilai rata-rata (mean) dari data.

n : Jumlah total data (banyaknya pengamatan atau sampel).

ti : Nilai individu dari data ke-i.

σ̂ : Standar deviasi, yang mengukur seberapa tersebar data dari nilai rata-rata (μ̂).

2.2.8.3 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu mean logaritmik (μ) dan standar deviasi logaritmik (σ).

mean logaritmik

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} ln\ (ti)}{n} \tag{2. 20}$$

standar deviasi logaritmik

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} [ln(ti) - \mu^2]}{n}} \tag{2. 21}$$

Dimana:

μ : Estimasi mean logaritmik

n : Jumlah data

ti : Logaritma dari variabel pada pengamatan ke-i.

s : Standar deviasi

2.2.8.4 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull memiliki dua parameter yaitu β (*shape parameter*) dan α (*scale parameter*).

shape parameter

$$\beta = \frac{n\sum_{i=1}^{n} tiyi - (\sum_{i=1}^{n} ti)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{n\sum_{i=1}^{n} ti^2 - (\sum_{i=1\ ti}^{n})^2} \quad (2.\ 22)$$

scale parameter

$$\alpha\ =\ \bar{y} - b\bar{x} \quad (2.\ 23)$$

$$0\ = \mathrm{e} - \frac{a}{b} \quad (2.\ 24)$$

Dimana:

n : Jumlah data atau pengamatan.

ti : Nilai dari variabel independen ke-i.

yi : Nilai dari variabel dependen ke-i.

α : Konstanta

$\bar{y}$: Rata – rata dari semua nilai *yi.*

x : Rata – rata dari semua nilai *ti.*

b : Koefisien regresi yang menunjukkan hubungan antara ti dan yi.

2.2.9 *Mean Time to Failure* (MTTF)

Mean Time to Failure (MTTF) merupakan rata-rata waktu hingga terjadinya kerusakan atau kegagalan pada suatu komponen atau sistem. Nilai MTTF sangat penting untuk mengevaluasi keandalan suatu perangkat atau mesin. Namun, perhitungan MTTF dapat berbeda-beda tergantung pada distribusi kerusakan yang dimodelkan oleh data. Setiap jenis distribusi kerusakan, seperti distribusi eksponensial, normal, lognormal, dan *Weibull* memiliki formula khusus untuk menghitung MTTF (Sunaryo et al., 2018). Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung MTTF:

1. Distribusi Eksponensial

$$\mathrm{MTTF} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.\ 25)$$

2. Distribusi Normal

$$\mathrm{MTTF} = \mu \quad (2.\ 26)$$

3. Distribusi Lognormal

$$\mathrm{MTTF} = t_{med}\ e^{\frac{s^2}{2}} \quad (2.\ 27)$$

4. Distribusi *Weibull*

$$\text{MTTF} = \theta\Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right) \quad (2.28)$$

2.2.10 *Mean Time to Repair* (MTTR)

*Mean Time to Repair (*MTTR) merupakan rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki komponen maupun sistem setelah terjadi kerusakan Secara umum, waktu perbaikan dianggap sebagai variabel acak (random variable), karena perbedaan situasi, kondisi kerusakan, dan metode perbaikan dapat menyebabkan variasi pada waktu yang dibutuhkan untuk setiap kejadian (Sunaryo et al., 2018) . Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung MTTR:

1. Distribusi Eksponensial

$$\text{MTTR} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.29)$$

2. Distribusi Normal

$$\text{MTTR} = \mu \quad (2.30)$$

3. Distribusi Lognormal

$$\text{MTTR} = t_{med}\, e^{\frac{s^2}{2}} \quad (2.31)$$

4. Distribusi *Weibull*

$$\text{MTTR} = \theta\Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right) \quad (2.32)$$

2.2.11 *Age Replacement*

Age Replacement adalah model penggantian komponen di mana interval waktu penggantian ditentukan berdasarkan umur pemakaian komponen tersebut (Suryani et al., 2023).Tujuan *age Replacement* untuk menentukan usia optimal (tp) di mana penggantian preventif harus dilakukan, sehingga total waktu henti (*downtime)* per unit waktu dapat diminimalkan (Ruchiyat et al., 2020). Jika komponen mengalami kerusakan sebelum waktu penggantian yang direncanakan, penggantian akan dilakukan pada saat komponen mencapai usia optimalnya. Usia optimal ini dihitung dengan mempertimbangkan tanggal penggantian sebelumnya, sehingga dapat meminimalkan biaya perawatan dan *downtime.* Rumus perhitungan *Age Replacement* adalah sebagai berikut:

$$\text{D(tp)} = \frac{\{TpR\,(tp) + Tf\,(1 - R(tp)\}}{\{(tp\ +\ Tp)R(tp)\ +\ M(tp)\ +\ Tf[1\ -\ R(tp)]\}} \quad (2.33)$$

Dimana:

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

tp = Waktu operasi sejak sistem mulai beroperasi.

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

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

R(tp) = Fungsi keandalan pada waktu tp.

M(tp) = Fungsi pemeliharaan pada waktu tp.

2.2.12 Interval Waktu Pemeriksaan

Berikut merupakan rumus interval waktu pemeriksaan, antara lain:

1. Waktu rata – rata perbaikan

$$\mathrm{Tf} = \frac{1}{\mu} \tag{2. 34}$$

Dimana:

Tf : Waktu rata-rata perbaikan.

μ : Tingkat kecepatan perbaikan.

2. Waktu rata – rata pemeriksaan

$$\mathrm{Ti} = \frac{1}{i} \tag{2. 35}$$

Dimana:

Ti : Waktu rata-rata antara dua pemeriksaan.

i : Frekuensi pemeriksaan (*inspection frequency*).

3. Rata – rata kerusakan

$$\mathrm{K} = \frac{Frekuensi\ jumlah\ kerusakan}{Periode\ terjadinya\ kerusakan} \tag{2. 36}$$

Dimana:

K : Tingkat kerusakan

4. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$\mathrm{n} = \sqrt{\frac{k.i}{\mu}} \tag{2. 37}$$

Dimana:

n : Frekuensi optimal untuk pemeriksaan.

k : Rata-rata kerusakan (*failure rate*).

i : Frekuensi pemeriksaan (*inspection frequency*).

μ : Tingkat kecepatan perbaikan (*repair rate*).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian

Obyek Penelitian ini yaitu mesin *scouring bleaching*-VI yang berada di departemen *finishing 2&3* yang berfungsi untuk pemutihan kain setelah dilakukan pembersihan pada mesin sebelumnya. Penelitian dilakukan pada tanggal 14 Oktober 2024 dan 14 November 2024.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan proses pengumpulan data yang secara langsung berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Data yang diperoleh memiliki peran yang penting dalam penelitian berjalan baik dan lancar. Berdasarkan sumber pengumpulannya, data penelitian terbagi menjadi dua jenis utama :

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti, dengan tujuan untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai masalah yang sedang diteliti. Berikut ini merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh data primer:

a. Wawancara

   Wawancara merupakn teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan melalui interaksi dengan *expert* dan operator untuk mendapatkan informasi mengenai praktik, teknik, dan tantangan yang dihadapi dalam pemeliharaan mesin. Pada penelitian ini wawancara dilakukan dengan *expert* mesin *scouring bleaching-VI.*

b. Observasi

   Observasi dilakukan secara langsung untuk mengamati proses produksi menggunakan mesin tersebut dan mengetahui kondisi mesin, komponen mesin, dan cara perawatan secara langsung.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang dikumpulkan dari berbagai sumber seperti kajian literatur, dokumen perusahaan yang berhubungan dengan penelitian. Data tersebut digunakan untuk mendukung analisis menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Data yang dibutuhkan yaitu:

a. Data mesin.
b. Data komponen mesin.
c. Data kerusakan yang terjadi pada mesin.

d. Data waktu perbaikan mesin.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang telah diperoleh akan diproses menggunakan dua metode yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*.

1. *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

   Metode ini digunakan untuk menentukan langkah-langkah pemeliharaan yang diperlukan untuk memastikan mesin tersebut dapat beroperasi secara optimal. Berikut ini adalah tahapan RCM:

   a. *Functional Block Diagram* (FBD)

      Functional Block Diagram (FBD) digunakan untuk membantu dalam menggambarkan aliran fungsi dan interaksi di dalam suatu sistem atau komponen.

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

      Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan pada tingkat komponen serta menilai dampak kegagalan tersebut terhadap keandalan dan performa keseluruhan sistem. Pengisian FMEA dilakukan oleh *expert* yang menangani mesin *scouring bleaching-VI.*

   c. *Logic Tree Analysis* (LTA)

      Logic Tree Analysis (LTA) membantu dalam melakukan analisis terhadap fungsi serta kegagalan fungsi, sehingga status dari setiap mode kerusakan dapat dibedakan dengan jelas. Setiap mode kerusakan dievaluasi untuk menentukan dampaknya terhadap fungsi keseluruhan. Penentuan *Logic Tree Analysis* (LTA) dilakukan oleh *expert* yang menangani mesin *scouring bleaching-VI.*

   d. *Task selection*

      Task selection digunakan untuk menentukan kebijakan perawatan yang paling mungkin diterapkan secara efektif serta memilih tugas yang paling efisien. Pada pengisian *tas selection* dilakukan oleh *expert* yang menangani mesin *scouring bleaching-VI.*

2. Penentuan Komponen Kritis

   Penentuan komponen kritis dilakukan untuk mengetahui komponen pada mesin *scouring blecahing* yang memiliki peran penting dalam keberlangsungan fungsi utama, dimana jika terjadi kerusakan akan menyebabkan gangguan pada mesin tersebut.

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

Time to Failure (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) digunakan untuk menghitung waktu rata-rata hingga terjadinya kegagalan serta waktu yang diperlukan untuk memperbaiki komponen. *Time to Failure* (TTF) diperoleh dari perhitungan selisih waktu antara saat komponen selesai diperbaiki dan waktu ketika komponen tersebut mengalami kerusakan kembali pada periode berikutnya. Sementara itu, *Time to Repair* (TTR) dihitung berdasarkan selisih waktu antara saat komponen mulai mengalami kerusakan hingga proses perbaikan komponen tersebut selesai.

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

   Langkah ini sangat penting untuk menganalisis dan merencanakan perawatan preventif. Proses ini bertujuan untuk memahami pola kegagalan dan perbaikan, serta memfasilitasi pengelolaan sumber daya pemeliharaan secara efisien. Data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan akan diuji untuk memperoleh nilai *index of fit*.

5. Uji *Goodnes of Fit*

   Uji *Goodnes of Fit* digunakan untuk menentukan apakah model yang diterapkan untuk data yang ada dapat diandalkan dan akurat, serta apakah model tersebut dapat digunakan untuk prediksi atau perencanaan lebih lanjut.

6. Estimasi Parameter

   Estimasi parameter ini bertujuan untuk menghitung berbagai aspek penting yang terkait dengan kinerja dan keandalan suatu sistem atau komponen.

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

   Perhitungan MTTF dan MTTR membantu dalam menilai tingkat keandalan suatu sistem dan mengidentifikasi komponen-komponen yang paling krusial terhadap kegagalan. MTTF dan MTTR sangat berguna dalam merencanakan strategi pemeliharaan dan mengoptimalkan sumber daya untuk meminimalkan waktu henti dan meningkatkan produktivitas.

8. *Age Replacement*

   Age Replacement digunakan untuk mengganti komponen atau peralatan setelah mencapai usia tertentu yang diperkirakan akan mengalami kegagalan.

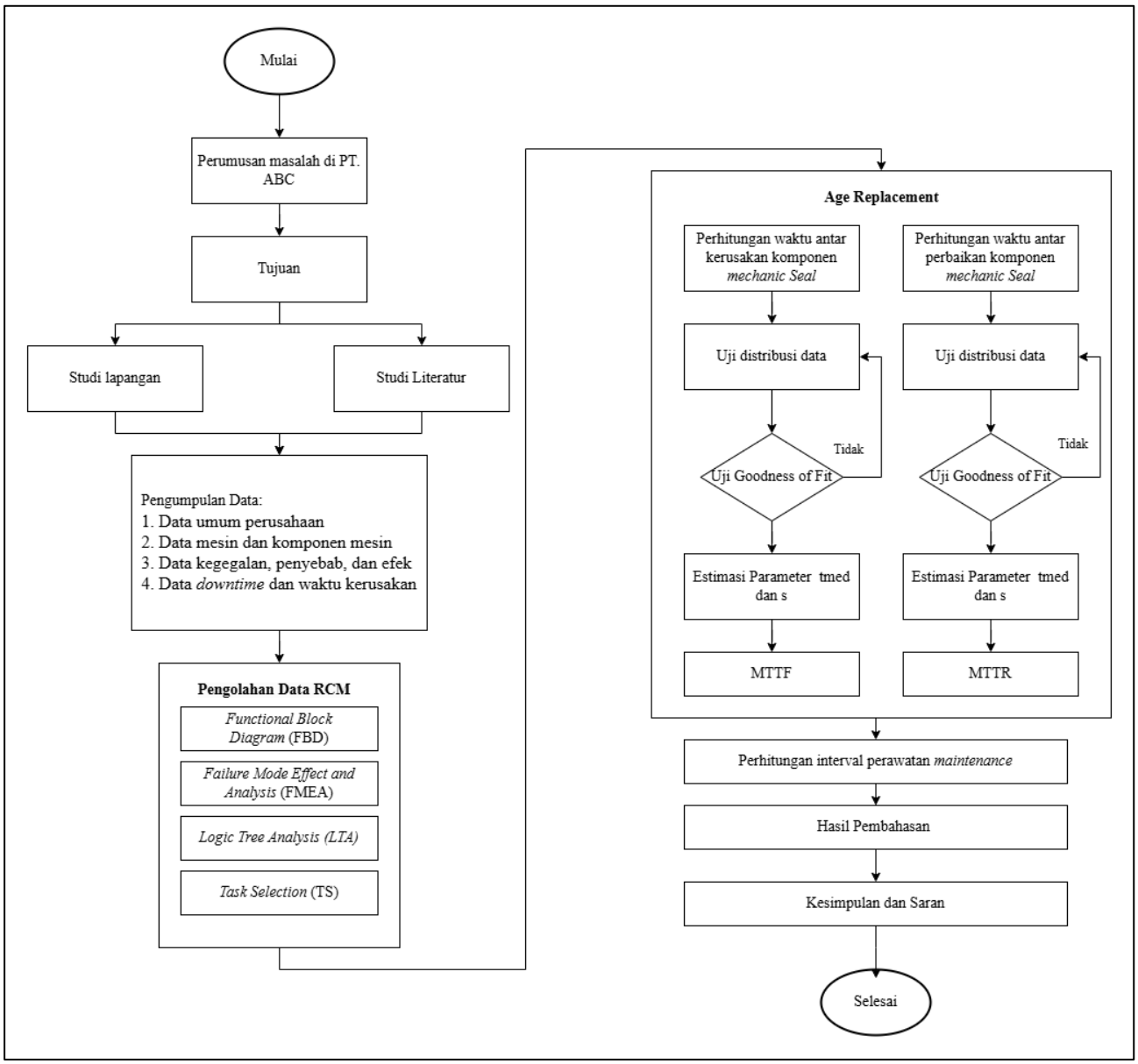
9. Interval Waktu Pemeriksaan

   Interval Waktu Pemeriksaan mengacu pada jangka waktu yang ditentukan untuk melaksanakan inspeksi atau pemeliharaan pada komponen atau sistem mesin. Tujuan utamanya adalah untuk memantau kondisi peralatan, mencegah terjadinya kegagalan yang

tidak terencana, dan memastikan bahwa komponen dapat beroperasi secara optimal sepanjang siklus hidupnya.

3.4 Alur Penelitian

Berikut ini merupakan alur penlitian:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut ini merupakan penjelasan dari diagram alur diatas:

1. Mulai

   Titik awal dimulainya penelitian mengenai perawatan mesin di PT ABC.

2. Perumusan Masalah

Mengidentifikasi masalah utama terkait pemeliharaan dan keandalan komponen mesin di PT ABC.

3. Tujuan

   Menetapkan tujuan penelitian, seperti menentukan mesin serta komponen kritis, interval waktu yang tepat untuk pemeriksaan serta penggantian komponen kritis.

4. Studi Lapangan

   Dilakukan untuk mengumpulkan data langsung dari lapangan terkait kondisi aktual perusahaan, mesin, dan komponen.

5. Studi Literatur

   Mengkaji referensi atau teori yang relevan untuk mendukung analisis, seperti teori RCM dan *Age Replacement.*

6. Pengumpulan Data

   Mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk analisis, dimana data yang dibutuhkan adalah informasi umum, data mesin dan komponennya, data kegagalan, penyebab, dan efek serta data *downtime* dan frekuensi kerusakan.

7. Pengolahan Data dengan RCM

   Data yang terkumpul diolah menggunakan pendekatan RCM melalui beberapa langkah berikut:

   a. *Functional Block Diagram* (FBD): Membuat diagram fungsi untuk memahami hubungan antar komponen.
   b. *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA): Mengidentifikasi potensi mode kegagalan dan dampaknya.
   c. *Logic Tree Analysis* (LTA): Menganalisis logika kegagalan untuk menentukan penyebab utama.
   d. *Task Selection* (TS): Memilih tindakan perawatan yang tepat berdasarkan analisis.

8. Perhitungan *Age Replacement*

   a. Perhitungan antar waktu kerusakan dan waktu antar perbaikan komponen
      Tahapan ini melibatkan penghitungan waktu antara kegagalan (*Time to Failure*) dan durasi yang diperlukan untuk melakukan perbaikan (*Time to Repair*).
   b. Pengujian Distribusi

      Pada tahap ini, data yang telah dihitung sebelumnya diuji untuk memastikan bahwa pola distribusi datanya mengikuti distribusi tertentu. Distribusi yang digunakan adalah

distribusi eksponensial, normal, lognormal, dan *weibull,* yang dihitung menggunakan *excel.*

c. Pengujian *Goodness of Fit*

Proses ini dilakukan untuk memverifikasi bahwa distribusi data aktual sesuai dengan asumsi distribusi yang digunakan dalam analisis. Uji yang digunakan adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* menggunakan *excel.*

d. Estimasi Parameter

Tahapan ini bertujuan untuk menghitung parameter yang mencakup tingkat risiko kegagalan, keandalan sistem, serta waktu henti (*downtime*), sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan dalam strategi perawatan.

e. Perhitungan MTTF dan MTTR

Tahap ini menghitung rata-rata waktu yang diperlukan sebelum terjadi kegagalan (*Mean Time to Failure*) dan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan perbaikan (*Mean Time to Repair).*

f. Perhitungan Interval Waktu Perawatan

Berdasarkan hasil analisis, menentukan interval perawatan yang optimal untuk komponen agar mencegah kegagalan di masa depan dan meminimalkan *downtime*

g. Hasil Pembahasan

Menyajikan hasil penelitian berdasarkan data dan hasil perhitungan yang telah dilakukan

h. Kesimpulan dan Saran

Tahapan akhir penelitian yang menyimpulkan hasil studi dan memberikan rekomendasi perawatan untuk perusahaan

i. Selesai

Pada tahapan ini menandakan bahwa seluruh penelitian telah selesai dilakukan.

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

.

4.1 Pengumpulan Data

4.1.2 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Scouring bleaching-VI

Berikut ini merupakan data waktu kerusakan komponen pada mesin *scouring bleaching-VI:*

Tabel 4. 1 Data Waktu Kerusakan Komponen

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime*
1	*Cylnder Dryer*	11/06/2020 08:30	11/06/2020 10:30	120
		12/08/2020 09:00	12/08/2020 10:00	60
		04/02/2021 08:00	04/02/2021 09:30	90
		11/08/2021 03:00	11/08/2021 03:30	30
		28/01/2022 08:30	28/01/2022 10:00	90
		29/07/2022 14:00	29/07/2022 15:00	60
		05/10/2022 14:30	05/10/2022 15:00	30
		04/04/2023 02:00	04/04/2023 03:30	90
		12/10/2023 14:30	12/10/2023 15:45	75
		24/01/2024 09:30	24/01/2024 11:30	120
2.	*Carbon Metal*	21/02/2020 09:00	21/02/2020 09:30	30
		14/07/2020 08:30	14/07/2020 09:00	30
		26/09/2020 08:30	26/09/2020 11:30	180
		22/02/2021 09:00	22/02/2021 09:30	30
		17/04/2022 19:30	17/04/2022 20:30	60
		13/08/2022 14:30	13/08/2022 16:00	90
		08/11/2022 16:00	08/11/2022 16:30	30
		05/10/2023 07:00	05/10/2023 08:00	60
		02/02/2024 00:30	02/02/2024 01:15	45
3.	*Carbon Rotary Joint*	16/04/2020 14:30	16/04/2020 15:00	30
		27/07/2020 13:30	27/07/2020 14:00	30
		10/11/2020 09:00	10/11/2020 10:00	60
		07/06/2021 22:30	07/06/2021 23:00	30

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime*
		01/04/2022 00:00	01/04/2022 00:30	30
		17/04/2022 14:00	17/04/2022 15:00	60
		09/08/2022 08:00	09/08/2022 10:30	150
		11/12/2022 08:30	11/12/2022 11:00	150
		14/12/2023 14:30	14/12/2023 16:00	90
4.	*Dancing roll*	15/01/2020 19:20	15/01/2020 20:30	70
		28/05/2020 08:00	28/05/2020 12:00	240
		17/01/2022 08:30	17/01/2022 11:00	150
		29/03/2022 09:00	29/03/2022 14:30	330
		19/07/2023 02:30	08/07/2023 03:45	75
		21/12/2023 05:00	21/12/2023 07:20	140
5.	*Conveyor*	15/02/2020 10:00	15/02/2020 16:10	370
		23/05/2021 10:30	23/05/2021 11:30	60
		04/09/2021 08:30	04/09/2021 14:00	330
		02/07/2022 09:00	02/07/2022 10:00	60
		08/09/2022 08:00	08/09/2022 15:00	420
		25/11/2022 19:15	25/11/2022 21:00	105
		25/07/2023 04:30	25/07/2023 05:10	40
6.	*Mechanic Seal*	07/01/2020 14:30	07/01/2020 16:30	120
		11/02/2020 14:00	11/02/2020 16:00	120
		03/03/2020 09:00	03/03/2020 10:00	60
		25/04/2020 00:00	25/04/2020 00:20	20
		07/05/2020 09:00	07/05/2020 10:00	60
		25/06/2020 09:30	25/06/2020 11:00	90
		12/08/2020 01:00	12/08/2020 01:45	45
		06/10/2020 05:00	06/10/2020 07:30	150
		04/01/2021 08:00	04/01/2021 09:00	60
		18/04/2021 08:00	18/04/2021 09:20	80
		19/06/2021 02:00	19/06/2021 04:00	120
		22/08/2021 15:00	22/08/2021 15:30	30

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime*
		05/10/2021 17:00	05/10/2021 17:30	30
		07/10/2021 03:00	07/10/2021 03:30	30
		18/10/2021 09:00	18/10/2021 15:00	360
		11/12/2021 08:30	11/12/2021 12:00	210
		24/03/2022 00:30	24/03/2022 01:30	60
		07/05/2022 10:00	07/05/2022 11:00	60
		27/06/2022 08:30	27/06/2022 11:00	150
		30/07/2022 14:00	30/07/2022 15:30	90
		29/08/2022 10:00	29/08/2022 11:00	60
		26/09/2022 14:00	26/09/2022 15:00	60
		14/11/2022 08:10	14/11/2022 10:00	110
		28/12/2022 09:00	28/12/2022 10:30	90
		04/01/2023 09:00	04/01/2023 14:00	300
		22/02/2023 08:30	22/02/2023 11:30	180
		29/04/2023 16:00	29/04/2023 18:00	120
		18/06/2023 09:00	18/06/2023 09:30	30
		28/06/2023 08:00	28/06/2023 11:30	210
		15/08/2023 03:45	15/08/2023 05:00	75
		27/08/2023 23:00	27/08/2023 23:30	30
		12/10/2023 05:30	12/10/2023 07:00	90
		29/11/2023 02:00	29/11/2023 03:00	60
		11/03/2024 10:00	11/03/2024 11:30	90
		26/03/2024 21:45	26/03/2024 23:00	75
7.	Selang *Flexible*	17/01/2020 20:00	17/01/2020 21:00	60
		14/03/2020 08:30	14/03/2020 10:00	90
		30/04/2020 13:30	30/04/2020 15:00	90
		26/07/2020 13:30	26/07/2020 16:00	150
		02/10/2020 16:00	02/10/2020 16:40	40
		25/11/2020 11:00	25/11/2020 11:30	30
		15/03/2021 09:10	15/03/2021 10:30	80

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime*
		30/05/2021 14:00	30/05/2021 15:00	60
		27/06/2021 23:00	28/06/2021 00:00	60
		28/09/2021 09:00	28/09/2021 09:30	30
		04/11/2021 09:00	04/11/2021 10:20	80
		11/01/2022 10:00	11/01/2022 16:00	360
		06/02/2022 03:00	06/02/2022 04:00	60
		08/04/2022 02:00	08/04/2022 02:30	30
		30/05/2022 08:30	30/05/2022 10:00	90
		15/07/2022 09:00	15/07/2022 10:00	60
		28/07/2022 13:30	28/07/2022 14:00	30
		06/09/2022 15:30	06/09/2022 16:45	75
		04/10/2022 19:00	04/10/2022 21:00	120
		16/10/2022 09:00	16/10/2022 10:00	60
		13/12/2022 09:00	13/12/2022 10:00	60
		20/02/2023 09:00	20/02/2023 10:00	60
		06/05/2023 20:00	06/05/2023 20:30	30
		07/06/2023 09:30	07/06/2023 10:30	60
		08/09/2023 05:45	08/09/2023 06:30	45
		06/11/2023 10:00	06/11/2023 10:30	30
		03/12/2023 15:30	03/12/2023 16:30	60
		19/03/2024 17:00	19/03/2024 17:30	30
8.	*Texstar Roll*	24/06/2021 20:00	24/06/2021 20:30	30
		10/01/2023 13:30	10/01/2023 16:30	180
		27/03/2020 09:00	27/03/2020 10:30	90
		11/09/2020 20:00	11/09/2020 20:30	30
		13/01/2021 09:00	13/01/2021 10:00	60
		16/07/2021 07:00	16/07/2021 11:00	240
		21/12/2021 08:30	21/12/2021 16:00	450
		13/03/2022 08:30	13/03/2022 11:00	150
		22/05/2022 09:00	22/05/2022 09:30	30

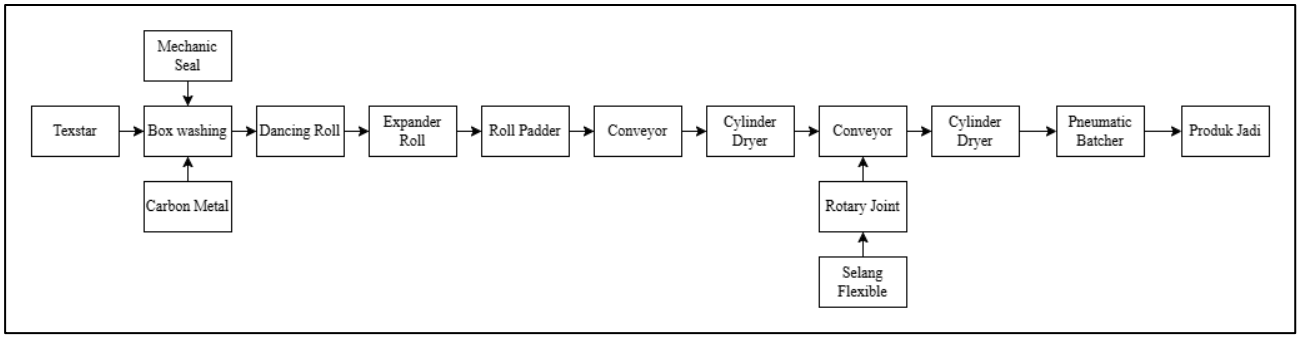
No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime*
		22/09/2022 13:00	22/09/2022 15:00	120
		23/03/2023 09:00	23/03/2023 10:00	60
		05/08/2023 02:00	05/08/2023 02:30	30
		01/11/2023 13:00	01/11/2023 13:30	30
		06/01/2024 13:30	06/01/2024 15:00	90
		25/02/2024 20:00	25/02/2024 21:00	60
		03/04/2024 19:00	03/04/2024 20:00	60
9.	*Roll Padder*	27/01/2020 05:30	27/01/2020 08:30	180
		02/04/2020 13:00	02/04/2020 16:30	210
		17/10/2020 15:00	17/10/2020 19:20	260
		20/04/2021 14:30	20/04/2021 18:20	230
		16/09/2021 09:00	16/09/2021 11:00	120
		09/11/2021 10:00	09/11/2021 13:00	180
		13/03/2022 13:00	13/03/2022 15:00	120
		14/05/2022 09:00	14/05/2022 13:25	265
		09/02/2023 07:00	09/02/2023 09:30	150
		27/10/2023 08:30	27/10/2023 11:00	150
10.	*Rotary Joint*	22/08/2020 08:00	22/08/2020 09:30	90
		15/12/2020 21:00	15/12/2020 21:30	30
		09/07/2021 08:30	09/07/2021 10:00	90
		13/02/2022 08:30	13/02/2022 09:20	50
		21/05/2022 19:15	21/05/2022 20:45	90
		16/10/2022 13:10	16/10/2022 14:30	80
		15/05/2023 09:00	15/05/2023 10:30	90
		06/11/2023 16:20	06/11/2023 17:15	55
		21/04/2024 09:00	21/04/2024 10:30	90
11.	*Pneumatic Batcher*	30/10/2020 06:00	30/10/2020 07:00	60
		08/04/2021 08:00	08/04/2021 16:00	480
		07/10/2021 13:30	07/10/2021 16:30	180
		20/11/2021 08:00	20/11/2021 09:00	60

No.	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai	*Downtime*
		29/04/2022 08:00	29/04/2022 09:10	70
		21/08/2022 10:00	21/08/2022 10:30	30
		11/03/2023 09:00	11/03/2023 10:00	60
		17/09/2023 09:00	17/09/2023 13:45	285
		17/02/2024 10:30	17/02/2024 11:00	30
12.	*Expander Roll*	03/07/2020 22:00	03/07/2020 23:30	90
		11/01/2021 09:00	11/01/2021 15:00	360
		24/06/2022 22:15	24/06/2022 23:30	75
		05/08/2022 07:00	05/08/2022 08:30	90
		26/12/2022 16:20	26/12/2022 17:30	70
		27/05/2023 19:00	27/05/2023 21:00	120
		08/09/2023 10:15	08/09/2023 12:00	105
		19/11/2023 13:00	19/11/2023 14:30	90
		02/02/2024 14:30	02/02/2024 16:30	120

4.2 Pengolahan Data Penentuan Komponen Kritis

4.2.1 *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) merupakan diagram yang dibuat untuk menggambarkan fungsi pada proses mesin. Berikut ini merupakan FBD dari mesin *scouring bleaching-VI*:



Gambar 4. 1 *Functional Block Diagram* (FBD)

Proses awal produksi dimulai dari *texstar* yang selanjutnya akan masuk ke *box wahing.* Pada *box washing* terdapat *mechanic seal* yang berfungsi untuk menahan kebocoran pada bak serta *carbon metal* sebagai dudukan roll. Selanjutnya kain akan melewati *dancing roll*, yang memiliki fungsi untuk menstabilkan kain agar tetap rata yang kemudian melewati *expander roll* untuk melebarkan kain. Selanjutnya kain akan melewati *roll Padder* yang berfungsi untuk

memeras kain agar bahan kimia yang diberikan meresap masuk ke dalam kain. Selanjutnya kain akan melewati *conveyor* dan akan dikeringkan menggunakan *cylinder dryer.* Proses pengeringan tersebut berasal dari selang *flexible* yang mengantarkan uap panas ke *rotary joint* yang nantinya akan didistribusikan ke *cylinder dryer*. Setelah pengeringan selesai kain akan digulung dengan bantuan *pneumatic batcher.*

4.2.2 *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA)

FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan mesin dan menganalisis dampaknya terhadap produksi, kualitas produk, dan keselamatan kerja. Dengan menilai risiko berdasarkan frekuensi dan tingkat keparahan masing-masing mode kegagalan, FMEA juga digunakan untuk mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk memprioritaskan tindakan pemeliharaan dan perbaikan. Dengan cara ini, fokus dapat diarahkan pada masalah yang paling kritis untuk meningkatkan keandalan mesin dan efisiensi operasional. Berikut ini merupakan tabel FMEA mengenai mesin *scouring bleaching-VI:*

Tabel 4. 2 Penilaian FMEA

No	***Equipment***	***Function***	***Failure Mode***	***Failure Cause***	***Failure Effect***	***S***	***O***	***D***	***RPN***
1.	*Texstar Roll*	Memandu dan mengontrol pergerakan kain	Pulley aus	Gesekan yang berlebih antara *Belt* dan pulley	*Belt* slip	4	2	2	64
			Belt putus	Tidak sejajarnya pulley	Texstar tidak dapar memutar	8	3	2	
2.	*Dancing Roll*	Menstabilkan kain	Roll aus	Tekanan kain yang belebihan dan usia Pemakaian	Roll tidak dapat mengatur kecepatan	8	3	3	72
3.	*Carbon Metal*	dudukan roll	Carbon aus	Gesekan dengan roll	Roll tidak dapat	6	6	2	72

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Failure Cause*	*Failure Effect*	*S*	*O*	*D*	*RPN*
					jalan sempurna				
4.	*Mechanic Seal*	Menahan kebocoran pada bak	Membran Pecah	Panas berlebih pada bak	Bocor (air dan obat akan keluar)	6	6	2	**152**
			Aus	Kurangnya pelumasan	Kerusakan pada komponen lain dan kebocoran	5	5	2	
			Korosi	Paparan bahan kimia (obat)	Kerusakan perlatan	5	3	2	
5.	*Expander Roll*	Melebarkan kain	Karet aus	Gesekan dengan kain dan usia pemakaian	Roll tidak bisa memutar sehingga kain terlipat	6	4	2	96
			Bearing aus	Gesekan dengan komponen lain	Putaran *expander roll* menjadi tidak lancar	6	4	2	
6.	*Roll Padder*	Memeras kain untuk memastikan penetrasi bahan	Roll aus	Gesekan dengan kain dan usia pemakaian	Roll tidak bisa memeras dan kain	8	3	2	48

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Failure Cause*	*Failure Effect*	*S*	*O*	*D*	*RPN*
		kimia secara merata kedalam kain			akan basah				
7.	*Conveyor*	Memindahkan kain dari *roll padder* ke steamer	*Belt* putus	Gesekan antara *Belt* dengan roller	*Conveyor* tidak dapat berjalan	8	2	2	32
8.	*Cylnder Dryer*	Untuk mengeringkan kain	*Belt* putus atau tipis	Beban berlebih dan usia pemakaian	*Cylnder dryer* tidak dapat memutar	6	5	2	96
			Permukaan silinder kasar atau berlubang	Gesekan terus menerus dengan kain	Kain sobek	6	3	2	
9.	*Selang Flexible*	Penghantar panas ke *rotary joint*	Selang bocor dan pecah	Tekanan berlebihan dan usia pemakaian	Tekanan kurang dan suhu tidak sesuai	6	7	2	84
10.	*Rotary Joint*	Sebagai rumah *carbon rotary joint* agar uap tidak keluar	Pecah	*Overheating* dan usia pemakaian	Terjadi kebocoran	5	2	2	20
11.	*Carbon Rotary Joint*	Mendistribusikan uap ke *cylnder dryer*	Carbon aus	Gesekan dengan komponen lain	Terjadi kebocoran	5	4	2	40

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Failure Cause*	*Failure Effect*	*S*	*O*	*D*	*RPN*
12.	*Pneumatic Batcher*	Untuk naik turun *batcher*	Seal aus	Gesekan dengan batang piston	*Batcher* tidak bisa naik turun	6	2	2	24

4.2.3 *Logic Tree Analysis (LTA)*

Logic Tree Analysis adalah alat yang digunakan untuk menganalisis penyebab kegagalan dalam suatu sistem atau peralatan, dengan tujuan untuk menentukan tindakan perawatan yang paling efektif. Berikut ini merupakan tabel *Logic Tree Analysis* (LTA) mengenai komponen pada mesin *scouring bleaching-VI*:

Tabel 4. 3 *Logic Tree Analysis* (LTA)

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critical Analysis*			*Category*
				Evident	*Safety*	*Outage*	
1.	*Texstar Roll*	Memandu dan mengontrol pergerakan kain	Pulley aus	Y	N	Y	B
			Belt putus	Y	N	Y	B
2.	*Dancing Roll*	Menstabilkan kain	Roll aus	Y	N	Y	B
3.	*Carbon Metal*	dudukan roll	Carbon aus	Y	N	N	C
4.	*Mechanic Seal*	Menahan kebocoran pada bak	Membran Pecah	Y	N	N	C
			Aus	Y	N	N	C
			Korosi	Y	N	N	C
5.	*Expander Roll*	Melebarkan kain	Karet aus	Y	N	N	C
			Bearing aus	Y	N	N	C
6.	*Roll Padder*	Memeras kain untuk memastikan penetrasi bahan	Roll aus	Y	N	Y	B

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critical Analysis*			*Category*
				Evident	*Safety*	*Outage*	
		kimia secara merata kedalam kain					
7.	*Conveyor*	Memindahkan kain dari *roll padder* ke steamer	*Belt* putus	Y	N	Y	B
8.	*Cylnder Dryer*	Untuk mengeringkan kain	*Belt* putus atau tipis	Y	N	Y	B
			Permukaan silinder kasar atau berlubang	Y	N	Y	B
9.	*Selang Flexible*	Penghantar panas ke *rotary joint*	Selang bocor dan pecah	Y	Y	-	A
10.	*Rotary Joint*	Sebagai rumah *carbon rotary joint* agar uap tidak keluar	Pecah	Y	Y	-	A
11.	*Carbon Rotary Joint*	Mendistribusikan uap ke *cylnder dryer*	Carbon aus	Y	N	N	C
12.	*Pneumatic Batcher*	Untuk naik turun *batcher*	*Seal* aus	Y	N	N	C

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?) **NO**

Kategori C (*economic problem*) karena *failure mode* pada komponen *Mechanic Seal* tidak berdampak pada operasi pabrik tetapi berdampak pada ekonomi perusahaan.

4.2.4 *Task Selection* (TS)

Task Selection merupakan proses pemilihan tindakan pemeliharaan yang sesuai berdasarkan analisis terhadap kegagalan peralatan, dengan tujuan untuk menjaga keandalan dan meningkatkan efisiensi operasional sistem. Berikut ini merupakan *task selection* mengenai komponen pada mesin *scouring bleaching-VI:*

Tabel 4. 4 *Task Selection* (TS)

No	***Equipment***	***Function***	***Failure Mode***	***Category***							***Selection Task***
				1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	
1.	*Texstar Roll*	Memandu dan mengontrol pergerakan kain	Pulley aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
			Belt putus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
2.	*Dancing Roll*	Menstabilkan kain	Roll aus	N	-	Y	Y	Y	Y	-	CD
3.	*Carbon Metal*	dudukan roll	Carbon aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
4.	*Mechanic Seal*	Menahan kebocoran pada bak	Membran Pecah	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
			Aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
			Korosi	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
5.	*Expander Roll*	Melebarkan kain	Karet aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
			Bearing aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
6.	*Roll Padder*	Memeras kain untuk memastikan penetrasi bahan kimia secara merata kedalam kain	Roll aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
7.	*Conveyor*	Memindahkan kain dari *roll padder* ke steamer	*Belt* putus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Category*							*Selection Task*
				1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	
8.	*Cylnder Dryer*	Untuk mengeringkan kain	*Belt* putus atau tipis	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
			Permukaan silinder kasar atau berlubang	N	-	Y	Y	Y	Y	-	CD
9.	*Selang Flexible*	Penghantar panas ke *rotary joint*	Selang bocor dan pecah	N	-	Y	Y	Y	Y	-	CD
10.	*Rotary Joint*	Sebagai rumah *carbon rotary joint* agar uap tidak keluar	Pecah	N	-	Y	Y	Y	Y	-	CD
11.	*Carbon Rotary Joint*	Mendistribusikan uap ke *cylnder dryer*	Carbon aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
12.	*Pneumatic Batcher*	Untuk naik turun *batcher*	*Seal* aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD

Berikut adalah pertanyaan terkait *task selection* untuk kegagalan pada salah satu komponen *Mechanical Seal*, yaitu aus:

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 di antara tindakan yang dipilih efektif? **YES**
g. Dapatkah sebuah desain modifikasi dirancang untuk mengeliminasi mode kegagalan serta efeknya?

Selection Task: Time Directed (TD)

4.3 Pengolahan Data Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis

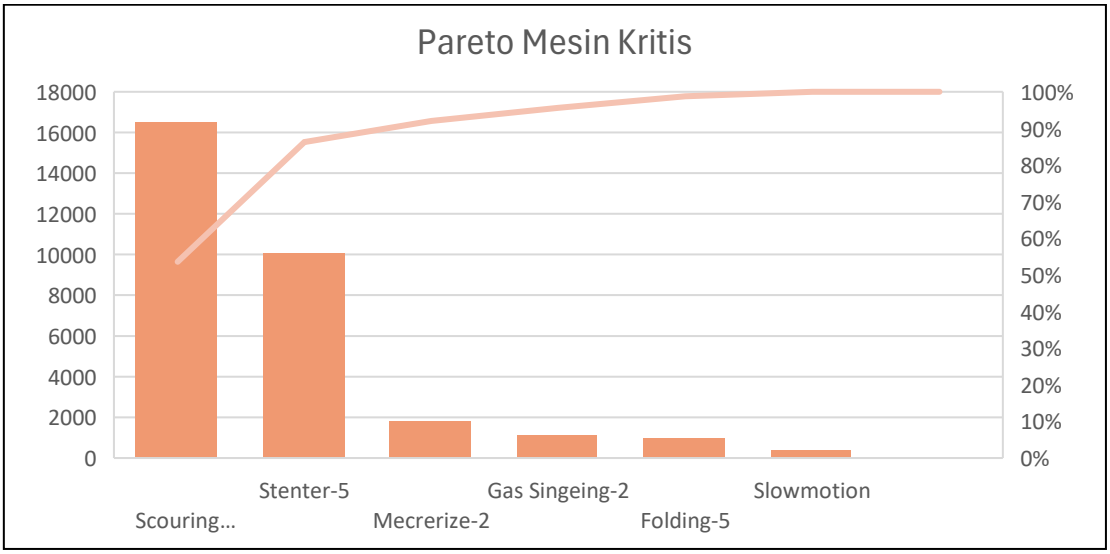
4.3.1 Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

Penentuan mesin kritis memiliki tujuan untuk mengidentifikasi mesin-mesin yang memiliki dampak terbesar terhadap *downtime* dalam proses produksi. Berikut adalah data mengenai penentuan mesin kritis berdasarkan frekuensi kerusakan dan *downtime*:

Tabel 4. 5 Mesin Kritis

No	**Mesin**	**Frekuensi Kerusakan**	***Downtime* (menit)**	***Downtime***	**% *Downtime***
1	*Gas Singeing-II*	70	1110	18 jam 30 menit	3,60%
2	*Slowmotion*	8	365	6 jam 5 menit	1,18%
3	*Scouring bleaching-VI*	157	16510	11 hari 21 jam 10 menit	53,58%
4	*Mecrerize-II*	31	1785	1 hari 5 jam 45 menit	5,79%
5	*Stenter-V*	102	10084	7 hari 2 jam 44 menit	32,73%
6	*Folding-V*	20	960	16 jam	3,12%
Total		**388**	**30814**		**100,00%**

Berikut ini adalah diagram pareto mesin kritis yang terdapat di f*inishing* 2&3:



Gambar 4. 2 Diagram Pareto Mesin Kritis

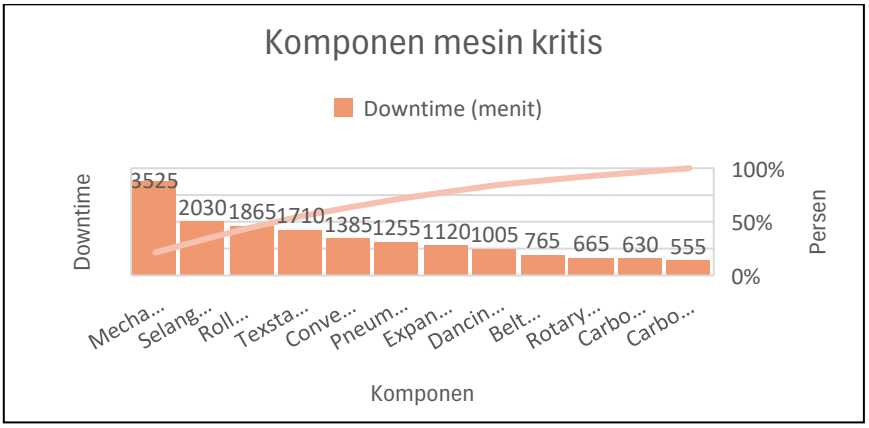
Setelah menentukan mesin kritis, tahap selanjutnya adalah penentuan komponen kritis, dengan tujuan untuk mengidentifikasi komponen yang memiliki dampak terbesar terhadap *downtime* dalam proses produksi. Berikut adalah data mengenai penentuan komponen kritis berdasarkan frekuensi kerusakan dan *downtime.*

Tabel 4. 6 Komponen Kritis *Scouring bleaching-VI*

No	**Nama Komponen**	**Frekuensi Kerusakan**	***Downtime* (menit)**	***Downtime* (jam)**		**% *Downtime* Kumulatif**
1	*Mechanic Seal*	35	3525	2 hari 10 jam 45 menit	21,35%	21,35%
2	*Selang Flexibel*	28	2030	1 hari 9 jam 50 menit	12,30%	33,65%
3	*Roll Padder*	10	1865	1 hari 7 jam 5 menit	11,30%	44,94%
4	*Texstar Roll*	16	1710	1 hari 4 jam 30 menit	10,36%	55,30%

No	Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan	*Downtime* (menit)	*Downtime* (jam)		% *Downtime* Kumulatif
5	*Conveyor*	7	1385	23 jam 5 menit	8,39%	63,69%
6	*Pneumatic Batcher*	9	1255	20 jam 55 menit	7,60%	71,29%
7	*Expander Roll*	9	1120	18 jam 40 menit	6,78%	78,07%
8	*Dancing roll*	6	1005	16 jam 45 menit	6,09%	84,16%
9	*Belt Cylnder Dryer*	10	765	12 jam 45 menit	4,63%	88,79%
10	*Rotary Joint*	9	665	11 jam 5 menit	4,03%	92,82%
11	*Carbon Rotary Joint*	9	630	10 jam 30 menit	3,82%	96,64%
12	*Carbon Metal*	9	555	9 jam 15 menit	3,36%	100,00%
TOTAL		**157**	**16510**			

Berikut ini adalah diagram pareto komponen kritis *scouring bleaching-VI:*



Gambar 4. 3 Diagram Pareto Komponen Kritis

4.3.2 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan *(Time to Failure)*

Setelah mengetahui komponen kritis pada mesin *scouring bleaching-IV* tahap selanjutnya adalah menentukan jarak antar kerusakan pada komponen *mechanic seal* dan menentukan distribusi antar waktu kerusakan berdasarkan nilai *Index of Fit* dengan perhitungan distribusi eksponensial, normal, *lognormal*, dan *weibull*:

Tabel 4. 7 *Time to Failure* Komponen *Mechanic Seal*

No	mulai *downtime*	selesai *downtime*	ti
1	07/01/2020 14:30	07/01/2020 16:30	0
2	11/02/2020 14:00	11/02/2020 16:00	2010
3	03/03/2020 09:00	03/03/2020 10:00	9990
4	25/04/2020 00:00	25/04/2020 00:20	14310
5	07/05/2020 09:00	07/05/2020 10:00	16170
6	25/06/2020 09:30	25/06/2020 11:00	17800
7	12/08/2020 01:00	12/08/2020 01:45	18360
8	06/10/2020 05:00	06/10/2020 07:30	22215
9	04/01/2021 08:00	04/01/2021 09:00	29820
10	18/04/2021 08:00	18/04/2021 09:20	40500
11	19/06/2021 02:00	19/06/2021 04:00	42870
12	22/08/2021 15:00	22/08/2021 15:30	47700
13	05/10/2021 17:00	05/10/2021 17:30	50250
14	07/10/2021 03:00	07/10/2021 03:30	63300
15	18/10/2021 09:00	18/10/2021 15:00	63450
16	11/12/2021 08:30	11/12/2021 12:00	63870
17	24/03/2022 00:30	24/03/2022 01:30	65160
18	07/05/2022 10:00	07/05/2022 11:00	68520
19	27/06/2022 08:30	27/06/2022 11:00	68655
20	30/07/2022 14:00	30/07/2022 15:30	68820
21	29/08/2022 10:00	29/08/2022 11:00	70150
22	26/09/2022 14:00	26/09/2022 15:00	70230
23	14/11/2022 08:10	14/11/2022 10:00	70530
24	28/12/2022 09:00	28/12/2022 10:30	71460

No	mulai *downtime*	selesai *downtime*	ti
25	04/01/2023 09:00	04/01/2023 14:00	73290
26	22/02/2023 08:30	22/02/2023 11:30	75720
27	29/04/2023 16:00	29/04/2023 18:00	77370
28	18/06/2023 09:00	18/06/2023 09:30	79395
29	28/06/2023 08:00	28/06/2023 11:30	88840
30	15/08/2023 03:45	15/08/2023 05:00	92820
31	27/08/2023 23:00	27/08/2023 23:30	95310
32	12/10/2023 05:30	12/10/2023 07:00	129630
33	29/11/2023 02:00	29/11/2023 03:00	147630
34	11/03/2024 10:00	11/03/2024 11:30	148740
35	26/03/2024 21:45	26/03/2024 23:00	149700

Berikut ini merupakan perhitungan distribusi menggunakan data antar waktu kerusakan :

1. Distribusi Eksponensial

   Berikut ini merupakan perhitungan distribusi eksponensial:

   X_i $= t_i$

   $= 2010$

   x_i^2 $= 2010^2$

   $= 4040100$

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

   $= \frac{(1-0,3)}{(34+0,4)} = 0,02035$

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

   $= ln\left[\left(\frac{1}{1-0,020348}\right)\right] = 0,02056$

   Y_i^2 $= 0,02056^2$

   $= 0,00042$

   X_iY_i $= 2010*0,02056$

   $= 41,32304$

   Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi eksponensial:

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

$$= \frac{(34*(41{,}323)) - ((2010*0{,}020558))}{\sqrt{((34* - 4040100) - (2010)^2) * ((34*0{,}00042) - (0{,}020558)^2)}}$$

$$= 0{,}9391$$

Tabel 4. 8 *Time to Failure* Distribusi Eksponensial

Exponensial							
no	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	2010	2010	4040100	0,02035	0,02056	0,00042	41,32304
2	9990	9990	99800100	0,04942	0,05068	0,00257	506,30805
3	14310	14310	204776100	0,07849	0,08174	0,00668	1.169,69773
4	16170	16170	261468900	0,10756	0,11379	0,01295	1.840,04752
5	17800	17800	316840000	0,13663	0,14691	0,02158	2.614,98943
6	18360	18360	337089600	0,16570	0,18116	0,03282	3.326,08735
7	22215	22215	493506225	0,19477	0,21662	0,04693	4.812,30552
8	29820	29820	889232400	0,22384	0,25339	0,06421	7.556,17923
9	40500	40500	1640250000	0,25291	0,29157	0,08501	11.808,40569
10	42870	42870	1837836900	0,28198	0,33125	0,10973	14.200,82986
11	47700	47700	2275290000	0,31105	0,37258	0,13882	17.772,13832
12	50250	50250	2525062500	0,34012	0,41569	0,17280	20.888,50490
13	63300	63300	4006890000	0,36919	0,46074	0,21229	29.165,11443
14	63450	63450	4025902500	0,39826	0,50792	0,25799	32.227,70573
15	63870	63870	4079376900	0,42733	0,55744	0,31074	35.603,56050
16	65160	65160	4245825600	0,45640	0,60953	0,37153	39.717,17292
17	68520	68520	4694990400	0,48547	0,66449	0,44155	45.530,98669
18	68655	68655	4713509025	0,51453	0,72265	0,52222	49.613,38780
19	68820	68820	4736192400	0,54360	0,78440	0,61528	53.982,12254
20	70150	70150	4921022500	0,57267	0,85021	0,72286	59.642,16630
21	70230	70230	4932252900	0,60174	0,92066	0,84762	64.658,00318
22	70530	70530	4974480900	0,63081	0,99645	0,99292	70.279,94089
23	71460	71460	5106531600	0,65988	1,07847	1,16309	77.067,30346

Exponensial							
no	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
24	73290	73290	5371424100	0,68895	1,16781	1,36379	85.589,00179
25	75720	75720	5733518400	0,71802	1,26593	1,60258	95.856,27100
26	77370	77370	5986116900	0,74709	1,37473	1,88989	106.363,13389
27	79395	79395	6303566025	0,77616	1,49684	2,24052	118.841,31292
28	88840	88840	7892545600	0,80523	1,63595	2,67633	145.337,71253
29	92820	92820	8615552400	0,83430	1,79759	3,23133	166.852,33996
30	95310	95310	9083996100	0,86337	1,99049	3,96207	189.713,98845
31	129630	129630	16803936900	0,89244	2,22972	4,97167	289.039,08903
32	147630	147630	21794616900	0,92151	2,54480	6,47603	375.689,53135
33	148740	148740	22123587600	0,95058	3,00743	9,04463	447.324,88732
34	149700	149700	22410090000	0,97965	3,89473	15,16893	583.041,30680
Total	2214585	2214585	1,93441E+11	17,00000	33,03495	59,78035	3.247.672,85611
IOF = r =	**0,93913**						

2. Distribusi Normal

Berikut ini merupakan perhitungan distribusi normal :

X_i = t_i

= 2010

x_i^2 = 2010^2

= 4040100

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

= $\frac{(1-0,3)}{(34+0,4)}$ = 0,020348

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

= $zi = \Phi^{-1}[F(0,020348)]$ = -2,04659

Y_i^2 = $-2,04659^2$

= 4,1885

X_iY_i = 2010*(-2,04659)

= -4113,659

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi eksponensial:

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

$$= \frac{(34*(-4113,659)) - ((2010*(-2,04659)))}{\sqrt{((34*-4040100) - (2010)^2)*((34*4,1885) - (-2,04659)^2)}}$$

= 0,9636

Tabel 4. 9 *Time to Failure* Distribusi Normal

Normal							
no	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	2010	2010	4040100	0,02035	-2,04660	4,18856	-4.113,65987
2	9990	9990	99800100	0,04942	-1,65052	2,72421	-16.488,66629
3	14310	14310	204776100	0,07849	-1,41531	2,00311	-20.253,12907
4	16170	16170	261468900	0,10756	-1,23962	1,53666	-20.044,64231
5	17800	17800	316840000	0,13663	-1,09560	1,20033	-19.501,60063
6	18360	18360	337089600	0,16570	-0,97131	0,94344	-17.833,19929
7	22215	22215	493506225	0,19477	-0,86046	0,74039	-19.115,14471
8	29820	29820	889232400	0,22384	-0,75930	0,57653	-22.642,26113
9	40500	40500	1640250000	0,25291	-0,66537	0,44272	-26.947,47960
10	42870	42870	1837836900	0,28198	-0,57698	0,33291	-24.735,09946
11	47700	47700	2275290000	0,31105	-0,49289	0,24294	-23.510,67008
12	50250	50250	2525062500	0,34012	-0,41215	0,16986	-20.710,32663
13	63300	63300	4006890000	0,36919	-0,33401	0,11156	-21.142,82626
14	63450	63450	4025902500	0,39826	-0,25786	0,06649	-16.361,49064
15	63870	63870	4079376900	0,42733	-0,18319	0,03356	-11.700,16439
16	65160	65160	4245825600	0,45640	-0,10952	0,01199	-7.136,27077
17	68520	68520	4694990400	0,48547	-0,03644	0,00133	-2.496,97943
18	68655	68655	4713509025	0,51453	0,03644	0,00133	2.501,89905
19	68820	68820	4736192400	0,54360	0,10952	0,01199	7.537,11102
20	70150	70150	4921022500	0,57267	0,18319	0,03356	12.850,57981
21	70230	70230	4932252900	0,60174	0,25786	0,06649	18.109,81069

Normal							
no	**ti**	**Xi= ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
22	70530	70530	4974480900	0,63081	0,33401	0,11156	23.557,71779
23	71460	71460	5106531600	0,65988	0,41215	0,16986	29.451,93913
24	73290	73290	5371424100	0,68895	0,49289	0,24294	36.123,62705
25	75720	75720	5733518400	0,71802	0,57698	0,33291	43.688,86707
26	77370	77370	5986116900	0,74709	0,66537	0,44272	51.479,66658
27	79395	79395	6303566025	0,77616	0,75930	0,57653	60.284,45078
28	88840	88840	7892545600	0,80523	0,86046	0,74039	76.443,36961
29	92820	92820	8615552400	0,83430	0,97131	0,94344	90.156,72976
30	95310	95310	9083996100	0,86337	1,09560	1,20033	104.421,21101
31	129630	129630	1,6804E+10	0,89244	1,23962	1,53666	160.691,83569
32	147630	147630	2,1795E+10	0,92151	1,41531	2,00311	208.942,65864
33	148740	148740	2,2124E+10	0,95058	1,65052	2,72421	245.497,92036
34	149700	149700	2,241E+10	0,97965	2,04660	4,18856	306.375,56365
TOTAL	2214585	2214585	1,9344E+11	17,00000	6,22E-15	30,65317	1.183.381,34710
IOF = r =	**0,96367**						

3. Distribusi Lognormal

Berikut ini merupakan perhitungan distribusi lognormal:

X_i = ln t_i

= ln (2010) = 7,60589

x_i^2 = $7{,}60589^2$

= 57,84956

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

= $\frac{(1-0{,}3)}{(34+0{,}4)}$ = 0,020348

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

= $zi = \Phi^{-1}[F(0{,}020348)]$ = -2,04659

Y_i^2 = $-2{,}04659^2$

= 4,1885

$X_i Y_i$ = 7,60589*(-2,04659)

= -15,566

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi lognormal:

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

$$= \frac{(34*(-15{,}566) - ((7{,}60589*(-2{,}04659))}{\sqrt{((34* - (57{,}84956) - (7{,}60589)^2)*((34*4{,}1885) - (-2{,}04659)^2)}}$$

= 0,9745

Tabel 4. 10 *Time to Failure* Distribusi Lognormal

Log Normal							
no	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	2010	7,60589	57,84956	0,02035	-2,04660	4,18856	-15,56619
2	9990	9,20934	84,81194	0,04942	-1,65052	2,72421	-15,20017
3	14310	9,56871	91,56029	0,07849	-1,41531	2,00311	-13,54273
4	16170	9,69091	93,91379	0,10756	-1,23962	1,53666	-12,01304
5	17800	9,78695	95,78446	0,13663	-1,09560	1,20033	-10,72254
6	18360	9,81793	96,39174	0,16570	-0,97131	0,94344	-9,53623
7	22215	10,00852	100,17053	0,19477	-0,86046	0,74039	-8,61195
8	29820	10,30293	106,15046	0,22384	-0,75930	0,57653	-7,82300
9	40500	10,60906	112,55210	0,25291	-0,66537	0,44272	-7,05895
10	42870	10,66593	113,76201	0,28198	-0,57698	0,33291	-6,15402
11	47700	10,77269	116,05078	0,31105	-0,49289	0,24294	-5,30971
12	50250	10,82477	117,17556	0,34012	-0,41215	0,16986	-4,46138
13	63300	11,05564	122,22719	0,36919	-0,33401	0,11156	-3,69269
14	63450	11,05801	122,27953	0,39826	-0,25786	0,06649	-2,85147
15	63870	11,06461	122,42548	0,42733	-0,18319	0,03356	-2,02689
16	65160	11,08460	122,86838	0,45640	-0,10952	0,01199	-1,21398
17	68520	11,13488	123,98557	0,48547	-0,03644	0,00133	-0,40577
18	68655	11,13685	124,02941	0,51453	0,03644	0,00133	0,40584
19	68820	11,13925	124,08288	0,54360	0,10952	0,01199	1,21996
20	70150	11,15839	124,50969	0,57267	0,18319	0,03356	2,04407
21	70230	11,15953	124,53513	0,60174	0,25786	0,06649	2,87764

Log Normal							
no	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
22	70530	11,16379	124,63028	0,63081	0,33401	0,11156	3,72882
23	71460	11,17689	124,92294	0,65988	0,41215	0,16986	4,60651
24	73290	11,20218	125,48882	0,68895	0,49289	0,24294	5,52140
25	75720	11,23480	126,22068	0,71802	0,57698	0,33291	6,48224
26	77370	11,25635	126,70551	0,74709	0,66537	0,44272	7,48964
27	79395	11,28219	127,28783	0,77616	0,75930	0,57653	8,56654
28	88840	11,39459	129,83673	0,80523	0,86046	0,74039	9,80460
29	92820	11,43842	130,83739	0,83430	0,97131	0,94344	11,11022
30	95310	11,46489	131,44370	0,86337	1,09560	1,20033	12,56088
31	129630	11,77244	138,59033	0,89244	1,23962	1,53666	14,59334
32	147630	11,90246	141,66866	0,92151	1,41531	2,00311	16,84571
33	148740	11,90996	141,84703	0,95058	1,65052	2,72421	19,65759
34	149700	11,91639	142,00032	0,97965	2,04660	4,18856	24,38804
TOTAL	2214585	368,13065	4.008,59673	17,00000	6,22E-15	30,65317	25,71237
IOF = r =	**0,97455**						

4. Distribusi *Weibull*

Berikut ini merupakan perhitungan distribusi *weibull*:

X_i = ln t_i

= ln (2010) = 7,60589

x_i^2 = $7{,}60589^2$

= 57,84956

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

= $\frac{(1-0{,}3)}{(34+0{,}4)}$ = 0,020348

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

= $In\left[In(\frac{1}{1-0.020348})\right]$ = -3,88451

Y_i^2 = -3,88451²

= 15,089

$X_i Y_i$ = 7,60589*(-3,88451)

= -29,545

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi *weibull*:

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

$$= \frac{(34*(-29{,}545) - ((7{,}60589*(-3{,}88451))}{\sqrt{((34* - (57{,}84956) - (7{,}60589)^2)*((34*15{,}089) - (-3{,}88451)^2)}}$$

= 0,9696

Tabel 4. 11 *Time to Failure* Distribusi *Weibull*

Weibull							
no	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	2010	7,60589	57,8495627	0,02034884	-3,88446976	15,0891053	-29,5448497
2	9990	9,20933987	84,8119409	0,0494186	-2,98219459	8,89348459	-27,4640436
3	14310	9,56871387	91,5602852	0,07848837	-2,50421323	6,27108388	-23,9620998
4	16170	9,69091295	93,9137939	0,10755814	-2,17336628	4,72352097	-21,0619034
5	17800	9,78695374	95,7844634	0,13662791	-1,9179384	3,67848771	-18,7707744
6	18360	9,81792966	96,3917429	0,16569767	-1,70837774	2,91855451	-16,7727325
7	22215	10,008523	100,170533	0,19476744	-1,52959145	2,33965	-15,3089512
8	29820	10,3029346	106,150461	0,22383721	-1,37281364	1,88461729	-14,1440091
9	40500	10,6090573	112,552096	0,25290698	-1,23249035	1,51903246	-13,0755607
10	42870	10,6659276	113,762011	0,28197674	-1,10487188	1,22074186	-11,7844834
11	47700	10,7726867	116,050778	0,31104651	-0,98729943	0,97476016	-10,6358674
12	50250	10,8247658	117,175555	0,34011628	-0,87781154	0,77055311	-9,5021044
13	63300	11,0556406	122,227189	0,36918605	-0,77491205	0,60048868	-8,56714908
14	63450	11,0580075	122,279529	0,39825581	-0,67742569	0,45890556	-7,49097829
15	63870	11,064605	122,425485	0,42732558	-0,58440412	0,34152818	-6,46620078
16	65160	11,0846011	122,868381	0,45639535	-0,49506212	0,2450865	-5,48756613
17	68520	11,134881	123,985574	0,48546512	-0,40873255	0,1670623	-4,55118832
18	68655	11,1368492	124,029411	0,51453488	-0,32483325	0,10551664	-3,61761894

Weibull							
no	**ti**	**Xi=ln ti**	**Xi2**	**F(ti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
19	68820	11,1392497	124,082883	0,54360465	-0,24284147	0,05897198	-2,7050718
20	70150	11,1583911	124,509692	0,57267442	-0,16227299	0,02633252	-1,81070553
21	70230	11,1595308	124,535129	0,60174419	-0,08266368	0,00683328	-0,92248789
22	70530	11,1637934	124,630284	0,63081395	-0,00355173	1,2615E-05	-0,03965077
23	71460	11,1768931	124,92294	0,65988372	0,075541258	0,00570648	0,844316571
24	73290	11,2021795	125,488824	0,68895349	0,155132617	0,02406613	1,737823417
25	75720	11,2347976	126,220677	0,71802326	0,235807566	0,05560521	2,64925028
26	77370	11,2563544	126,705514	0,74709302	0,318259922	0,10128938	3,582446473
27	79395	11,2821907	127,287826	0,77616279	0,403353704	0,16269421	4,550713401
28	88840	11,3945923	129,836733	0,80523256	0,492223087	0,24228357	5,60868139
29	92820	11,4384174	130,837393	0,83430233	0,586447096	0,3439202	6,70802667
30	95310	11,46489	131,443703	0,86337209	0,688382877	0,47387099	7,892233975
31	129630	11,7724395	138,590332	0,89244186	0,801877697	0,64300784	9,440056683
32	147630	11,9024644	141,668659	0,92151163	0,934053944	0,87245677	11,11754384
33	148740	11,9099551	141,84703	0,9505814	1,101085333	1,21238891	13,11387687
34	149700	11,9163886	142,000317	0,97965116	1,359624745	1,84857945	16,20181677
TOTAL	2214585	368,130647	4008,59673	17	-18,6803481	58,2801992	-170,239211
IOF = r =	**0,969663842**						

Berikut ini merupakan hasil perhitungan *Index of Fit* pada distribusi eksponensial, normal, lognormal, dan *weibull*:

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

Distribusi	**Index Of Fit**
Ekponensial	0,93913
Normal	0,96367
Lognormal	**0,97455**
Weibull	0,96966
Distribusi	**Index Of Fit**

Ekponensial	93,91%
Normal	96,37%
Lognormal	**97,45%**
Weibull	96,97%

Berdasarkan hasil perhitungan *Index of Fit* dapat diketahui bahwa distribusi lognormal mendapat nilai *Index of Fit* yaitu 97,45%oleh karena itu pengolahan data selanjutnya menggunakan distribusi lognormal.

4.3.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan *(Time to Repair)*

Setelah melakukan perhitungan distribusi data antar waktu kerusakan, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan interval waktu antara perbaikan komponen *mechanic seal.*

Tabel 4. 13 *Time to Repair* Komponen *Mechanic Seal*

No	**Mulai *Downtime***	**Selesai *Downtime***	**dti**
1	07/01/2020 14:30	07/01/2020 16:30	120
2	11/02/2020 14:00	11/02/2020 16:00	120
3	03/03/2020 09:00	03/03/2020 10:00	60
4	25/04/2020 00:00	25/04/2020 00:20	20
5	07/05/2020 09:00	07/05/2020 10:00	60
6	25/06/2020 09:30	25/06/2020 11:00	90
7	12/08/2020 01:00	12/08/2020 01:45	45
8	06/10/2020 05:00	06/10/2020 07:30	150
9	04/01/2021 08:00	04/01/2021 09:00	60
10	18/04/2021 08:00	18/04/2021 09:20	80
11	19/06/2021 02:00	19/06/2021 04:00	120
12	22/08/2021 15:00	22/08/2021 15:30	30
13	05/10/2021 17:00	05/10/2021 17:30	30
14	07/10/2021 03:00	07/10/2021 03:30	30
15	18/10/2021 09:00	18/10/2021 15:00	360
16	11/12/2021 08:30	11/12/2021 12:00	210
17	24/03/2022 00:30	24/03/2022 01:30	60
18	07/05/2022 10:00	07/05/2022 11:00	60

No	Mulai *Downtime*	Selesai *Downtime*	dti
19	27/06/2022 08:30	27/06/2022 11:00	150
20	30/07/2022 14:00	30/07/2022 15:30	90
21	29/08/2022 10:00	29/08/2022 11:00	60
22	26/09/2022 14:00	26/09/2022 15:00	60
23	14/11/2022 08:10	14/11/2022 10:00	110
24	28/12/2022 09:00	28/12/2022 10:30	90
25	04/01/2023 09:00	04/01/2023 14:00	300
26	22/02/2023 08:30	22/02/2023 11:30	180
27	29/04/2023 16:00	29/04/2023 18:00	120
28	18/06/2023 09:00	18/06/2023 09:30	30
29	28/06/2023 08:00	28/06/2023 11:30	210
30	15/08/2023 03:45	15/08/2023 05:00	75
31	27/08/2023 23:00	27/08/2023 23:30	30
32	12/10/2023 05:30	12/10/2023 07:00	90
33	29/11/2023 02:00	29/11/2023 03:00	60
34	11/03/2024 10:00	11/03/2024 11:30	90
35	26/03/2024 21:45	26/03/2024 23:00	75
TOTAL			**3525**

Berikut ini merupakan perhitungan distribusi untuk menentukan nilai *Index of* Fit terbesar dari distribusi eksponensial, normal, lognormal, dan *weibul:*

1. Distribusi Eksponensial

   Berikut ini merupakan perhitungan distribusi eksponensial:

   X_i $= dt_i$

   $= 20$

   x_i^2 $= 20^2$

   $= 400$

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

   $= \frac{(1-0,3)}{(35+0,4)} =$ 0,0197

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

$= ln\ \left[\left(\frac{1}{1-0,0197}\right)\right] = 0,0198$

Y_i^2 $= 0,0198^2$

$= 0,00039$

X_iY_i $= 20*0,0198$

$= 0,039$

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi eksponensial:

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

$= \frac{(35*(0,039))-((20*0,0198))}{\sqrt{((35*-400)-(20)^2)*((35*0,00039)-(0,0198)^2)}}$

$= 0,9878$

Tabel 4. 14 *Time to Repair* Distribusi Eksponensial

Eksponensial							
no	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	20	20	400	0,0198	0,0200	0,0004	0,3994
2	30	30	900	0,0480	0,0492	0,0024	1,4764
3	30	30	900	0,0763	0,0793	0,0063	2,3801
4	30	30	900	0,1045	0,1104	0,0122	3,3119
5	30	30	900	0,1328	0,1424	0,0203	4,2735
6	30	30	900	0,1610	0,1756	0,0308	5,2669
7	45	45	2025	0,1893	0,2098	0,0440	9,4417
8	60	60	3600	0,2175	0,2453	0,0602	14,7168
9	60	60	3600	0,2458	0,2820	0,0796	16,9229
10	60	60	3600	0,2740	0,3202	0,1025	19,2132
11	60	60	3600	0,3023	0,3599	0,1295	21,5945
12	60	60	3600	0,3305	0,4012	0,1610	24,0742
13	60	60	3600	0,3588	0,4443	0,1974	26,6608
14	60	60	3600	0,3870	0,4894	0,2395	29,3640
15	60	60	3600	0,4153	0,5366	0,2879	32,1947
16	75	75	5625	0,4435	0,5861	0,3435	43,9570
17	75	75	5625	0,4718	0,6382	0,4073	47,8641

Eksponensial							
no	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
18	80	80	6400	0,5000	0,6931	0,4805	55,4518
19	90	90	8100	0,5282	0,7513	0,5645	67,6173
20	90	90	8100	0,5565	0,8131	0,6611	73,1746
21	90	90	8100	0,5847	0,8789	0,7724	79,0978
22	90	90	8100	0,6130	0,9493	0,9012	85,4384
23	90	90	8100	0,6412	1,0251	1,0509	92,2599
24	110	110	12100	0,6695	1,1071	1,2257	121,7835
25	120	120	14400	0,6977	1,1965	1,4315	143,5762
26	120	120	14400	0,7260	1,2946	1,6760	155,3503
27	120	120	14400	0,7542	1,4034	1,9695	168,4067
28	120	120	14400	0,7825	1,5255	2,3271	183,0590
29	150	150	22500	0,8107	1,6646	2,7709	249,6906
30	150	150	22500	0,8390	1,8262	3,3352	273,9368
31	180	180	32400	0,8672	2,0191	4,0770	363,4469
32	210	210	44100	0,8955	2,2584	5,1003	474,2596
33	210	210	44100	0,9237	2,5735	6,6227	540,4266
34	300	300	90000	0,9520	3,0361	9,2178	910,8251
35	360	360	129600	0,9802	3,9234	15,3930	1412,4192
Total	3525	3525	548775	17,5	34,029204	61,701914	5753,3324
IOF = r =	**0,987851528**						

2. Distribusi Normal

X_i $= dt_i$

$= 20$

x_i^2 $= 20^2$

$= 400$

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

$= \frac{(1-0,3)}{(35+0,4)} =$ 0,0198

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

$= zi = \Phi^{-1}[F(0{,}0197)] = -2{,}0584$

Y_i^2 $= -2{,}0584^2$

$= 4{,}2372$

X_iY_i $= 20*(-2{,}0584)$

$= -41{,}168$

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi normal:

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

$= \frac{(35*-(-41{,}168))-((20*(-2{,}0584)))}{\sqrt{((35*-400)-(20)^2)*((35*4{,}2372)-(-2{,}0584)^2)}}$

$= 0{,}91184$

Tabel 4. 15 *Time to Repair* Distribusi Normal

Normal							
no	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	20	20	400	0,0198	-2,0584	4,2372	-41,1688
2	30	30	900	0,0480	-1,6643	2,7700	-49,9301
3	30	30	900	0,0763	-1,4306	2,0466	-42,9183
4	30	30	900	0,1045	-1,2562	1,5781	-37,6863
5	30	30	900	0,1328	-1,1134	1,2397	-33,4020
6	30	30	900	0,1610	-0,9903	0,9807	-29,7086
7	45	45	2025	0,1893	-0,8806	0,7755	-39,6273
8	60	60	3600	0,2175	-0,7806	0,6094	-46,8370
9	60	60	3600	0,2458	-0,6879	0,4732	-41,2731
10	60	60	3600	0,2740	-0,6007	0,3609	-36,0436
11	60	60	3600	0,3023	-0,5179	0,2682	-31,0747
12	60	60	3600	0,3305	-0,4385	0,1923	-26,3106
13	60	60	3600	0,3588	-0,3618	0,1309	-21,7070
14	60	60	3600	0,3870	-0,2871	0,0824	-17,2279
15	60	60	3600	0,4153	-0,2140	0,0458	-12,8430
16	75	75	5625	0,4435	-0,1421	0,0202	-10,6571

Normal							
no	**dti**	**Xi= dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
17	75	75	5625	0,4718	-0,0709	0,0050	-5,3151
18	80	80	6400	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
19	90	90	8100	0,5282	0,0709	0,0050	6,3781
20	90	90	8100	0,5565	0,1421	0,0202	12,7885
21	90	90	8100	0,5847	0,2140	0,0458	19,2645
22	90	90	8100	0,6130	0,2871	0,0824	25,8419
23	90	90	8100	0,6412	0,3618	0,1309	32,5605
24	110	110	12100	0,6695	0,4385	0,1923	48,2361
25	120	120	14400	0,6977	0,5179	0,2682	62,1494
26	120	120	14400	0,7260	0,6007	0,3609	72,0871
27	120	120	14400	0,7542	0,6879	0,4732	82,5462
28	120	120	14400	0,7825	0,7806	0,6094	93,6739
29	150	150	22500	0,8107	0,8806	0,7755	132,0909
30	150	150	22500	0,8390	0,9903	0,9807	148,5430
31	180	180	32400	0,8672	1,1134	1,2397	200,4120
32	210	210	44100	0,8955	1,2562	1,5781	263,8043
33	210	210	44100	0,9237	1,4306	2,0466	300,4278
34	300	300	90000	0,9520	1,6643	2,7700	499,3010
35	360	360	129600	0,9802	2,0584	4,2372	741,0380
Total	3525	3525	548775	17,5	7,99361E-15	31,6320	2257,4128
IOF = r =	**0,91184**						

3. Distribusi Lognormal

Berikut ini merupakan perhitungan distribusi lognormal:

X_i = ln dt_i

= ln (20) = 2,9957

x_i^2 = $2{,}9957^2$

= 8,9744

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

$= \frac{(1-0,3)}{(35+0,4)} =$ 0,0197

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

$= zi = \Phi^{-1}[F(0,0197)]$ = -2,0584

Y_i^2 = -2,0584²

= 4,2372

X_iY_i = 2,9957*(-2,0584)

= -6,1665

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi lognormal:

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

$= \frac{(35*-(-6,1665)) - ((2,9957*(-2,0584)))}{\sqrt{((35*-8,9744) - (2,9957)^2) * ((35*4,2372) - (-2,0584)^2)}}$

=0,9890

Tabel 4. 16 *Time to Repair* Distribusi Lognormal

Log Normal							
no	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	20	2,9957	8,9744	0,0198	-2,0584	4,2372	-6,1665
2	30	3,4012	11,5681	0,0480	-1,6643	2,7700	-5,6607
3	30	3,4012	11,5681	0,0763	-1,4306	2,0466	-4,8658
4	30	3,4012	11,5681	0,1045	-1,2562	1,5781	-4,2726
5	30	3,4012	11,5681	0,1328	-1,1134	1,2397	-3,7869
6	30	3,4012	11,5681	0,1610	-0,9903	0,9807	-3,3682
7	45	3,8067	14,4907	0,1893	-0,8806	0,7755	-3,3522
8	60	4,0943	16,7637	0,2175	-0,7806	0,6094	-3,1961
9	60	4,0943	16,7637	0,2458	-0,6879	0,4732	-2,8164
10	60	4,0943	16,7637	0,2740	-0,6007	0,3609	-2,4596
11	60	4,0943	16,7637	0,3023	-0,5179	0,2682	-2,1205
12	60	4,0943	16,7637	0,3305	-0,4385	0,1923	-1,7954
13	60	4,0943	16,7637	0,3588	-0,3618	0,1309	-1,4813
14	60	4,0943	16,7637	0,3870	-0,2871	0,0824	-1,1756
15	60	4,0943	16,7637	0,4153	-0,2140	0,0458	-0,8764

Log Normal							
no	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
16	75	4,3175	18,6407	0,4435	-0,1421	0,0202	-0,6135
17	75	4,3175	18,6407	0,4718	-0,0709	0,0050	-0,3060
18	80	4,3820	19,2022	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
19	90	4,4998	20,2483	0,5282	0,0709	0,0050	0,3189
20	90	4,4998	20,2483	0,5565	0,1421	0,0202	0,6394
21	90	4,4998	20,2483	0,5847	0,2140	0,0458	0,9632
22	90	4,4998	20,2483	0,6130	0,2871	0,0824	1,2920
23	90	4,4998	20,2483	0,6412	0,3618	0,1309	1,6280
24	110	4,7005	22,0945	0,6695	0,4385	0,1923	2,0612
25	120	4,7875	22,9201	0,6977	0,5179	0,2682	2,4795
26	120	4,7875	22,9201	0,7260	0,6007	0,3609	2,8760
27	120	4,7875	22,9201	0,7542	0,6879	0,4732	3,2932
28	120	4,7875	22,9201	0,7825	0,7806	0,6094	3,7372
29	150	5,0106	25,1065	0,8107	0,8806	0,7755	4,4124
30	150	5,0106	25,1065	0,8390	0,9903	0,9807	4,9620
31	180	5,1930	26,9668	0,8672	1,1134	1,2397	5,7818
32	210	5,3471	28,5916	0,8955	1,2562	1,5781	6,7171
33	210	5,3471	28,5916	0,9237	1,4306	2,0466	7,6496
34	300	5,7038	32,5331	0,9520	1,6643	2,7700	9,4930
35	360	5,8861	34,6462	0,9802	2,0584	4,2372	12,1162
Total	3525	153,4380	688,4571	17,5	7,99361E-15	31,6319841	22,10700915
IOF = r =	**0,989065785**						

4. Distribusi *Weibull*

Berikut ini merupakan perhitungan distribusi *weibull*:

X_i = ln dt_i

= ln (20) = 2,9957

x_i^2 = $2{,}9957^2$

$= 8{,}9744$

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

$= \frac{(1-0{,}3)}{(35+0{,}4)} = 0{,}0197$

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

$= In\left[In(\frac{1}{1-0{,}0197})\right] = -3{,}9134$

$Y_i^2 = -3{,}9134^2$

$= 15{,}3148$

$X_iY_i = 2{,}9957*(-3{,}9134)$

$= -11{,}7236$

Berikut ini merupakan perhitungan nilai r pada distribusi *weibull*:

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

$$= \frac{(35*-(-6{,}1665)) - ((2{,}9957*(-3{,}9134)))}{\sqrt{((35*-8{,}9744) - (2{,}9957)^2)*((35*15{,}3148) - (-3{,}9134)^2)}}$$

$= 0{,}9614$

Tabel 4. 17 *Time to Repair* Distribusi *Weibull*

Weibull							
no	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
1	20	2,9957	8,9744	0,0198	-3,9134	15,3148	-11,7236
2	30	3,4012	11,5681	0,0480	-3,0116	9,0696	-10,2430
3	30	3,4012	11,5681	0,0763	-2,5341	6,4214	-8,6188
4	30	3,4012	11,5681	0,1045	-2,2037	4,8562	-7,4952
5	30	3,4012	11,5681	0,1328	-1,9488	3,7977	-6,6282
6	30	3,4012	11,5681	0,1610	-1,7397	3,0267	-5,9172
7	45	3,8067	14,4907	0,1893	-1,5615	2,4384	-5,9442
8	60	4,0943	16,7637	0,2175	-1,4054	1,9750	-5,7540
9	60	4,0943	16,7637	0,2458	-1,2657	1,6019	-5,1821
10	60	4,0943	16,7637	0,2740	-1,1387	1,2967	-4,6624
11	60	4,0943	16,7637	0,3023	-1,0219	1,0443	-4,1840

Weibull							
no	**dti**	**Xi=ln dti**	**Xi2**	**F(dti)**	**Yi**	**Yi2**	**XiYi**
12	60	4,0943	16,7637	0,3305	-0,9132	0,8339	-3,7390
13	60	4,0943	16,7637	0,3588	-0,8111	0,6580	-3,3211
14	60	4,0943	16,7637	0,3870	-0,7146	0,5106	-2,9257
15	60	4,0943	16,7637	0,4153	-0,6225	0,3876	-2,5489
16	75	4,3175	18,6407	0,4435	-0,5343	0,2855	-2,3067
17	75	4,3175	18,6407	0,4718	-0,4491	0,2017	-1,9391
18	80	4,3820	19,2022	0,5000	-0,3665	0,1343	-1,6061
19	90	4,4998	20,2483	0,5282	-0,2859	0,0818	-1,2867
20	90	4,4998	20,2483	0,5565	-0,2070	0,0428	-0,9313
21	90	4,4998	20,2483	0,5847	-0,1291	0,0167	-0,5810
22	90	4,4998	20,2483	0,6130	-0,0520	0,0027	-0,2341
23	90	4,4998	20,2483	0,6412	0,0248	0,0006	0,1116
24	110	4,7005	22,0945	0,6695	0,1018	0,0104	0,4783
25	120	4,7875	22,9201	0,6977	0,1794	0,0322	0,8588
26	120	4,7875	22,9201	0,7260	0,2582	0,0667	1,2361
27	120	4,7875	22,9201	0,7542	0,3389	0,1148	1,6224
28	120	4,7875	22,9201	0,7825	0,4223	0,1784	2,0218
29	150	5,0106	25,1065	0,8107	0,5096	0,2597	2,5534
30	150	5,0106	25,1065	0,8390	0,6023	0,3627	3,0177
31	180	5,1930	26,9668	0,8672	0,7027	0,4938	3,6490
32	210	5,3471	28,5916	0,8955	0,8146	0,6637	4,3560
33	210	5,3471	28,5916	0,9237	0,9453	0,8935	5,0544
34	300	5,7038	32,5331	0,9520	1,1106	1,2334	6,3344
35	360	5,8861	34,6462	0,9802	1,3670	1,8686	8,0460
Total	3525	153,4380	688,457099	17,5	-19,4526151	60,1767014	-58,4324396
IOF = r =	**0,961477873**						

Berikut ini merupakan hasil perhitungan *Index of Fit* pada distribusi eksponensial, normal, lognormal, dan *weibull*:

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

Distribusi	Index Of Fit
Exponensial	98,79%
Normal	91,18%
Lognormal	**98,91%**
Weibull	96,15%

Berdasarkan hasil perhitungan *Index of Fit* dapat diketahui bahwa distribusi lognormal mendapat nilai *Index of Fit* yaitu 98,91%oleh karena itu pengolahan data selanjutnya menggunakan distribusi lognormal.

4.3.4 Uji *Goodness of Fit Time to Failure*

Uji *Goodness of fit* merupakan uji yang digunakan untuk menguji hipotesis terhadap distribusi terpilih. Pada perhitungan sebelumnya distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov*. Berikut ini merupakan Uji *Goodness of Fit* pada distribusi data waktu antar kerusakan:

Tabel 4. 19 *Kolmogorov-Smirnov Time to Failure*

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2	Zti	Fti	D1	D2
1	7,6059	10,3775	-3,0403	0,0012	0,0012	0,0282
2	9,2093	2,6178	-1,5270	0,0634	0,0340	-0,0046
3	9,5687	1,5840	-1,1878	0,1175	0,0586	-0,0292
4	9,6909	1,2914	-1,0725	0,1417	0,0535	-0,0241
5	9,7870	1,0823	-0,9819	0,1631	0,0454	-0,0160
6	9,8179	1,0188	-0,9526	0,1704	0,0233	0,0061
7	10,0085	0,6704	-0,7727	0,2198	0,0434	-0,0140
8	10,3029	0,2750	-0,4949	0,3103	0,1045	-0,0750
9	10,6091	0,0476	-0,2060	0,4184	0,1831	-0,1537
10	10,6659	0,0260	-0,1523	0,4395	0,1748	-0,1454
11	10,7727	0,0030	-0,0515	0,4794	0,1853	-0,1559
12	10,8248	0,0000	-0,0024	0,4990	0,1755	-0,1461

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2	Zti	Fti	D1	D2
13	11,0556	0,0521	0,2155	0,5853	0,2324	-0,2030
14	11,0580	0,0532	0,2177	0,5862	0,2038	-0,1744
15	11,0646	0,0563	0,2240	0,5886	0,1768	-0,1474
16	11,0846	0,0662	0,2428	0,5959	0,1548	-0,1253
17	11,1349	0,0946	0,2903	0,6142	0,1436	-0,1142
18	11,1368	0,0958	0,2921	0,6149	0,1149	-0,0855
19	11,1392	0,0973	0,2944	0,6158	0,0864	-0,0570
20	11,1584	0,1096	0,3125	0,6227	0,0638	-0,0344
21	11,1595	0,1104	0,3136	0,6231	0,0348	-0,0054
22	11,1638	0,1132	0,3176	0,6246	0,0069	0,0225
23	11,1769	0,1222	0,3299	0,6293	-0,0178	0,0472
24	11,2022	0,1405	0,3538	0,6383	-0,0382	0,0676
25	11,2348	0,1661	0,3846	0,6497	-0,0562	0,0856
26	11,2564	0,1841	0,4049	0,6572	-0,0781	0,1075
27	11,2822	0,2069	0,4293	0,6662	-0,0986	0,1280
28	11,3946	0,3218	0,5354	0,7038	-0,0903	0,1197
29	11,4384	0,3735	0,5768	0,7179	-0,1056	0,1350
30	11,4649	0,4065	0,6017	0,7263	-0,1266	0,1560
31	11,7724	0,8933	0,8920	0,8138	-0,0686	0,0980
32	11,9025	1,1560	1,0147	0,8449	-0,0669	0,0963
33	11,9100	1,1721	1,0218	0,8466	-0,0946	0,1240
34	11,9164	1,1861	1,0279	0,8480	-0,1226	0,1520
TOTAL	368,1306	38,1719		**DnMax**	**0,2324**	0,1560

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa:

Dhitung didapatkan dari nilai terbesar D1 dan D2, dimana Dhitung = 0,2324.

Hipotesa untuk melakukan Uji Kolmogrov-Smirnov Test adalah :

H0 : Data *Time To Failure* berdistribusi Lognormal

H1 : Data *Time To Failure* tidak berdistribusi Lognormal

α : 0,05

Dtabel : Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorov-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 34 ; 0,05 = 0,2330 Wilayah kritis : Dn < Dcrit maka H0 diterima. Sehingga keputusannya Dn < Dcrit, Dn = 0,2324< Dcrit =2330, yaitu H0 diterima.

4.3.5 Uji *Goodness of Fit Time to Repair*

Uji *Goodness of fit* merupakan uji yang digunakan untuk menguji hipotesis terhadap distribusi terpilih. Pada perhitungan sebelumnya distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov*. Berikut ini merupakan Uji *Goodness of Fit* pada distribusi data waktu antar perbaikan:

Tabel 4. 20 *Kolmogorov-Smirnov Time to Repair*

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2	Zti	Fti	D1	D2
1	2,9957	1,9270	-2,0311	0,0211	0,0211	0,0074
2	3,4012	0,9657	-1,4379	0,0752	0,0467	-0,0181
3	3,4012	0,9657	-1,4379	0,0752	0,0181	0,0105
4	3,4012	0,9657	-1,4379	0,0752	-0,0105	0,0390
5	3,4012	0,9657	-1,4379	0,0752	-0,0390	0,0676
6	3,4012	0,9657	-1,4379	0,0752	-0,0676	0,0962
7	3,8067	0,3332	-0,8446	0,1992	0,0277	0,0008
8	4,0943	0,0838	-0,4237	0,3359	0,1359	-0,1073
9	4,0943	0,0838	-0,4237	0,3359	0,1073	-0,0788
10	4,0943	0,0838	-0,4237	0,3359	0,0788	-0,0502
11	4,0943	0,0838	-0,4237	0,3359	0,0502	-0,0216
12	4,0943	0,0838	-0,4237	0,3359	0,0216	0,0070
13	4,0943	0,0838	-0,4237	0,3359	-0,0070	0,0355
14	4,0943	0,0838	-0,4237	0,3359	-0,0355	0,0641
15	4,0943	0,0838	-0,4237	0,3359	-0,0641	0,0927
16	4,3175	0,0044	-0,0972	0,4613	0,0327	-0,0042
17	4,3175	0,0044	-0,0972	0,4613	0,0042	0,0244
18	4,3820	0,0000	-0,0027	0,4989	0,0132	0,0154
19	4,4998	0,0134	0,1696	0,5673	0,0530	-0,0245
20	4,4998	0,0134	0,1696	0,5673	0,0245	0,0041
21	4,4998	0,0134	0,1696	0,5673	-0,0041	0,0327

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)]^2	Zti	Fti	D1	D2
22	4,4998	0,0134	0,1696	0,5673	-0,0327	0,0612
23	4,4998	0,0134	0,1696	0,5673	-0,0612	0,0898
24	4,7005	0,1002	0,4632	0,6784	0,0212	0,0073
25	4,7875	0,1629	0,5905	0,7226	0,0369	-0,0083
26	4,7875	0,1629	0,5905	0,7226	0,0083	0,0203
27	4,7875	0,1629	0,5905	0,7226	-0,0203	0,0488
28	4,7875	0,1629	0,5905	0,7226	-0,0488	0,0774
29	5,0106	0,3928	0,9170	0,8204	0,0204	0,0081
30	5,0106	0,3928	0,9170	0,8204	-0,0081	0,0367
31	5,1930	0,6546	1,1838	0,8817	0,0246	0,0040
32	5,3471	0,9278	1,4093	0,9206	0,0349	-0,0063
33	5,3471	0,9278	1,4093	0,9206	0,0063	0,0222
34	5,7038	1,7421	1,9312	0,9733	0,0304	-0,0018
35	5,8861	2,2566	2,1980	0,9860	0,0146	0,0140
Total	153,4380	15,8817		**DMAX**	**0,1359**	0,0962

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa:

Dhitung didapatkan dari nilai terbesar D1 dan D2, dimana Dhitung = 0,1359.

Hipotesa untuk melakukan Uji Kolmogrov-Smirnov Test adalah:

H0 : Data *Time To Repair* berdistribusi Lognormal

H1 : Data *Time To Repair* tidak berdistribusi Lognormal

α : 0,05

Dtabel : Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorov-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 35 ; 0,05 = 0,224

Wilayah kritis : Dn < Dcrit maka H0 diterima. Sehingga keputusannya Dn < Dcrit, Dn = 0,1359< Dcrit =0,224 yaitu H0 diterima.

4.3.6 Perhitungan Parameter *Time to Failure*

Tahap selanjutnya setelah data terbukti terdistribusi adalah menghitung parameter. Parameter yang digunakan adalah Tmed (parameter lokasi) dan s (paremeter bentuk). Berikut adalah perhitungan manual kedua parameter tersebut:

1. Tmed (Parameter Lokasi)

   N = 34

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

$\mu = \frac{368,1306}{34}$

$\mu = 10,8273$

$Tmed = e^{\mu}$

$= e^{10,8273}$

$= 50377,5037$

2. s (Parameter bentuk)

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

$s = \sqrt{\frac{38,1719}{34}}$

$s = 1,0596$

4.3.7 Perhitungan Parameter *Time to Repair*

Parameter yang digunakan adalah Tmed (parameter lokasi) dan s (paremeter bentuk). Berikut adalah perhitungan manual kedua parameter tersebut:

1. Tmed (Parameter Lokasi)

$N = 35$

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

$\mu = \frac{153,4380}{35}$

$\mu = 4,3839$

$Tmed = e^{\mu}$

$= e^{4,3839}$

$= 80,1500$

2. s (Parameter bentuk)

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

$s = \sqrt{\frac{15,8817}{35}}$

$s = 0,68345$

4.3.8 Penentuan Nilai Tengah *Mean Time to Failure*

Berikut ini merupakan nilai *Mean Time to Failure* (penentuan nilai Tengah) dari distribusi waktu antar kerusakan untuk distribusi lognormal:

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

= $50377{,}5037_{.e}\frac{1{,}05958^2}{2}$

= 88313,78329 menit

= 61 hari 6 jam 6 menit

4.3.9 Penentuan Nilai Tengah *Mean Time to Repair*

Berikut ini merupakan nilai *Mean Time to Repair* (penentuan nilai Tengah) dari distribusi waktu antar kerusakan untuk distribusi lognormal:

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

= $80{,}1500_{.e}\frac{0{,}68345^2}{2}$

= 101,23593 menit

= 1 jam 41 menit

4.3.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Komponen

Perhitungan interval waktu penggantian dengan minimasi *downtime* menggunakan metode *Age Replacement*. Input utama yang dibutuhkan meliputi *Mean Time to Failure* (MTTF), waktu perbaikan, waktu penggantian pencegahan, serta distribusi waktu kegagalan. Interval waktu antar kerusakan (tp) dihitung untuk menentukan nilai dengan *downtime* terkecil berdasarkan analisis keandalan dan simulasi *downtime.* Berikut ini yaitu data-data yang dibutuhkan dalam mencari interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime*:

1. Data waktu kerusakan (*Time to Failure)* berdistribusi lognormal
   MTTF = 88313,78329
   Tmed = 50377,5037
   s = 1,0596
2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen
   tf = 101,23593
3. Waktu untuk melakukan pergantian *preventive*
   tp = 101,23593

Langkah selanjutnya adalah menghitung interval waktu penggantian pencegahan menggunakan data yang telah dikumpulkan. Perhitungan dilakukan melalui simulasi selama 420.000 menit, setara dengan 10 bulan operasional. Hasil dari perhitungan berada pada tabel berikut:

Tabel 4. 21 Interval Penggantian Komponen Menggunakan ARP

Interval Penggantian Komponen Waterpump Dengan Model ARP					
tp	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp+Tp**	**(MTTF/F(tp))+Tf**	**D(tp)**
1	1	8,19166E-25	102,236	1,07809E+29	0,001144995
1000	0,99989	0,00011	1101,24	816534659,1	0,001132204
10000	0,9365	0,06350	10101,2	1390878,483	0,001035344
20000	0,80836	0,19164	20101,2	460933,2891	0,000968003
30000	0,68765	0,31235	30101,2	282841,728	0,000928391
40000	0,58617	0,41383	40101,2	213505,5735	0,000905010
50000	0,50283	0,49717	50101,2	177734,9142	0,000891502
60000	0,43448	0,56552	60101,2	156265,9898	0,000884280
70000	0,37811	0,62189	70101,2	142109,3823	0,000881212
80000	**0,33124**	**0,66876**	**80101,2**	**132158,2407**	**0,000880966**
90000	0,29197	0,70803	90101,2	124832,9507	0,000882674
100000	0,25879	0,74121	100101	119249,6453	0,000885749
110000	0,23055	0,76945	110101	114876,9304	0,000889784
120000	0,20635	0,79365	120101	111376,9727	0,000894490
130000	0,18548	0,81452	130101	108525,1873	0,000899659
140000	0,16737	0,83263	140101	106166,7249	0,000905135
150000	0,15157	0,84843	150101	104191,5262	0,000910806
160000	0,13771	0,86229	160101	102519,334	0,000916584
170000	0,12551	0,87449	170101	101090,3253	0,000922406
180000	0,11472	0,88528	180101	99859,0545	0,000928223
190000	0,10513	0,89487	190101	98790,42161	0,000933996
200000	0,09659	0,90341	200101	97856,91919	0,000939698
210000	0,08894	0,91106	210101	97036,70961	0,000945309
220000	0,08208	0,91792	220101	96312,25526	0,000950812
230000	0,07591	0,92409	230101	95669,32528	0,000956195
240000	0,07033	0,92967	240101	95096,26363	0,000961452
250000	0,06529	0,93471	250101	94583,44192	0,000966576
260000	0,06071	0,93929	260101	94122,84502	0,000971563
270000	0,05654	0,94346	270101	93707,75345	0,000976413
280000	0,05274	0,94726	280101	93332,49725	0,000981124
290000	0,04928	0,95072	290101	92992,26334	0,000985697
300000	0,0461	0,95390	300101	92682,94337	0,000990134
310000	0,04319	0,95681	310101	92401,01254	0,000994435
320000	0,04051	0,95949	320101	92143,4322	0,000998604

Interval Penggantian Komponen Waterpump Dengan Model ARP					
tp	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp+Tp**	**(MTTF/F(tp))+Tf**	**D(tp)**
330000	0,03804	0,96196	330101	91907,57117	0,001002643
340000	0,03577	0,96423	340101	91691,14158	0,001006555
350000	0,03367	0,96633	350101	91492,14632	0,001010344
360000	0,03173	0,96827	360101	91308,83573	0,001014012
370000	0,02993	0,97007	370101	91139,67162	0,001017563
380000	0,02826	0,97174	380101	90983,29732	0,001021001
390000	0,02671	0,97329	390101	90838,51263	0,001024329
400000	0,02527	0,97473	400101	90704,25264	0,001027550
410000	0,02392	0,97608	410101	90579,56993	0,001030668
420000	0,02267	0,97733	420101	90463,61936	0,001033686
Min D(tp)					**0,000880966**

Berikut ini merupakan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan komponen dengan distribusi lognormal dengan Tp = 80000.

1. F (tp) $= \phi(\frac{1}{s} In \frac{t}{tmed})$
   = 0,66876
2. R (tp) = 1 - *F*(t)
   = 1-0,66876
   = 0,33124
3. (tp+Tp) x R(tp) = 80101,2 x 0,33124
   = 26532,7215
4. D(tp) $= \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+(M(tp)+Tf).(1-R(tp))}$
   = 0,000880966

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai D(tp) paling minimum tercapai pada tp = 80000. Dengan demikian, interval waktu optimal untuk penggantian komponen *Mechanic Seal* berdasarkan kriteria minimasi *downtime* adalah setiap 80000 menit atau atau sama dengan 55 hari.

4.3.11 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan Komponen

Langkah berikutnya adalah menghitung interval waktu pemeriksaan untuk komponen *Mechanical Seal*. Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan jadwal pemeriksaan yang optimal guna mencegah kegagalan dan meminimalkan *downtime*. Berikut adalah hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan untuk komponen *Mechanical Seal*:

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 *Mechanic Seal* 2020-2024 = 35 kali
   d. k $= \frac{35}{60\ bulan}$ = 0,58333
2. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan
   a. MTTR = 101,2359292 menit = 1,69 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. 1/μ = MTTR/t
      = 1,69/720
      = 0,00234
      μ = 426,726
3. Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan
   a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan (ti) = 1 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. $\frac{1}{i} = \frac{ti}{t}$
      $\frac{1}{i} = \frac{1}{720}$
      = 0,00139
      i = 720
4. Perhitungan frekuensi pemeriksaan
   n $= \sqrt{\frac{k.i}{\mu}}$
   $= \sqrt{\frac{0,5833.720}{426,726}}$
   = 0,99209 kali pemeriksaan/bulan
5. Interval waktu pemeriksaan
   $\frac{t}{n} = \frac{720}{0,99209}$
   = 725,742 jam
   = 30 hari

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) merupakan diagram yang dibuat untuk menggambarkan fungsi pada proses mesin. Pada proses awal produksi dimulai dari *texstar* yang selanjutnya akan masuk ke *box wahing.* Pada *box washing* terdapat *mechanic seal* yang berfungsi untuk menahan kebocoran pada bak serta *carbon metal* sebagai dudukan roll. Selanjutnya kain akan melewati *dancing roll*, yang memiliki fungsi untuk menstabilkan kain agar tetap rata yang kemudian melewati *expander roll* untuk melebarkan kain. Selanjutnya kain akan melewati *roll Padder* yang berfungsi untuk memeras kain agar bahan kimia yang diberikan meresap masuk ke dalam kain. Selanjutnya kain akan melewati *conveyor* dan akan dikeringkan menggunakan *cylinder dryer.* Proses pengeringan tersebut berasal dari selang *flexible* yang mengantarkan uap panas ke *rotary joint* yang nantinya akan didistribusikan ke *cylinder dryer*. Setelah pengeringan selesai kain akan digulung dengan bantuan *pneumatic batcher.*

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

FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan mesin dan menganalisis dampaknya terhadap produksi, kualitas produk, dan keselamatan kerja. Dengan menilai risiko berdasarkan frekuensi dan tingkat keparahan masing-masing mode kegagalan, FMEA juga digunakan untuk mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk memprioritaskan tindakan pemeliharaan dan perbaikan. Penilaian FMEA didapatkan dari hasil wawancara bersama dengan *supervisor* yaitu Bapak Purnomo. nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah *Mechanic Seal*, yaitu sebesar 152. Komponen tersebut berfungsi untuk menahan kebocoran pada bak sehingga air dan bahan kimia tidak keluar. Mode kegagalan utama yang teridentifikasi meliputi membran pecah, aus, dan korosi, dengan penyebab utama seperti panas berlebih pada bak, kurangnya pelumasan, dan paparan bahan kimia. Akibat dari kegagalan ini sangat signifikan, termasuk kebocoran cairan, kerusakan pada komponen lain, dan gangguan pada proses produksi.

Pada mode kegagalan membran pecah, nilai *Severity* (S) adalah 6 karena kebocoran memengaruhi kinerja mesin, *Occurrence* (O) sebesar 6 akibat panas berlebih yang sering terjadi, dan *Detection* (D) adalah 2 karena kerusakan mudah dideteksi. Pada mode kegagalan aus, nilai *Severity* (S) adalah 5 karena dapat mempengaruhi proses produksi, *Occurrence* (O)

sebesar 5 akibat kurangnya pelumasan, dan *Detection* (D) adalah 2 karena mudah diidentifikasi saat inspeksi. Pada mode kegagalan korosi, nilai *Severity* (S) adalah 5 karena korosi mengurangi umur seal, *Occurrence* (O) sebesar 3 karena paparan bahan kimia jarang terjadi, dan *Detection* (D) adalah 2 karena mudah terlihat secara visual.

5.3 Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis adalah alat yang digunakan untuk menganalisis penyebab kegagalan dalam suatu sistem atau peralatan, dengan tujuan untuk menentukan tindakan perawatan yang paling efektif. Berikut ini merupakan pengelompokkan komponen berdasarkan kegegalan yang terjadi:

1. Kategori A (*Safety problem*): Jika kegagalan komponen menyebabkan risiko bagi keselamatan karyawan bahkan dapat mengakibatkan kematian serta dampak negatif terhadap lingkungan. Berikut ini komponen yang termasuk ke dalam kategori A:
   a. Selang *flexible* dengan mode kegagalan selang bocor atau pecah yang berpotensi menimbulkan kebocoran cairan panas atau bahan kimia yang berbahaya, yang dapat menyebabkan kecelakaan.
   b. *Rotary joint* dengan mode kegagalan pecah yang dapat mengakibatkan kebocoran uap yang berisiko mengganggu keselamatan kerja.
2. Kategori B (*Outage problem*): Jika kegagalan komponen mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin tidak beroperasi serta meningkatkan biaya dan kerugian ekonomi. Berikut ini komponen yang termasuk ke dalam kategori B:
   a. *Texstar Roll* dengan mode kegagalan yaitu pulley aus dan *belt* putus menyebabkan gangguan dalam pergerakan kain.
   b. *Dancing Roll* dengan mode kegagalan *roll* aus yang mempengaruhi kestabilan kain, yang dapat menghambat proses produksi.
   c. *Roll Padder* dengan mode kegagalan *roll* aus yang dapat mengganggu proses pemerasan kain dan menghambat penetrasi bahan kimia.
   d. *Conveyor* dengan mode kegagalan *belt* putus yang mengakibatkan berhentinya *conveyor*, yang mengganggu alur produksi.
   e. *Cylinder dryer* dengan mode kegagalan *belt* putus atau tipis, permukaan silinder kasar atau berlubang yang dapat menyebabkan gangguan pada proses pengeringan kain.

3. Kategori C (*Economic problem*): Jika kegagalan komponen menyebabkan tidak mempengaruhi keselamatan dan operasi pabrik, tetapi berdampak pada ekonomi perusahaan. Berikut ini komponen yang termasuk ke dalam kategori C:
   a. *Carbon Metal* dengan mode kegagalan carbon aus yang dapat mengganggu pergerakan roll, tetapi tidak menyebabkan kegagalan operasional.
   b. *Mechanic Seal* dengan mode kegagalan membran pecah, aus, dan korosi yang dapat meningkatkan biaya perawatan dan penggantian, serta menurunkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Dengan adanya kebocoran juga menyebabkan kerugian mengenai bahan-bahan kimia atau obat yang keluar akibat kebocoran.
   c. *Expander Roll* dengan mode kegagalan karet dan bearing aus.
   d. *Carbon Rotary Joint* dengan mode kegagalan carbon aus yang dapat menyebabkan kebocoran uap yang, meskipun tidak kritikal, dapat menyebabkan peningkatan biaya energi atau kerusakan peralatan lain.
   e. *Pneumatic batcher* dengan mode kegagalan *seal* aus yang dapat menghambat pergerakan batcher.

Pada komoponen kritis yaitu *mechanic seal* termasuk dalam kategori C (*Economic Problem*) hal ini disebabkan karena dampak dari kegagalan tersebut adalah membuat obat atau bahan kimia yang ada didalam bak akan keluar sehingga menambah biaya ekonomi perusahaan.

5.4 Analisis *Task Selection* (TS)

Task Selection merupakan proses pemilihan tindakan pemeliharaan yang sesuai berdasarkan analisis terhadap kegagalan peralatan, dengan tujuan untuk menjaga keandalan dan meningkatkan efisiensi operasional sistem. Tindakan pemeliharaan dapat dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu:

1. *Time Directed* (TD)

   Pemeliharaan ini dilakukan secara langsung pada komponen yang mengalami kerusakan akibat usia atau masa pakai yang telah mencapai batas tertentu. Komponen yang termasuk dalam rencana tindakan perawatan ini yaitu:
   a. *Texstar Roll* dengan mode kegagalan *pulley* aus.
   b. *Carbon metal* dengan mode kegagalan carbon aus.
   c. *Mechanic seal* dengan mode kegagalan aus, membran pecah dan korosi.
   d. *Expander roll* dengan mode kegagalan karet dan *bearing* aus.
   e. *Roll padder* dengan mode kegagaglan *roll* aus.

f. *Carbon rotary joint* dengan mode kegagalan carbon aus.
g. *Pneumatic batcher* dengan mode kegagalan *seal* aus.

2. *Condition Directed* (CD)

Tindakan pemeliharaan ini dilakukan melalui proses pemeriksaan atau inspeksi rutin. Jika selama pemeriksaan ditemukan indikasi adanya kerusakan, maka perbaikan atau penggantian komponen segera dilakukan. Komponen yang termasuk dalam rencana tindakan perawatan ini yaitu:

a. *Dancing roll* dengan mode kegagaglan *roll aus.*
b. *Conveyor* dengan mode kegagalan *belt* putus.
c. *Cylinderr dryer* dengan mode kegagalan *belt* putus atau tipis, permukaan silinder kasar atau berlubang.
d. *Selang flexible* dengan mode kegagalan selang bocor dan pecah.
e. *Rotary joint* dengan mode kegagalan pecah.

Berdasarkan hasil *task selection* untuk komponen kritis yaitu *Mechanical Seal*, kerusakan yang terjadi yaitu membran pecah, korosi dan aus terdapat hubungan yang signifikan dengan umur komponen, sehingga pendekatan yang sesua adalah *Time Directed* (TD). Pendekatan ini cocok karena memungkinkan penggantian komponen secara terjadwal sebelum mencapai batas umur penggunaan komponen sehingga mengurangi risiko kegagalan.

5.5 Analisis Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

Penelitian dilakukan di suatu divisi dengan total mesin yang digunakan adalah 6 mesin. Berdasarkan hasil perhitungan data *downtime,* mesin yang mengalami paling banyak kerusakan adalah mesin *scouring bleaching-VI* dengan frekuensi kerusakan sebanyak 157 kali dan total *downtime* sebesar 16510 menit atau 11 hari dengan persentase sebesar 53,58%.

Setelah menentukan mesin yang paling kritis, tahap selanjutnya adalah menentukan komponen dari mesin tersebut yang memiliki nilai *downtime* terbesar. Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa *Mechanic Seal* adalah komponen yang memiliki *downtime* terbesar, yaitu 3.525 menit atau 2 hari dengan persentase sebesar 21,35% dari total *downtime* dengan jumlah kerusakan yaitu 35 kejadian. Berdasarkan hasil perhitungan kualitatif, nilai *Risk Priority Number* (RPN) didapatkan bahwa komponen *Mechanic Seal* sebagai komponen dengan prioritas tertinggi, sedangkan secara kuantitatif mesin *Mechanic Seal* mendapatkan komponen dengan frekuensi kerusakan tebesar. Hal tersebut menggambarkan bahwa komponen tersebut sebagai prioritas yang harus ditangani.

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

Tahap selanjutnya adalah menentukan distribusi. Distribusi tersebut ditentukan menggunakan 4 pengujian, yaitu distribusi eksponensial, normal, lognormal, dan *weibull*. Pengujian distribusi tersebut dilakukan terhadap waktu antar kerusakan (*Time To Failure*) dan waktu perbaikan (*Time To Repair*) pada komponen *Mechanic Seal* dari mesin *Scouring bleaching-VI*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan *Index of Fit*:

Tabel 5. 1 Hasil Distribusi *Time to Failure*

Distribusi	**Index Of Fit**
Ekponensial	0,93913
Normal	0,96367
Lognormal	**0,97455**
Weibull	0,96966
Distribusi	**Index Of Fit**
Ekponensial	93,91%
Normal	96,37%
Lognormal	**97,45%**
Weibull	96,97%

Berdasarkan hasil pengujian *Index of Fit* terhadap beberapa jenis distribusi, diketahui bahwa distribusi *Lognormal* menunjukkan kecocokan tertinggi dengan data yang diuji, dengan nilai *Index of Fit* sebesar 0,9745 atau 97,45%. Distribusi Lognormal dapat merepresentasikan pola data secara tepat. Hal ini menunjukkan bahwa data empiris yang diuji memiliki karakteristik yang paling mendekati distribusi Lognormal, sehingga distribusi ini dipilih sebagai model untuk menggambarkan data tersebut. Selanjutnya untuk hasil perhitungan data waktu perbaikan (*Time to Repair*) :

Tabel 5. 2 Hasil Distribusi *Time to Repair*

Distribusi	**Index Of Fit**
Exponensial	98,79%
Normal	91,18%
Lognormal	**98,91%**
Weibull	96,15%

Berdasarkan hasil pengujian *Index of Fit,* distribusi Lognormal memiliki nilai *Index of Fit* tertinggi, yaitu 98,91%, dibandingkan dengan distribusi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi Lognormal paling sesuai dalam merepresentasikan pola data yang diuji.

5.7 Analisis Uji Kecocokan *Goodness of Fit*

Setelah ditentukan bahwa distribusi dengan nilai *Index of Fit* terbesar adalah distribusi Lognormal, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian ulang untuk memastikan bahwa data benar-benar sesuai dengan distribusi tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur ketepatan data dalam merepresentasikan waktu antar kerusakan (*time to failure*) dan waktu perbaikan (*time to repair*). Selanjutnya diuji menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov Test*. Uji ini dilakukan untuk membandingkan distribusi empiris data dengan distribusi teoritis Lognormal. Hasil pengujian ini akan menentukan apakah distribusi Lognormal dapat secara valid mewakili pola data. Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa H_0 diterima, maka dapat disimpulkan bahwa data empiris memang berdistribusi Lognormal. Sebaliknya, jika H_0 ditolak, berarti distribusi Lognormal tidak cocok untuk data tersebut.

Pada data *time to failure* Dhitung yang didapatkan dari nilai terbesar D1 dan D2 adalah Dn = 0,2324 dan nilai Dcrit 34 ; 0,05 = 0,2330. Sehingga Dn < Dcrit, Dn = 0,2324 < 0,2330, maka H0 diterima atau data berdistribusi lognormal.

Pada data *time to repair* Dhitung yang didapatkan dari nilai terbesar D1 dan D2 adalah Dn = 0,1359 dan nilai Dcrit 34 ; 0,05 = 0,224. Sehingga Dn < Dcrit, Dn = 0,1359 < 0,224, maka H0 diterima atau data berdistribusi lognormal.

5.8 Analisis Parameter Distribusi TTF dan MTTF

Setelah pola distribusi dan data waktu antar kerusakan diketahui, langkah berikutnya adalah menghitung *Mean Time To Failure* (MTTF) MTTF merupakan estimasi rata-rata waktu sebelum terjadinya kegagalan atau kerusakan pada sistem. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan data distribusi yang telah diidentifikasi sebelumnya. Distribusi yang digunakan untuk merepresentasikan data waktu antar kerusakan adalah distribusi Lognormal. Berikut ini merupakan hasil nilai parameter dan *Mean Time To Failure* (MTTF):

Tabel 5. 3 Nilai Parameter TTF dan MTTF

Tmed (Parameter lokasi)	50377,5037
s (Parameter bentuk)	1,05958
MTTF	88313,78329 menit (61 hari 6 jam 6 menit)

Berdasarkan hasil perhitungan distribusi Lognormal, diperoleh parameter lokasi (Tmed) sebesar 50.377,5037, parameter bentuk (s) sebesar 1,05958, dan *Mean Time To Failure* (MTTF) sebesar 88.313,78329 menit atau setara dengan 61 hari. Nilai Tmed menunjukkan waktu median antar kerusakan, di mana separuh kegagalan terjadi sebelum dan sesudah waktu ini. Parameter bentuk s mencerminkan variasi data yang moderat, dengan tingkat penyebaran kerusakan yang cukup terukur. Sementara itu, nilai MTTF merepresentasikan rata-rata waktu operasional sebelum kegagalan terjadi, yang cukup tinggi dan menunjukkan keandalan sistem.

5.9 Analisis Parameter Distribusi TTR dan MTTR

Setelah hasil *Mean Time To Failure* (MTTF) data waktu antar kerusakan diketahui dilanjutkan dengan menghitung hasil *Mean Time To Repair* (MTTR) dengan mengitung estimasi dari data distribusi tersebut. Distribusi yang digunakan untuk merepresentasikan data waktu antar kerusakan adalah distribusi Lognormal. Berikut ini merupakan hasil nilai parameter dan *Mean Time To Repair* (MTTR):

Tabel 5. 4 Nilai Parameter TTR dan MTTR

Tmed (Parameter lokasi)	80,1500
s (Parameter bentuk)	0,68345
MTTR	101,2359292 menit (1 jam 41 menit)

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh parameter lokasi (Tmed) sebesar 80,1500, parameter bentuk (s) sebesar 0,68345, dan rata-rata waktu perbaikan (MTTR) sebesar 101,2359 menit atau 1 jam 41 menit. Rata-rata waktu perbaikan (MTTR) menggambarkan durasi rata-rata yang diperlukan untuk memulihkan sistem setelah kerusakan.

5.10 Analisis Interval Waktu Penggantian dan Pemeriksaan Komponen

Berdasarkan hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan untuk komponen Mechanical Seal, ditemukan bahwa frekuensi kerusakan selama periode 2020–2024 mencapai 35 kali, dengan rata-rata 0,583 kerusakan per bulan. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jangka waktu lima tahun, komponen ini mengalami kerusakan yang cukup sering, sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan keandalannya melalui penjadwalan pemeriksaan yang optimal

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai D(tp) terkecil didapatkan pada tp 80000 menit dengan min D(tp**)** 0,00088**.** Sehingga waktu optimal penggantian komponen *mechanic seal* yaitu 80000 menit kerja mesin atau setara 55 hari kerja mesin.

Sedangkan rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 1,69 jam atau 1 jam 41 menit. Perhitungan frekuensi pemeriksaan menghasilkan angka 0,992 pemeriksaan per bulan, yang mendekati satu kali pemeriksaan bulanan. Dengan demikian, interval waktu optimal untuk pemeriksaan komponen *Mechanical Seal* adalah setiap 725,742 jam atau sekitar 30 hari.

Pada PT ABC, perusahaan seharusnya melakukan pemeliharaan preventif setiap bulan, namun sering kali hal tersebut tidak dilakukan secara konsisten. Jika kondisi ini terus berlangsung, kualitas komponen seperti *mechanic seal* akan menurun, yang dapat meningkatkan risiko kegagalan mesin dan mengganggu kelancaran sistem produksi. Oleh karena itu, disarankan agar pemeriksaan dilakukan setiap 30 hari dan penggantian komponen dilakukan sekitar 55 hari sekali untuk mencegah kegagalan, meminimalkan *downtime*, dan memastikan keandalan operasional komponen.

Penggantian komponen terjadwal merupakan langkah strategis untuk menjaga kinerja mesin dan stabilitas produksi. Dengan penjadwalan yang tepat dapat mencegah kegagalan mendadak (*breakdown failure*) yang berisiko menghentikan operasional dan menimbulkan kerugian akibat *downtime*. Penggantian tepat waktu juga mencegah kerusakan meluas ke komponen lain, memperpanjang umur sistem, serta mengurangi beban teknisi dalam menangani perbaikan darurat. Untuk komponen *Mechanical Seal*, hal ini penting karena kegagalannya dapat menyebabkan kebocoran dan kontaminasi.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Komponen prioritas pada mesin *scouring bleaching-VI* adalah *mechanic seal*. Komponen ini mendapatkan nilai RPN sebesar 152, yang menunjukkan bahwa kerusakannya memiliki tingkat risiko yang tinggi terhadap gangguan operasional. Berdasarkan analisis, LTA untuk komponen *mechanic seal* termasuk dalam kategori *economic problem*. Strategi perawatan, strategi yang tepat untuk perawatan komponen *mechanic seal* adalah *time directed* (TD), karena dapat diprediksi dan dicegah dengan jadwal penggantian rutin.
2. Interval waktu pemeriksaan untuk komponen *mechanic seal* adalah 30 hari sekali. Hal ini berdasarkan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk komponen *mechanic seal* diperoleh sebesar 88.313,78 menit atau setara dengan 61 hari 7 jam 3 menit. Sementara itu, *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk komponen tersebut adalah 101,24 menit atau setara dengan 1 jam 41 menit.
3. Interval waktu penggantain komponen *mechanic seal* adalah setelah mesin beroperasi selama 80.000 menit atau sama dengan 55 hari. Hal tersebut berdasarkan perhitungan nilai D(tp) terkecil yaitu pada waktu tp = 80.000 menit, dengan nilai min D(tp) = 0,000880966.

6.2 Saran

6.2.1 Saran Untuk Perusahaan

Adapun saran-saran yang dapat diberikan kepada perusahaan sebagai berikut:

1. Peneliti menyarankan menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai pendekatan utama dalam sistem perawatan mesin. Penerapan metode ini memungkinkan perusahaan untuk menganalisis dan menentukan langkah-langkah perawatan yang paling optimal, sehingga dapat meningkatkan keandalan mesin sekaligus mengurangi risiko terjadinya *downtime*.
2. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat dijaikan rekomendasi perbaikan komponen *mechanic seal* dengan interval waktu pemeriksaan setiap 30 hari dan interval waktu penggantian selama 55 hari.

6.2.2 Saran Untuk Peneliti

Adapun saran-saran yang dapat diberikan kepada perusahaan sebagai berikut:

1. Untuk penelitian berikutnya, disarankan untuk mempertimbangkan komponen lain selain komponen kritis yang telah didapatkan dari penelitian.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menganalisis perbandingan biaya antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan perawatan preventif.

DAFTAR PUSTAKA

Agustus, N., Ramadhan, W. D., Nurhidayat, A. E., Indraprasta, U., & Jakarta, P. (2022). *Analisis Perawatan Mesin dengan Menggunakan Metode Reability Centered Maintenance dan Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis*. *3*(8), 867–878.

Aldyansyah, D., Bagaskara, F. S., Aditya, M. R., Aldyansyah, D., Aji, D. M., Sitanggang, F. A., Khairi, M. M., & Paundra, F. (2023). Perawatan Mesin Alat Berat Wheel Loader PT. XYZ. *Jurnal Teknik Mesin*, *20*(1), 18–23. https://doi.org/10.9744/jtm.20.1.18-23

Alsakina, A., & Momon, A. (2023). Analisis Perawatan Mesin Injection dengan Metode RCM pada Perusahaan Manufaktur. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, *8*(1), 20. https://doi.org/10.30998/string.v8i1.16089

Annisak, F., Sakinah Zainuri, H., & Fadilla, S. (2024). Peran uji hipotesis penelitian perbandigan menggunakan statistika non parametrik dalam penelitian. *Al Itihadu Junral Pendidikan*, *3*(1), 105–115. https://jurnal.asrypersadaquality.com/index.php/alittihadu

Anugrah, A., Hawari Mohamad, H., Otniel, J., Reza Fahrezi, M., Radian, M., Siswajanthy, F., & Penulis, K. (2024). *Analisis Industri Tekstil Di Jawa Barat Sebelum Dan Setelah Krisis Ekonomi*. *2*(2), 118–135. https://doi.org/10.59581/Doktrin-widyakarya.v2i1.2579

Ariani, F., & Juanda, R. J. (2024). Analysis Of Maintenance Activities On Drag Chain Machines To Optimize Failure Time Intervals Using Reliability Centered Maintenance (RCM) Approach. *Dinamis*, *11*(2), 39–50. https://doi.org/10.32734/dinamis.v11i2.13746

Aritonang, Y. M. K. (2023). Pengembangan Pendekatan Matematis dan Penyelesaiannya untuk Reliabilitas Sistem Dengan Distribusi Kegagalan Berbeda. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, *12*(1), 35–42. https://doi.org/10.26593/jrsi.v12i1.6318.35-42

Armanda, D. D., Jufriyanto, M., & Rizqi, A. W. (2023). Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. XYZ. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, *7*(4), 1588–1595. https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3298

Bangun, C. S., Jalil, A., Amperajaya, D., & Rasjidin, R. (2022). Preventive Maintenance Scheduling with Age Replacement Method at CNG Station. *APTISI Transactions on Technopreneurship*, *4*(2), 153–163. https://doi.org/10.34306/att.v4i2.260

Basuki Nanda, & Valentino Roni. (2023). Cake Breaker Conveyor Machine Maintenance System Analysis Using the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Method. *Jurnal Riset Ilmu Teknik*, *1*(3), 151–162. https://doi.org/10.59976/jurit.v1i3.34

Daniel Chrisnanda Septrian Putra, & Etik Puspitasari. (2024). Analisis Manajemen Perawatan Mesin Produksi Kemasan Plastik Spout dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, *3*(3), 117–128. https://doi.org/10.55606/juprit.v3i3.4236

Dian Supiandi, Hendro Yusworo Haryono, & Christian Tobing. (2021). FMEA dan Fishbone Analysis untuk Mengetahui Risiko Kerusakan Komponen Flight Control System Penyebab Aircraft Vibration Helikopter Bell-412 TNI AL. *Jurnal Lemhannas RI*, *9*(2), 127–139. https://doi.org/10.55960/jlri.v9i2.396

Iman Mujiarto, Eddi Indro Asmoro, & Kundori Kundori. (2022). Pengukuran Laju Kerusakan Dengan Mengindikasikan Nilai Mtbf Dalam Manajemen Perawatan Mesin Pada Pt. Aic. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, *1*(3), 14–23. https://doi.org/10.55606/jtmei.v1i3.491

Irwan Sukendar, Syakhroni, A., & Prawira, M. R. (2020). Analysis of the Age Replacement Method to Reduce Tool *Downtime*. *International Journal of Education, Science, Technology, and Engineering*, *3*(1), 1–12. https://doi.org/10.36079/lamintang.ijeste-

0301.41

Ismail, & Ayik Pusakaningwati. (2023). Manajemen Perawatan Panel Distribution Control Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pt. Tung Cia Tekhnology Indonesia. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, *2*(12), 4723–2730. https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i12.6428

Julianto, A. R., Kurnia, I., Assidiq, M. N., Studi, P., Industri, T., Teknik, F., & Krisnadwipayana, U. (2024). *Menurunkan Reject Berlubang Pada NYY Cable Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) DI PT* . *13*(2), 41–50.

Juwandono, J. T., & Purnama, J. (2023). Analisa Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Age Replacement. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, *6*(3), 483–492. https://doi.org/10.31004/jutin.v6i3.15768

Kurniawan, D., Trismawati, & Prihatiningsih, T. (2021). *Perbaikan Perawatan Mesin Rotary Lathe dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Menggunakan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (Oee)*. 82–91.

Kusnadi, K., Wahyudin, W., & Nugraha, B. (2020). Usulan Kebijakan Pemeliharaan Mesin Untuk Mengurangi Frekuensi Breakdown Menggunakan Reliability Centered Maintenance. *Infotekmesin*, *11*(2), 158–165. https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v11i2.254

Ma'ruf, F., & Dahda, S. S. (2021). Determination of Lathe Component Replacement Interval Using Age Replacment Method. *Jurnal Teknovasi*, *8*(01), 1–12. https://doi.org/10.55445/jt.v8i01.22

Marpaung, S. B., Ritonga, D. A. A., & Irwan, A. (2021). Analisa Risk Priority Number (Rpn) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Thresher Dengan Menggunakan Metode Fmea Di Pt.Xyz. *JiTEKH*, *9*(2), 74–81. https://doi.org/10.35447/jitekh.v9i2.427

Maryam, U., Somayasa, W., Ruslan, R., La Gubu, L. G., & Jufra, J. (2022). Estimasi Parameter Dan Uji Goodness of Fit Untuk Data Biner Berpasangan. *Jurnal Matematika Komputasi Dan Statistika*, *2*(1), 1–12. https://doi.org/10.33772/jmks.v2i1.7

Mentari, D., Lie, D., Efendi, & Sherly. (2017). Analisis Pelaksanaan Kegiatan Pemeliharaan (Maintenance) Terhadap kualitas Produk Pada Cv Green Perkasa Pematangsiantar. *Jurnal Maker*, *3*(1), 40–48.

Moubray, J. (1997). *Reliability-centered Maintenance* (2nd ed.). Industrial Press, 1997.

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, A., Fitri, M., Farid, M., Imani, R., Teknik, F., Tinggi, S., Industri, T., Padang, P., Sterilizer, M., & Replacement, A. (2023). *JurnalTeknikdanTeknologiTepatGuna Jurnal Teknik dan Teknologi Tepat Guna*. *2*(3), 132–139.

Muslih Nasution, Ahmad Bakhori, W. N. (2021). Manfaat Perlunya Manajemen Perawatan Untuk Bengkel Maupun Industri. *Buletin Utama Teknik*, *3814*, 248–252.

Pohan, F., Saputra, I., & Tua, R. (2023). Scheduling Preventive Maintenance to Determine Maintenance Actions on Screw Press Machine. *Jurnal Riset Ilmu Teknik*, *1*(1), 1–12. https://doi.org/10.59976/jurit.v1i1.4

Purnomo, J., Affandi, N., & Rahmatullah, A. (2021). Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin Xray Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Pt. Tristan Engineering. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, *1*(2), 154–169. https://doi.org/10.46306/tgc.v1i2.14

Ramadhan, I., & Widiasih, W. (2023). Analisis Penggantian dan Perawatan pada Papermachine

Bagian Wire dan Dryer Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan Age replacement Pada PT. X. *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Tekstil Dan Manajemen Industri*, *6*(1), 1–14. https://doi.org/10.59432/jute.v6i1.60

Ruchiyat, I., Prasetyaningsih, E., & R. Muhammad, C. (2020). *Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin Blowingdan Mesin FillingMenggunakan Teori Reliabilitydan Model Age Replacement(Studi Kasus pada PT. XYZ*. *22*(2), 1–12.

Saputra, Y., Widyantoro, M., & Rosihan, R. I. (2024). Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance dan Age Replacement. *Jurnal Optimalisasi*, *10*(1), 120. https://doi.org/10.35308/jopt.v10i01.9263

Sihombing, G. (2023). Analisis Penentuan Target Objektif Pemeliharaan Mesin Berdasarkan Kriteria *Downtime*. *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, *4*(2), 78–83. https://doi.org/10.31294/imtechno.v4i2.1950

Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023). 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

Sintia, I., Pasarella, M. D., & Nohe, D. A. (2022). Perbandingan Tingkat Konsistensi Uji Distribusi Normalitas Pada Kasus Tingkat Pengangguran di Jawa. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, Dan Aplikasinya*, *2*(2), 322–333.

Siregar, C. T. N., Kindangen, P., & Palandeng, I. D. (2022). Evaluasi Pemeliharaan Mesin dan Peralatan Produksi PT. Multi Nabati Sulawesi (MNS) Kota Bitung. *Jurnal EMBA : Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, *10*(3), 428. https://doi.org/10.35794/emba.v10i3.42362

Siswantoro, N., Priyanta, D., Suminta, E. D., Zaman, M. B., Pitana, T., Prastowo, H., Busse, W., & Nurdiansyah, T. R. (2022). The Maintenance Task Allocation Analysis in Steam Power Plant: Case Study on Closed Cooling Water System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *972*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/972/1/012031

Sodikin, I., Parwati, C. I., Fayzi, F., & Indrayana, M. (2024). Penjadwalan Perawatan Mesin Dengan Metode Preventive Maintenance & Predictive Maintenance (Studi Kasus Di PLTD Kota Masohi). *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Tekstil Dan Manajemen Industri*, *7*(1), 37–46. https://doi.org/10.59432/jute.v7i1.88

Soesetyo, I., & Yenny Bendatu, L. (2014). Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT Charoen Pokphand Indonesia-Sepanjang. *Jurnal Titra*, *2*(2), 147–154.

Sunaryo, S., Hakim, L., & Jumali, D. (2018). Aplikasi Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Sistem Saluran Gas Mesin Wartsila. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, *1*(2), 27–35. https://doi.org/10.31004/jutin.v1i2.220

Supriyanto, H., Kurniati, N., & Supriyanto, M. F. R. (2021). Maintenance Performance Evaluation of an RCM Implementation: A Functional Oriented Case Study. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, *10*(12), 702–709. https://doi.org/10.18178/ijmerr.10.12.702-709

Suryani, F., Siti Ayu Syarifa, & Azhari, A. (2023). Analisis Preventive Maintenance Komponen Mesin Pulp Dengan Metode Age Replacement. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, *7*(1), 115–125. https://doi.org/10.31289/jime.v7i1.9498

Susilo, M. M. S., & Suliantoro, H. (2017). Analisis Kebijakan Corrective dan Preventive Maintenance Pada Mesin Rapier, Shutle, Water Jet Pada Proses Weaving di PT. Tiga Manunggal Synthetic Industries. *Industrial Engineering Online ...*, *6*(1). https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/15585

Tiffanya, & Sembiring, A. C. (2024). *Analysis of Boiler Machine Maintenance using The Reliability-Centered Maintenance Method*. *11*(1), 1–8.

Uun Unaijah, S. D. (2023). Prediksi Sisa Umur Bearing Menggunakan Distribusi Weibull. *Engineering Failure Analysis*, *152*, 75–84. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107518

Wibowo, T. J., Hidayatullah, T. S., & Nalhadi, A. (2021). Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Rekayasa Industri (Jri)*, *3*(2), 110–120. https://doi.org/10.37631/jri.v3i2.485

Wicaksono, P. A., Saptadi, S., Nurkertamanda, D., & Rozaq, R. (2021). Production Machine Maintenance System Design Using Reliability Centered Maintenance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1096*(1), 012018. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1096/1/012018

Yang, Y. J., Zhang, X. Y., Zhao, Z. J., Wang, G. H., He, Y. J., Wu, Y. L., & Li, J. (2020). Applying Reliability Centered Maintenance (RCM) to Sampling Subsystem in Continuous Emission Monitoring System. *IEEE Access*, *8*, 55054–55062. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980630

Yaqin, R. I., Zamri, Z. Z., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Alirejo, M. S., & Umar, M. L. (2020). Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, *9*(3), 189–200. https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200

Yuli Setiawannie, & Nita Marikena. (2022). Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pounch dengan Critical Path Method di PT. Grafika Nusantara. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, *1*(1), 01–10. https://doi.org/10.55123/insologi.v1i1.105

Yuliandra, B., & Jaeba, K. A. (2017). Perancangan Sistem Informasi Perawatan Mesin Pada PT XYZ. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, *6*(1), 9. https://doi.org/10.26593/jrsi.v6i1.2423.9-20

LAMPIRAN





