

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II*
(RCM II) DALAM PENENTUAN *PREVENTIVE MAINTENANCE*
PADA MESIN *SCREW PRESS (PRESSING)*
(Studi Kasus : PT. PP. London Sumatra Tbk)**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Muhammad Naufal Ramadhan Siregar
No. Mahasiswa : 20522202

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

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, 12-06-2024



(Muhammad Naufal Ramadhan Siregar)

20522202

SURAT BUKTI PENELITIAN



Surat Keterangan

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

Nama : Muhammad Naufal Ramadhan Siregar
NIM : 20522202
Fakultas / Prodi : Fakultas Teknologi Industri/ Teknik Industri
Waktu Penelitian : Februari 2024 - Mei 2024

Demikian surat ini kami keluarkan sebagai bukti keterangan resmi dari PT PP Londonsumatra Indonesia Tbk – Begerpang Mill untuk pihak yang bersangkutan yang telah selesai melakukan pengambilan data serta penelitian guna menyusun laporan Tugas Akhir di perusahaan kami agar dapat dimanfaatkan sebaik – baiknya dengan penuh tanggung jawab.

Begerpang, xx Mei 2024

Catur Riyadi

Manager Mill - Begerpang

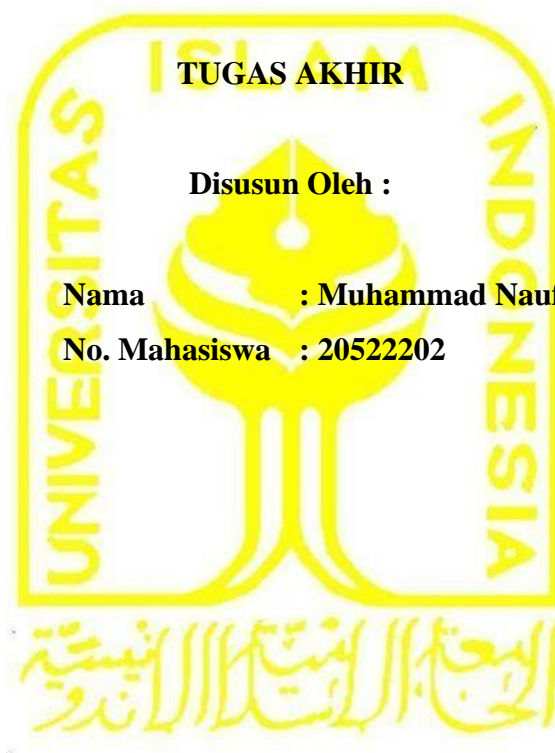
Indofood
THE SYMBOL OF QUALITY FOODS



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II* (RCM II)
DALAM PENENTUAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN *SCREW*
*PRESS (PRESSING)***

(Studi Kasus : PT. PP. London Sumatra Tbk)



Yogyakarta, 12 Juni 2024

Dosen Pembimbing

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II* (RCM II)
DALAM PENENTUAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN SCREW
PRESS (PRESSING)
TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Naufal Ramadhan Siregar

No. Mahasiswa : 20 522 202

**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, 23 - Juli - 2024

Tim Penguji

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

Ketua

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

Anggota I

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

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

NIK. 01522010

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT, kita memuji-Nya, dan meminta pertolongan, pengampunan serta petunjuk kepada-Nya. Kita berlindung kepada Allah dari kejahatan diri kita dan keburukan amal kita. Barang siapa mendapat petunjuk dari Allah maka tidak aka nada yang menyesatkan dan barang siapa yang sesat maka tidak ada pemberi petunjuk baginya. Aku bersaksi bahwa tidak ada Tuhan selain Allah dan bahwa Muhammad adalah hamba dan Rasulny-Nya. Semoga doa, shalawat tercurah pada junjungan dan suri tauladan kita Nabi Muhammad SAW, keluarganya, dan sahabat serta siapa saja yang mendapat petunjuk hingga hari kiamat. Aamiin. Persembahan Tugas Akhir ini dan rasa terima kasih saya ucapkan untuk:

1. Keluargaku tercinta, kedua orang tua saya yang sangat saya cintai yang saat ini sedang berjuang di tanah suci allah untuk menjalankan ibadah haji, serta abang abang adik kandungku yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan serta motivasi baik secara moril maupun materil secara langsung dan semoga mereka diberikan perlindungan dan menjadi orang yang bahagia di dunia maupun di akhirat.
2. Pak Dian Janari, S.T., M.T, selaku pembimbing saya yang selalu membimbing dan mengarahkan saya serta membantu saya dalam perjalanan penelitian
3. Sahabat – sahabatku tersayang yang senantiasa selalu menguatkan saya dan memberikan semangat selama di kuliah ini.
4. Teman-teman saya program studi Teknik Industri angkatan 2020 tersayang yang senantiasa memberikan semangat pada saya.
5. Almamaterku tercinta Universitas Islam Indonesia.

MOTTO

Dicoba dulu aja, setiap orang tidak akan mengerti kapan dia benar jika dia tidak pernah mencoba untuk salah

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakattuh

Alhamdulillahirabil alamin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas berkah dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan program Tugas Akhir dan menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir yang berlangsung pada bulan Januari 2024 – Mei 2024 yang berlokasi di PT PP London Sumatera Indonesia Tbk (LONSUM). Pelaksanaan program penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah wawasan, pengetahuan dan pengalaman bagi penulis, Universitas, dan Perusahaan. Shalawat serta salam kami hantarkan kepada baginda nabi tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang semoga kita mendapatkan syafaatnya di akhir nanti.

Program penelitian dan penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyarat kelulusan untuk memperoleh gelar pada Program studi Teknik Industri program sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. penelitian ini dilakukan di PT.PP. London Sumatera Indonesia Tbk dengan tujuan untuk mengetahui dan mengimplementasikan keilmuan yang telah didapatkan selama berada di dunia perkuliahan dengan realita yang ada di dunia kerja. Harapan penulis terhadap laporan Tugas Akhir ini adalah semoga laporan ini berguna dan dapat mengimplementasikan ilmu yang didapatkan dengan baik dan dapat dipertanggung jawabkan.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini bisa berjalan dengan baik tidak lepas dari bimbingan, doa, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis sangat mengucapkan banyak terima kasih dan hormat kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan Kemudahan dan kelancaran dalam menjalani kegiatan dan penulisan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua saya mama, papa, bang risky, bang rafli dan dek odi selaku keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan memotivasi secara langsung serta memberikan dukungan baik secara material dan dukungan moral, sehingga dengan lancar penulis dapat menjalani pelaksanaan Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. 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.
5. Bapak Dian Janari, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, kritik dan saran kepada penulis yang membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. PT PP London Sumatera Indonesia Tbk yang telah memberikan izin kepada penulis untuk dapat melaksanakan kegiatan penelitian.
7. Bapak Beny Asman selaku Manager Pabrik dan Pebri Romodon selaku *Coordinator Engineer* yang telah berperan sebagai pembimbing dan pengarah dilapangan, yang sangat membantu penulis dalam menjalankan penelitian serta menerima dan memberikan kepercayaan untuk dapat melaksanakan penelitian di Pabrik Kelapa Sawit bidang produksi.
8. Muhammad Imam Taufik dan Adhan Putro selaku teman yang sama-sama berjuang dalam penelitian ini yang telah membantu dan bekerja sama dalam melaksanakan

dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

9. Kak sopi dan biyu selaku sepupu saya yang telah support penulis dan memberi penulis *insight* dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
10. Bang arsyah, kak alfa, kak aming, bang wahyu, kak gita, kak aurel, mba rora, dan bang faisal selaku kerabat dekat kakak saya dan saya berterimakasih kepada kakak saya telah mengenalkan mereka kepada penulis karena penulis sangat mendapatkan pembelajaran yang gak akan pernah penulis lupakan dan selalu *push* penulis agar menyelesaikan kuliah dengan cepat.
11. Ardhini dan rere selaku teman penulis dari semester 3 sampai dengan selesai yang telah menemani dan berjuang bersama dalam kuliah sampai menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
12. Tiara dan tania selaku teman sekampung penulis dan teman seperjuangan di teknik industri uii yang dari awal sampai akhir kuliah masih membimbing dan menemani penulis dalam masa perkuliahan.
13. Hildo, juned, arab, nasyid, ucup, mia, ghina, yang telah menemani penulis dari awal pengerjaan dan menghibur penulis selama masa penulisan laporan Tugas Akhir.
14. Dedes, pito, taqy, fahmi, rifa dan rapek selaku teman penulis dari kampung halaman yang selalu menghibur dan mengajak healing penulis agar tidak menanggung beban sendirian dalam masa perkuliahan sampai penulisan laporan Tugas Akhir.
15. Dan kepada yang telah setia menemani sepanjang masa perkuliahan. Terimakasih telah mendengar keluh kesah penulis, dari awal kali kuliah sampai dengan sekarang dan terimakasih selalu support, semangat, dan kebersamaan yang tak ternilai. Kehadiranmu membuat perjalanan ini menjadi lebih penuh warna – warni.
16. Seluruh pihak – pihak yang membantu penulis dalam perjalanan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlimpah rahmat, karunia, dan kelapangan hati atas segala kebaikan yang beliau – beliau berikan kepada penulis dan semoga menjadi amal sholeh, Aamiin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih ada kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mohon kritik, saran, dan masukan yang bersifat membangun demi penulisan yang lebih baik dimasa yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 16 Juli 2024

ABSTRAK

PT. PP. London Sumatra Indonesia memiliki mesin *screw press* sebagai aset penting untuk tahap awal pemisahan minyak kelapa sawit dari buahnya. Mesin ini sangat penting dalam proses produksi dan digunakan setiap hari. Akibatnya, mesin sering mengalami kerusakan setiap 3-5 bulan, yang menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas produksi, bahkan terkadang menghentikan produksi sementara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komponen kritis yang ada pada mesin *screw press*, memberikan usulan untuk langkah perawatan paling optimal, dan membandingkan harga perawatan setelah penerapan *preventive maintenance*. Metode yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang memberikan panduan bagi perusahaan untuk melakukan perawatan dan tindakan pencegahan. Hal ini memastikan mesin *screw press* berfungsi optimal tanpa gangguan produksi. Komponen *Heating System* teridentifikasi sebagai komponen kritis dengan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu 135. Metode *Age Replacement* menunjukkan MTTF sebesar 48.372 jam dan MTTR sekitar 4,30 jam. Analisis biaya menunjukkan total biaya tenaga kerja Rp. 7.000.000 dan kerugian produksi Rp. 4.800.000 per jam, dengan penghematan biaya Rp. 80.517.321 setelah penerapan *preventive maintenance*. Penerapan RCM II terbukti meningkatkan keandalan mesin, mengurangi *downtime*, dan efisiensi biaya. Disarankan untuk perusahaan menerapkan dan mengembangkan metode RCM II untuk meningkatkan performa mesin dan mengurangi biaya perawatan jangka panjang.

Kata Kunci: *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II), *Age replacement*, *Preventive Maintenance*, *Mesin Screwpress*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Literatur	7
2.2 Landasan Teori.....	12
2.2.1 Manajemen Perawatan.....	12
2.2.2 Tujuan Perawatan	12
2.2.3 Jenis - Jenis Perawatan	13
2.2.4 Bentuk – Bentuk Perawatan	13
2.2.5 Konsep <i>Downtime</i>	13
2.2.6 Keandalan (<i>Reability</i>).....	14
2.2.7 Laju Kerusakan.....	14
2.2.8 <i>Reability Centered Maintenance</i> (RCM).....	15
2.2.9 Tahapan <i>Reability Centered Maintenance</i>	15
2.2.10 Distribusi	22
2.2.11 Uji <i>Goodness of Fit</i>	23
2.2.12 Estimasi Parameter	25
2.2.13 <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF).....	27
2.2.14 <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR).....	27
2.2.15 Frekuensi Pemeriksaan	28
2.2.16 Model Perawatan Penggantian Pencegahan <i>Age Replacement</i>	29
2.2.17 Perhitungan Total Biaya Perawatan Optimum	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Objek Penelitian	31
3.2 Diagram Alir Penelitian	31
3.3 Identifikasi Masalah	33
3.4 Studi Pustaka.....	34
3.5 Penentuan Metode Penelitian.....	34
3.6 Sumber Data dan Pengumpulan Data	34
3.6.1 Data Primer.....	35
3.6.2 Data Sekunder	35

3.7 Pengolahan Data.....	35
3.7.1 Pengolahan data Kualitatif (Identifikasi Komponen Kritis).....	35
3.7.2 Pengolahan data kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan)	36
3.7.3 Pengolahan Data Kuantitatif (Penetapan waktu pemeriksaan dan penggantian komponen kritis).....	36
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	39
4.1 Latar Belakang Perusahaan	39
4.1.1 Profil Singkat Perusahaan.....	39
4.1.2 Lokasi PT. PP. London Sumatra Indonesia	40
4.1.3 Tujuan, Visi, dan Misi PT. PP. London Sumatra Indonesia Tbk	40
4.1.4 Waktu Kerja.....	40
4.2 Pengumpulan Data	41
4.2.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen	41
4.3 Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis)	45
4.3.1 <i>Functional Block Diagram</i> (FBD).....	45
4.3.2 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	47
4.3.3 <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA).....	49
4.4 Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan)	52
4.4.1 <i>Task Selection</i> (Pemilihan Tindakan).....	52
4.5 Pengolahan Data Kuantitatif (Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penentuan-Komponen kritis)	54
4.5.1 Penentuan Komponen Kritis.....	54
4.5.2 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (<i>Time to Failure</i>).....	57
4.5.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan (<i>Time to Repair</i>).....	64
4.5.4 <i>Uji Goodness of Fit</i> Pada Distribusi Data Waktu Kerusakan (<i>Time to Failure</i>).....	73
4.5.5 <i>Uji Goodness of Fit</i> Pada Distribusi Data Waktu Perbaikan (<i>Time to Repair</i>).....	74
4.5.6 Perhitungan Parameter Dari Distribusi Waktu Kerusakan (<i>Time to Failure</i>)	75
4.5.7 Perhitungan Parameter Dari Distribusi Waktu Perbaikan (<i>Time to Repair</i>)...	75
4.5.8 Penentuan Nilai Tengah Dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (<i>Mean Time to Failure</i>).....	76
4.5.9 Penentuan Nilai Tengah Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (<i>Mean Time to Repair</i>)...	76
4.5.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Dengan Minimasi <i>Downtime</i>	76
4.5.11 Perhitungan interval waktu pergantian pencegahan (Penentuan Interval Perawatan)	78
4.5.12 Perhitungan Total Biaya Perawatan	79
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	82
5.1 Analisis Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis).....	82
5.2 Analisis Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan perawatan)	84
5.3 Analisis Pengolahan Data Kuantitatif (Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis).....	84
BAB VI PENUTUP	88
6.1 Kesimpulan	88
6.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN.....	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya.....	11
Tabel 2. 2 Format FMEA.....	17
Tabel 2. 3 Tingkat <i>Severity</i>	18
Tabel 2. 4 Tingkat <i>Occurance</i>	19
Tabel 2. 5 Tingkat <i>Detection</i>	20
Tabel 4. 1 Waktu kerja Bagian General.....	41
Tabel 4. 2 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin <i>Screwpress</i>	41
Tabel 4. 3 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	47
Tabel 4. 4 Logic Tree Analysis.....	50
Tabel 4. 5 <i>Task Selection</i>	52
Tabel 4. 6 Penentuan Komponen Kritis.....	56
Tabel 4. 7 <i>Time to Failure</i> Komponen <i>Heating system</i>	57
Tabel 4. 8 <i>Time to Failure</i> Distribusi Eksponensial	58
Tabel 4. 9 <i>Time to Failure</i> Distribusi Normal	59
Tabel 4. 10 <i>Time to Failure</i> Distribusi Log Normal.....	61
Tabel 4. 11 <i>Time to Failure</i> Distribusi <i>Weibull</i>	63
Tabel 4. 12 <i>Index of Fit Time to Failure</i>	64
Tabel 4. 13 <i>Time to Repair</i> komponen <i>Heating system</i>	64
Tabel 4. 14 <i>Time to Repair</i> Distribusi Eksponensial	66
Tabel 4. 15 <i>Time to Repair</i> Distribusi Normal	68
Tabel 4. 16 <i>Time to Repair</i> Distribusi Log Normal.....	69
Tabel 4. 17 <i>Time to Repair</i> Distribusi <i>Weibull</i>	71
Tabel 4. 18 <i>Index of Fit Time to Failure</i>	72
Tabel 4. 19 Perhitungan <i>Kolmogrov-Smirnov Test</i> untuk komponen <i>Heating system</i> ...	73
Tabel 4. 20 Perhitungan t untuk komponen <i>Heating system</i>	74
Tabel 4. 21 Biaya tenaga kerja perawatan	79
Tabel 4. 22 Biaya perawatan komponen.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Laju Kerusakan	15
Gambar 2. 3 Struktur <i>Logic Tree Analysis</i>	21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 4. 1 Lokasi PT PP London Sumatra Indonesia Tbk.....	40
Gambar 4. 2 <i>Functional Block Diagram</i> (FBD)	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengolahan kelapa sawit merupakan proses menjadikan kelapa sawit berproses menjadi minyak kelapa sawit dan inti sawit (kernel). Tujuan proses ini untuk memperoleh CPO dan kernel yang berkualitas tinggi. Proses ini merupakan suatu proses berkesinambungan di mana kualitas dan mutu pada minyak kelapa sawit tergantung pada asal lemak. Kualitas CPO yang dihasilkan oleh pabrik sangat mempengaruhi dari perlakuan TBS yang dilakukan oleh kebun (Tagoe, Dickinson, & Apetorgbor, 2012).

Sebuah perusahaan PT PP London Sumatera Indonesia Tbk, *Bagerpang Palm Oil Mill* (BGPOM) didirikan Tahun 1906 yang berlokasi di Medan, Sumatera Utara ini memiliki kantor yang bertepatan pada Jalan Jend. A. Yani No.2 Medan, dan untuk lokasi tempat perkebunan dan pabriknya terletak di Sei Merah, Kec. Tj. Morawa, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

Perusahaan PT. PP. London Sumatra Indonesia memiliki salah satu aset berupa *machine Screw Press*. Mesin *screw press* merupakan tahap awal dalam pemisahan minyak kelapa sawit dari buahnya. Dimana mesin tersebut menjadi inti dari proses proses tahap awal, sehingga untuk melanjutkan ketahap-tahap selanjutnya proses ekstraksi minyak kelapa sawit menjadi maksimal. Oleh karena itu, Penelitian ini terfokus kepada mesin *screw press* karena sangat mempengaruhi keoptimalan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit pada perusahaan tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi keandalan mesin meliputi fungsi mesin, batasan mesin, dan waktu penggunaan mesin tersebut bagi (Utomo & Widjajati, 2014)

Pada dasarnya mesin menjadi fasilitas penunjang sebagai alat produksi yang penting bagi perusahaan. Perusahaan akan mengalokasikan dana sebagai investasi, dengan memperhitungkan seberapa efektif mesin tersebut dalam mempengaruhi hasil produk (Giffari & Prasetyawan, 2021). Dengan mesin yang handal, perusahaan dapat mengoptimalkan kapasitas produksinya, memastikan ketersediaan produk dalam jumlah yang memadai dalam menghadapi permintaan pasar yang terus menerus berkembang. Jika mesin mengalami kerusakan, akan terjadi gangguan pada produktivitas perusahaan karena *downtime* memberikan pengaruh terhadap turunnya jumlah k , sehingga akan terjadi peningkatan biaya operasional dan pengaruh terhadap pelayanan pelanggan (Giffari & Prasetyawan, 2021). Untuk memastikan

keberlanjutan operasional mesin, diperlukan pengukuran tingkat keandalan peralatan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa mesin beroperasi secara optimal dan mencegah kemungkinan malfungsi yang dapat menghambat proses produksi. Namun, penggunaan mesin secara berkelanjutan dapat menyebabkan penurunan kendalan dari mesin tersebut. Sebab itu, dibutuhkan upaya untuk memastikan keandalan mesin dan hasil produksi tetap terjamin melalui perawatan terencana yang baik dan tepat waktu kepada mesin (Marie, Hakim, Sugiarto, & Septiani, 2019).

Sebuah mesin yang dianggap handal merupakan mesin yang mampu menjalankan tugas dengan baik. Mesin yang dikatakan tidak andal merupakan mesin yang tidak dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya. Pada PT. PP. London Sumatra Indonesia, penggunaan mesin *screw press* menjadi salah satu mesin yang sangat penting dalam proses produksi yang digunakan berkala dalam hari kerja. Hal tersebut menjadikan mesin *screw press* aktif dan melakukan produksi setiap harinya. Berimbas dari penggunaan tersebut, tercatat bahwa setiap 3 – 5 bulan pada setiap tahun mesin *screw press* selalu mengalami kerusakan yang berefek pada hasil produksi yang menurun baik dari segi kualitas dan kuantitas hingga produksi terkadang dihentikan sementara karena kerusakan mesin *screw press*. Maka dari itu, penting untuk merencanakan jadwal perawatan *preventive maintenance* dengan tujuan meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi risiko kerusakan mesin. Sehingga dengan melakukan tindakan *Preventive Maintenance* secara teratur perusahaan dapat meningkatkan jumlah produksi dan mengurangi waktu *downtime* akibat *breakdown* mesin. Perawatan suatu kegiatan yang memegang peranan penting dalam menjaga kelancaran proses operasional perusahaan yang dilakukan secara berkala. Menerapkan sistem perawatan mesin dapat membawa dampak positif dengan mengurangi biaya dan potensi kegagalan lainnya. Keputusan yang baik dalam perawatan merupakan keputusan yang mengarah pada pengurangan biaya perawatan namun dapat meningkatkan kehandalan mesin (Hermawan & Sitepu, 2015).

Mesin yang memiliki kualitas yang baik membutuhkan perawatan teratur dan perencanaan strategis perawatan untuk mencapai tujuan produksi perusahaan. Pemilihan sistem perawatan harus disesuaikan dengan jenis mesin dan komponen-komponennya. Setiap jenis mesin dan komponen mesin memiliki umur hidup yang bervariasi, sehingga hal ini harus diperhatikan karena dapat memengaruhi kinerja mesin dan proses produksi secara keseluruhan. Menurut (Hermawan & Sitepu, 2015), perawatan (*maintenance*) memiliki peran yang sangat penting dalam proses produksi perusahaan karena memengaruhi kelancaran operasional, gangguan

produksi, dan volume produksi. Mesin terdiri dari beberapa bagian penting sebab rentan terhadap keausan, sehingga kerusakan pada komponen tersebut dapat berpotensi menyebabkan kerugian besar bagi perusahaan. Karena itu, merencanakan perawatan untuk mesin produksi guna memaksimalkan target produksi menjadi hal yang krusial, sehingga perusahaan dapat mencapai target produksi secara optimal dan efisien.

Berdasarkan dari permasalahan diatas maka akan dilakukan penelitian penjadwalan perawatan untuk menjaga tingkat kehandalan mesin berdasarkan prioritas dan juga menjadi perbandingan untuk mengetahui biaya sebelum dan setelah dilakukannya penjadwalan *preventive maintenance* dengan menggunakan metode RCM II. Metode *Reability Centered Maintenance* (RCM) digunakan pada penelitian ini dikarenakan pada metode ini akan menghasilkan langkah-langkah yang dapat digunakan oleh perusahaan dalam melakukan perawatan dan tindakan pencegahan agar mesin yang digunakan yaitu mesin *screw press* dapat bekerja sesuai fungsinya tanpa harus mengalami permasalahan yaitu pada hasil produksi. Selain itu, metode *Age Replacement* juga digunakan untuk mengetahui usia optimal dan interval waktu penggantian pencegahan pada mesin harus dilakukan agar dapat mengurangi *downtime*. Peneliti akan mengevaluasi *preventive maintenance* adalah tipe perawatan yang dilakukan sebelum mesin mengalami kerusakan. Perawatan pencegahan dilakukan secara teratur pada strategi yang sudah di tetapkan. Mempunyai tujuan dari perawatan pencegahan sebagai mencegah kerusakan tiba-tiba pada mesin, meningkatkan kehandalan, dan mengurangi waktu henti (Assauri, 2008).

Dengan demikian untuk memperoleh penjadwalan *preventive maintenance* yang bertujuan untuk menjaga tingkat kehandalan mesin dan mengurangi kerusakan, metode RCM II di gunakan oleh peneliti terdahulu yaitu (Mulawarman, 2016). Metode ini sebagai alat mengidentifikasi bagaimana perawatan yang ideal terhadap mesin dan menentukan jadwal perawatan yang sesuai, dengan memastikan perusahaan melakukan tindakan pencegahan yang tepat. Keberhasilan dalam mencapai keandalan mesin atau komponen tergantung pada perencanaan dan pelaksanaan perawatan pencegahan yang efektif, sehingga mesin dapat beroperasi secara optimal (Anggraeni, 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menentukan jadwal perawatan yang sesuai dan menentukan tindakan pencegahan serta menghitung biaya perawatan dan operasional perusahaan. Hal ini bertujuan agar perusahaan dapat memastikan bahwa mesin tersebut dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya dan menjadi perbandingan antara sebelum dan sesudah

adanya perawatan. Fokus penelitian ini adalah usulan perawatan preventif dengan menggunakan metode RCM II.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan konteks masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat diringkas sebagai berikut:

1. Proses produksi yang dilakukan oleh PT. PP. London Sumatera Indonesia terutama pada produksi minyak kelapa sawit menggunakan salah satu mesin yang penting dalam prosesnya yaitu mesin *screw press*. Mesin *screw press* digunakan pada tahap awal untuk memisahkan minyak dari buah kelapa sawit yang mana mesin ini beroperasi setiap hari kerja. **Namun**, penggunaan mesin *screw press* yang beroperasi setiap hari kerja ini belum dilakukan tindakan *preventive maintenance* secara berkala yang dapat mengurangi dan menghindari mesin *screw press* dari kerusakan sehingga produksi selalu berjalan dengan optimal.
2. Tindakan *preventive maintenance* harus direncanakan dan dijadwalkan agar dapat menjaga keandalan mesin terutama mesin *screw press*. Tindakan *preventive maintenance* dapat dilakukan dengan menganalisis komponen kritis pada mesin *screw press* agar mengetahui komponen dengan risiko paling tinggi. Lalu, dapat memberi usulan langkah perawatan yang optimal dengan mempertimbangkan komponen kritis serta biaya perawatan sesuai metode yang digunakan.

Selanjutnya, berikut merupakan pertanyaan penelitian yang merangkum permasalahan diatas:

1. Apa saja komponen kritis yang terdapat pada mesin *Screw Press*?
2. Bagaimana cara menentukan langkah perawatan terbaik untuk mesin?
3. Apa saja komponen biaya yang terlibat dalam perawatan sebelum dan sesudah penerapan *preventive maintenance*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui komponen kritis yang terdapat pada mesin *Screw Press*.
2. Memberikan usulan langkah perawatan secara tepat dan optimal.
3. Mengetahui biaya perawatan sebelum dan setelah penerapan *preventive maintenance*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat penelitian yang diharapkan sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti
 - a. Peneliti dapat menerapkan konsep manajemen perawatan yang dipelajari dalam konteks perkuliahan serta memperoleh pemahaman yang lebih mendalam melalui pengalaman lapangan.
 - b. Pengalaman yang diperoleh oleh peneliti di lapangan diharapkan dapat dikembangkan dan digunakan sebagai referensi dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bagi Perusahaan
 - a. memberikan informasi secara langsung tentang *RCM* yang diterapkan di perusahaan dan sebagai penunjang laporan Tugas Akhir.
 - b. Memberikan peluang bagi mahasiswa untuk berkontribusi dalam mencari solusi terhadap tantangan yang dihadapi oleh perusahaan dengan menggunakan pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki.
3. Bagi Universitas
 - a. Membangun kolaborasi yang positif antara lingkungan pendidikan dan dunia industri.
 - b. Menyediakan pengetahuan tambahan bagi mahasiswa sebagai sumber informasi dan pertimbangan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang diperlukan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang diambil hanya data *downtime* mesin *screw press*
2. Penelitian ini akan fokus pada memberikan rekomendasi perawatan untuk mesin produksi *screw press*.
3. Penelitian ini akan menggunakan metode RCM II untuk identifikasi komponen kritis dan menghitung biaya kerugian produksi dan biaya perawatan mesin.
- 4.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini membahas tentang aspek-aspek yang menjadi dasar dari penelitian yang dilakukan, perumusan masalah berdasarkan latar belakang, batasan

masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur penulisan dari penelitian yang sedang dilaksanakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dan teori-teori pendukung dari buku atau jurnal sebagai acuan dalam melakukan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bagian ini mengupas tentang subjek dan objek penelitian, jenis data yang dipergunakan, alat penelitian, teknik pengumpulan data, cara pengolahan data, metode analisis data, dan diagram alir dari penelitian yang sedang dilakukan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bagian ini membahas tentang langkah-langkah pengumpulan data, data yang dikumpulkan selama penelitian, dan cara pengolahan data yang dilakukan dengan metode yang diterapkan dalam penelitian.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai evaluasi dan diskusi dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya, yang disesuaikan dengan tujuan penelitian untuk mendapatkan kesimpulan dan rekomendasi.

BAB VI PENUTUP

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari seluruh hasil yang diperoleh yang menjawab tujuan penelitian dan saran atas penelitian yang telah dilakukan untuk penelitian berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Pada penelitian sebelumnya, terdapat penelitian-penelitian yang mengacu pada kajian dari paper, artikel, dan sumber lainnya yang relevan dengan topik atau tema yang diteliti:

Dalam penelitian sebelumnya, terdapat penelitian-penelitian yang memfokuskan pada perawatan (*maintenance*) dan bersumber dari paper, artikel, dan sumber lainnya yang terkait dengan topik atau tema yang diteliti. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Dwijaputra, Nursanti, & Priyasmanu, 2022) melakukan produksi gula selama masa panen tebu. Permasalahan pada penelitian ini adalah karena system produksi secara terus menerus (kontinu) mengakibatkan penurunan nilai keandalan serta menyebabkan *downtime* pada fasilitas dan mesin produksi. Karena itu penelitian ini ingin mencoba melakukan perbaikan guna menyelesaikan permasalahan tersebut dengan menggunakan metode RCM II. Penelitian ini difokuskan pada mesin dengan waktu *downtime* tinggi, yaitu *Cane Carrier* dan IMC. Setelah menganalisis data, peneliti menemukan bahwa komponen kritis pada *Cane Carrier*, berdasarkan total dan frekuensi *downtime*, adalah rantai dan krepyak. Sedangkan pada IMC, komponen kritisnya adalah motor penggerak dan Garu. Hasil penelitian juga menunjukkan interval waktu pemeliharaan untuk rantai adalah setiap 120 jam dengan keandalan sebesar 71.9%, untuk krepyak adalah setiap 864 jam dengan keandalan sebesar 71.94%, untuk motor penggerak adalah setiap 120 jam dengan keandalan sebesar 71.01%, dan terakhir, untuk garu adalah setiap 96 jam dengan keandalan sebesar 73.8%.

Dalam penelitian terbaru oleh (Sahal, Syakhroni, & Marlyana, 2019) dilakukan pada perusahaan manufaktur dengan menggunakan metode RCM. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi setiap tindakan perawatan pada komponen mesin, dengan harapan memberikan interval perawatan yang sesuai untuk meningkatkan kehandalan mesin. Berdasarkan data dari Maret hingga Oktober 2018, empat dari enam mesin mengalami *downtime* di atas 2%. Mesin SN memiliki *downtime* 4794 jam (3,9%), mesin OL 4209 jam (3,6%), mesin KNS 2275 jam (2,5%), dan mesin OD 3195 jam (3,1%). Metode perawatan *Reliability Centered Maintenance* II digunakan untuk mengevaluasi dan menentukan interval perawatan yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan komponen dengan nilai *risk priority number* (RPN) tinggi, seperti *feed dog*, *rotary*, dan *needle* pada mesin SN, serta *feed dog*, *needle*, *upper* dan *lower looper* pada

mesin OL, KNS, dan OD. Setiap mesin memiliki kebijakan perawatan yang berbeda berdasarkan analisis *logic tree*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Pitaloka, 2022) berfokus pada perencanaan *maintenance* preventif dan penggantian komponen kritis pada mesin *Blistering line 3*. Berdasarkan data, mesin *Blistering* pada *line 3* memiliki *downtime* tertinggi, menunjukkan kurangnya keandalan mesin. Penelitian ini bertujuan merancang jadwal pemeriksaan dan penggantian komponen kritis pada mesin tersebut dengan metode RCM II dan *Age Replacement*, serta mengukur peningkatan keandalan setelah *preventive maintenance*. Tiga komponen kritis yang diidentifikasi adalah *embossing*, *sealing*, dan *simtap*. Untuk komponen *embossing* dan *sealing*, distribusi yang digunakan adalah lognormal untuk TTR dan *Weibull* untuk TTF, sedangkan *simtap* menggunakan lognormal untuk TTR dan normal untuk TTF. Jadwal pemeriksaan ditetapkan pada 35 jam untuk *embossing* (keandalan 94,1%), 48 jam untuk *sealing* (keandalan 99,7%), dan 55 jam untuk *simtap* (keandalan 99,2%). Setelah *preventive maintenance* dengan *age replacement*, jadwal penggantian ditetapkan pada 105 jam untuk *embossing* (keandalan 60,17%), 166 jam untuk *sealing* (keandalan 75,8%), dan 133 jam untuk *simtap* (keandalan 79,2%). Jadwal ini dibuat untuk periode Januari-Juni 2022.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Samudro, 2022) yang meneliti di bidang peleburan baja, mengolah besi tua (*scrap*) dan bahan tambahan menggunakan EAF (*Electrical Arc Furnace*) untuk memproduksi *billet*. *Billet* tersebut kemudian dipanaskan dan digiling menjadi wire rod. Proses ini melibatkan *billet reheating furnace* (BRF) dengan tiga zona suhu yang berbeda. Penelitian ini memanfaatkan FMEA untuk menganalisis kegagalan komponen utama BRF dan menggunakan RCM II untuk menentukan jadwal perawatan yang optimal, dengan mempertimbangkan biaya perawatan dan kerusakan. Temuan menunjukkan enam komponen BRF yang perlu dijadwalkan perawatannya sebelum mengalami kerusakan: *sprocket* aus (4384,77 jam), poros hidrolis patah (724,70 jam), poros hidrolis pendorong *billet* bengkok (663,67 jam), *safety valve* PGN (551,76 jam), *ducting pipe* berlubang (995,49 jam), dan *arm* bengkok (725,08 jam).

Dalam studi yang dilakukan oleh (Giffari & Prasetyawan, 2021) pada tahun 2020, penerapan perawatan pada *conveyor* dengan metode RCM II digunakan untuk merencanakan aktivitas *preventive maintenance*. *Conveyor* sistem di PLTU Tenayan Raya menggunakan metode *corrective maintenance*, yang kurang efektif karena sering menyebabkan penghentian operasi. Dalam tiga tahun terakhir, ada 71 gangguan pada sistem ini, meningkatkan biaya perawatan

dan *downtime*. Penelitian ini menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) dan *Reliability Centered Maintenance II* untuk merancang *preventive maintenance*. Hasil RBM menunjukkan tiga komponen dengan risiko tinggi: *belt* (6%), *pulley* (30%), dan motor (6%). Untuk *belt*, dilakukan perawatan terjadwal setiap 8 hari, *pulley* setiap 47 hari, dan motor setiap 0,5 tahun. Kalender perawatan dibuat untuk 1 tahun dari Januari hingga Desember 2020.

Selanjutnya, dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ramadhan & Nurhidayat, 2022), penelitian dilakukan berdasarkan masalah yaitu tingginya angka *downtime* pada mesin *press* SEYI SN-110 Ton. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perawatan yang tepat menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*), mengidentifikasi komponen kritis melalui *Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*, dan mengusulkan SOP. Metode kuantitatif digunakan dalam analisis. Data menunjukkan mesin mengalami 40 kerusakan dalam setahun dengan tingkat kritis 77%, berdampak signifikan dengan *downtime* sehari penuh. Dengan RCM, disarankan perawatan mesin selama 47 hari meliputi pembersihan, penggantian komponen yang sudah aus, dan evaluasi kinerja mesin. Komponen dengan kekritisian tinggi memiliki defuzzifikasi 155. SOP perawatan diusulkan berdasarkan hasil *worksheet* RCM.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ulum, 2021) meneliti pada perusahaan yang memproduksi barang setengah jadi berupa *compound* karet. Mereka memasok *compound* ini baik langsung kepada konsumen maupun ke perusahaan lain yang memproduksi ban. Perusahaan ini memiliki tiga departemen: *inventory* (gudang), *production* (produksi), dan *maintenance* (perawatan). Di lini produksi, terdapat lima mesin, termasuk dua mesin *mixing*, dua mesin *pressing*, dan satu mesin cetak. Mesin *mixing* 1 memiliki *downtime* tertinggi sebesar 4,13% karena kurangnya perawatan berkala. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan analisis kegagalan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II untuk menentukan tindakan perawatan yang tepat. Dari analisis tersebut, ditemukan lima komponen dengan nilai RPN tertinggi, dan dilakukan analisis lanjutan untuk menentukan perawatan yang sesuai dan optimal.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Saifuddin, Nugraha, & Winursito, 2023) penelitian ini dilakukan pada industry makanan beku yang menggunakan dua metode secara fokus yaitu RCM II dan *Maintenance Value Stream Mapping*. Penelitian ini membahas strategi perawatan mesin di lini produksi Sabroe, dengan fokus pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM). Ditemukan bahwa komponen *gearbox* pada mesin *blanching* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu 216. Selama periode kerusakan dan perbaikan, *Mean Time to Failure* (MTTF) adalah 242,2538 jam dan

Mean Time to Repair (MTTR) adalah 2,8 jam. Interval pemeriksaan untuk *gearbox* dihitung setiap 302,01 jam atau 12 hari sekali. Efisiensi perawatan, menggunakan MVSM, mencapai 73,2%, dengan aktivitas bernilai tambah memakan waktu 172,6 menit dan aktivitas non-nilai tambah 63,2 menit.

Adapun penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh (Kusuma, Assagaf, & Amijaya, 2021), penelitian ini menyoroiti masalah pada mesin induksi yang sering rusak, menghambat produksi dan mengakibatkan target produksi tidak tercapai. Saat ini, perusahaan hanya menerapkan perawatan korektif, seperti pembersihan dan penggantian komponen saat rusak, namun masalah masih sering terjadi. Oleh karena itu, perlu diterapkan metode perawatan preventif menggunakan RCM II *decision worksheet* dan *Age Replacement* untuk menentukan kebijakan perawatan yang tepat dan mengoptimalkan interval penggantian komponen. Penelitian menunjukkan bahwa untuk komponen SCR, kawat niklin, kabel anaconda, dan *clamping*, jenis perawatan dan interval penggantian yang direkomendasikan adalah *scheduled combination of task* dan *scheduled discard task* dengan interval waktu masing-masing 294, 451, 397, dan 617 jam, mengurangi biaya perawatan sebesar 22%, 28%, 25%, dan 24%.

Sedangkan penelitian dari (Ramadani, Saifuddin, & Ernawati, 2022) mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan pompa, menentukan interval perawatan alternatif sebagai kebijakan perawatan, dan mengurangi biaya perawatan menggunakan metode perhitungan biaya siklus hidup (LCC). Observasi dan wawancara dilakukan untuk mengumpulkan data terkait pompa sentrifugal. Dari perhitungan LCC, berdasarkan tabel 4.20, biaya terendah tercapai pada tahun ke-5 dengan tiga teknisi, menghasilkan total biaya sebesar Rp. 1.515.507.735. Kesimpulannya, biaya TC2 lebih rendah dari TC1, sehingga metode yang diusulkan diterima. Interval perawatan untuk komponen pompa sentrifugal adalah: impeller (1.673 jam, tugas discard), poros (698 jam, tugas scheduled restoration), bantalan (322 jam, tugas scheduled restoration), kopling (698 jam, tugas scheduled restoration), dan segel mekanis (2.131 jam, tugas discard). Total biaya yang dihitung adalah Rp. 1.515.507.735 sebagai TC2 dibandingkan dengan total biaya perusahaan sebesar Rp. 1.600.000.000, sehingga $TC2 < TC1$.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Penulis	Obyek (Industri)			Metode		
	Penentuan Mesin Kritis	Identifikasi Komponen	<i>Preventive Maintenance</i>	FMEA	MTTF & MTTR	RCM II
(Dwijaputra , Nursanti, & Priyasmanu, 2022)		√		√	√	√
(Sahal, Syakhroni, & Marlyana, 2019)		√	√	√		√
(Pitaloka, 2022)	√		√	√		√
(Samudro, 2022)	√	√			√	√
(Giffari & Prasetyawan, 2021)		√	√	√		√
(Ramadhan & Nurhidayat, 2022)	√	√			√	
(Ulum, 2021)	√		√		√	√
(Saifuddin, Nugraha, & Winursito, 2023)		√	√	√		√
(Kusuma, Assagaf, & Amijaya, 2021)	√		√			√
(Ramadani, Saifuddin, & Ernawati, 2022)	√	√	√		√	

Penulis	Obyek (Industri)			Metode		
	Penentuan Mesin Kritis	Identifikasi Komponen	<i>Preventive Maintenance</i>	FMEA	MTTF & MTTR	RCM II
Usulan			√	√		√

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Manajemen Perawatan

Sistem perawatan adalah metode yang digunakan dalam operasi untuk merencanakan, mengatur, mengendalikan dan memantau mesin produksi dan untuk mendukung mesin. Menurut (Nugroho & Sukmono, 2024), Perawatan adalah aktivitas pendukung produksi yang dibutuhkan untuk mencegah atau mengurangi kerusakan pada peralatan produksi. Perawatan ini dapat dilihat sebagai cerminan dari sistem produksi, di mana intensitas perawatan meningkat saat sistem produksi beroperasi pada kapasitas yang sangat tinggi. Menurut pandangan (Assauri, 2008), perawatan adalah aktivitas untuk merawat atau menjaga fasilitas dan peralatan pabrik, serta melakukan perbaikan atau penggantian sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan.

Oleh dasar konsep tersebut, dapat disimpulkan bahwa perawatan melibatkan pemeliharaan fasilitas, mesin, dan mesin pada pabrik, juga melakukan memperbaiki, menyesuaikan, atau mengganti yang diperlukan untuk memastikan keadaan produk tepat diinginkan. Manajemen perawatan merupakan upaya mengorganisir pekerjaan pemeliharaan guna memperoleh pengetahuan tentang pemeliharaan dalam konteks industri pabrik.

2.2.2 Tujuan Perawatan

Perawat memiliki tujuan dengan menurut (Ngadiyono, 2013) yaitu:

1. Memastikan peralatan yang sesuai tersedia secara optimal untuk memenuhi rencana produksi dan mendapatkan keuntungan maksimal dari investasi.
2. Memperpanjang masa pakai mesin, bangunan, dan fasilitas kerja secara efektif.
3. Menjamin ketersediaan semua peralatan dalam kondisi operasional yang baik.
4. Menjamin keselamatan semua individu yang berada di area tersebut dan menggunakan fasilitas tersebut.

Tujuan utama dari sistem perawatan adalah mencegah mesin mengalami kerusakan serius, sehingga tidak memerlukan waktu dan biaya yang besar untuk perbaikan. agar dapat berjalan dengan lancar dan mendapatkan keluaran produk yang berkualitas.

2.2.3 Jenis - Jenis Perawatan

Menurut (Assauri, 2008), kegiatan perawatan biasanya dilakukan oleh perusahaan atau pabrik dan terbagi menjadi tiga kategori:

1. Pemeliharaan Pencegahan, merupakan jenis perawatan yang penting karena dapat mencegah kerusakan dan mengidentifikasi kondisi yang dapat merusak fasilitas produksi selama proses manufaktur.
2. Pemeliharaan Korektif, merupakan tindakan perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau anomali pada fasilitas atau peralatan sehingga kinerjanya terganggu.
3. *Improvement Maintenance*, bertujuan untuk meningkatkan kinerja suatu peralatan agar optimal.

2.2.4 Bentuk – Bentuk Perawatan

Pandangan (Sudrajat, 2011), perawatan terdiri dari 4 bentuk antara lain:

1. *Breakdown Maintenance*

Perawatan ini terjadi ketika mesin atau peralatan dioperasikan hingga mengalami kerusakan, lalu diperbaiki atau diganti. Pendekatan ini bersifat reaktif dan dapat menyebabkan waktu tidak terencana mesin tidak beroperasi.

2. *Preventive Maintenance*

Perawatan ini terjadi ketika mesin atau peralatan dioperasikan hingga mengalami kerusakan, lalu diperbaiki atau diganti. Pendekatan ini bersifat reaktif dan dapat menyebabkan waktu tidak terencana mesin tidak beroperasi.

3. *Schedule Maintenance*

Perawatan dilakukan secara teratur dalam jangka waktu tertentu untuk mencegah kerusakan, juga dikenal sebagai pemeliharaan berjadwal.

4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan ini bergantung pada kondisi mesin itu sendiri dengan melakukan pemantauan secara teratur. Tindakan perbaikan diambil jika terdeteksi tanda-tanda kerusakan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

2.2.5 Konsep *Downtime*

Downtime adalah periode ketika suatu bagian dari sistem tidak berfungsi secara optimal, mengakibatkan gangguan dalam operasional keseluruhan. Prinsip inti dalam manajemen

perawatan adalah untuk meminimalkan durasi periode ketika sistem mengalami gangguan hingga mencapai titik terendah yang memungkinkan. (Utomo B. , 2018).

2.2.6 Keandalan (*Reability*)

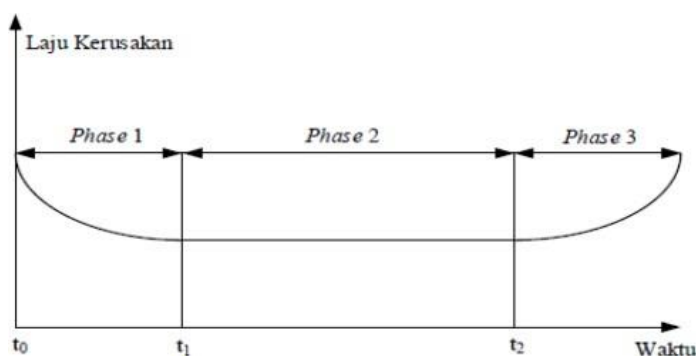
Keandalan adalah kemampuan sebuah elemen melakukan tugas yang diperlukan dalam kondisi operasional tertentu selama periode waktu yang telah ditentukan. Dengan itu, keandalan menjadi faktor penting yang dapat memengaruhi kesuksesan proses produksi. (Habibiansyah & Warman, 2013). Pemanfaatan konsep keandalan dapat membantu dalam mengestimasi kemungkinan bahwa suatu komponen atau sistem akan berhasil menjalankan tugasnya dalam kondisi yang spesifik selama periode waktu yang ditentukan. (Simanjuntak & Amien, 2015).

2.2.7 Laju Kerusakan

Cepatnya kerusakan merupakan bagian yang penting untuk dipertimbangkan dalam analisis terhadap kerusakan elemen atau barang pada mesin serta peralatan. Tingkat kerusakan pada mesin atau produk umumnya mengikuti pola dasar yang dikenal sebagai kurva bak mandi (Pranowo, 2019). Kurva bak mandi digunakan untuk menggambarkan jenis kerusakan yang terjadi pada mesin. Sifat-sifat dari kecepatan kerusakan mesin atau peralatan sesuai dengan konsep kurva *bathtub*.

1. Fase 1: yang juga dikenal sebagai fase kerusakan awal (*infant mortality*) ditandai dengan kerusakan yang terjadi pada tahap awal operasi (t_0) hingga t_1 . Pada fase ini, kerusakan umumnya terjadi ketika mesin atau peralatan baru mulai digunakan. Komponen yang berada pada fase 1 memiliki tiga distribusi probabilitas utama: gamma, hiperekspensial, dan *Weibull*.
2. Fase 2: yang dikenal sebagai fase kerusakan acak (*failure random in time*) Ditandai dengan laju kerusakan yang stabil dari t_1 hingga t_2 , yang biasanya merupakan masa pakai yang berguna (*useful life*). Risiko kerusakan pada fase ini cenderung rendah. Komponen pada fase ini umumnya memiliki distribusi probabilitas eksponensial atau *Weibull*.
3. Fase 3: dikenal sebagai pengoperasian melebihi umur komponen (*wear out operation*) Menandai penurunan performa komponen, mesin, peralatan, atau produk karena laju kerusakan yang tinggi atau sering terjadi. Pada fase ini, laju kerusakan cenderung meningkat dari t_2 ke depan.

Contoh gambar laju kerusakan yang terbagi atas 3 fase seperti dibawah ini:



Gambar 2. 1 Laju Kerusakan

Sumber: (Jardine A. K., 1973)

2.2.8 *Reability Centered Maintenance (RCM)*

Salah satu teknik untuk mengevaluasi perencanaan perawatan mesin adalah dengan menggunakan metode RCM. Ini adalah pendekatan terstruktur yang digunakan untuk menentukan tindakan perawatan yang diperlukan guna menjaga aset fisik dalam kondisi optimal sesuai dengan harapan penggunaannya. (Hidayah & Ahmadi, 2017). Menurut (Pranowo, 2019), RCM merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan langkah-langkah yang diperlukan agar beberapa aset fisik dapat terus beroperasi sesuai dengan harapan penggunaannya dalam kondisi operasional. RCM merupakan strategi yang berfokus pada pencegahan kerusakan dengan mempertahankan fungsi sistem dan peralatan. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan mesin atau peralatan.

Sistem perawatan merupakan refleksi dari sistem produksi, di mana kegiatan perawatan menjadi lebih intensif saat sistem produksi beroperasi pada kapasitas yang tinggi. Pada dasarnya, ada dua prinsip utama dalam sistem perawatan (Al Farisi, 2021), Prinsip utama melibatkan upaya meminimalkan periode *downtime* (*breakdown period*) hingga batas minimum dengan mempertimbangkan faktor ekonomi, serta mencegah kerusakan tak terduga atau *sudden breakdown*.

2.2.9 Tahapan *Reability Centered Maintenance*

Berikut merupakan Langkah-langkah atau tahapan dalam menjalankan RCM sebagai berikut:

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi

Sistem yang dipilih adalah yang memiliki tingkat *corrective maintenance* yang sering, dengan biaya yang signifikan, dan berdampak besar pada kelancaran proses produksi serta lingkungan kerja.

2. Definisi batasan sistem

Sistem yang dipilih memahami kriteria inklusi dan eksklusi dalam lingkup sistem yang akan diamati.

3. *Functional Diagram Block* (FBD)

Functional block diagram adalah representasi grafis yang menyederhanakan fungsi-fungsi logika dalam bentuk blok, yang dapat dihubungkan satu sama lain untuk membentuk suatu fungsi atau digabungkan dengan blok fungsi lainnya. Dengan menggambarkan diagram ini, dapat memahami bagaimana komponen-komponen saling berhubungan dan bagaimana mereka berkontribusi terhadap kinerja keseluruhan sistem. Informasi ini kemudian digunakan untuk merencanakan jadwal perawatan di masa depan (Azwir, Wicaksono, & Oemar, 2020).

4. Penentuan fungsi dan kegagalan fungsional

Fungsi merujuk pada tugas yang diharapkan dilakukan oleh suatu peralatan sesuai dengan harapan pengguna. Kegagalan fungsi dapat dijelaskan sebagai situasi di mana peralatan tidak mampu memenuhi fungsi tersebut pada tingkat kinerja yang standar.

5. *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

Menurut Kimura (2002) pada (Pranowo, 2019), FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan berbagai jenis kegagalan yang mungkin terjadi pada komponen-komponen sistem. Metode ini menganalisis dampak kegagalan tersebut terhadap keandalan sistem, dengan menelusuri pengaruh dari kegagalan komponen tertentu. Melalui analisis ini, elemen-elemen kritis dari sistem dapat diidentifikasi dan tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki desain serta mengurangi atau menghilangkan kemungkinan terjadinya kegagalan yang signifikan dapat diambil.

FMEA memiliki inisiatif untuk memperbaikinya dengan 3 unsur (Ansori & Mustajib, 2013):

1. Mengenali pola-pola kegagalan dalam elemen, peralatan, dan sistem.
2. Menilai konsekuensi potensial pada peralatan, serta sistem yang terkait dengan setiap pola kegagalan.
3. Memberikan saran upaya meningkatkan keandalan elemen, peralatan, dan sistem.

Ada cara mendasar pada proses FMEA yang terdiri dari langkah-langkah berikut ini (Sambodo, 2017) :

1. Mengenali fungsi-fungsi dalam proses produksi.
2. Mengidentifikasi kemungkinan pola kegagalan dalam proses produksi.
3. Mengenali dampak potensial dari kegagalan produksi.
4. Mengenali faktor-faktor penyebab kegagalan dalam proses produksi.
5. Mengidentifikasi cara-cara pendeteksian dalam proses produksi.
6. Menilai tingkat keparahan, kemunculan, deteksi, dan RPN dalam proses produksi.
7. Merumuskan rekomendasi perbaikan.

Tabel 2. 2 Format FMEA

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

Dalam tabel format FMEA, terdapat beberapa bagian yang berisi informasi. Pertama, terdapat kolom "*equipment*" yang berisi tentang fungsi bagian berasal dari sistem. Kemudian, kolom "*function*" diisi dengan tujuan atau kegunaan berasal dalam sistem. Selanjutnya, kolom "*functional failure*" menjelaskan tentang jenis kegagalan yang terjadi terhadap suatu manfaat. Di bandingkan, kolom "*failure mode*" menerangkan faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan atau kerusakan. Bagian "*Effect of failure*" diisi dengan dampak atau konsekuensi dari kegagalan tersebut. Sedangkan, S O D mewakili *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan dari produk yang mengalami kegagalan. Nilai RPN dapat dihitung menggunakan persamaan yang diberikan di paparkan sebgai berikut:

$$RPN = S \times O \times D$$

Berikut adalah tabel untuk menentukan besarnya nilai *severity*, *occurance* dan *detection* (Mikulak, McDermott, & Beauregard, 2009):

1. *Severity*

Severity suatu evaluasi terhadap tingkat seriusnya dampak yang ditimbulkan. Dalam beberapa situasi, tingkat *severity* dapat dengan jelas dikenali berdasarkan pengalaman masa lalu, sehingga tingkat serius masalah yang timbul dapat dipahami.

Tabel 2. 3 Tingkat *Severity*

Efek	Ranking	Karakteristik
Bahaya tidak di peringatkan	10	Tanpa ada peringatan, dapat mengancam keselamatan operator (mesin atau peralatan).
Bahaya yang di peringatkan	9	Dengan memberikan peringatan, dapat mengancam keselamatan operator.
Masalah yang berdampak minor	8	Semua komponen (100%) yang diproduksi tidak lagi dipergunakan (dibuang).
Masalah berakibat jelas	7	Sebagian dari komponen yang dihasilkan (<100%) tidak dapat dipergunakan dibuang.
Masalah berakibat sedang	6	Semua komponen (100%) yang dihasilkan memerlukan proses perbaikan di luar jalur produksi dan harus diperbaiki pengerjaan ulang.
Masalah yang sifatnya sedang	5	Sebagian dari komponen yang dihasilkan (<100%) memerlukan proses perbaikan di luar jalur produksi dan harus diterima setelah diperbaiki pengerjaan ulang.
Masalah yang sifatnya sedang	4	Semua komponen (100%) yang diproduksi perlu diperbaiki di stasiun sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.
	3	Sebagian dari komponen (100%) yang dihasilkan memerlukan perbaikan di stasiun sebelum melanjutkan ke langkah berikutnya.

Efek		Ranking	Karakteristik
Gangguan sifatnya	minor	2	Dampak yang minor terhadap proses, operasi, atau operator.
Tidak ada		1	Tidak memiliki efek

Sumber: (Mikulak, McDermott, & Beauregard, 2009)

2. Occurance

Occurance adalah tingkat kemungkinan terjadinya suatu penyebab dan mengakibatkan kegagalan selama masa penggunaan produk. Pendekatan terbaik dalam menilai tingkat occurrence adalah dengan menggunakan data aktual dari proses tersebut.

Tabel 2. 4 Tingkat *Occurance*

Kemungkinan Kegagalan	Tingkat Kegagalan	Ranking
Sangat tinggi: kegagalan selalu menimpa	≥ 100 dari 1000 satuan	10
	50 dari 1000 satuan	9
Tinggi: seringnya kegagalan menimpa	20 dari 1000 satuan	8
	10 dari 1000 satuan	7
Menengah: terkadang kegagalan menimpa	5 dari 1000 satuan	6
	2 dari 1000 satuan	5
	1 dari 1000 satuan	4
Rendah: rendahnya kegagalan	0,5 dari 1000 satuan	3
	0,1 dari 1000 satuan	2
Hampir tidak ada kegagalan menimpa	$\leq 0,01$ dari 1000 satuan	1

Sumber: (Mikulak, McDermott, & Beauregard, 2009)

3. Detection

Rating detection dilihat dari seberapa baik kegagalan atau dampaknya dapat ditemukan. Langkah pertama adalah mengenali kontrol kegagalan yang bisa mendeteksi kegagalan atau konsekuensinya. Evaluasi terhadap kemampuan pendeteksian bisa dikaitkan dengan kontrol yang ada saat ini. Pendeteksian adalah penilaian terhadap kapabilitas kontrol atau pengendalian terhadap kemungkinan kegagalan.

Tabel 2. 5 Tingkat *Detection*

Penilaian	<i>Detection</i>	Kriteria
1-2	Sedang	Kapabilitas perangkat pengendali untuk mengidentifikasi jenis dan asal-usul sedang.
3-4	Rendah	Kemampuan kontrol perangkat untuk menemukan sumber dan jenis yang rendah.
5-6	Sangat Rendah	Kemampuan kontrol perangkat untuk menemukan sumber dan jenis yang sangat rendah
7-8	Jarang	Kemampuan perangkat pengendali untuk mendeteksi asal dan jenis yang jarang
9	Sangat Jarang	Saat ini, alat pengendali mengalami kesulitan dalam mendeteksi jenis dan asal-usul kegagalan. Tidak ada alat pengendali yang mampu melakukan deteksi tersebut.
10	Hampir Tidak Mungkin	Tidak ada perangkat kontrol yang memiliki kemampuan untuk melakukan deteksi.

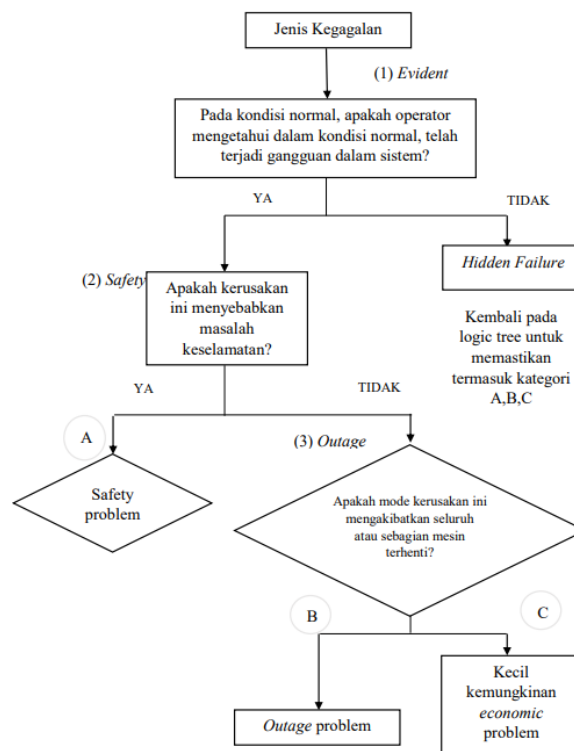
Sumber: (Mikulak, McDermott, & Beauregard, 2009)

6. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Analisis Pohon Logika adalah sebuah alat evaluasi yang bersifat kualitatif yang bertujuan untuk menetapkan prioritas dan mengalokasikan sumber daya terhadap setiap mode kegagalan untuk mengklasifikasikannya, karena tidak semua mode kegagalan memiliki tingkat kepentingan yang sama. Menurut (M.Smith & Hinchcliffe, 2003), analisis kritis menilai setiap jenis kerusakan dalam empat kategori. Keempat analisis kekritisannya tersebut adalah sebagai berikut:

1. Terbuka, apakah petugas menyadari bahwa ada gangguan dalam sistem saat beroperasi normal?
2. Keselamatan, kerusakan ini mengancam keamanan?
3. Gangguan, apakah mode kerusakan ini menyebabkan berhenti total atau sebagian dari mesin?

4. Kategori, ini adalah pengklasifikasian setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Kategori ini terdiri dari 4 kategori yaitu:
- Kategori A (masalah keselamatan)**
Merujuk pada mode kegagalan yang menimbulkan ancaman atau potensi ancaman terhadap keselamatan individu.
 - Kategori B (masalah gangguan)**
Mencakup mode kegagalan yang dapat menyebabkan gangguan atau berhentinya sistem dan proses produksi.
 - Kategori C (masalah ekonomi)**
Mengacu pada mode kegagalan yang memiliki dampak ekonomi yang kecil sehingga dapat diabaikan atau tidak signifikan.
 - Kategori D (kegagalan tersembunyi)**
Mode kegagalan yang terjadi tanpa diketahui oleh petugas adalah kegagalan yang tidak terdeteksi atau tidak disadari oleh operator yang sedang mengoperasikan peralatan atau sistem.



Gambar 2. 2 Struktur *Logic Tree Analysis*

Sumber: (M.Smith & Hinchcliffe, 2003)

7. Task Selection

Seleksi Tugas digunakan sebagai dasar untuk memilih tugas yang sesuai dengan mode kegagalan yang terjadi. Mode kegagalan terkait dengan *Time Directed* (TD), *Condition Directed* (CD), dan *Failure Finding* (FF) (Supriyadi, Jannah, & Syarifuddin, 2018).

1. *Time Directed* berfokus pada jadwal pembersihan berkala yang telah ditetapkan.
2. *Condition Directed* merupakan tindakan yang memusatkan pada identifikasi potensi kerusakan peralatan sebagai dasar untuk menentukan apakah perlu dilakukan perbaikan atau penggantian komponen.
3. *Failure Finding* adalah langkah yang diambil untuk mendeteksi kerusakan tersembunyi dalam peralatan melalui pemeriksaan berkala.

2.2.10 Distribusi

Dalam mengidentifikasi pola data yang terbentuk, digunakan berbagai jenis distribusi, termasuk distribusi normal, lognormal, Weibull, dan eksponensial.

1. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull sering digunakan dalam analisis waktu kegagalan karena mampu menangani pola laju kegagalan yang berkembang atau menurun dengan baik. Dalam distribusi Weibull, tingkat kegagalan diperhitungkan berdasarkan pola data yang diamati.

$$\begin{aligned} x_i &= \ln t_i \\ y_i &= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \right] \end{aligned} \quad (1)$$

2. Distribusi normal

Distribusi normal memiliki dua parameter: s sebagai parameter bentuk dan t_{med} sebagai parameter lokasi yang menunjukkan nilai tengah distribusi kerusakan. Fleksibilitas bentuk distribusi ini memungkinkan data yang sesuai dengan distribusi Weibull juga cocok dengan distribusi lognormal.

$$\begin{aligned} x_i &= t_i \\ y_i = z_i &= \Phi^{-1}[F(t_i)] \end{aligned} \quad (2)$$

3. Distribusi log normal

Distribusi lognormal ditentukan oleh dua parameter: s sebagai parameter bentuk dan t_{med} sebagai parameter lokasi, yang menunjukkan nilai tengah distribusi kerusakan. Distribusi ini memiliki fleksibilitas bentuknya, sehingga data yang cocok dengan distribusi Weibull juga sering cocok dengan distribusi lognormal.

$$\begin{aligned}x_i &= \ln t_i \\y_i = z_i &= \Phi^{-1}[F(t_i)]\end{aligned}\quad (3)$$

4. Distribusi eksponensial

Penyebaran eksponensial ini digunakan untuk mengevaluasi keandalan dalam distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan yang stabil. Penyediaan ini menunjukkan konstan nya kerusakan sepanjang waktu, yang berarti peluang kerusakan tidak dipengaruhi oleh usia peralatan. Distribusi ini dianggap sebagai distribusi yang paling sederhana untuk analisis.

$$\begin{aligned}x_i &= t_i \\y_i &= \ln \left(\frac{1}{1 - F(t_i)} \right)\end{aligned}\quad (4)$$

2.2.11 Uji *Goodness of Fit*

Dikutip dari (Maulana, Ilhami, & Kurniawan, 2017), Uji *Goodness of Fit*, juga dikenal sebagai uji hipotesis, bertujuan untuk memastikan bahwa distribusi data yang dipilih benar-benar mewakili data yang ada. Uji ini cenderung lebih efektif dalam menolak distribusi yang tidak sesuai. Untuk menguji distribusi normal digunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*, distribusi eksponensial diuji menggunakan uji *Bartlett*, dan distribusi *Weibull* diuji menggunakan uji *Mann's*.

a. Uji *Mann's Test* dipergunakan untuk uji distribusikan *Weibull*

Parameter untuk distribusi *Weibull* adalah Hipotesis yang digunakan dalam uji *mann* adalah:

H0: data kegagalan waktu berdistribusi *Weibull*

H1: *Failed time* data tidak didistribusikan *Weibull*, Uji statistiknya:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} [\ln t_i + 1 - \ln t_i] / m_i}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} [\ln t_i + 1 - \ln \frac{t_i}{m_i}]}\quad (5)$$

Dimana:

r = total kerusakan yang terjadi

t_i = data waktu terjadinya kerusakan ke- i .

B = hasil uji statistik untuk *Bartlett's test*

H_0 diterima jika nilai B berada di dalam daerah kritis, yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$X^2 \left(1 - \frac{\tilde{x}}{2x} - 1\right) < B < X^2 \left(\frac{\tilde{x}}{2}x - 1\right) \quad (6)$$

b. Uji *Kolmogorov-Smirnov* dibutuhkan untuk menguji distribusi normal dan lognormal.

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : Distribusi waktu kegagalan adalah normal.

H_1 : Distribusi waktu kegagalan bukan normal (lognormal).

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

Demikian :

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

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

$$\text{Cumulative probability } F(t) = \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right)$$

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n 1 (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \quad (7)$$

Dimana:

t_i = Waktu kegagalan ke- i

μ = rata-rata waktu hingga kegagalan.

s = standar deviasi

n = total semua jumlah data

Jika nilai D_n lebih kecil dari D_{crit} , maka H_0 diterima. Nilai D_{crit} diperoleh dari tabel nilai kritis untuk uji Kolmogorov-Smirnov untuk normalitas. Perbedaan antara pengujian distribusi normal dan lognormal terletak pada penggunaan t_i , di mana untuk distribusi lognormal menggunakan nilai $t_i = \ln(t_i)$.

c. Uji *Bartlett* di perlukan untuk uji Distribusi eksponensial

Hipotesis yang digunakan dalam uji Bartlett adalah sebagai berikut:

H_0 : Distribusi waktu kegagalan adalah eksponensial.

H1: Distribusi waktu kegagalan bukan eksponensial.

Uji statistik yang digunakan:

$$B = \frac{\sum_{t=1}^n r \ln(t)}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (8)$$

Dimana:

r = total kerusakan

t_i = data waktu rusak ke- i

B = hasil nilai ujian Statistika *Bartlett's test*

H_0 diterima apabila nilai B berada didalam wilayah kritis dengan persamaan sebagai berikut:

$$X^2 \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) < B < X^2 \left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (9)$$

2.2.12 Estimasi Parameter

Penaksiran parameter distribusi dilakukan menggunakan metode Maximum Likelihood Estimator (MLE). Menurut Ebeling (1997), estimasi parameter dari setiap distribusi adalah sebagai berikut:

a) Distribusi Weibull

Parameter untuk distribusi *Weibull* itu β (*shape parameter*) dan $\alpha = \theta$ (*scale parameter*)

$$B \frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta \ln(t_i)}{\sum_{i=1}^n t_i^\beta} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(t_i) = 0 \quad (10)$$

$a =$

$$\frac{\sum Y_i - b * \sum X_i}{n} \quad (11)$$

Untuk menentukan θ , dengan rumus:

$$\theta = e^{-\frac{1}{b}} \quad (12)$$

note :

t_i = data waktu rusak ke- i

b) Distribusi normal

Parameter untuk distribusi normal adalah μ dan α

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (13)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}; \text{ untuk } n > 30 \quad (14)$$

Dan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}; \text{ untuk } n \leq 30 \quad (15)$$

note :

t_i = data rusak ke- i

n = jumlah data rusak

μ = nilai tengah

σ = standar deviasi

c) Distribusi lognormal

Parameter untuk distribusi lognormal s (parameter bentuk) dan t_{med} (parameter lokasi)

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n} \\ s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\ln(t_i) - \mu]^2}{n}} \\ t_{med} &= e^\mu \end{aligned} \quad (16)$$

note :

t_i = data kerusakan ke- i

n = jumlah data rusak

μ = nilai tengah

s = standar deviasi

d) Distribusi eksponensial

Parameter distribusi eksponensial dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{n}{T} \quad (17)$$

Dimana:

n = total kerusakan

$T = \sum_{i=1}^r t_i$ di sebut total kerusakan

λ = rata-rata datangnya kejadian

2.2.13 Mean Time to Failure (MTTF)

Menurut (Sudrajat, 2011), Rata-rata waktu yang dibutuhkan sebuah sistem untuk mengalami kerusakan dari suatu mesin dikenal sebagai *mean time to failure* (MTTF) atau rata-rata waktu kerusakan. MTTF biasanya hanya berlaku untuk komponen atau peralatan yang cenderung mengalami kerusakan dan perlu diganti dengan yang baru atau berfungsi dengan baik. Rumus untuk rata-rata kerusakan dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$MTTF = \frac{\text{waktu total} - \text{downtime} - \text{waktu yang tidak dimanfaatkan}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (18)$$

Di bawah ini adalah perhitungan MTTF dari masing-masing distribusi antara lain:

a. Distribusi *Weibull*

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

Nilai $\theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$ dapat dilihat pada tabel dari fungsi gamma

b. Distribusi normal

$$MTTF = \mu$$

c. Distribusi lognormal

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

d. Distribusi eksponensial

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

2.2.14 Mean Time to Repair (MTTR)

Menurut (Sudrajat, 2011) MTTR adalah rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan atau perawatan (*repair*) pada suatu komponen. MTTR dihitung berdasarkan lamanya waktu perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan (*failure*).

MTTR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MTTR = \frac{\text{total waktu terhentinya alat akibat kerusakan (tidak terjadwal)}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (19)$$

Berikut ini merupakan perhitungan MTTR masing-masing distribusi sebagai berikut:

a. Distribusi *Weibull*

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

Nilai $\theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$ bisa di lihat pada tabel fungsi gamma

b. Distribusi normal

$$MTTR = \mu$$

c. Distribusi lognormal

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

d. Distribusi eksponensial

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

2.2.15 Frekuensi Pemeriksaan

Melakukan pengecekan itu penting upaya mengurangi cepatnya kerusakan, merawat kekuatan, dan mengurangi *downtime* yang disebabkan oleh kerusakan komponen yang secara mengagetkan sehingga bisa meningkatkan pengeluaran. Tindakan pemeriksaan merupakan interval waktu pemeriksaan untuk mendapatkan waktu yang efektif sehingga waktu pemeriksaan dapat berjalan dengan optimal. Berikut merupakan rumus untuk interval waktu pemeriksaan optimal:

$$D(n) = \lambda(n) \cdot T_f + n \cdot T_i$$

$D(n)$ = Waktu henti yang disebabkan oleh perbaikan dalam satu periode waktu ditambah dengan waktu henti yang disebabkan oleh pemeriksaan dalam satu periode waktu.

Dimana:

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

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

$$T_f = \frac{1}{\mu}; T_i = \frac{1}{i}$$

Dengan demikian:

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

kalau persamaan ini dideferensialkan menjadikan:

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

Dengan itu pemeriksaan frekuensinya :

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

note:

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

k = Jumlah kerusakan per satuan waktu memiliki nilai konstan.

T_f = Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian secara rata-rata.

T_i = waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan

n = frekuensi yang dilakukan per satuan waktu

2.2.16 Model Perawatan Penggantian Pencegahan *Age Replacement*

Model matematis system perawatan secara pencegahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode *Age Replacement* yang mana menurut (Jardine A. , 1997) pada (Pranowo, 2019) adalah pendekatan pemeliharaan yang menentukan interval waktu tertentu untuk pemeliharaan pencegahan berdasarkan durasi waktu penggunaan. Tindakan penggantian dilakukan dengan tujuan meminimalkan biaya atau risiko yang terkait. Dalam model *Age Replacement* saat untuk dilakukan pergantian pencegahan adalah tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval penggantian berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan. Jika terjadi kerusakan yang menuntut untuk dilakukannya tindakan penggantian. Dalam melakukan penurunan model penggantian ini terdapat beberapa asumsi yang dikembangkan untuk memfokuskana pada permasalahan, yaitu:

- Laju kerusakan komponen bertambah sesuai dengan peningkatan pemakaian.
- Peralatan yang telah dilakukan penggantian komponen akan kembali kepada kondisi semula. Tidak ada permasalahan dalam persediaan komponen.

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

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

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

$$D(tp) = (Tp \cdot R(tp) + T_f \cdot (1 - R(tp))) / ((tp + Tp) \cdot R(t) + (M(tp) + T_f) \cdot (1 - R(tp)))$$

Keterangan Rumus:

tp = Interval waktu penggantian pencegahan

T_f = Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

T_p = Waktu untuk melakukan penggantian preventive

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

$M(tp)$ = Waktu rata-rata terjadinya kerusakan jika penggantian perbaikan pada masa tp

yang dapat dicari dengan rumus $M(tp)$:

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

2.2.17 Perhitungan Total Biaya Perawatan Optimum

Menurut (Irawan Harnadi Bangun, 2014) Total biaya perawatan optimal adalah langkah perhitungan yang bertujuan untuk menentukan total biaya perawatan terbaik dan menentukan interval perawatan yang menghasilkan total biaya perawatan paling rendah. Semua jumlah total biaya merawat sebuah mesin mencakup biaya-biaya berikut.

1. Biaya kerugian produksi: Ini merupakan pengeluaran yang muncul karena kerusakan pada mesin atau berhentinya operasi (downtime), mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena produksi terganggu.
2. Biaya pergantian komponen: Ini merupakan total pengeluaran timbul akibat kerusakan komponen yang memerlukan penggantian dengan komponen yang baru untuk memperbaiki mesin.
3. *Repair cost*: Ini merupakan total pengeluaran dapat terjadi ketika terjadi kerusakan pada komponen. Biaya perbaikan meliputi biaya komponen yang digunakan untuk perbaikan dan biaya kerugian produksi yang timbul selama proses perbaikan. Biaya ini meliputi:

Untuk menghitung biaya interval waktu penggantian pencegahan sebagai berikut:

- *CF Corrective* = ((biaya tenaga kerja perawatan + biaya kerugian produksi)
- *CM Preventive* = ((biaya tenaga kerja perawatan + biaya kerugian produksi)

Dimana:

CF : biaya yang ditimbulkan karena adanya perawatan mesin yang tak terduga.

CM : biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin secara terjadwal (*Preventive Maintenance*)

(T_f) : waktu standar perbaikan *Failure*

(T_p) : waktu standar perbaikan *preventive*

$$\text{Cost Preventive Maintenance} = \frac{(C_p \times T(tp)) + C_f \times [1-R(tp)]}{((tp+T_p) \times R(tp)) + ((M(tp)+T_f) \times [1-R(tp)])}$$

BAB III

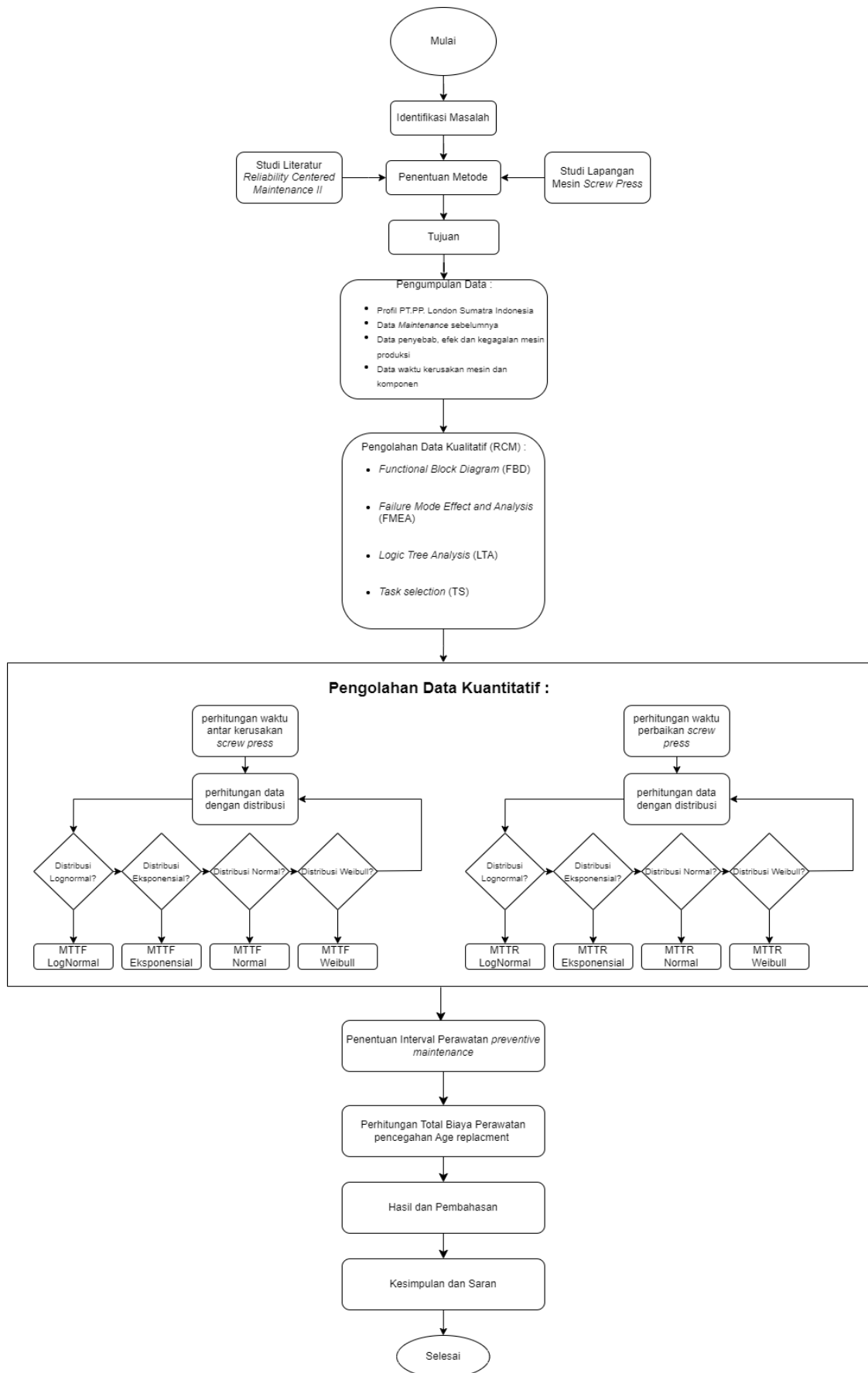
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini memfokuskan pada penggunaan mesin *Screw Press*. Penelitian dilaksanakan dari bulan Februari hingga April 2024. Lokasi penelitian adalah di Pabrik Kelapa Sawit BG POM (*Begerpang Palm Oil Mill*) yang terletak di Desa Batu Lokong, Kecamatan Galang, Kabupaten Deli Serdang, dengan jarak sekitar 32 km dari Medan. Kantor cabang PT. PP. London Sumatra Indonesia Tbk berada di Jalan Ahmad Yani No. 2, Medan 20111, Sumatra Utara, Indonesia. BG POM didirikan untuk mengakomodasi dan memproses buah segar (FFB) dari *Begerpang Estate*, *Sei Merah Estate*, dan *Rambong Sialang Estate*.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Alur Penelitian ini bisa dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, tahap awal adalah mengidentifikasi masalah terkait efisiensi operasional atau keandalan mesin *screw press*. Setelah itu, peneliti menentukan metode penelitian yang akan digunakan, dengan memilih studi literatur tentang RCM II untuk memahami konsep dasar perawatan *preventive maintenance*. Selain itu, peneliti juga melakukan studi lapangan langsung pada mesin *screw press* untuk mengumpulkan data operasional dan keandalan yang diperlukan. Langkah-langkah ini diambil untuk memastikan pendekatan yang tepat dalam menangani masalah yang diidentifikasi. Setelah pengumpulan data mesin *screw press*, baik melalui studi lapangan maupun analisis literatur RCM, peneliti melakukan pengolahan data secara kualitatif menggunakan metode seperti *Functional Block Diagram (FBD)*, *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, *Logic Tree Analysis (LTA)*, dan *Task Selection (TS)* untuk mengidentifikasi dan menentukan kegagalan komponen kritis. Setelah itu, dilakukan pengolahan data kuantitatif dengan menganalisis *Mean Time to Failure (MTTF)* dan *Mean Time to Repair (MTTR)* untuk menentukan interval perawatan *preventive maintenance* yang sesuai. Selanjutnya, ditetapkan strategi perawatan *preventive maintenance* yang sesuai untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keandalan mesin serta mencegah kegagalan mesin. Penelitian ini juga meliputi perhitungan total biaya perawatan optimum dengan mempertimbangkan biaya perawatan dan biaya kerugian produksi, yang nantinya akan dibandingkan sebelum dan setelah penerapan *preventive maintenance* untuk mendapatkan strategi perawatan baru dengan biaya perawatan yang minimal. Tahap selanjutnya adalah hasil penelitian dan pembahasan, yang mencakup hasil pengolahan data baik kualitatif maupun kuantitatif, serta perbandingan sebelum dan setelah *preventive maintenance*. Hal ini diikuti oleh kesimpulan dan saran, yang merangkum hasil penelitian serta memberikan rekomendasi terhadap masalah yang diteliti pada mesin *screw press*.

3.3 Identifikasi Masalah

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah, yang bertujuan untuk memahami situasi lapangan dan merencanakan upaya perbaikan yang diperlukan. Berdasarkan data yang terkumpul, ditemukan bahwa fokus utama penelitian ini adalah terkait *preventive maintenance*. Dengan demikian, penelitian ini difokuskan pada pemahaman masalah tersebut. Tujuan utamanya adalah mengidentifikasi mesin dan komponen yang sering mengalami kerusakan.

Data yang diperlukan terutama berkaitan dengan maintenance, di mana mesin memiliki peran penting dalam menjalankan proses produksi. Informasi yang diperoleh dari data ini akan dianalisis untuk menentukan estimasi waktu yang diperlukan untuk melaksanakan tindakan *preventive maintenance*. Hal ini dilakukan dengan tujuan menjaga keandalan komponen mesin agar tidak mengganggu kelancaran proses produksi.

3.4 Studi Pustaka

Langkah berikutnya setelah mengidentifikasi masalah dan tujuan penelitian adalah melakukan tinjauan pustaka. Pada fase ini, dilakukan penelusuran informasi untuk mendapatkan pemahaman yang dapat menjadi landasan bagi penelitian ini. Tinjauan pustaka dilakukan dengan mencari karya literatur yang relevan, termasuk buku dan penelitian sebelumnya, untuk mendapatkan referensi seperti konsep, teori, metode, model, dan informasi lain yang mendukung pelaksanaan penelitian.

3.5 Penentuan Metode Penelitian

Dalam memilih metode penelitian, fokusnya adalah pada tujuan dan perumusan masalah, yakni perawatan preventif. Oleh karena itu, diputuskan bahwa metode yang paling sesuai untuk menangani permasalahan tersebut adalah RCM II. RCM II digunakan dengan tujuan untuk mempertahankan kinerja mesin agar tetap optimal sesuai dengan fungsinya, sehingga dapat mengurangi biaya operasional. Prinsip dasar dari metode ini adalah melakukan perawatan preventif untuk mencegah potensi kerusakan yang tak terduga, dan mengidentifikasi kondisi yang berpotensi menyebabkan kerusakan selama proses produksi berlangsung. Dengan melakukan perawatan preventif, fasilitas produksi dapat dijamin beroperasi dengan lancar dan selalu siap digunakan dalam setiap tahap produksi. Pemilihan metode ini juga didasarkan pada literatur dari penelitian sebelumnya yang relevan, khususnya terkait dengan perawatan mesin menggunakan metode RCM II.

3.6 Sumber Data dan Pengumpulan Data

Dalam studi ini, tercantum 2 jenis data yang dimanfaatkan, yakni data asli dan data yang telah ada sebelumnya. Data primer adalah data yang dikumpulkan dari sumber aslinya melalui observasi, survei, atau eksperimen yang dilakukan oleh peneliti, sementara data sekunder merupakan informasi telah ada sebelumnya dan diperoleh dari sumber lain

selain objek penelitian. Berikut adalah penjelasan tentang Beberapa teknik pengumpulan data yang digunakan termasuk:

3.6.1 Data Primer

Data ini di temukan melalui interaksi dengan operator di perusahaan untuk memperoleh pemahaman tentang penanganan kerusakan. Hasil interaksi ini digunakan untuk memvalidasi masalah yang ada dan mendapatkan data tambahan yang membantu data sekunder.

3.6.2 Data Sekunder

Data ini ditemukan dari arsip perusahaan. Data ini berasal dari jadwal perawatan yang telah dilaksanakan sebelumnya, data tersebut berupa data mesin, komponen, waktu antar kegagalan mesin dan juga biaya operasional. Dengan data yang didapatkan akan dilakukan penelitian untuk memperoleh informasi dari spesifikasi.

3.7 Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh sebelumnya akan diproses menggunakan metode yang telah ditetapkan untuk menjawab tujuan dari permasalahan tersebut. Berikut adalah langkah-langkah dalam pengolahan data:

3.7.1 Pengolahan data Kualitatif (Identifikasi Komponen Kritis)

Dalam metode RCM II, Pengelompokan kerusakan dan penentuan tindakan dilakukan untuk setiap kegagalan. Setelah melakukan pengumpulan data dari pihak yang terlibat, langkah-langkah pengolahan data untuk menentukan komponen kritis dilakukan sebagai berikut:

1. *Functional Block Diagram (FBD)*

FBD menggambarkan secara rinci langkah-langkah dari proses produksi dan perjalanan material dari tahap awal hingga selesai produksi. Diagram ini menghubungkan berbagai fungsi dan proses dalam suatu sistem.

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

Data mesin dan komponen yang terdaftar dalam FBD akan ikut serta dalam proses analisis FMEA. Proses ini akan mengevaluasi fungsi, model kegagalan, dan dampak dari setiap kegagalan komponen dalam mesin. Hasil dari analisis ini akan menghasilkan *Risk Priority Number (RPN)*, yang digunakan untuk menentukan tingkat kritikalitas mesin.

3. *Logic Tree Analysis (LTA)*

LTA digunakan agar dapat merawat dengan sesuai dan optimal untuk mesin yang mengalami kerusakan. Analisis ini membantu dalam menentukan strategi untuk mencegah terjadinya kegagalan.

3.7.2 Pengolahan data kualitatif (Penentuan Tindakan Perawatan)

Dalam metode RCM, Data disusun berdasarkan jenis kerusakan yang telah terjadi dan cara dipilih untuk setiap kegagalan. Sesudah melakukan wawancara untuk mengumpulkan data yang diperlukan, langkah pengolahan data untuk menentukan komponen kritis adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan Tugas

Tahapan metode ini, dilakukan pengumpulan semua data di butuhkan untuk menentukan tindakan paling efektif terhadap komponen kritis. Data ini kemudian digunakan untuk mengisi task selection yang akan menghasilkan tindakan perawatan yang sesuai.

3.7.3 Pengolahan Data Kuantitatif (Penetapan waktu pemeriksaan dan penggantian komponen kritis)

Dalam analisis data berbasis angka, digunakan untuk menemukan periode waktu pemeriksaan dan perbaikan komponen penting yang diperoleh dari hasil metode RCM, serta data yang diperlukan seperti riwayat waktu berhenti operasional. Dari kerusakan mesin kritis, data biaya-biaya operasional terkait mesin mulai dari biaya perawatan tahunan dan biaya kekurangan tahunan.

1. Penentuan Komponen Kritis

Setelah menentukan komponen yang kritis dari analisis data kuantitatif, langkah berikutnya adalah menetapkan interval antara kejadian kerusakan dan waktu.

2. Perbaikan Penentuan Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan

Langkah berikutnya adalah menentukan waktu antar kerusakan, yaitu dengan cara berapa lama suatu komponen dapat beroperasi sebelum mengalami kegagalan. Sedangkan, waktu perbaikan juga perlu ditentukan, dengan cara yaitu berapa lama dibutuhkan untuk memperbaiki komponen tersebut setelah terjadi kerusakan.

3. Penentuan Distribusi waktu antar kerusakan dan Waktu Perbaikan

Setelah mendapatkan data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan setelah itu data data yang telah dikumpulkan akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan

nilai *index of fit* dimana nilai tersebut akan digunakan untuk melakukan uji *goodness of fit*.

4. Uji *Good of Fit*

Uji *good of fit* ini dilakukan untuk memastikan bahwa distribusi data yang telah dilakukan sebenarnya sama dengan distribusi yang diasumsikan dengan data yang sebenarnya.

5. Estimasi Parameter

Estimasi parameter ini dilakukan untuk menghitung tingkat risiko kegagalan, keandalan komponen, waktu henti mesin sehingga dapat menentukan keputusan perawatan yang tepat.

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

MTTF dan MTTR ini dilakukan perhitungan guna menilai suatu keandalan dan mengidentifikasi komponen yang paling krusial terhadap kegagalan sehingga nantinya akan dilakukan penentuan strategi perawatan yang paling efektif dengan mempertimbangkan lamanya waktu mesin akan berhenti beroperasi ketika mengalami kegagalan dan penentuan waktu yang dibutuhkan untuk memperbaikinya.

7. Perhitungan frekuensi dan waktu pemeriksaan optimal dengan minimasi dan perhitungan interval jadwal penggantian pencegahan Kerusakan

Kemudian adanya perhitungan untuk penggantian pencegahan pemilihan hasil minimum untuk mengurangi waktu *downtime*.

8. Penentuan *Interval* Perawatan

Penentuan *interval* perawatan dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti tingkat risiko kegagalan, umur komponen dan kebutuhan komponen untuk menentukan kapan perawatan diperlukan untuk mencegah suatu kegagalan.

9. Menentukan Total Biaya Perawatan Optimum

Tahap selanjutnya dilakukan Perhitungan biaya perawatan yang optimal untuk mengidentifikasi strategi perawatan yang paling efisien. Tujuan utama dari perhitungan ini adalah untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengidentifikasi strategi perawatan yang paling efisien, mengurangi biaya tak terduga dan juga mengoptimalkan kinerja mesin.

10. Hasil dan Pembahasan

Langkah berikutnya adalah melakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil pengolahan data yang telah diperoleh. Pembahasan ini akan mencakup hasil dari analisis data kualitatif dan kuantitatif.

11. Kesimpulan Saran

Kemudian akan dilakukan pembuatan kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian dan melakukan perbandingan hasil dari sebelum dan setelah memberikan perawatan, dan juga memberikan saran kepada perusahaan dan peneliti selanjutnya yang dapat digunakan sebagai rekomendasi perawatan terhadap mesin *Screw Press (Pressing)*.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Latar Belakang Perusahaan

Latar belakang perusahaan ini berisi tentang profil singkat perusahaan, lokasi perusahaan, tujuan, visi dan misi perusahaan dan waktu kerja yang ada pada perusahaan.

4.1.1 Profil Singkat Perusahaan

PT. PP. London Sumatra Indonesia, Tbk. berdiri pada tahun 1906 oleh Harrisons & Crossfield Plc yang merupakan perusahaan perkebunan dan perdagangan yang berbasis di London. Berdasarkan Ketetapan Presiden Republik Indonesia No. 6 Tahun 1964, perusahaan ini berada dalam pengawasan pemerintah dengan nama PT PP. Dwikora I dan II (1964-1968). Di tahun 1994, Harrisons & Crosfield menjual seluruh sahamnya di PT PP London Sumatra Indonesia Tbk kepada PT. PP London Sumatra Plantations (PPLS), yang kemudian mencatatkan PT. PP. London Sumatra Indonesia, Tbk. Sebagai perusahaan publik melalui pencatatan saham di Bursa Efek Jakarta dan Surabaya pada tahun 1996. Pada bulan Oktober 2007, Indofood Agri Resources Ltd (IndoAgri), anak perusahaan PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk di bidang perkebunan, menjadi pemegang saham mayoritas Perseroan melalui anak perusahaannya di Indonesia, PT. Salim Ivomas Pratama (SIMP), sehingga Perseroan menjadi bagian dari Indofood Group (Grup).

Begerpang Palm Oil Mill (BG POM) dibangun pada tahun 2001 di Desa Batu Lokong Kecamatan Galang Kabupaten Deli Serdang yang berjarak 32 km dari Kota Medan. *Begerpang Palm Oil Mill* (BG POM) pertama kali beroperasi pada tanggal 9 Juli 2003 dengan kapasitas 50 ton/jam, dimana tingkat *Extraction*/Rendeman Oil 24,5% dan Kernel 6%. *Begerpang Palm Oil Mill* (BG POM) dibangun untuk memenuhi penampungan dan pengolahan FFB (*Fresh Fruit Bunch*) dari *Begerpang Estate*, *Sei Merah Estate*, dan *Rambong Sialang Estate*.

Begerpang Palm Oil Mill (BG POM) terletak di Desa Batu Lokong Kecamatan Galang Kabupaten Deli Serdang yang berjarak sekitar 32 km dari Medan. Sementara kantor cabang PT. PP. London Sumatra Indonesia Tbk berada di Jl. Ahmad Yani No. 2 Medan 20111 Sumatra Utara, Indonesia.

4.1.2 Lokasi PT. PP. London Sumatra Indonesia

Begerpang Palm Oil Mill (BG POM) terletak di Desa Batu Lokong Kecamatan Galang Kabupaten Deli Serdang yang berjarak sekitar 32 km dari kantor pusat PT PP London Sumatra Indonesia Tbk berada di Jl. Ahmad Yani No. 2 Medan 20111 Sumatra Utara, Indonesia. Berikut adalah gambar lokasi dari PT PP London Sumatra Indonesia Tbk, *Begerpang Palm Oil Mill* (BG POM).



Gambar 4. 1 Lokasi PT PP London Sumatra Indonesia Tbk

4.1.3 Tujuan, Visi, dan Misi PT. PP. London Sumatra Indonesia Tbk

Tujuan PT. PP. London Sumatra Indonesia Tbk. adalah menjadi perusahaan terbaik dan menghasilkan keuntungan yang telah ditargetkan. Sedangkan misi perusahaan adalah meningkatkan kesejahteraan rakyat dengan penyediaan lapangan pekerjaan yang luas dan menjadi salah satu penghasil pajak terbesar untuk negara. Visi perusahaan adalah menjadi perusahaan perkebunan yang paling efisien dengan memberikan strategi yang meliputi:

1. Perusahaan perkebunan dan peningkatan kapasitas produksi.
2. Efisiensi operasi dan biaya.
3. Pengembangan secara terus-menerus dalam program penelitian, pengembangan serta produksi *Crude Palm Oil* (CPO), karet, dan cokelat.

4.1.4 Waktu Kerja

a. Jam Kerja Karyawan

Berikut adalah penjelasan tentang jam kerja karyawan yang dibagi berdasarkan tiap bagian departemen:

1) Waktu Bagian *Processing*

Tergantung banyak/tidaknya bahan baku FFB (*Fresh Fruit Bunch*) dan waktu kedatangan bahan baku FFB (*Fresh Fruit Bunch*) ke pabrik. Namun, pada umumnya:

- a) Shift 1 : 10.00 – 17.00 WIB
- b) Shift 2 : 17.00 – FFB (*Fresh Fruit Bunch*)

2) Waktu Kerja Bagian *Maintenance*

- a) Senin – Kamis dan Sabtu : 07.00 – 14.30 WIB
- b) Jumat : 07.00 – 12.00 WIB

b. Waktu Kerja Bagian *General*

Tabel 4. 1 Waktu kerja Bagian General

<i>Security</i>	
- Shift 1	06.00 – 14.00 WIB
- Shift 2	14.00 – 22.00 WIB
- Shift 3	22.00 – 06.00 WIB
<i>Office</i>	
- Senin – Jumat	07.00 – 12.00 WIB
- Jumat	14.00 – 16.00 WIB
- Sabtu	07.00 – 12.00 WIB
<i>Kompos</i>	
- Senin – Kamis	07.00 – 14.30 WIB
- Jumat	17.00 – 12.00 WIB

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berisi tentang data waktu kerusakan antar komponen-komponen mesin *screw press*.

4.2.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen

Data *downtime* dari komponen mesin *ScrewPress* yang diambil merupakan data *downtime* pada periode Maret 2023 – Maret 2024:

Tabel 4. 2 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Screwpress*

No	Komponen	<i>Actual Start</i>	<i>Finish Start</i>
1	<i>Hopper</i>	14/03/2020 00:55	14/03/2020 02:29

No	Komponen	<i>Actual Start</i>	<i>Finish Start</i>
		03/12/2020 16:39	03/12/2020 19:19
		19/03/2021 08:12	19/03/2021 10:45
		14/08/2021 06:52	14/08/2021 10:15
		28/08/2021 07:54	28/08/2021 10:44
		28/05/2022 17:26	28/05/2022 18:49
		09/11/2022 22:22	10/11/2022 01:41
		20/11/2022 08:01	20/11/2022 09:19
		27/12/2022 19:43	27/12/2022 22:30
		29/04/2023 22:09	30/04/2023 00:37
		09/07/2023 18:46	09/07/2023 21:18
2	<i>Pressing Chamber</i>	10/05/2020 23:08	11/05/2020 00:32
		18/05/2020 06:44	18/05/2020 09:23
		12/10/2020 03:14	12/10/2020 04:24
		14/01/2021 19:53	14/01/2021 23:52
		17/01/2021 16:01	17/01/2021 17:35
		30/01/2021 18:58	30/01/2021 22:48
		20/02/2021 16:52	20/02/2021 18:14
		02/12/2021 17:30	02/12/2021 20:31
		07/08/2022 00:34	07/08/2022 02:37
		29/04/2023 22:09	30/04/2023 00:37
3	<i>Press Cage</i>	17/05/2020 22:57	18/05/2020 01:56
		30/09/2020 06:55	30/09/2020 09:31
		03/11/2020 12:54	03/11/2020 15:56
		27/01/2021 14:25	27/01/2021 17:32
		13/08/2021 00:01	13/08/2021 02:39
		31/10/2021 07:08	31/10/2021 09:43
		15/12/2021 05:44	15/12/2021 07:58
		01/01/2022 07:48	01/01/2022 10:30
		10/04/2022 23:33	11/04/2022 02:17
		21/08/2022 03:18	21/08/2022 07:07
13/01/2023 17:44	13/01/2023 21:24		

No	Komponen	<i>Actual Start</i>	<i>Finish Start</i>
		29/04/2023 22:09	30/04/2023 00:37
		26/10/2023 13:22	26/10/2023 16:08
		21/03/2024 20:12	21/03/2024 23:11
4	<i>Heating System</i>	23/05/2020 06:36	23/05/2020 08:08
		16/06/2020 15:44	16/06/2020 21:04
		05/09/2020 14:42	05/09/2020 19:11
		28/01/2021 18:40	29/01/2021 00:06
		22/02/2021 06:33	22/02/2021 14:15
		05/05/2021 03:34	05/05/2021 06:04
		22/05/2021 11:42	22/05/2021 14:15
		11/07/2021 17:43	11/07/2021 23:12
		12/09/2021 09:39	12/09/2021 19:07
		27/06/2022 01:21	27/06/2022 07:05
		07/08/2022 00:34	07/08/2022 02:36
		24/11/2022 07:36	24/11/2022 13:14
		06/02/2023 12:42	06/02/2023 15:06
		08/07/2023 21:37	09/07/2023 02:14
		05/09/2023 16:53	05/09/2023 18:10
		30/12/2023 00:32	30/12/2023 02:13
5	<i>Screw shaft</i>	28/05/2020 05:30	28/05/2020 09:26
		04/11/2020 23:46	05/11/2020 01:26
		24/11/2020 15:25	24/11/2020 18:31
		10/03/2021 13:42	10/03/2021 17:25
		10/05/2021 01:52	10/05/2021 03:42
		19/05/2021 22:11	19/05/2021 23:39
		03/08/2021 07:30	03/08/2021 08:45
		22/08/2021 22:52	23/08/2021 01:16
		15/09/2021 22:59	16/09/2021 02:35
		16/04/2022 10:40	16/04/2022 12:25
		22/06/2022 15:57	22/06/2022 19:53
		13/01/2023 17:44	13/01/2023 21:24

No	Komponen	Actual Start	Finish Start
		13/01/2023 17:44	13/01/2023 21:24
6	<i>Drive Mechanism</i>	05/07/2020 02:41	05/07/2020 05:42
		26/10/2020 05:29	26/10/2020 09:13
		10/05/2021 01:52	10/05/2021 03:42
		30/05/2022 08:04	30/05/2022 11:20
		24/10/2022 00:04	24/10/2022 04:03
		29/08/2023 06:40	29/08/2023 08:23
		21/03/2024 20:12	21/03/2024 23:11
7	<i>Gearbox</i>	12/10/2020 03:14	12/10/2020 04:24
		14/01/2021 19:53	14/01/2021 23:52
		10/05/2021 01:52	10/05/2021 03:42
		30/05/2022 08:04	30/05/2022 11:20
		17/09/2022 04:35	17/09/2022 07:52
		24/09/2022 07:16	24/09/2022 10:45
		24/10/2022 00:04	24/10/2022 04:03
		13/01/2023 17:44	13/01/2023 21:24
		06/02/2023 12:12	06/02/2023 15:06
		08/02/2023 03:00	08/02/2023 04:49
		16/07/2023 13:26	16/07/2023 15:16
8	<i>Strainer</i>	24/03/2020 17:26	24/03/2020 19:38
		16/06/2020 05:43	16/06/2020 08:54
		27/02/2021 18:58	27/02/2021 21:33
		24/04/2021 16:59	24/04/2021 18:01
		15/05/2021 06:55	15/05/2021 08:38
		31/10/2021 00:10	31/10/2021 02:49
		21/01/2022 13:13	21/01/2022 15:40
		26/02/2022 12:34	26/02/2022 15:58
		07/08/2022 00:34	07/08/2022 02:37
		20/11/2022 08:01	20/11/2022 09:19
		27/12/2022 19:43	27/12/2022 22:30
		06/06/2023 21:43	07/06/2023 00:22

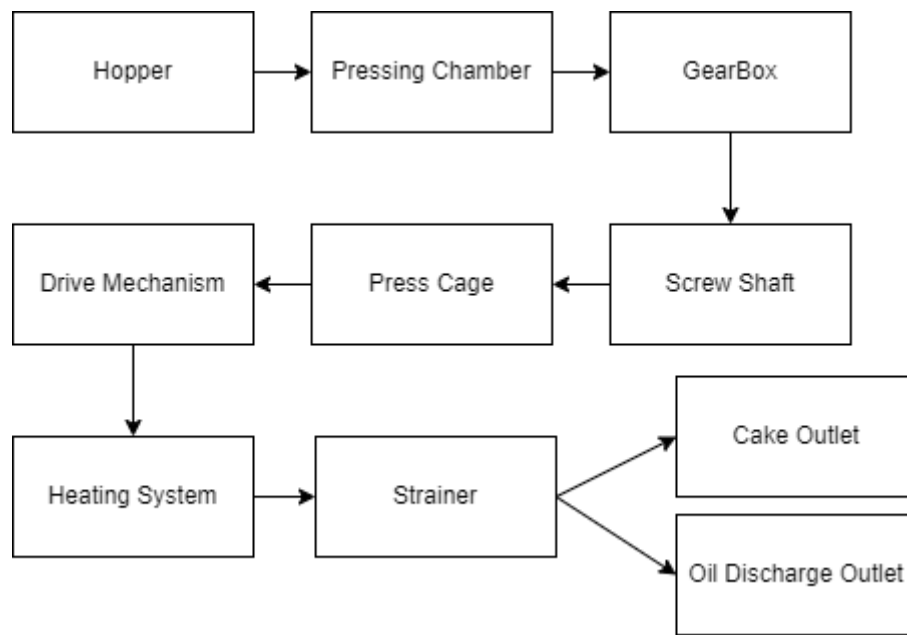
No	Komponen	Actual Start	Finish Start
		09/07/2023 18:46	09/07/2023 21:18
9	<i>Oil Dischage Outlet</i>	23/06/2020 06:24	23/06/2020 07:45
		09/12/2020 00:49	09/12/2020 02:52
		15/05/2021 06:55	15/05/2021 08:38
		26/02/2022 12:34	26/02/2022 15:58
		05/05/2022 20:44	05/05/2022 22:49
		27/09/2022 14:12	27/09/2022 15:57
		27/12/2022 19:43	27/12/2022 22:30
		09/07/2023 18:46	09/07/2023 21:18
		26/10/2023 13:22	26/10/2023 16:08
10	<i>Cake Outlet</i>	27/01/2021 19:52	27/01/2021 22:24
		21/05/2021 20:10	21/05/2021 22:11
		23/12/2021 18:04	23/12/2021 20:56
		01/01/2022 07:48	01/01/2022 10:30
		03/03/2022 20:10	03/03/2022 22:10
		07/08/2022 00:34	07/08/2022 02:37
		24/09/2022 07:16	24/09/2022 10:45
		09/07/2023 18:46	09/07/2023 21:18
		26/10/2023 13:22	26/10/2023 16:08

4.3 Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis)

Pengolahan data kualitatif berisi tentang *Functional Block Diagram* (FBD), *Faiure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Logic Tree Analysis* (LTA).

4.3.1 *Functional Block Diagram* (FBD)

Hasil *Functional Block Diagram* (FBD) ini didapatkan dari informasi dan analisis berfungsi untuk menjelaskan fungsi dari mesin *ScrewPress* yang digambarkan berdasarkan *flow proses*. Berikut merupakan FBD dari mesin *Screw Press*:



Gambar 4. 2 *Functional Block Diagram* (FBD)

Pada gambar *Functional Block Diagram* (FBD) di atas, komponen-komponen mesin *screwpress* dijelaskan secara rinci mulai dari proses awal hingga akhir dalam sistem produksi ekstraksi minyak kelapa sawit. Proses kerja mesin *screwpress* diawali saat buah kelapa sawit dimuat ke dalam *Hopper*, yang mengirim buah secara teratur ke tempat proses ekstraksi pertama. Buah tersebut kemudian dipadatkan dan ekstraksi minyak dimulai di komponen *Pressing Chamber*. Di sini, komponen *GearBox* berfungsi mengatur kecepatan putaran mesin, menyesuaikan kecepatan putaran menjadi lebih rendah sesuai dengan spesifikasi perusahaan, sehingga memungkinkan *Screw Shaft* untuk mendorong dan memadatkan bahan baku secara efektif. Minyak kelapa sawit diperoleh melalui *Press Cage*, yang berfungsi mengekstraksi minyak sambil memadatkan buah lebih lanjut. Komponen *Drive Mechanism* menggerakkan *screw shaft* dan membantu dalam proses pemadatan serta pemindahan bahan. Untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi, komponen *Heating System* digunakan untuk memanaskan bahan baku. Setelah proses pemanasan, bahan dikirimkan ke *Strainer* untuk menyaring minyak dari partikel padat. Minyak yang telah disaring kemudian dialirkan ke *Oil Discharge Outlet* untuk disimpan dan dikirim ke proses selanjutnya. Sementara itu, sisa bahan baku yang tidak mengandung minyak disalurkan melalui *Cake Outlet* untuk diproses lebih lanjut atau dibuang, menyelesaikan siklus produksi secara keseluruhan.

4.3.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan, penyebab kegagalan, dan dampak yang dihasilkan dari penyebab kegagalan tersebut. Setelah mengetahui jenis kerusakan, penyebab dan dampak dari kegagalan, setelah itu akan dilakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang dilakukan untuk mendapatkan nilai prioritas dari komponen yang memiliki kegagalan tertinggi yang mengakibatkan dampak kegagalan yang membuat target produksi perusahaan menurun. Analisis FMEA nantinya berguna untuk mengetahui model-model yang terjadi kegagalan pada mesin, dapat menentukan akibat yang berkaitan dengan kegagalan pada mesin, dan dapat memberikan rekomendasi untuk menghindari kegagalan pada mesin. Berikut merupakan hasil analisis FMEA:

Tabel 4. 3 *Failure Mode and Effect Analysis*

Sistem: Screwpress								
No	Equipment	Function	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
1	Hopper	menyimpan dan mengatur pemberian buah ke dalam screw shaft	Terjadi kelebihan kapasitas atau overloading	Menyebabkan penyumbatan aliran bahan ke Screw Shaft	5	3	5	75
2	Pressing Chamber	tempat buah kelapa sawit yang sudah dipadatkan oleh screw shaft ditekan lebih lanjut untuk mengekstrak minyaknya	Tekanan yang berlebihan	mengakibatkan kebocoran tank akibat tekanan berlebihan dan mengurangi efisiensi dan kerusakan pada saat ekstraksi	7	2	5	70
3	Press Cage	Tempat menyaring minyak keluar sambil terus	Beban berlebihan atau operasi tidak sesuai	Dapat menyebabkan kerusakan atau penyumbatan	6	4	3	72

Sistem: <i>Screwpress</i>								
No	Equipment	Function	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
		memadatkan ampas buah		sehingga menghambat ke efektifan pemisahaan minyak				
4	<i>Heating System</i>	memanaskan bahan baku sebelum dan selama proses ekstraksi	Kebocoran pada pipa pemanas (pipa spin)	Menyebabkan kerusakan pada komponen ataupun bahan baku	9	5	3	135
5	<i>Screw shaft</i>	Melakukan pendorongan dan memadatkan buah kelapa sawit melalui mesin	Terjadi penumpukan yang terdapat dalam atau sekitar mesin screw	Mengakibatkan penyumbatan pada screw shaft sehingga dapat menghentikan operasi atau dapat mengurangi output	6	3	4	72
6	<i>Drive Mechanism</i>	Sistem yang menggerakkan <i>Screw Shaft</i>	Kegagalan motor diakibatkan patahnya sabuk	mengakibatkan menyebabkan gangguan transmisi dan	8	2	5	80
7	<i>Gearbox</i>	Mengontrol kecepatan dan torsi dari <i>Screw Shaft</i>	Keterlambatan pelumasan	Menyebabkan panas berlebihan sehingga	7	3	4	84

Sistem: <i>Screwpress</i>								
No	Equipment	Function	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
				kerusakan pada <i>gearbox</i>				
8	<i>Strainer</i>	Menyaring minyak dari partikel padat yang masih tersisa	Penyumbatan pada <i>strainer</i>	Menghambat aliran minyak sehingga mengurangi jumlah minyak yang diekstraksi	5	4	3	60
9	<i>Oil Discharge Outlet</i>	Tempat pengumpulan minyak yang telah diekstrak dan disaring	Penyumbatan dan penumpukan pada <i>outlet</i>	Menyebabkan minyak tidak dapat masuk ke outlet dan menjadi penumpukan tekanan	4	4	5	80
10	<i>Cake Outlet</i>	Tempat penyimpanan bahan sisa sebelum diproses ditahap selanjutnya	Kehausan pada komponen	Menyebabkan pintu atau katup untuk pemindahan bahan sisa menjadi terhambat	4	3	4	48

4.3.3 Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) menunjukkan jenis kegiatan pemeliharaan yang layak dan optimal untuk digunakan memperbaiki setiap mode kegagalan (*maintenance task*). Tahap ini bertujuan untuk memberikan prioritas dari setiap mode kegagalan

Tabel 4. 4 Logic Tree Analysis

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
1	<i>Hopper</i>	Menyimpan dan mengatur pemberian buah ke dalam <i>screw shaft</i>	Terjadi kelebihan kapasitas atau <i>overloading</i>	Y	N	N	D
2	<i>Pressing Chamber</i>	Tempat buah kelapa sawit yang sudah dipadatkan oleh <i>screw shaft</i> ditekan lebih lanjut untuk mengekstrak minyaknya	Tekanan yang berlebihan	Y	N	N	D
3	<i>Press Cage</i>	Tempat menyaring minyak keluar sambil terus memadatkan ampas buah	Beban berlebihan atau operasi tidak sesuai	Y	N	N	D
4	<i>Heating System</i>	Memanaskan bahan baku sebelum dan selama proses ekstraksi	Kerusahakan pemanas hingga <i>overload</i> termal	Y	Y	N	D
5	<i>Screw shaft</i>	Melakukan pendorongan dan	Terjadi penumpukan yang terdapat	Y	N	N	D

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
		memadatkan buah kelapa sawit melalui mesin	dalam atau sekitar mesin <i>screw</i>				
6	<i>Drive Mechanism</i>	Sistem yang menggerakkan <i>Screw Shaft</i>	Kegagalan motor diakibatkan patahnya sabuk	Y	N	Y	C
7	<i>Gearbox</i>	Mengontrol kecepatan dan torsi dari <i>Screw Shaft</i>	Keterlambatan pelumasan	Y	N	Y	C
8	<i>Strainer</i>	Menyaring minyak dari partikel padat yang masih tersisa	Penyumbatan pada strainer	Y	N	N	D
9	<i>Oil Discharge Outlet</i>	Tempat pengumpulan minyak yang telah diekstrak dan disaring	Penyumbatan dan penumpukan pada outlet	Y	N	N	D
10	<i>Cake Outlet</i>	Tempat penyimpanan bahan sisa sebelum diproses ditahap selanjutnya	Kehausan pada komponen	Y	Y	N	A

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	
9	<i>Oil Dischage Outlet</i>	Tempat pengumpulan minyak yang telah diekstrak dan disaring	Penyumbatan dan penumpukan pada outlet	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
10	<i>Cake Outlet</i>	Tempat penyimpanan bahan sisa sebelum diproses ditahap selanjutnya	Kehausan pada komponen	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD

4.5 Pengolahan Data Kuantitatif (Penentuan Interval Pemeriksaan dan Penentuan Komponen kritis)

Pengolahan data kuantitatif dilakukan untuk menentukan interval pemeriksaan dan penentuan komponen kritis yang berisi penentuan komponen kritis, penentuan distribusi data antar waktu kerusakan dan perbaikan (*Time To Failure & Time To Repair*), Uji *goodness of fit* pada distribusi data waktu kerusakan dan waktu perbaikan (*Time To Failure & Time To Repair*), Perhitungan parameter dari distribusi waktu kerusakan dan perbaikan (*Time To Failure & Time To Repair*), Penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu kerusakan dan perbaikan (*Mean Time To Failure & Mean Time To Repair*), Perhitungan frekuensi pemeriksaan, perhitungan *reliability* sebelum dan sesudah adanya perawatan dan perhitungan total biaya perawatan optimum.

4.5.1 Penentuan Komponen Kritis

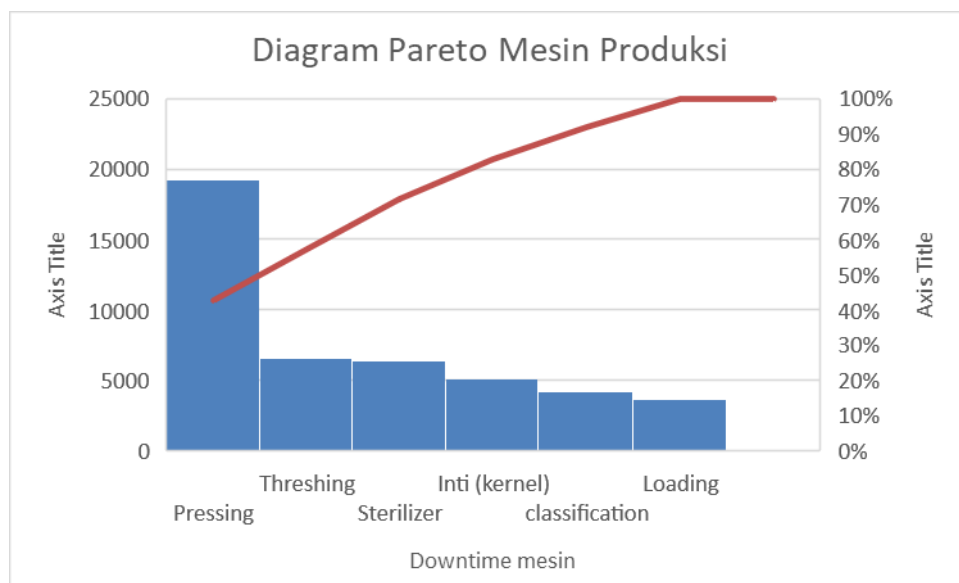
Dalam menentukan komponen kritis, diawali dengan menentukan mesin kritis menggunakan data *downtime* dan persentase *downtime* kumulatif tertinggi yang disajikan dengan diagram pareto. Selanjutnya, penentuan komponen kritis menggunakan komponen mesin yang memiliki frekuensi kerusakan terbanyak dan *downtime* yang paling tinggi lalu disajikan dengan diagram pareto.

Berikut merupakan penentuan mesin kritis dengan *downtime* terbesar sebesar 19258 atau 42,6628% dari persentase *downtime* kumulatif pada mesin *Screwpress*. Dibawah ini merupakan tabel data pada mesin produksi yang ada di PT.PP. London Sumatra TBK.

Tabel 4. 6 Penentuan Mesin Kritis

No	Mesin	<i>Downtime</i> (menit)	% <i>Downtime</i>	% <i>Downtime</i> Kumulatif
1	<i>Pressing</i>	19258	42,6628%	42,6628%
2	<i>Threshing</i>	6579	14,5747%	57,2375%
3	<i>Sterilizer</i>	6348	14,0629%	71,3004%
4	Inti (<i>kernel</i>)	5098	11,2938%	82,5942%
5	<i>Classification</i>	4209	9,3243%	91,9185%
6	<i>Loading</i>	3648	8,0815%	100,0000%
Total			100,0000%	

Berikut merupakan diagram pareto pada mesin produksi yang ada di PT.PP. London Sumatra TBK dalam penentuan mesin kritis yang diperoleh dari adanya data *downtime* mesin produksi sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Diagram Pareto Penentuan Mesin Kritis

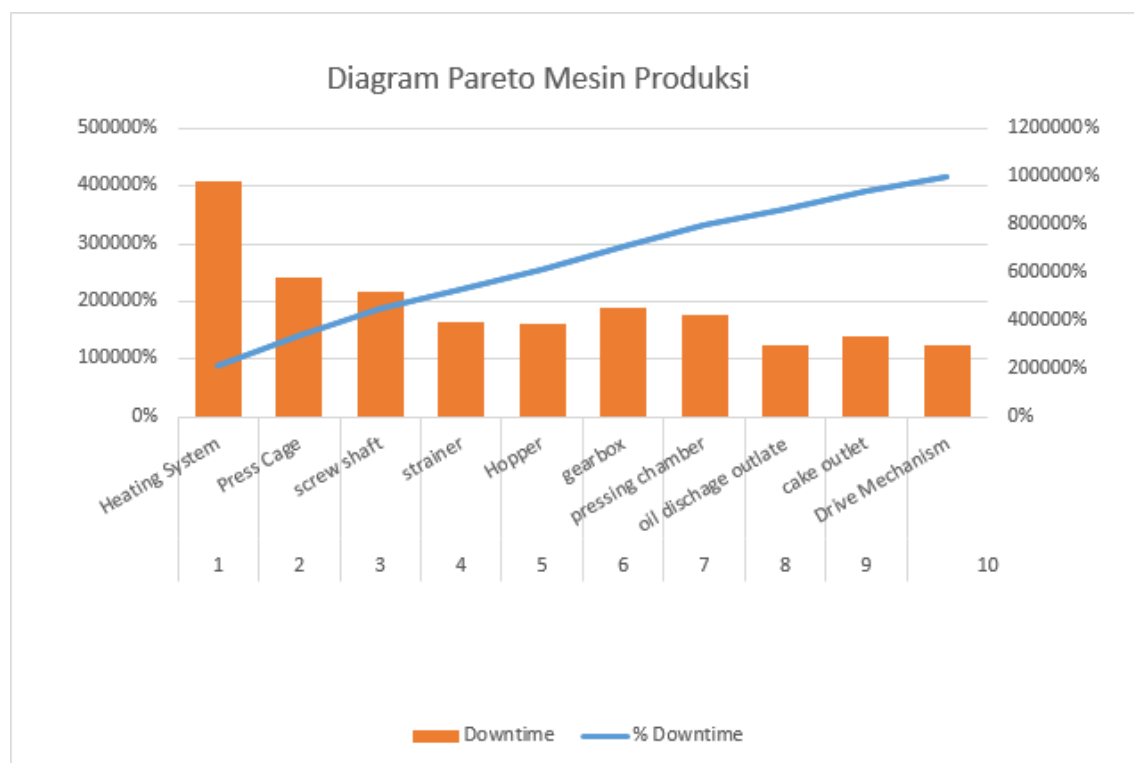
Penggunaan diagram pareto pada penentuan komponen kritis karena pada diagram pareto dapat melihat dan menentukan komponen mana yang menjadi prioritas dalam permasalahan. Dalam penentuan komponen kritis menunjukkan tingkat kepentingan sebuah komponen yang dianggap mempunyai tingkat resiko sehingga memerlukan

perhatian dan perlakuan khusus dengan melakukan perawatan ataupun perbaikan. Berikut merupakan tabel data pada komponen mesin *Screw press*.

Tabel 4. 7 Penentuan Komponen Kritis

No	Komponen Mesin	Frekuensi Kerusakan	Downtime	Kumulatif DT	DT	% Downtime
1	Heating System	16	4078	4078	21,0155%	21,0155%
2	Press Cage	14	2425	6503	12,4988%	33,5143%
3	Screw Shaft	13	2165	8669	11,1591%	44,6734%
4	Strainer	13	1649	10318	8,4978%	53,1712%
5	Hopper	11	1614	11932	8,3158%	61,4870%
6	Gearbox	11	1879	13811	9,6833%	71,1703%
7	Pressing Chamber	10	1750	15561	9,0201%	80,1903%
8	Oil Discharge Outlate	9	1230	16791	6,3411%	86,5314%
9	Cake Outlet	9	1380	18171	7,1107%	93,6422%
10	Drive Mechanism	7	1234	19405	6,3578%	100,0000%
	Total	113	19405			

Berikut merupakan diagram pareto pada penentuan komponen kritis yang ada pada PT.PP. London Sumatra Indonesia yang diperoleh dalam data *downtime* mesin *Pressing* sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Diagram Pareto Penentuan Komponen Kritis

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

Setelah mengetahui komponen kritis maka selanjutnya akan ditentukan jarak antar kerusakan pada komponen *Screw Press*.

Tabel 4. 8 *Time to Failure* Komponen *Heating system*

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Ti
1	23/05/2020 06:36	23/05/2020 08:08	0
2	16/06/2020 15:44	16/06/2020 21:04	35016
3	05/09/2020 14:42	05/09/2020 19:11	116257
4	28/01/2021 18:40	29/01/2021 00:06	208769
5	22/02/2021 06:33	22/02/2021 14:15	34946
6	05/05/2021 03:34	05/05/2021 06:04	103039
7	22/05/2021 11:42	22/05/2021 14:15	24817
8	11/07/2021 17:43	11/07/2021 23:12	72207
9	12/09/2021 09:39	12/09/2021 19:07	89907
10	27/06/2022 01:21	27/06/2022 07:05	413653
11	07/08/2022 00:34	07/08/2022 02:36	58648
12	24/11/2022 07:36	24/11/2022 13:14	157260
13	06/02/2023 12:42	06/02/2023 15:06	106528
14	08/07/2023 21:37	09/07/2023 02:14	219271
15	05/09/2023 16:53	05/09/2023 18:10	84399
16	30/12/2023 00:32	30/12/2023 02:13	165982

Pada pengujian kali ini menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* dimana adanya pemilihan nilai IOF atau *Index of Fit* terbesar. Terdapat 4 distribusi untuk menghitung waktu kerusakan yaitu distribusi i, Normal, Lognormal dan *Weibull*.

1. Distribusi *Eksponensial*

Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi *eksponensial* ($i = 1$):

$$X_i = t_i$$

$$= 24817$$

$$X_{i2} = 24817^2$$

$$= 615907479$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(15+0,4)} = 0,045454545$$

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

$$= \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-0,045454545\}} \right] = 0,046520016$$

$$Yi^2 = 0,046520016^2$$

$$= 0,002164112$$

$$XiYi = 24817 * 0,046520016$$

$$= 1154,509713$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Eksponensial*.

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

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(15 * (1154,509713)) - (24817 * (0,046520016))}{\sqrt{((15 * 615907479) - 24817^2) * ((15 * 0,002164112) - (0,04545454)^2)}}$$

$$= 0,980123819$$

Tabel 4. 9 *Time to Failure* Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial							
No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	24817	24817,4 8333	6159074 79	0,04545 4545	0,04652 0016	0,00216 4112	1154,50 9713
2	34946	34946,2 6667	1221241 554	0,11038 961	0,11697 1677	0,01368 2373	4087,72 3402
3	35016	35015,9 3333	1226115 587	0,17532 4675	0,19276 5516	0,03715 8544	6749,86 4456
4	58648	58648,3 1667	3439625 048	0,24025 974	0,27477 8668	0,07550 3316	16115,3 0631
5	72207	72207,4 6667	5213918 242	0,30519 4805	0,36412 3768	0,13258 6118	26292,4 5484
6	84399	84399	7123191 201	0,37012 987	0,46224 1624	0,21366 7319	39012,7 3082
7	89907	89906,7 1667	8083217 702	0,43506 4935	0,57104 4484	0,32609 1802	51340,7 3461
8	103039	103038, 65	1061696 3394	0,5	0,69314 7181	0,48045 3014	71420,9 4974
9	106528	106527, 9	1134819 3478	0,56493 5065	0,83225 9983	0,69265 6679	88658,9 0825
10	116257	116257, 0833	1351570 9425	0,62987 013	0,99390 1335	0,98783 9863	115548, 0703
11	157260	157259, 9833	2473070 2358	0,69480 5195	1,18680 5001	1,40850 611	186636, 9346
12	165982	165981, 8333	2754996 8997	0,75974 026	1,42603 469	2,03357 4936	236695, 8522
13	208769	208768, 6667	4358435 6182	0,82467 5325	1,74111 5736	3,03148 4008	363490, 4108
14	219271	219270, 5333	4807956 6788	0,88961 039	2,20373 9258	4,85646 6719	483215, 0825
15	413653	413653, 45	1,71109 E+11	0,95454 5455	3,09104 2453	9,55454 3448	1278620 ,375

Distribusi Eksponensial							
No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
TOT	1890699	1890699	3,77458	7,5	14,1964	23,8463	2969039
AL	,283	,283	E+11		9139	7836	,907
IOF = r =	0,98012 3819						

2. Distribusi Normal

Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi normal ($i = 1$):

$$X_i = t_i$$

$$= 24817$$

$$X_i^2 = 24817^2$$

$$= 615907479$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(15+0,4)} = 0,045454545$$

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

$$= z_i = \Phi^{-1} [0,045454545] = -1,69062163$$

$$Y_i^2 = -1,69062163^2$$

$$= 2,858201494$$

$$X_i Y_i = 24817 * -1,69062163$$

$$= -41956,97412$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Normal.

$$r_{normal} = \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] - [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(15 * (-41956,97412)) - (24817 * (-1,69062163))}{\sqrt{((15 * 615907479) - 24817^2) * ((15 * 2,858201494) - (-1,69062163)^2)}}$$

$$= 0,902152318$$

Tabel 4. 10 Time to Failure Distribusi Normal

Distribusi Normal							
No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	24817	24817,4 8333	6159074 79	0,04545 4545	- 1,690621 63	2,85820 1494	- 41956,97 412
2	34946	34946,2 6667	1221241 554	0,11038 961	- 1,224458 743	1,49929 9214	- 42790,26 176

Distribusi Normal							
No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
3	35016	35015,9 3333	1226115 587	0,17532 4675	- 0,9333330 503	0,87110 5828	- 32681,43 867
4	58648	58648,3 1667	3439625 048	0,24025 974	- 0,705467 291	0,49768 4098	- 41374,46 907
5	72207	72207,4 6667	5213918 242	0,30519 4805	- 0,509517 392	0,25960 7973	- 36790,96 013
6	84399	84399	7123191 201	0,37012 987	- 0,331509 402	0,10989 8484	- 27979,06 203
7	89907	89906,7 1667	8083217 702	0,43506 4935	- 0,163493 526	0,02673 0133	- 14699,16 611
8	103039	103038, 65	1061696 3394	0,5	0	0	0
9	106528	106527, 9	1134819 3478	0,56493 5065	0,163493 526	0,02673 0133	17416,62 198
10	116257	116257, 0833	1351570 9425	0,62987 013	0,331509 402	0,10989 8484	38540,31 619
11	157260	157259, 9833	2473070 2358	0,69480 5195	0,509517 392	0,25960 7973	80126,69 665
12	165982	165981, 8333	2754996 8997	0,75974 026	0,705467 291	0,49768 4098	117094,7 543
13	208769	208768, 6667	4358435 6182	0,82467 5325	0,9333330 503	0,87110 5828	194850,1 647
14	219271	219270, 5333	4807956 6788	0,88961 039	1,224458 743	1,49929 9214	268487,7 217
15	413653	413653, 45	1,71109 E+11	0,95454 5455	1,690621 63	2,85820 1494	699331,4 697
TOTAL	1890699 ,283	1890699 ,283	3,77458 E+11	7,5	- 3,55271 E-15	12,2450 5445	1177575, 413
IOF = r =	0,90215 2318						

3. Distribusi Log Normal

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

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln (24817) = 10,11930366 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 10,11930366^2 \\ &= 102,4003065 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{(i-0,3)}{(15+0,4)} = 0,045454545$$

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

$$= z_i = \Phi^{-1} [0,045454545] = -1,69062163$$

$$Y_i^2 = -1,69062163^2$$

$$= 2,858201494$$

$$X_i Y_i = 10,11930366 * -1,69062163$$

$$= -17,10791364$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Log Normal.

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

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(15 * (-10,11930366)) - (10,11930366 * (-1,623523182))}{\sqrt{((15 * 102,4003065) - 10,11930366^2) * ((15 * 2,858201494) - (-1,69062163)^2)}}$$

$$= 0,98992324$$

Tabel 4. 11 *Time to Failure* Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal							
No	ti	Xi = ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	24817	10,1193 0366	102,400 3065	0,04545 4545	- 1,69062 163	2,85820 1494	- 17,1079 1364
2	34946	10,4615 6692	109,444 3825	0,11038 961	- 1,22445 8743	1,49929 9214	- 12,8097 5709
3	35016	10,4635 5847	109,486 056	0,17532 4675	- 0,93333 0503	0,87110 5828	- 9,76595 8294
4	58648	10,9793 1415	120,545 3393	0,24025 974	- 0,70546 7291	0,49768 4098	- 7,74554 701
5	72207	11,1872 9874	125,155 653	0,30519 4805	- 0,50951 7392	0,25960 7973	- 5,70012 3281
6	84399	11,3433 1083	128,670 7006	0,37012 987	- 0,33150 9402	0,10989 8484	- 3,76041 4192
7	89907	11,4065 2793	130,108 8794	0,43506 4935	- 0,16349 3526	0,02673 0133	- 1,86489 347

Distribusi Log Normal							
No	ti	$X_i = \ln \frac{t_i}{t_1}$	X_i^2	F(ti)	Yi	Yi ²	$X_i Y_i$
8	103039	11,5428 5944	133,237 604	0,5	0	0	0
9	106528	11,5761 622	134,007 5313	0,56493 5065	0,16349 3526	0,02673 0133	1,89262 7575
10	116257	11,6635 5925	136,038 6145	0,62987 013	0,33150 9402	0,10989 8484	3,86657 9555
11	157260	11,9656 5566	143,176 9154	0,69480 5195	0,50951 7392	0,25960 7973	6,09670 9671
12	165982	12,0196 3362	144,471 5924	0,75974 026	0,70546 7291	0,49768 4098	8,47945 8369
13	208769	12,2489 8206	150,037 5615	0,82467 5325	0,93333 0503	0,87110 5828	11,4323 4859
14	219271	12,2980 6156	151,242 3181	0,88961 039	1,22445 8743	1,49929 9214	15,0584 69
15	413653	12,9327 8382	167,256 8975	0,95454 5455	1,69062 163	2,85820 1494	21,8644 4407
TOTAL	1890699 L ,283	172,208 5783	1985,28 0352	7,5	- 3,55271 E-15	12,2450 5445	9,93602 985
IOF = r =	0,98992 324						

4. Distribusi Weibull

Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi *Weibull* ($i = 1$):

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln (24817) = 10,11930366 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 10,11930366^2 \\ &= 102,4003065 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\ &= \frac{(1-0,3)}{(15+0,4)} = 0,045454545 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right] \right| \\ &= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-0,045454545\}} \right] \right| = -3,067872615 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -3,067872615^2 \\ &= 9,411842383 \end{aligned}$$

$$X_i Y_i = 10,11930366 * -3,067872615$$

$$= -31,04473457$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Weibull

$$r_{weibull} = \frac{[n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi) (\sum_{i=1}^n Yi)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2] - [\sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(15 * (-31,04473457)) - (10,11930366 * (-3,067872615))}{\sqrt{((15 * 102,4003065) - 10,11930366^2) * ((15 * 9,411842383) - (-9,411842383)^2)}}$$

$$= 0,97763697$$

Tabel 4. 12 Time to Failure Distribusi Weibull

Distribusi Weibull							
No	ti	Xi = ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	24817	10,11930366	102,4003065	0,045454545	3,067872615	9,411842383	31,04473457
2	34946	10,46156692	109,4443825	0,11038961	2,145823454	4,604558296	22,44867567
3	35016	10,46355847	109,486056	0,175324675	1,646280772	2,71024038	17,22595512
4	58648	10,97931415	120,5453393	0,24025974	1,29178935	1,668719726	14,1829611
5	72207	11,18729874	125,155653	0,305194805	1,010261447	1,020628192	11,30209661
6	84399	11,34331083	128,6707006	0,37012987	0,771667529	0,595470776	8,753264642
7	89907	11,40652793	130,1088794	0,435064935	0,560288167	0,31392283	6,39094263
8	103039	11,54285944	133,237604	0,5	0,366512921	0,134331721	4,230607125
9	106528	11,5761622	134,0075313	0,564935065	0,183610407	0,033712782	2,125503858
10	116257	11,66355925	136,0386145	0,62987013	0,006117338	3,74218E-05	0,071349937
11	157260	11,96565566	143,1769154	0,694805195	0,171264823	0,02933164	2,049295899
12	165982	12,01963362	144,4715924	0,75974026	0,354897648	0,125952341	4,265739707

Distribusi Weibull							
No	t_i	$X_i = \ln t_i$	X_i^2	$F(t_i)$	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
13	208769	12,2489 8206	150,037 5615	0,82467 5325	0,55452 6136	0,30749 9235	6,79238 0686
14	219271	12,2980 6156	151,242 3181	0,88961 039	0,79015 558	0,62434 5841	9,71738 1969
15	413653	12,9327 8382	167,256 8975	0,95454 5455	1,12850 8398	1,27353 1203	14,5947 5515
TOTAL	1890699 283	172,208 5783	1985,28 0352	7,5	- 8,05087 1417	22,8541 2477	- 80,3565 3786
IOF = r =	0,97763 697						

Tabel dibawah ini merupakan hasil dari *index of fit* pada 4 distribusi sebagai berikut:

Tabel 4. 13 *Index of Fit Time to Failure*

Distribusi	Index of Fit
Eksponensial	0,980123819
Normal	0,902152318
Log Normal	0,98992324
Weibull	0,97763697
Distribusi	Index Of Fit
Log Normal	98,99%
Eksponensial	98,01%
Weibull	97,76%
Normal	90,22%

Dari tabel berikut dipilih distribusi Log Normal karena memiliki nilai *index of fit*. Nilai dari hasil *index of fit* yaitu 98,99%.

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

Selanjutnya ketika komponen kritis sudah diketahui maka menentukan jarak antar perbaikan pada komponen *Screw Press* sebagai berikut:

Tabel 4. 14 *Time to Repair* komponen *Heating system*

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Dti
1	23/05/2020 06:36	23/05/2020 08:08	92
2	16/06/2020 15:44	16/06/2020 21:04	321
3	05/09/2020 14:42	05/09/2020 19:11	269
4	28/01/2021 18:40	29/01/2021 00:06	327
5	22/02/2021 06:33	22/02/2021 14:15	462
6	05/05/2021 03:34	05/05/2021 06:04	151

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Dti
7	22/05/2021 11:42	22/05/2021 14:15	154
8	11/07/2021 17:43	11/07/2021 23:12	329
9	12/09/2021 09:39	12/09/2021 19:07	569
10	27/06/2022 01:21	27/06/2022 07:05	345
11	07/08/2022 00:34	07/08/2022 02:36	122
12	24/11/2022 07:36	24/11/2022 13:14	338
13	06/02/2023 12:42	06/02/2023 15:06	144
14	08/07/2023 21:37	09/07/2023 02:14	277
15	05/09/2023 16:53	05/09/2023 18:10	77
16	30/12/2023 00:32	30/12/2023 02:13	101

Pada pengujian kali ini menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* dimana adanya pemilihan nilai IOF atau *Index of Fit* terbesar. Terdapat 4 distribusi untuk menghitung waktu kerusakan yaitu distribusi i, Normal, Lognormal dan *Weibull*.

1. Distribusi *Ekspensial*

Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi *ekspensial* ($i = 1$):

$$X_i = dt_i$$

$$= 77$$

$$X_i^2 = 77^2$$

$$= 5954,694444$$

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

$$= \frac{(i-0,3)}{(16+0,4)} = 0,042682927$$

$$Y_i = \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-F(dt_i)\}} \right]$$

$$= \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-0,042682927\}} \right] = 0,043620622$$

$$Y_i^2 = 0,043620622^2$$

$$= 0,001902759$$

$$X_i Y_i = 77 * 0,043620622$$

$$= 3,366058034$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Ekspensial*.

$$r_{\text{ekspensial}} = \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] - [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(16*(3,366058034))-(77*(0,043620622))}{\sqrt{((16*5954,694444)-77^2)*((16*0,001902759)-(0,043620622)^2)}}$$

$$= 0,958172601$$

Tabel 4. 15 Time to Repair Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial							
No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	77	77,16 6666 66	5954, 6944 44	0,042682 927	0,043620 622	0,001902 759	3,366058 034
2	92	92,06 6666 67	8476, 2711 11	0,103658 537	0,109433 841	0,011975 766	10,07520 897
3	101	101,3 1666 67	1026 5,066 95	0,164634 146	0,179885 502	0,032358 794	18,22539 944
4	122	122,0 3333 33	1489 2,134 45	0,225609 756	0,255679 341	0,065371 926	31,20140 229
5	144	144,4 6666 67	2087 0,617 78	0,286585 366	0,337692 493	0,114036 22	48,78530 883
6	151	150,5 1666 67	2265 5,266 95	0,347560 976	0,427037 593	0,182361 106	64,27627 51
7	154	153,5 3333 33	2357 2,484 44	0,408536 585	0,525155 449	0,275788 246	80,62886 665
8	269	269,3 3333 33	7254 0,444 44	0,469512 195	0,633958 309	0,401903 138	170,7461 046
9	277	277	7672 9	0,530487 805	0,756061 006	0,571628 245	209,4288 987
10	321	320,9 1666 67	1029 87,50 69	0,591463 415	0,895173 808	0,801336 147	287,2761 947
11	327	326,7 3333 33	1067 54,67 11	0,652439 024	1,056815 16	1,116858 282	345,2967 399
12	329	329,2 8333 33	1084 27,51 36	0,713414 634	1,249718 826	1,561797 144	411,5115 808
13	338	338,0 8333 33	1143 00,34 03	0,774390 244	1,488948 515	2,216967 681	503,3886 772

Distribusi Eksponensial							
No	dti	$X_i = dti$	X_i^2	$F(dti)$	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
14	345	344,6 8333 33	1188 06,60 03	0,835365 854	1,804029 562	3,254522 66	621,8189 228
15	462	462,3 5	2137 67,52 25	0,896341 463	2,266653 084	5,137716 202	1047,987 053
16	569	568,5 5	3232 49,10 25	0,957317 073	3,153956 279	9,947440 208	1793,181 842
TOTAL	4078	4078, 0333 33	1344 249,2 38	8	15,18381 939	25,69396 452	5647,194 534
IOF = r =	0,9581 72601						

2. Distribusi Normal

Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi normal ($i = 1$):

$$X_i = dti$$

$$= 77$$

$$X_i^2 = 77^2$$

$$= 5954,694444$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(16+0,4)} = 0,042682927$$

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

$$= z_i = \Phi^{-1} [0,042682927] = -1,720366438$$

$$Y_i^2 = -1,720366438^2$$

$$= 2,959660681$$

$$X_i Y_i = 77 * -1,720366438$$

$$= -132,7549435$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Normal.

$$r_{normal} = \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] - [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r_{(index\ of\ fit)} = \frac{(16 * (-132,7549435)) - (77 * (-1,720366438))}{\sqrt{((16 * 5954,694444) - 77^2) * ((16 * 2,959660681) - (-1,720366438)^2)}}$$

$$= 0,959641358$$

Tabel 4. 16 *Time to Repair* Distribusi Normal

Distribusi Normal							
No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	77	77,1666 6666	5954,69 4444	0,04268 2927	- 1,72036 6438	2,95966 0681	- 132,7549 435
2	92	92,0666 6667	8476,27 1111	0,10365 8537	- 1,26097 7169	1,59006 342	- 116,0939 647
3	101	101,316 6667	10265,0 6695	0,16463 4146	- 0,97558 8768	0,95177 3445	- 98,84340 204
4	122	122,033 3333	14892,1 3445	0,22560 9756	- 0,75338 3471	0,56758 6655	- 91,93789 63
5	144	144,466 6667	20870,6 1778	0,28658 5366	- 0,56338 7963	0,31740 5997	- 81,39078 109
6	151	150,516 6667	22655,2 6695	0,34756 0976	- 0,39191 3739	0,15359 6379	- 58,98954 961
7	154	153,533 3333	23572,4 8444	0,40853 6585	- 0,23131 104	0,05350 4797	- 35,51395 497
8	269	269,333 3333	72540,4 4444	0,46951 2195	- 0,07649 6133	0,00585 1658	- 20,60295 853
9	277	277	76729	0,53048 7805	0,07649 6133	0,00585 1658	21,18942 889
10	321	320,916 6667	102987, 5069	0,59146 3415	0,23131 104	0,05350 4797	74,23156 785
11	327	326,733 3333	106754, 6711	0,65243 9024	0,39191 3739	0,15359 6379	128,0512 823
12	329	329,283 3333	108427, 5136	0,71341 4634	0,56338 7963	0,31740 5997	185,5142 665
13	338	338,083 3333	114300, 3403	0,77439 0244	0,75338 3471	0,56758 6655	254,7063 953
14	345	344,683 3333	118806, 6003	0,83536 5854	0,97558 8768	0,95177 3445	336,2691 886
15	462	462,35	213767, 5225	0,89634 1463	1,26097 7169	1,59006 342	583,0127 939
16	569	568,55	323249, 1025	0,95731 7073	1,72036 6438	2,95966 0681	978,1143 384
TOT AL	4078	4078,03 3333	1344249 ,238	8	0	13,1988 8606	1924,961 811

Distribusi Normal							
No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
IOF = r =	0,95964 1358						

3. Distribusi Log Normal

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

$$X_i = \ln dti$$

$$= \ln(77) = 4,345967585$$

$$X_i^2 = 4,345967585^2$$

$$= 18,88743425$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(16+0,4)} = 0,042682927$$

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

$$= z_i = \Phi^{-1} [0,042682927] = -1,720366438$$

$$Y_i^2 = -1,720366438^2$$

$$= 2,959660681$$

$$X_i Y_i = 4,345967585 * -1,720366438$$

$$= -7,476656774$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Log Normal.

$$r \text{ Log normal} = \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] - [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(16 * (-7,476656774)) - (4,345967585 * (-1,720366438))}{\sqrt{((16 * 18,88743425) - (4,345967585)^2) * ((14 * 2,959660681) - (-1,720366438)^2)}} = 0,970007097$$

Tabel 4. 17 Time to Repair Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal							
No	dti	Xi = ln dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	77	4,34596 7585	18,8874 3425	0,04268 2927	- 1,720366 438	2,95966 0681	- 7,476656 774
2	92	4,52251 2952	20,4531 234	0,10365 8537	- 1,260977 169	1,59006 342	- 5,702785 577

Distribusi Log Normal							
No	dti	$X_i = \ln dti$	X_i^2	$F(dti)$	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
3	101	4,61825 0926	21,3282 4161	0,16463 4146	- 0,975588 768	0,95177 3445	- 4,505513 732
4	122	4,80429 4232	23,0812 4306	0,22560 9756	- 0,753383 471	0,56758 6655	- 3,619475 866
5	144	4,97304 88	24,7312 1437	0,28658 5366	- 0,563387 963	0,31740 5997	- 2,801755 835
6	151	5,01407 382	25,1409 3627	0,34756 0976	- 0,391913 739	0,15359 6379	- 1,965084 418
7	154	5,03391 7699	25,3403 274	0,40853 6585	- 0,231311 04	0,05350 4797	- 1,164400 737
8	269	5,59594 977	31,3146 5383	0,46951 2195	- 0,076496 133	0,00585 1658	- 0,428068 519
9	277	5,62401 7506	31,6295 7291	0,53048 7805	0,076496 133	0,00585 1658	0,430215 592
10	321	5,77118 1484	33,3065 3572	0,59146 3415	0,231311 04	0,05350 4797	1,334937 99
11	327	5,78914 4344	33,5141 9223	0,65243 9024	0,391913 739	0,15359 6379	2,268845 205
12	329	5,79691 8576	33,6042 6497	0,71341 4634	0,563387 963	0,31740 5997	3,265914 15
13	338	5,82329 2413	33,9107 3453	0,77439 0244	0,753383 471	0,56758 6655	4,387172 254
14	345	5,84262 6121	34,1362 7999	0,83536 5854	0,975588 768	0,95177 3445	5,700000 421
15	462	6,13632 218	37,6544 499	0,89634 1463	1,260977 169	1,59006 342	7,737762 168
16	569	6,34308 926	40,2347 8136	0,95731 7073	1,720366 438	2,95966 0681	10,91243 788
TOTAL	4078	86,0346 0767	468,267 9858	8	0	13,1988 8606	8,373544 198
IOF = r =	0,97000 7097						

4. Distribusi Weibull

Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi *Weibull* ($i = 1$):

$$\begin{aligned}
 X_i &= \ln dti \\
 &= \ln (77) = 4,345967585
 \end{aligned}$$

$$Xi2 = 4,345967585^2$$

$$= 18,88743425$$

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

$$= \frac{(i-0,3)}{(16+0,4)} = 0,042682927$$

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

$$= \ln |\ln \left[\frac{1}{\{1-0,042682927\}} \right]| = -3,132225248$$

$$Yi2 = -3,132225248^2$$

$$= 9,810835003$$

$$XiYi = 4,345967585 * -3,132225248$$

$$= -13,6125494$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Weibull*.

$$r_{weibull} = \frac{[n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi) (\sum_{i=1}^n Yi)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2] - [\sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(16 * (-13,6125494)) - (4,345967585 * (-3,132225248))}{\sqrt{((16 * 18,88743425) - (4,345967585^2)) * ((16 * 9,810835003) - (-3,132225248)^2)}} = 0,964743695$$

Tabel 4. 18 *Time to Repair* Distribusi *Weibull*

Distribusi <i>Weibull</i>							
No	dti	$Xi = \ln dti$	Xi^2	F(dti)	Yi	Yi^2	$XiYi$
1	77	4,34596 7585	18,8874 3425	0,04268 2927	- 3,132225 248	9,81083 5003	- 13,61254 94
2	92	4,52251 2952	20,4531 234	0,10365 8537	- 2,212435 104	4,89486 9088	- 10,00576 641
3	101	4,61825 0926	21,3282 4161	0,16463 4146	- 1,715434 731	2,94271 6315	- 7,922308 032
4	122	4,80429 4232	23,0812 4306	0,22560 9756	- 1,363831 192	1,86003 5521	- 6,552246 33
5	144	4,97304 88	24,7312 1437	0,28658 5366	- 1,085619 582	1,17856 9876	- 5,398839 158
6	151	5,01407 382	25,1409 3627	0,34756 0976	- 0,850883 229	0,72400 2269	- 4,266391 322

Distribusi Weibull							
No	dti	Xi = ln dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
7	154	5,03391 7699	25,3403 274	0,40853 6585	- 0,644060 966	0,41481 4528	- 3,242149 897
8	269	5,59594 977	31,3146 5383	0,46951 2195	- 0,455772 085	0,20772 8194	- 2,550477 695
9	277	5,62401 7506	31,6295 7291	0,53048 7805	- 0,279633 21	0,07819 4732	- 1,572662 07
10	321	5,77118 1484	33,3065 3572	0,59146 3415	- 0,110737 38	0,01226 2767	- 0,639085 518
11	327	5,78914 4344	33,5141 9223	0,65243 9024	0,055259 819	0,00305 3648	0,319907 07
12	329	5,79691 8576	33,6042 6497	0,71341 4634	0,222918 587	0,04969 2696	1,292240 897
13	338	5,82329 2413	33,9107 3453	0,77439 0244	0,398070 176	0,15845 9865	2,318079 038
14	345	5,84262 6121	34,1362 7999	0,83536 5854	0,590022 808	0,34812 6914	3,447282 672
15	462	6,13632 218	37,6544 499	0,89634 1463	0,818304 331	0,66962 1978	5,021379 017
16	569	6,34308 926	40,2347 8136	0,95731 7073	1,148657 626	1,31941 4342	7,286037 853
TOTAL	4078	86,0346 0767	468,267 9858	8	- 8,617399 379	24,6723 9774	- 36,07754 928
IOF = r =	0,96474 3695						

Tabel dibawah ini merupakan hasil dari *index of fit* pada 4 distribusi sebagai berikut:

Tabel 4. 19 *Index of Fit Time to Failure*

Distribusi	Index of Fit
Ekspensial	0,958172601
Normal	0,959641358
Log Normal	0,970007097
<i>Weibull</i>	0,964743695
Log Normal	97,00%
Ekspensial	95,82%
<i>Weibull</i>	96,47%
Normal	95,96%

Dari tabel berikut dipilih distribusi Log Normal karena memiliki nilai *index of fit* tertinggi. Nilai dari hasil *index of fit* tertinggi dari distribusi Log Normal dengan nilai yaitu 97,00%.

4.5.4 Uji Goodness of Fit Pada Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Time to Failure*)

Uji *Goodness of Fit* digunakan untuk melakukan uji hipotesis yang diberikan pada distribusi terpilih yang diuji yaitu distribusi Log Normal dimana sesuai dengan data yg dipilih sesuai dengan proses pemilihan distribusi awal data kerusakan. Berikut merupakan Uji *Goodness of Fit* pada distribusi data waktu antar kerusakan menggunakan Uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Tabel 4. 20 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* untuk komponen *Heating system*

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
1	10,11930366	1,853051198	-1,838054277	0,033027204	0,0330272	0,03363946
2	10,46156692	1,03837112	-1,375912838	0,08442431	0,0177576	0,04890902
3	10,46355847	1,034316283	-1,373223742	0,084841401	- 0,0484919	0,1151586
4	10,97931415	0,251259318	-0,676823938	0,249258834	0,0492588	0,01740783
5	11,18729874	0,086009142	-0,395992472	0,346055291	0,0793886	-0,012722
6	11,34331083	0,018840598	-0,185336927	0,426482388	0,0931491	-0,0264824
7	11,40652793	0,005482508	-0,099977955	0,460180914	0,0601809	0,00648575
8	11,54285944	0,003879739	0,08410385	0,533513068	0,0668464	-0,0001797
9	11,5761622	0,009137508	0,12907095	0,551349246	0,0180159	0,04865075
10	11,66355925	0,033484376	0,247078938	0,597576433	- 0,0024236	0,06909023
11	11,96565566	0,235306265	0,65498502	0,743761301	0,0770946	-0,010428
12	12,01963362	0,290587554	0,727868839	0,76665306	0,0333197	0,03334694
13	12,24898206	0,590454192	1,037546877	0,850259469	0,0502595	0,0164072
14	12,29806156	0,668289361	1,103816536	0,865163635	-0,001503	0,0681697
15	12,93278382	2,108919509	1,960851138	0,975051805	0,0417185	0,0249482
TOTAL	172,2085783	8,22738867		Dn Max	0,0931491	0,1151586

Dari tabel berikut diketahui bahwa:

Ditung dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Ditung = 0,11516

Hipotesa untuk melakukan Uji *Kolmogorov-Smirnov test* adalah:

H0 = Data *Time Failure* berdistribusi Log Normal

H1 = Data *Time Failure* tidak berdistribusi Log Normal

α = 0,05

Dtabel = Dilihat pada tabel *Kolmogorov-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 15;0,05 = 0,338

Wilayah kritis: Dn < Dcrit maka H0 diterima

Bahwa keputusannya $D_n < D_{crit}$, $D_n = 0,11516 < D_{crit} = 0,338$, yaitu H_0 diterima

4.5.5 Uji Goodness of Fit Pada Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Time to Repair*)

Uji *Goodness of Fit* digunakan untuk melakukan uji hipotesis yang diberikan pada distribusi terpilih yang diuji yaitu distribusi Log Normal dimana sesuai dengan data yg dipilih sesuai dengan proses pemilihan distribusi awal data perbaikan. Berikut merupakan Uji *Goodness of Fit* pada distribusi data waktu antar kerusakan menggunakan Uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Tabel 4. 21 Perhitungan t untuk komponen *Heating system*

No	$\ln(t_i)$	$[\ln(t_i) - \bar{x} \ln(t_i)]^2$	Z_{t_i}	F_{t_i}	D1	D2
1	4,345967585	1,063363941	-1,73594192	0,041287052	0,0412871	0,02121295
2	4,522512952	0,730426668	-1,438740725	0,075111998	0,012612	0,049888
3	4,618250926	0,575947505	-1,277572859	0,100700038	-0,0243	0,08679996
4	4,804294232	0,328178602	-0,964382579	0,167427077	-0,0200729	0,08257292
5	4,9730488	0,163308269	-0,680296622	0,248158331	-0,0018417	0,06434167
6	5,01407382	0,131833738	-0,611234006	0,270522337	-0,0419777	0,10447766
7	5,033917699	0,117817323	-0,57782829	0,281690027	-0,09331	0,15580997
8	5,59594977	0,04786766	0,368311538	0,643679525	0,2061795	-0,1436795
9	5,624017506	0,060937157	0,415561516	0,661134554	0,1611346	-0,0986346
10	5,771181484	0,155250582	0,663301294	0,746431196	0,1839312	-0,1214312
11	5,789144344	0,169728645	0,693540453	0,756014776	0,1310148	-0,0685148
12	5,796918576	0,176194761	0,706627803	0,760101097	0,0726011	-0,0101011
13	5,823292413	0,199031472	0,751026227	0,773681564	0,0236816	0,03881844
14	5,842626121	0,216655936	0,783573108	0,78335468	-0,0291453	0,09164532
15	6,13632218	0,576322692	1,277988913	0,899373332	0,0243733	0,03812667
16	6,34308926	0,93301358	1,626066148	0,948032208	0,0105322	0,05196779
TOTAL	86,03460767	5,645878532		Dn Max	0,206178	0,15581

Dari tabel berikut diketahui bahwa:

Dhitung dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,20618

Hipotesa untuk melakukan Uji *Kolmogorov-Smirnov test* adalah:

H_0 = Data *Time Repair* berdistribusi Log Normal

H_1 = Data *Time Repair* tidak berdistribusi Log Normal

α = 0,05

Dtabel = Dilihat pada tabel *Kolmogorov-Smirnov*, dengan nilai $D_{crit} 16;0,05 = 0,327$

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

Bahwa keputusannya $D_n < D_{crit}$, $D_n = 0,20618 < D_{crit} = 0,327$, yaitu H_0 diterima

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

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

- a. Tmed (parameter lokasi)

$$\begin{aligned} N &= 15 \\ \mu &= \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n} \\ \mu &= \frac{172,20857}{15} \\ \mu &= 11,48057 \\ T_{med} &= e^\mu \\ &= e^{11,48057} \\ &= 96816,420 \end{aligned}$$

- b. S (Parameter bentuk)

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\ln(t_i) - \mu]^2}{n}} \\ s &= \sqrt{\frac{8,227389}{15}} \\ s &= 0,74060 \end{aligned}$$

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

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

- a. Tmed (parameter lokasi)

$$\begin{aligned} N &= 16 \\ \mu &= \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n} \\ \mu &= \frac{86,034608}{16} \\ \mu &= 5,377163 \\ T_{med} &= e^\mu \\ &= e^{5,377163} \\ &= 216,40745 \end{aligned}$$

- b. S (Parameter bentuk)

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

$$s = \sqrt{\frac{5,64588}{16}}$$

$$s = 0,594026$$

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

Berikut merupakan penentuan nilai *Mean Time to Failure* (penentuan nilai tengah) dari distribusi waktu antar kerusakan untuk distribusi Log Normal:

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= t_{med.e} \frac{s^2}{2} \\ &= 96816,420 \cdot e^{\frac{0,74060^2}{2}} \\ &= 127365,7538 \end{aligned}$$

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

Berikut merupakan penentuan nilai *Mean Time to Repair* (penentuan nilai tengah) dari distribusi waktu antar perbaikan untuk distribusi Log Normal:

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= t_{med.e} \frac{s^2}{2} \\ &= 216,40745 \cdot e^{\frac{0,594026^2}{2}} \\ &= 258,1644238 \end{aligned}$$

4.5.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Dengan Minimasi Downtime

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

1. Data waktu kerusakan berdistribusi Log Normal

$$\text{MTTF} = 15643,28789$$

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

$$s = 0,852520884$$

2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

$$T_f = 258,1644238$$

3. Waktu untuk melakukan penggantian *preventive maintenance*

$$T_p = 258,1644238$$

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

Interval Penggantian Komponen Dengan Model ARP						
tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	M (tp)	MTTF/F(tp) + Tf	D(tp)
24817	0,966972796	0,0330272	25075,64776	0,765898328	280,5884488	0,0106429991575135
34946	0,91557569	0,08442431	35204,43109	0,808893089	266,9368123	0,0080038929285254
35016	0,915158599	0,0848414	35274,09776	0,809261748	266,8936862	0,0079917076464902
58648	0,750741166	0,24925883	58906,48109	0,986495588	261,1356438	0,0058291380081875
72207	0,653944709	0,34605529	72465,63109	1,132516002	260,3045524	0,0054374907121914
84399	0,573517612	0,42648239	84657,16442	1,291334097	259,9009617	0,0053051243739283
89907	0,539819086	0,46018091	90164,88109	1,371946391	259,773797	0,0052910930631717
103039	0,466486932	0,53351307	103296,8144	1,587617567	259,5525863	0,0053422441774361
106528	0,448650754	0,55134925	106786,0644	1,65073354	259,5076792	0,0053725238123668
116257	0,402423567	0,59757643	116515,2478	1,840356552	259,4037679	0,0054877815278491
157260	0,256238699	0,7437613	157518,1478	2,890284916	259,1601772	0,0063657855398822
165982	0,23334694	0,76665306	166239,9978	3,173827127	259,1304446	0,0066212545813185
208769	0,149740531	0,85025947	209026,8311	4,945907732	259,0354553	0,0081904863427133
219271	0,134836365	0,86516363	219528,6978	5,492604664	259,0204501	0,0086561055325649
413653	0,024948195	0,9750518	413911,6144	29,68562808	258,9239761	0,0244039143049171

Berikut ini adalah contoh perhitungan interval waktu penggantian pencegahan pada mesin Pressing di komponen *Screw Press* dengan distribusi Log Normal untuk $T_p = 258,1644238$

$$\begin{aligned}
 \text{a. } F(89907) &= \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \\
 &= 0,539819086 \\
 \text{b. } R(89907) &= 1 - F(t) \\
 &= 0,46018091 \\
 \text{c. } M(89907) &= \frac{MTTF}{1-R(tp)} \\
 &= 1,371946391 \\
 \text{d. } D(tp) &= \frac{T_p.R(tp)+T_f.(1-R(tp))}{(tp+T_p).R(t)+(M(tp)+T_f).(1-R(tp))} \\
 &= 0,0052910930631717
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai $D(tp)$ yang paling minimum adalah pada $tp = 89907$ menit. Bahwa waktu interval penggantian komponen *Heating system* dengan kriteria minimasi *downtime* pada menit ke 89907 atau sama dengan 62 hari setara dengan 2 bulan 4 hari.

4.5.11 Perhitungan interval waktu pergantian pencegahan (Penentuan Interval Perawatan)

Berdasarkan hasil dari *Mean Time to Failure* (penentuan nilai tengah) dari distribusi waktu antar kerusakan untuk distribusi Log Normal dapat ditentukan hasil untuk perhitungan interval waktu pergantian pencegahan atau penentuan interval waktu pemeriksaan pada komponen *Heating System*. Berikut merupakan data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan interval waktu pergantian pencegahan adalah:

A. Penentuan Interval Pemeriksaan

- Waktu rata-rata penggantian kerusakan (T_f) komponen *Heating System* adalah 1 jam

- Waktu rata-rata penggantian pencegahan (T_p):

$$1 \text{ bulan} = 26 \text{ hari kerja}, 1 \text{ hari} = 8 \text{ jam kerja}$$

$$T = 26 \text{ hari/bulan} \times 8 \text{ jam/hari} = 208 \text{ jam/bulan}$$

$$\text{Jumlah kerusakan komponen } \textit{Heating System} \text{ selama 4 tahun} = 16$$

$$K = \frac{16}{48 \text{ bulan}}$$

$$= 0,333.333$$

- Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan

$$\text{MTTR} = 258,1644238 \text{ menit} = 4,30 \text{ jam}$$

$$T = 208 \text{ jam/bulan}$$

$$1/\mu = \text{MTTR}/t$$

$$1/\mu = 4,30/208$$

$$1/\mu = 0,02067308$$

$$\mu = 48,372093$$

- Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan

$$\text{Waktu untuk melakukan pemeriksaan } (t_i) = 1 \text{ jam}$$

$$T = 207 \text{ jam/bulan}$$

$$\frac{1}{i} = \frac{t_i}{t}$$

$$= \frac{1}{208} = 0,00480769$$

- Perhitungan frekuensi pemeriksaan

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

$$= \sqrt{\frac{0,333.333}{48,372093}}$$

= 0,172137679 kali pemeriksaan/bulan

- Interval waktu pemeriksaan

$$t/n = 208/0,172137679$$

$$= 1208,335 \text{ jam} = 50 \text{ hari.}$$

4.5.12 Perhitungan Total Biaya Perawatan

1. Biaya tenaga kerja

Merupakan biaya pekerja yang melakukan tindakan *maintenance* selama terjadi kerusakan pada komponen *heating system* pada mesin *screwpress*. Jumlah jam kerja dari pekerja merupakan 7 jam. Berikut merupakan perhitungan biaya tenaga kerja.

Tabel 4. 22 Biaya tenaga kerja perawatan

No	Tenaga Kerja Perawatan	Biaya per Hari	Jumlah Gaji/ Jam	Jumlah Tenaga Kerja
1	Tenaga Teknisi	136.000	19.429	1 pekerja
2	Tenaga Teknisi	136.000	19.429	1 pekerja
Jumlah		272.000	38.860	2 pekerja

2. Biaya Kerugian Produksi

Merupakan biaya yang timbul akibat terjadinya *downtime* yang menyebabkan matinya mesin produksi dan perusahaan mengalami kerugian (*loss production*) karena mesin tidak dapat produksi. Berikut merupakan perhitungan biaya kerugian produksi yang dialami perusahaan.

Kapasitas Produksi Pabrik : 20 Ton/Jam

Harga TBS : 2.400 Rp/kg

Harga CPO : 12.000 Rp/Ltr

OER : 22 %

Total Volume TBS yang dapat diolah pabrik per Hari adalah:

480 Ton = 480.000/kg

Total Biaya Beli TBS : Rp.1.152.000.000

Total Volume CPO yang dihasilkan dari OER 22% : 105.600 Ltr

Total Biaya penjualan dari CPO yang dihasilkan : Rp.1.267.200.000

Biaya Margin CPO & Kernel : Rp.115.200.000/hari

Biaya produksi per Jam : Rp.4.800.000/Jam

3. Biaya perawatan komponen

Merupakan biaya yang timbul akibat adanya kerusakan komponen yang membutuhkan perawatan atau perbaikan pada komponen *heating system* pada mesin *Screwpress*. Berikut merupakan contoh perhitungan perawatan pada komponen *heating system*.

Tabel 4. 23 Biaya perawatan komponen

No	Jenis Peralatan	Harga/ Kg	Kebutuhan/Kg
1	Kawat Las Rb26- 2.6mm	Rp.170.000	5
Total			Rp.850.000

4. Biaya penggantian terencana/penggantian pencegahan (Cp)

$$\begin{aligned}
 C_p &= (\text{biaya tenaga kerja} + \text{biaya komponen} + \text{biaya pemasangan}) \\
 &= (272.000 + 850.000 + 100.000) \\
 &= \text{Rp.1.222.000}
 \end{aligned}$$

5. Biaya penggantian tidak terencana/penggantian Kerusakan (Cf)

$$\begin{aligned}
 C_f &= (\text{biaya tenaga kerja} + \text{biaya komponen} + \text{biaya kehilangan produksi} + \text{biaya pemasangan}) \\
 &= (272.000 + 850.000 + 4.800.000 + 100.000) \\
 &= \text{Rp.6.022.000}
 \end{aligned}$$

Menghitung interval waktu penggantian pencegahan:

6. Biaya penggantian komponen menggunakan *Age Replacment*

- *Failure cost* untuk 1 kali Kerusakan:

$$\begin{aligned}
 \text{Failure cost} &= (\text{biaya tenaga kerja} + \text{biaya komponen} + \text{biaya kehilangan produksi} + \text{biaya pemasangan}) \\
 &= (272.000 + 850.000 + 4.800.000 + 100.000) \\
 &= \text{Rp.6.022.000}
 \end{aligned}$$

- *Cost Preventive Maintenance*

$$\begin{aligned}
 \text{Cost Preventive Maintenance} &= \frac{(C_p \times T(tp)) + C_f \times [1-R(tp)]}{((tp+Tp) \times R(tp)) + ((M(tp)+Tf) \times [1-R(tp)])} \\
 &= \text{Rp.659.778}
 \end{aligned}$$

- Frekuensi Kerusakan

Frekuensi kerusakan selama periode 4 tahun:

(2020,2021,2022,2023) = 16 kali kerusakan

- Ongkos penggantian sebelum adanya usulan perawatan
= 16 x Rp.6.022.000
= Rp.96.352.000
- Biaya penggantian yang diusulkan
= 24 bulan frekuensi perawatan x *Cost Preventive Maintenance*
= 24 x Rp.659.778
= Rp.15.834.679

Dari biaya yang diusulkan menghemat Rp.80.517.321 dari biaya penggantian sebelumnya yang dikeluarkan oleh perusahaan.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Komponen Kritis)

Komponen kritis mesin Screw Press diidentifikasi melalui analisis data menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), didukung oleh *Functional Block Diagram* (FBD) untuk memahami fungsi dan hubungan antar mesin, serta *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengkategorikan kerusakan komponen. Selanjutnya, *Task Selection* (TS) menentukan tindakan perawatan yang efektif. Informasi terkait metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) dan *Age Replacement* diperoleh dari *expert* seperti Bapak Pebri Romodon, *Coordinator Engineer*.

Pada tahap FBD mesin *Pressing*, proses alur komponen mesin *screwpress* dijelaskan mulai dari komponen awal hingga akhir dalam sistem produksi. Proses kerja mesin *screwpress* dimulai dengan ekstraksi minyak kelapa sawit menggunakan *Screw Conveyor*. Buah kelapa sawit dimuat ke dalam *Hopper*, yang mengirim buah secara teratur ke *screwpress*, di mana buah dipadatkan dan ekstraksi minyak dimulai di *Pressing Chamber*. *GearBox* mengatur kecepatan putaran untuk ekstraksi minyak, menyesuaikan kecepatan putaran menjadi lebih rendah sesuai spesifikasi perusahaan, memungkinkan *Screw Shaft* untuk mendorong dan memadatkan bahan baku. Minyak diperoleh melalui *Press Cage*, yang mengekstraksi minyak sambil memadatkan buah lebih lanjut. *Drive Mechanism* menggerakkan *screw shaft* dan membantu dalam pemadatan dan pemindahan bahan. *Heating System* meningkatkan efisiensi ekstraksi dengan memanaskan bahan baku, kemudian bahan dikirimkan ke *Strainer* untuk menyaring minyak dari partikel padat. Minyak yang telah disaring dialirkan ke *Oil Discharge Outlet* untuk disimpan dan dikirim ke proses selanjutnya, sementara sisa bahan yang tidak mengandung minyak disalurkan melalui *Cake Outlet* untuk diproses lebih lanjut atau dibuang, menyelesaikan siklus produksi.

Pada tahap FMEA, teknik ini digunakan untuk menilai penyebab kerusakan terhadap keandalan sistem. Kolom *function* menunjukkan fungsi terjadinya kegagalan, kolom *failure mode* menunjukkan penyebab kegagalan, dan kolom *failure effect* menunjukkan apa yang terjadi ketika komponen mesin *pressing* gagal memenuhi standar performa. Berdasarkan FMEA, *Risk Priority Number* (RPN) dihitung dengan wawancara *expert* seperti Bapak Pebri Romodon. *Severity* diberi nilai 9 karena mesin tetap beroperasi tetapi

dengan gangguan, *occurrence* diberi nilai 5 karena frekuensi kerusakan yang tinggi, dan *detection* diberi nilai 3 karena operator kurang mampu mendeteksi penyebab kegagalan. Komponen *Heating System* sering rusak karena tekanan panas yang tinggi menyebabkan pipa bocor, yang mengurangi tekanan dalam sistem pemanas dan menurunkan kualitas produksi.

Berdasarkan hasil dari *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Risk Priority Number* (RPN) dihitung sebagai $severity \times occurrence \times detection$, yaitu $9 \times 5 \times 3 = 135$. Nilai ini diperoleh melalui wawancara dengan *expert* mesin *ScrewPress*, Bapak Pebri Romodon. *Severity* diberi peringkat 9 karena meskipun mesin tetap beroperasi, terdapat gangguan kecil yang membuatnya tidak berjalan optimal, sehingga mengganggu performa mesin dan kualitas produk. *Occurrence* diberi peringkat 5 karena frekuensi kerusakan yang cukup tinggi. *Detection* diberi peringkat 3 karena operator kurang memiliki kemampuan yang cukup untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan. Akibatnya, komponen *Heating System* pada mesin *Pressing* sering mengalami kerusakan. Jika pipa pada komponen ini bocor akibat tekanan panas yang tinggi, kebocoran dapat menurunkan tekanan dalam sistem pemanas, yang akan mengganggu kinerja seluruh sistem dan menurunkan kualitas produksi.

Pada tahap LTA, digunakan untuk mengetahui konsekuensi masing-masing *failure mode*. Tujuan LTA adalah mengklasifikasikan *failure mode* sehingga dapat menentukan prioritas penanganannya. Komponen dikategorikan ke dalam empat kategori berdasarkan wawancara dengan pakar seperti Bapak Pebri Romodon:

1. *Safety Problem* (Kategori A): kegagalan yang membahayakan keselamatan, seperti kebocoran pada pipa *Heating System* yang dapat menyebabkan luka bakar pada pekerja
2. *Outage Problem* (Kategori B): kegagalan yang menghentikan operasi sebagian atau seluruhnya, seperti kebocoran pipa yang mengganggu pemanasan bahan baku dan menurunkan kualitas produksi.
3. *Economic Problem* (Kategori C): kegagalan yang hanya mempengaruhi ekonomi dalam jumlah kecil, tidak terdapat di kasus ini.
4. *Hidden Failure* (Kategori D): kegagalan yang memiliki dampak langsung tetapi jika tidak diperbaiki dapat memicu kegagalan lainnya.

Penentuan komponen kritis dilakukan berdasarkan data *downtime* terbesar yang menunjukkan tingkat kepentingan komponen. Komponen *Heating System* memiliki

downtime tertinggi sebesar 4.078 menit atau 21,0155%. Berdasarkan FMEA, komponen *Heating System* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 135, menunjukkan komponen ini berisiko tinggi dan perlu penanganan khusus untuk mencegah kebocoran pipa dan penurunan kualitas produksi.

5.2 Analisis Pengolahan Data Kualitatif (Penentuan Tindakan perawatan)

Pemilihan tindakan adalah tahap akhir dalam proses analisis *Reliability Centered Maintenance II* (RCM). Setiap mode kerusakan menghasilkan daftar tindakan yang mungkin dilakukan, kemudian dipilih tindakan yang paling efektif. Dalam metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM) untuk mesin *Pressing*, setiap komponen dianalisis dengan bantuan wawancara *expert* mesin produksi, Bapak Pebri Romodon, *Coordinator Engineer*, sebagai berikut:

1. *Time Directed* (TD) atau *Preventive Maintenance* (PM) Terdapat 4 komponen yang memerlukan perawatan langsung berdasarkan umur atau waktu komponen. Melakukan perawatan pencegahan sebelum terjadi kerusakan efektif untuk mencegah penghentian mesin yang tidak terencana.
2. *Condition Directed* (CD) atau *Predictive Maintenance* (PDM) Terdapat 6 komponen yang memerlukan perawatan berdasarkan pemeriksaan dan inspeksi. Jika selama inspeksi terdeteksi gejala kerusakan, tindakan perbaikan atau penggantian komponen dilakukan menggunakan *Predictive Maintenance* (PDM)

Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen kritis *Heating System* termasuk dalam kategori tindakan *preventif*, di mana perawatan dilakukan langsung pada sumber potensi kerusakan berdasarkan umur atau waktu komponen. Upaya pencegahan ini dilakukan sebelum kerusakan mesin terjadi. Ketika umur komponen mencapai batasnya, penggantian dan perawatan dilakukan untuk mengurangi risiko kegagalan pada mesin.

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

Pengolahan data kuantitatif menunjukkan bahwa waktu interval pemeriksaan komponen *Heating System* adalah setiap 50 hari dan interval penggantian setiap 62 hari, berdasarkan data yang dimasukkan ke dalam perhitungan distribusi, uji *goodness-of-fit*, estimasi parameter, nilai *Mean Time to Failure* (MTTF), dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Analisis ini hanya menggunakan data *downtime* komponen *Heating System*.

Analisis pola distribusi kerusakan melibatkan empat distribusi: Eksponensial, Weibull, Log Normal, dan Normal. Pengujian distribusi dilakukan untuk menghitung *Index of Fit* waktu antar kerusakan dan perbaikan Pada analisis pola distribusi kerusakan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* (LSCF) untuk menentukan distribusi yang digunakan dengan mempertimbangkan *Index of Fit* terbesar dan hasil *Index of Fit* pada pengujian distribusi dengan metode *Least Square Curve Fitting* (LSCF) untuk data waktu antar kerusakan komponen *Heating System*.

Pada hasil pola distribusi terbesar setelah pengujian empat distribusi, yang diperoleh dari perhitungan mulai dari *downtime* hingga selesai *downtime* dengan data DT, dti, dan dti urut, serta perhitungan dari distribusi Eksponensial dan Normal menggunakan rumus dti, $X_i = dti$, X_{i2} , $F(dti)$, Y_i , Y_{i2} , dan $X_i \cdot Y_i$, sementara distribusi Log Normal dan Weibull menggunakan rumus dti, $X_i = \ln dti$, X_{i2} , $F(dti)$, Y_i , Y_{i2} , dan $X_i \cdot Y_i$, ditemukan bahwa Distribusi Log Normal memiliki persentase terbesar untuk waktu antar perbaikan dengan *Index of Fit* sebesar 98,99%.

Pada hasil pola distribusi terbesar setelah pengujian empat distribusi, yang diperoleh dari perhitungan mulai dari *downtime* hingga selesai *downtime* dengan data DT, dti, dan dti urut, serta perhitungan dari distribusi Eksponensial dan Normal menggunakan rumus dti, $X_i = dti$, X_{i2} , $F(dti)$, Y_i , Y_{i2} , dan $X_i \cdot Y_i$, sementara distribusi Log Normal dan Weibull menggunakan rumus dti, $X_i = \ln dti$, X_{i2} , $F(dti)$, Y_i , Y_{i2} , dan $X_i \cdot Y_i$, ditemukan bahwa Distribusi Log Normal memiliki persentase terbesar untuk waktu antar perbaikan dengan *Index of Fit* sebesar 97,00%.

Distribusi yang memiliki *Index of Fit* (r) terbesar perlu diuji kembali untuk memastikan bahwa distribusi yang dipilih benar-benar mewakili data waktu antar kerusakan dan perbaikan. Hasil *Index of Fit* (r) terbesar untuk data waktu antar kerusakan diperoleh pada distribusi Log Normal, sehingga uji kecocokan dilakukan menggunakan Kolmogorov-Smirnov Test. Jika hasil uji Kolmogorov-Smirnov dengan hipotesis H_0 diterima, maka data waktu antar kerusakan berdistribusi Log Normal. Demikian juga untuk data waktu antar perbaikan yang juga diperoleh pada distribusi Log Normal, uji kecocokan dilakukan dengan Kolmogorov-Smirnov Test. Jika hasil uji Kolmogorov-Smirnov dengan hipotesis H_0 diterima, maka data waktu antar perbaikan berdistribusi Log Normal.

Setelah pola distribusi data waktu antar kerusakan diperoleh, langkah berikutnya adalah menentukan *Mean Time to Failure* (MTTF) dengan menghitung estimasi dari data

distribusi tersebut. Data waktu antar kerusakan mengikuti distribusi Log Normal. Hasilnya menunjukkan bahwa komponen *Heating System* memiliki *Mean Time to Failure* (MTTF) sebesar 127.365,7538 menit atau 2.122 jam. Ini berarti komponen *Heating System* diperkirakan akan mengalami kerusakan kembali setelah beroperasi selama 2.122 jam atau sekitar 88 hari, berdasarkan perhitungan data $\ln(t_i)$, $[\ln(t_i) - \bar{x}]^2$, Z_{ti} , F_{ti} , DI , dan $D2$.

Setelah pola distribusi data waktu antar kerusakan diperoleh, langkah berikutnya adalah menentukan *Mean Time to Repair* (MTTR) dengan menghitung estimasi dari data distribusi tersebut. Data waktu antar perbaikan mengikuti distribusi Log Normal. Hasilnya menunjukkan bahwa komponen *Heating System* memiliki *Mean Time to Repair* (MTTR) sebesar 258,1644238 menit. Artinya, waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki komponen *Heating System* adalah 258,1644238 menit, berdasarkan perhitungan data $\ln(t_i)$, $[\ln(t_i) - \bar{x}]^2$, Z_{ti} , F_{ti} , DI , dan $D2$.

Setelah menentukan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR), langkah berikutnya adalah menghitung selang waktu penggantian pencegahan menggunakan parameter pada distribusi yang telah lulus uji kecocokan. Selang waktu penggantian pencegahan dihitung menggunakan kriteria minimasi *downtime*, di mana hasil perhitungan memilih nilai *downtime* terkecil. Model yang digunakan adalah *Age Replacement* dengan distribusi Log Normal. Nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) dihitung dari data jumlah kerusakan yang terjadi dari Maret 2020 hingga Maret 2024, yaitu sebanyak 16 kali, berdasarkan data *downtime*.

Dari hasil pengolahan data, diketahui bahwa interval waktu penggantian komponen *Heating System* adalah 89907 menit atau sekitar 62 hari, yang diperoleh dari perhitungan t_p , $R(t_p)$, $F(t_p)$, $t_p + T_p$, $MTTF/F(t_p) + T_f$, dan $D(t_p)$, dengan nilai minimum $D(t)$ sebesar 0,0052910930631717 pada t_p ke 89907. Artinya, setelah beroperasi selama 62 hari, komponen *Heating System* harus diganti dengan yang baru. Perusahaan dapat menjadwalkan penggantian pencegahan komponen *Heating System* secara teratur. Sedangkan interval pemeriksaan komponen kritis ditetapkan setiap 50 hari, sehingga komponen *Heating System* harus diperiksa setiap 50 hari sekali. Hal ini bertujuan untuk mencegah kerusakan yang dapat mengganggu sistem produksi akibat komponen yang membuat mesin berhenti beroperasi.

Setelah menentukan interval waktu perbaikan dan pemeriksaan dari hasil pengolahan data, perhitungan total biaya perawatan dilakukan menggunakan metode *Age*

Replacement. Perhitungan biaya preventive maintenance menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk penggantian komponen tanpa perawatan adalah Rp. 96.352.000. Sementara itu, biaya yang dikeluarkan dengan adanya perawatan adalah Rp. 15.834.679, yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan penggantian komponen tanpa perawatan. Oleh karena itu, strategi perawatan *preventif* ini diperkirakan dapat menghemat biaya sebesar Rp. 80.517.321 bagi perusahaan, sekaligus mengurangi risiko kegagalan mesin dan biaya terkait dengan perbaikan atau penggantian komponen pada *Heating System* di mesin *Pressing*.

Pada PT.PP. London Sumatra Indonesia yaitu perusahaan yang belum menerapkan *preventive maintenance* yang dimana dalam interval waktu penggantian tidak menentu dikarenakan hanya melihat dari kondisi. Jika tetap dilakukan dengan belum adanya *preventive maintenance* maka kualitas komponen *Heating system* akan menurun dan menimbulkan kemungkinan besar terjadi kegagalan atau kerusakan mesin yang akan mengganggu sistem produksi pada perusahaan dan mempengaruhi kualitas produk CPO (*Crude Palm Oil*) yang dihasilkan. Maka dari itu adanya perhitungan penggantian komponen kritis dari sebelum penggantian yang tidak menentu menjadi selam 62 hari penggantian komponen agar meminimalisir kegagalan sistem produksi dan produk cacat.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

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

1. Komponen yang tergolong kritis pada mesin *Pressing*, berdasarkan analisis *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dari perkalian *severity*, *occurrence*, dan *detection*, yaitu $9 \times 5 \times 3 = 135$ adalah komponen *Heating System*.
2. Tindakan langkah perawatan yang optimal berdasarkan *Reliability Centered Maintenance II* (RCM) untuk mesin *Pressing* antara lain:
 - a. *Time Directed* (TD) atau *Preventive Maintenance* (PM)
Terdapat 4 komponen yang memerlukan perawatan langsung berdasarkan umur atau waktu komponen yaitu *Oil Discharge Outlate*, *Cake Outlate*, *Heating System*, dan *Drive Mechanism*. Melakukan perawatan pencegahan sebelum terjadi kerusakan efektif untuk mencegah penghentian mesin yang tidak terencana.
 - b. *Condition Directed* (CD) atau *Predictive Maintenance* (PDM)
Terdapat 6 komponen yang memerlukan perawatan berdasarkan pemeriksaan dan inspeksi yaitu *Hopper*, *Pressing Chamber*, *Press Cage*, *Screw Shaft*, *Gear Box*, dan *Stainer*.
3. Komponen *Heating System* pada mesin *Screw Press* harus diperiksa setiap 50 hari dan diganti setiap 62 hari. Hal ini diharapkan dapat meminimalkan risiko kerusakan dan biaya perbaikan, sehingga menghemat biaya perawatan sebesar Rp. 80.517.321.

6.2 Saran

Berikut adalah saran-saran yang dapat diberikan sebagai masukan untuk Perusahaan dan penelitian selanjutnya:

1. Berdasarkan hasil penelitian di atas, disarankan agar metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) lebih diterapkan sebagai pendekatan sistem perawatan mesin di PT.PP. London Sumatra Indonesia. Dengan menerapkan konsep RCM II

ini, Perusahaan dapat menentukan jenis tindakan perawatan yang optimal. Sehingga meningkatkan keandalan mesin-mesin perusahaan.

2. Berdasarkan dari hasil penelitian diatas disarankan agar pemeriksaan umum dan kondisi tiap Komponen dilakukan setiap 50 hari untuk mencegah *downtime* pada Komponen mesin tersebut

DAFTAR PUSTAKA

- Al Farisi, M. N. (2021). *Analisis Perawatan Mesin Batching Plant Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Jember: Universitas Jember.
- Anggraeni, P. N. (2023). *Usulan Preventive Maintenance Menggunakan Metode Realibility Centered Maintenance (Rcm) Pada Mesin Cyril Bath Dalam Proses Produksi Komponen Ref D-Nose Panel Airbus A350 Di Pt Dirgantara Indonesia*. Bandung: Universitas Komputer Indonesia.
- Ansori, N., & Mustajib, M. I. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Azwir, H. H., Wicaksono, A. I., & Oemar, H. (2020). Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM Pada Mesin Produksi Kertas. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 19(1), 12-21.
- Dwijaputra, A., Nursanti, E., & Priyasmanu, T. (2022). Perencanaan Jadwal Pemeliharaan Mesin *Cane Carrier* dan IMC Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance II (RCM II)* Pada PG Kebon Agung. *Jurnal Valtech*, 5(1), 1-10.
- Giffari, F., & Prasetyawan, Y. (2021). Perancangan Aktivitas Perawatan pada *Conveyor System* Batu Bara dengan Metode *Risk Based Maintenance (RBM)* dan *Reliability Centered Maintenance II* (Studi Kasus: PLTU Tenayan Raya. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), F304-F309.
- Habibiansyah, R., & Warman, E. (2013). Studi *Reliability, Availability, dan Maintainability* Pembangkit Listrik Tenaga Gas Payo Silincah Jambi. *SINGUDA ENSIKOM*, 2(1), 31-36.
- Hermawan, I., & Sitepu, W. J. (2015). Tinjauan Perawatan Mesin *Mixing* Pada UD Roti Mawi. *Jurnal Teknovasi*, 2(1), 117 - 128.
- Hidayah, N. Y., & Ahmadi, N. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin *Blowmould* dengan Metode RCM di PT.CCAI. *JOSI : Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2).
- Irawan Harnadi Bangun, A. R. (2014). *Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii Pada Mesin Blowing Om*. Malang.
- Jardine, A. (1997). *Maintenance Replacement dan Reliability*. New York: Titman Publishing.
- Jardine, A. K. (1973). *Maintenance, Replacement and Reability*. Pitman.
- Kusuma, T. Y., Assagaf, M. K., & Amijaya, F. D. (2021). *Planning Activities and Maintenance Time Intervals of Induction Machines Using The Reliability Centered Maintenance (RCM) II and Age Replacement Method*. *International Conference on Science and Engineering (ICSE-UIN-SUKA 2021)* (pp. 178-185). Yogyakarta: Atlantis Press International B.V.
- M.Smith, A., & Hincecliffe, G. R. (2003). *RCM-Gateway to World Class Maintenance*. Technology & Engineering.
- Marie, I. A., Hakim, L., Sugiarto, D., & Septiani, W. (2019). Analisis Data Gangguan Kerusakan Mesin Produksi Menggunakan Teknik Association Rules. *Jurnal Ilmiah Teknik Indsutri (Jurnal Keilmuan Teknik dan Manajemen Industri)*, 7(1), 43-52.

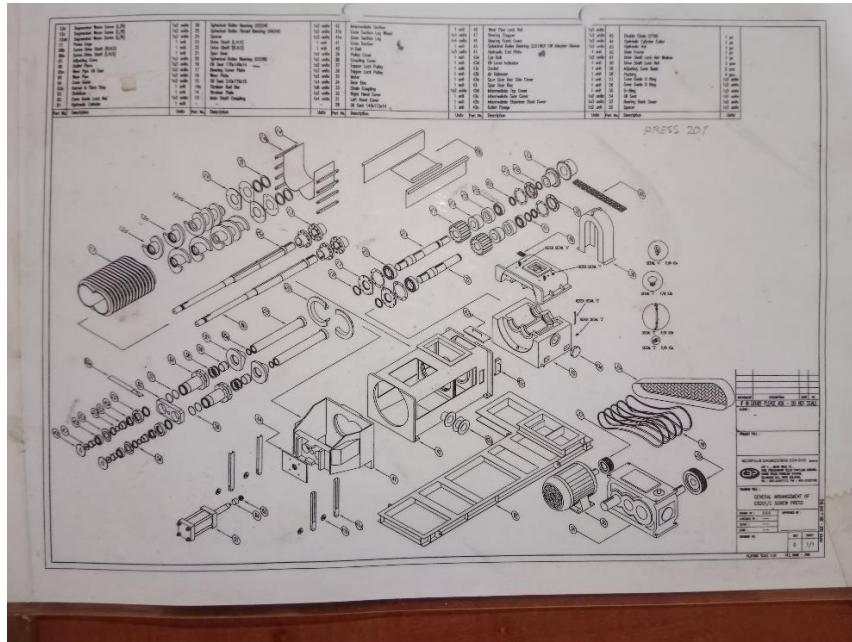
- Maulana, E., Ilhami, M. A., & Kurniawan, B. (2017). Usulan Perencanaan Perawatan Mesin *Cold Saw* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* Dan *Reliability Block Diagram*. *Jurnal Teknik Industri*, 5(1), 59-65.
- Mikulak, R. J., McDermott, R., & Beaugard, M. (2009). *The Basic of FMEA 2nd Edition*. New York: Productivity Press.
- Mulawarman, F. A. (2016). Perencanaan Perawatan Mesin *Injection Molding* Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* Di PT. Victory Plastic. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(3), 99-110.
- Ngadiyono, Y. (2013). *Pemeliharaan Mekanik Industri*. Yogyakarta: Deepublish.
- Nugroho, W., & Sukmono, T. (2024). Implementation of Reliability Centered Maintenance (RCM) II in Packaging Industry Production Machinery Maintenance Activities: Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Aktivitas Perawatan Mesin Produksi Industri Packaging. *Journal for Technology and Science*, 1(1), 51-68.
- Pitaloka, D. A. (2022). *Penjadwalan Preventive Maintenance Komponen Kritis Mesin Blistering Lini 3 Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada PT. XY*. Jakarta: Doctoral dissertation, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
- Pranowo, I. D. (2019). *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan*. Sleman: DEEPUBLISH.
- Ramadani, A. R., Saifuddin, J. A., & Ernawati, D. (2022). Alternative Centrifugal Pump Maintenance Systems Using Reliability Centered Maintenance (RCM II) and Life Cycle Cost (LCC) Methods in PDAM Surya Sembada Surabaya. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 4(4), 406-423.
- Ramadhan, W. D., & Nurhidayat, A. E. (2022). Analisis Perawatan Mesin dengan Menggunakan Metode Reability Centered Maintenance dan Fuzzy Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 3(08), 867-878.
- Sahal, M. F., Syakhroni, A., & Marlyana, N. (2019). Perancangan Penjadwalan Perawatan Mesin Sewing Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) di PT Apparel One Indonesia. *Klaster Engineering* (pp. 180-188). Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Saifuddin, J. A., Nugraha, I., & Winursito, Y. C. (2023). Machine Maintenance in the Sabroe Line Using Reliability Centered Maintenance (RCM) and Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) Methods. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 212-217.
- Sambodo, G. P. (2017). Usulan Perbaikan Penyebab Cacat Pada Proses Pengemasan Produk X Minuman Serbuk di PT.GHI Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Dokumen Karya Ilmiah*.
- Samudro, M. A. (2022). Penentuan Jadwal Perawatan Pada Billet Reheating Furnace di PT X Dengan Metode RCM II. *Engineering and Technology International Journal*, 4(03), 194-208.
- Simanjuntak, O. T., & Amien, S. (2015). Studi Keandalan (Reability) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin Sibolga. *SINGUDA ENSIKOM*, 10(26), 1-6.
- Sudrajat, A. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Industri*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Tagoe, S. M., Dickinson, M. J., & Apetorgbor, M. M. (2012). Factors Influencing Quality of Palm Oil Produced at the Cottage Industry Level In Ghana. *International Food Research Journal*, 19(1), 271-278.

- Ulum, I. K. (2021). *Analisa Perawatan Mesin Mixing 1 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II)*. Semarang: Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Utomo , M. N., & Widjajati , F. A. (2014). Menentukan Keandalan Komponen Mesin Produksi Pada Model Stress Strength yang Berdistribusi Gamma. *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS*, 3(2), 2337-3539.
- Utomo, B. (2018). *Analisis Pengendalian Downtime Proses Produksi Pada Unit NPK Granulasi I Dengan Menggunakan Konsep Plan, DO, Check, Action (PDCA) di PT Petrokimia Gresik*. Gresik: Undergraduate thesis, Universitas Muhammadiyah Gresik.

LAMPIRAN







Sumber: Dokumentasi Pribadi

1. Tabel Kolmogorov-Smirnov

$n \backslash \alpha$	0.001	0.01	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2
1		0.99500	0.99000	0.97500	0.95000	0.92500	0.90000
2	0.97764	0.92930	0.90000	0.84189	0.77639	0.72614	0.68377
3	0.92063	0.82900	0.78456	0.70760	0.63604	0.59582	0.56481
4	0.85046	0.73421	0.68987	0.62394	0.56522	0.52476	0.49265
5	0.78137	0.66855	0.62718	0.56327	0.50945	0.47439	0.44697
6	0.72479	0.61660	0.57741	0.51926	0.46799	0.43526	0.41035
7	0.67930	0.57580	0.53844	0.48343	0.43607	0.40497	0.38145
8	0.64098	0.54180	0.50654	0.45427	0.40962	0.38062	0.35828
9	0.60846	0.51330	0.47960	0.43001	0.38746	0.36006	0.33907
10	0.58042	0.48895	0.45662	0.40925	0.36866	0.34250	0.32257
11	0.55588	0.46770	0.43670	0.39122	0.35242	0.32734	0.30826
12	0.53422	0.44905	0.41918	0.37543	0.33815	0.31408	0.29573
13	0.51490	0.43246	0.40362	0.36143	0.32548	0.30233	0.28466
14	0.49753	0.41760	0.38970	0.34890	0.31417	0.29181	0.27477
15	0.48182	0.40420	0.37713	0.33760	0.30397	0.28233	0.26585
16	0.46750	0.39200	0.36571	0.32733	0.29471	0.27372	0.25774
17	0.45440	0.38085	0.35528	0.31796	0.28627	0.26587	0.25035
18	0.44234	0.37063	0.34569	0.30936	0.27851	0.25867	0.24356
19	0.43119	0.36116	0.33685	0.30142	0.27135	0.25202	0.23731
20	0.42085	0.35240	0.32866	0.29407	0.26473	0.24587	0.23152
25	0.37843	0.31656	0.30349	0.26404	0.23767	0.22074	0.20786
30	0.34672	0.28988	0.27704	0.24170	0.21756	0.20207	0.19029
35	0.32187	0.26898	0.25649	0.22424	0.20184	0.18748	0.17655
40	0.30169	0.25188	0.23993	0.21017	0.18939	0.17610	0.16601
45	0.28482	0.23780	0.22621	0.19842	0.17881	0.16626	0.15673
50	0.27051	0.22585	0.21460	0.18845	0.16982	0.15790	0.14886
OVER 50	1.94947	1.62762	1.51743	1.35810	1.22385	1.13795	1.07275
	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}

Sumber: Internet

2. Kerangka Wawancara FMEA

Topik	Pertanyaan	Jawaban
Pendahuluan	Perkenalan diri dan tujuan wawancara.	-
	Penjelasan singkat mengenai metode FMEA.	-
	Konfirmasi kesediaan dan izin untuk melakukan wawancara.	Ya, silahkan
Deskripsi Proses/Produk	Bisakah Anda menjelaskan secara umum mengenai proses atau produk yang akan dianalisis?	dijelaskan melalui gambar yang terdapat di lampiran

Topik	Pertanyaan	Jawaban
	Apa tujuan utama dari proses produksi ini?	Untuk mengekstraksi minyak kelapa sawit dari tandan buah segar (TBS)
Identifikasi Mode Kegagalan	Apa saja potensi kegagalan yang dapat terjadi dalam proses atau produk ini?	(FMEA)
	Bisakah Anda menjelaskan contoh spesifik dari kegagalan yang pernah terjadi?	(FMEA)
Dampak Kegagalan	Apa dampak dari setiap mode kegagalan yang telah diidentifikasi terhadap keselamatan, kualitas, dan kinerja?	(FMEA)
	Bagaimana kegagalan ini mempengaruhi pelanggan atau pengguna akhir?	(FMEA)
Penyebab Kegagalan	Apa saja penyebab yang mungkin mengarah pada kegagalan tersebut?	(FMEA)
	Adakah faktor internal atau eksternal yang berkontribusi terhadap penyebab kegagalan?	(FMEA)
Deteksi Kegagalan	Bagaimana cara Anda mendeteksi jika kegagalan tersebut terjadi?	(LTA)
	Apakah ada metode atau alat khusus yang digunakan untuk mendeteksi kegagalan?	(LTA)
Tingkat Keparahan, Kejadian, dan Deteksi	Bagaimana Anda menilai tingkat keparahan (Severity) dari setiap mode kegagalan?	(LTA)
	Seberapa sering (Occurrence) kegagalan tersebut terjadi?	(LTA)
	Seberapa efektif sistem deteksi (Detection) yang ada saat ini?	(LTA)
Tindakan Pencegahan dan Pengendalian	Apa langkah-langkah pencegahan yang telah diterapkan untuk mengurangi risiko kegagalan?	(LTA)
	Adakah prosedur pengendalian yang sedang atau telah diterapkan untuk mengatasi kegagalan?	(LTA)
Evaluasi dan Tindak Lanjut	Bagaimana Anda menilai efektivitas dari tindakan pencegahan dan pengendalian yang telah dilakukan?	(TS)
	Adakah rencana tindak lanjut untuk mengurangi atau mengeliminasi kegagalan di masa mendatang?	(TS)
Penutup	Apakah ada informasi tambahan yang ingin Anda sampaikan terkait dengan potensi kegagalan dalam proses atau produk ini?	Sejauh ini cukup, nanti apabila ada yang dibingungkan boleh datang saya lagi untuk bertanya

Topik	Pertanyaan	Jawaban
	Terima kasih atas partisipasi dan waktu yang telah diberikan.	samasama