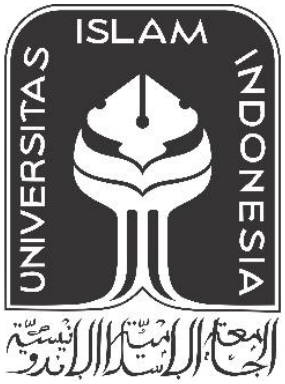
ANALISIS PERENCANAAN SISTEM PERAWATAN MESIN *COAL FEEDER* UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN BOILER UNIT 1-4 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT*

(Studi Kasus : PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya)

TUGAS AKHIR

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



Nama : Siti As Syifa Febrina Lebeheria
No. Mahasiswa : 21522192

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

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Yogyakarta, 15 Desember 2025

(Siti As Syifa Febrina Lebeheria)
21522192

SURAT BUKTI PENELITIAN

BUMN UNTUK INDONESIA

PLN Indonesia Power

SURAT KETERANGAN

Nomor : 248.Skt/324/UBPSLA/2024

Diberikan Kepada :

Nama	: SITI AS SYIFA FEBRINA LEBEHERIA
Nim	: 21522192
Jurusan	: TEKNIK INDUSTRI
Institusi	: UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Menerangkan bahwa yang bersangkutan telah melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di Bidang "PEMELIHARAAN MESIN BOILER UNIT 1-4 PT PLN INDONESIA POWER UBP SURALAYA" terhitung mulai tanggal 02 DESEMBER 2024 - 31 DESEMBER 2024.

Suralaya, 31 Desember 2024.
MANAJER SDM & HUMAS

PLN INDONESIA POWER UBP SURALAYA

KRISLOANA KENDALI

AKHLAK

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS PERENCANAAN SISTEM PERAWATAN MESIN *COAL FEEDER* UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN BOILER UNIT 1-4 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT*

(Studi Kasus : PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Siti As Syifa Febrina Lebeheria

No. Mahasiswa : 21522192

Yogyakarta, 15 Desember 2025

Dosen Pembimbing

Dian Janari

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS PERENCANAAN SISTEM PERAWATAN MESIN *COAL FEEDER* UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN BOILER UNIT 1-4 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN *AGE REPLACEMENT*

(Studi Kasus : PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Siti As Syifa Febrina Lebeheria
No. Mahasiswa : 21 522 192

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, 15 Desember 2025

Tim Penguji

Dian Janari S.T., M.T. Ketua	Dian Janari
Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM. Anggota I	
Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T Anggota II	

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

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIK.015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT, Tugas Akhir ini saya persembahkan dengan penuh rasa hormat dan cinta kepada kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan motivasi tiada henti. Kepada keluarga tercinta yang selalu mendukung dan memberi semangat dalam setiap langkah hidup saya. Kepada sahabat dan teman-teman terdekat yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, dan kebersamaan yang berharga, serta kepada semua pihak yang telah memberikan inspirasi, ilmu, dan pengalaman berharga selama perjalanan akademik saya. Semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat dan menjadi amal jariyah bagi banyak pihak.

MOTTO

"Dan orang-orang yang berusaha untuk (mencari keridhaan) kami, benar-benar akan Kami tunjukkan kepada mereka jalan - jalan Kami." (QS. Al-Ankabut: 69)

"Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat." (QS. Al-Mujadilah: 11)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya." (QS. Al-Baqarah: 286)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraakaatuh.

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang memungkinkan saya menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Dalam proses penyusunan laporan ini, saya menyadari masih terdapat berbagai kekurangan dan keterbatasan. Saya juga memahami bahwa kelancaran penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, serta bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. Selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dian Janari, S.T., M.T selaku dosen pembimbing laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik.
5. Terkhusus untuk Alm. Bapak Rosmen Lebeheria, saya mengucapkan terima kasih atas segala kasih sayang, pengorbanan, dan nasihat yang telah diberikan semasa hidupnya. Meskipun kini beliau telah tiada, semangat dan doanya senantiasa menjadi penguat dalam setiap langkah dan pencapaian yang saya raih.
6. Teruntuk mama tercinta, Ibu Sumarni Mewal, saya mengucapkan terima kasih atas cinta tulus, doa yang tak pernah putus, serta pengorbanan yang diberikan tanpa lelah. Dukungan dan semangat mama menjadi kekuatan utama yang mengantarkan saya hingga mencapai titik ini. Semoga keberhasilan ini menjadi wujud dari doa dan harapan mama yang senantiasa menyertai setiap langkah saya.
7. Kepada saudara penulis, Muhammad Rizky Agusril Lebeheria, Siti Rindhia Meilani Lebeheria, Muhammad Fajrin Wibowo Lebeheria, Siti Ismiati Putri Lebeheria, dan Siti Istianti Putri Lebeheria, terima kasih selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan pendidikan ini.
8. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada saya selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 15 Desember 2025

(Siti As Syifa Febrina Lebeheria)

ABSTRAK

PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembangkit listrik, dengan operasional yang sangat bergantung pada keandalan setiap komponen sistemnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan komponen kritis pada mesin *Coal Feeder* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* (AR), serta menentukan strategi perawatan yang paling efektif melalui *Task Selection*. Analisis FMEA *(Failure Mode and Effects Analysis)* menunjukkan bahwa komponen *Belt Coal Feeder* memiliki nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 504, yang mengindikasikan tingkat risiko kegagalan yang tinggi dan menempatkan komponen ini sebagai salah satu bagian kritis dalam sistem. Berdasarkan *Logic Tree Analysis*, komponen ini termasuk dalam kategori C, yang berarti komponen dengan tingkat kritis menengah yang memerlukan pengawasan dan perawatan rutin untuk mencegah gangguan operasional. Hasil *Task Selection* merekomendasikan penerapan *Time-Directed Maintenance*, dengan interval pemeriksaan setiap 4 hari dan penggantian komponen setiap 7 hari, sebagai langkah pencegahan yang efektif. Dengan penerapan strategi perawatan ini, diharapkan keandalan sistem *Belt Coal Feeder* meningkat, risiko kegagalan berkurang, dan kontinuitas operasional perusahaan dapat terjaga secara optimal. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi manajemen pemeliharaan di industri pembangkit listrik, khususnya dalam pengelolaan *Belt Coal Feeder*.

Kata Kunci: *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *Age Replacement*, *Preventive Maintenance*, Mesin *Coal Feeder*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
SURAT BUKTI PENELITIAN iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
MOTTO vii
KATA PENGANTAR viii
ABSTRAK ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Manfaat Penelitian 7
1.5 Batasan Penelitian 8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Kajian Literatur 9
2.2 Landasan Teori 18
2.2.1 Pemeliharaan / Perawatan (Maintenance) 18
2.2.2 Tujuan Pemeliharaan 19
2.2.3 Jenis-Jenis Pemeliharaan 20
2.2.4 Tindakan dalam Stategi Pemeliharaan 22
2.2.5 Keandalan (Reliability) 23
2.2.6 Kerusakan 23
2.2.7 Downtime (Waktu Perbaikan) 24
2.2.8 Reliability Centered Maintenance (RCM) 25
2.2.9 Functional Block Diagram (FBD) 27
2.2.10 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) 27
2.2.11 Logic Tree Analysis (LTA) 30
2.2.12 Task Selection (Pemilihan Tindakan) 32
2.2.13 Mode Distribusi Kerusakan 33
2.2.14 Penentuan Distribusi Waktu antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan 37
2.2.15 Uji Goodness of Fit 39
2.2.16 Estimasi Parameter 42
2.2.17 Mean Time to Failure (MTTF) 43
2.2.18 Mean Time to Repair (MTTR) 44
2.2.19 Age Replacement 44

2.2.20 Interval Waktu Pemeriksaan 46
BAB III METODE PENELITIAN 47
3.1 Objek dan Subjek Penelitian 47
3.2 Metode Pengumpulan Data 47
3.3 Jenis dan Sumber Data 48
3.4 Metode Pengolahan Data 49
3.5 Alur Penelitian 50
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA atau PEMBANGUNAN SISTEM 55
4.1 Profil Perusahaan 55
4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan 55
4.1.2 Visi, Misi dan Moto Perusahaan 56
4.1.3 Struktur Organisasi 56
4.1.4 Lokasi Perusahaan 57
4.2 Pengumpulan Data 58
4.2.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Coal Feeder 58
4.3 Pengolahan Data Kuantitatif 65
4.3.1 Fuctional Block Diagram (FBD) 65
4.3.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) 66
4.3.3 Logic Tree Analysis (LTA) 69
4.3.4 Task Selection (TS) 72
4.4 Pengolahan Data Kualitatif 74
4.4.1 Penentuan Mesin Kritis 74
4.4.2 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (Time to Failure) 77
4.4.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (Time to Failure) pada Cleanout Conveyor 93
4.4.4 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (Time to Failure) pada Komponen Coal Outlet 94
4.4.5 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan (Time to Repair) pada Komponen Belt Coal Feeder 94
4.4.6 Penentuan Distribusi Antar Waktu Perbaikan (Time to Repair) pada Komponen Cleanout Conveyor 110
4.4.7 Penentuan Distribusi Antar Waktu Perbaikan (Time to Repair) pada Komponen Coal Outlet 111
4.4.8 Uji Goodness of Fit Distribusi Waktu Kerusakan (Time to Filure) ... 111
4.4.9 Uji Goodness of Fit Distribusi Waktu Perbaikan (Time to Repair) ... 118
4.4.10 Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (Time to Failure) ……..126
4.4.11 Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (Time to Repair) ……..128
4.4.12 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Waktu Kerusakan (Mean Time to Failure) ……..130
4.4.13 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Waktu Perbaikan (Mean Time to Repair) ……130

4.4.14 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan Minimasi Downtime Komponen Belt Coal Feeder 131
4.4.15 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Belt Coal Feeder ……..134
4.4.16 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan Minimasi Downtime Komponen Cleanout Conveyor 135
4.4.17 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Cleanout Conveyor ……..138
4.4.18 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan Minimasi Downtime Komponen Coal Outlet..... 139
4.4.19 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Coal Outlet 142
BAB V PEMBAHASAN atau PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN 143
5.1 Analisis *Functional Block Diagram* (FBD) 143
5.2 Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) 144
5.3 Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA)..... 145
5.4 Analisis *Task Selection* (TS) 147
5.5 Analisis Distribusi *Time to Failure* dan *Time to Repair* 149
5.6 Analisis Uji *Goodness of Fit* 150
5.7 Analisis Nilai *Mean Time to Failire* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) ……...151
5.8 Analisis Interval Waktu Pemeriksaan dan Penggantian Komponen 152
BAB VI PENUTUP..... 104
6.1 Kesimpulan..... 104
6.2 Saran 105
DAFTAR PUSTAKA..... 107
LAMPIRAN A1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 16
Tabel 2. 2 *Saverity* 28
Tabel 2. 3 *Occurance* 29
Tabel 2. 4 *Detection* 30
Tabel 2. 5 Nilai Parameter Bentuk Distribusi Weibul 36
Tabel 4. 1 Kapasitas Pembangkit 55
Tabel 4. 2 Data Waktu Kerusakan Komponen 58
Tabel 4. 3 *Failure Mode and Effect Anaysis* (FMEA) 66
Tabel 4. 4 *Logic Tree Analysis* (LTA) 69
Tabel 4. 5 *Task Selection* (TS) 72
Tabel 4. 6 Penentuan Mesin Kritis 75
Tabel 4. 7 Penentuan Komponen Kritis 76
Tabel 4. 8 *Time to Failure* Komponen *Belt Coal Feeder* 77
Tabel 4. 9 *Time to Failure* Distribusi Eksponensial 80
Tabel 4. 10 *Time to Failure* Distribusi Normal 84
Tabel 4. 11 *Time to Failure* Distribusi Lognormal 87
Tabel 4. 12 *Time to Failure* Distribusi Weibull 90
Tabel 4. 13 *Index of Fit* TTF *Belt Coal Feeder* 92
Tabel 4. 14 *Idex of Fit* TTF *Cleanout Conveyor* 93
Tabel 4. 15 *Index of Fit* TTF *Coal Outlet* 94
Tabel 4. 16 *Time to Repair* Komponen *Belt Coal Feeder* 95
Tabel 4. 17 *Time to Repair* Distribusi Eskponensial 98
Tabel 4. 18 *Time to Repair* Distribusi Normal 101
Tabel 4. 19 *Time to Repair* Distribusi Lognormal 104
Tabel 4. 20 *Time to Repair* Distribusi Weibull 107
Tabel 4. 21 *Index of Fit* TTR *Belt Coal Feeder* 109
Tabel 4. 22 *Index of Fit* TTR *Cleanout Conveyor* 110
Tabel 4. 23 *Index of Fit* TTR *Coal Outlet* 111
Tabel 4. 24 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test TTF Belt Coal Feeder* 112
Tabel 4. 25 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTF *Cleanout Conveyor* 114
Tabel 4. 26 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTF *Coal Outlet* 117
Tabel 4. 27 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTR *Belt Coal Feeder* 119
Tabel 4. 28 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTR *Cleanout Conveyor* 122
Tabel 4. 29 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTR *Coal Outlet* 124
Tabel 4. 30 Perhitungan Interval Penggantian Komponen *Belt Coal Feeder* 132
Tabel 4. 31 Perhitungan Interval Penggantian Komponen *Cleanout Conveyor* 136
Tabel 4. 32 Perhitungan Interval Penggantian Komponen Coal Outlet 140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Mesin Coal Feeder 3
Gambar 2. 1 *Logic Tree Analysis* (LTA) 31
Gambar 2. 2 *Task Selection* (TS) 33
Gambar 2. 3 Siklus Penggantian Pencegahan 45
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 51
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Perusahaan 57
Gambar 4. 2 Lokasi Perusahaan 57
Gambar 4. 3 Layout Perusahaan 58
Gambar 4. 4 *Functional Block Diagram* 65
Gambar 4. 5 Diagram Pareto *Downtime* Mesin 75
Gambar 4. 6 Diagram Pareto Komponen Kritis Mesin Coal Feeder 77

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan teknologi dan perubahan zaman, listrik kini menjadi salah satu kebutuhan utama yang mendukung aktivitas masyarakat sehari-hari. Tidak hanya digunakan untuk kebutuhan rumah tangga seperti penerangan, peralatan elektronik, dan pendingin ruangan, listrik juga memegang peranan penting dalam operasional sektor industri, layanan publik, pendidikan, hingga transportasi. Oleh karena itu, ketersediaan mutu, serta keberlanjutan pasokan listrik menjadi hal yang sangat krusial untuk dijaga demi mendukung kelangsungan hidup dan produktivitas Masyarakat. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menegaskan bahwa keandalan pasokan listrik di kawasan industri harus tetap terjaga, karena gangguan sekecil apa pun pada sistem kelistrikan dapat berdampak pada kegiatan ekonomi nasional (ESDM, 2024). Di era modernisasi yang terus berkembang, energi menjadi kebutuhan pokok bagi individu, rumah tangga, hingga sektor industri. Perkembangan pesat dunia industri menyebabkan permintaan terhadap energi meningkat setiap tahunnya. Kebutuhan energi global diperkirakan akan terus bertambah sebesar 1,5% per tahun hingga tahun 2030, dan sebagian besar energi tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Permintaan listrik di Indonesia juga terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun (Afif F. & Martin A., 2022). Berdasarkan data dari Goodstats, konsumsi listrik di indonesia pada tahun 2024 tercatat sebesar 430 TWh. Kebutuhan tersebut tidak hanya berasal dari sektor rumah tangga tetapi dari sektor industri, bisnis dan publik (Alfathi, n.d.)

PT. PLN (Persero) merupakan perusahaan milik negara yang bertanggung jawab atas penyediaan dan pengelolaan tenaga listrik di seluruh Indonesia. Sebagai penyedia utama listrik nasional, PLN bertanggung jawab untuk menjamin ketersediaan dan keandalan pasokan listrik yang berkelanjutan guna mendukung aktivitas masyarakat, pertumbuhan ekonomi, dan pembangunan nasional. Dalam mendukung operasional

pembangkit listrik, PLN membentuk anak perusahaan yaitu PT. PLN Indonesia Power, yang secara khusus mengelola dan mengoperasikan unit-unit pembangkit listrik di berbagai wilayah. PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya merupakan salah satu unit pembangkit listrik terbesar yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero) melalui anak perusahaannya, PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya. Unit ini berlokasi di Kecamatan Pulo Merak, Kota Cilegon, Provinsi Banten. UBP Suralaya memiliki peran strategis dalam memasok kebutuhan listrik untuk wilayah Jawa dan Bali, termasuk kawasan industri di sekitarnya. Secara operasional, UBP Suralaya mengelola Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan kapasitas besar yang terdiri dari beberapa unit, yaitu Unit 1 hingga Unit 7. Masing-masing unit menggunakan bahan bakar batubara sebagai sumber energi utama dan beroperasi dengan sistem boiler, turbin, dan generator untuk menghasilkan energi listrik. Kapasitas total pembangkitan dari seluruh unit yaitu 3.400 MW, dan menjadi tulang punggung pasokan energi listrik nasional.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) bekerja dengan mengubah energi kimia dari batubara menjadi energi panas melalui proses pembakaran di dalam boiler. Energi panas tersebut digunakan untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi yang selanjutnya digunakan untuk memutar turbin, yang pada akhirnya akan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Setelah melewati turbin, uap dikondensasikan kembali menjadi air di kondensor dan dipompa kembali ke boiler untuk mengulangi siklus tersebut. Dalam rangkaian proses ini, terdapat berbagai mesin dan komponen utama yang saling terintegrasi, seperti *coal handling system*, *coal feeder*, *pulverizer (coal mill*), boiler, *superheater*, turbin, generator, kondensor, dan sistem pendingin.

Salah satu komponen awal yang memiliki peran penting adalah *coal feeder*, yaitu mesin yang berfungsi untuk mengatur laju aliran batubara dari *coal bunker/silo* menuju ke *mill*/*pulverizer* untuk dihaluskan. Laju aliran batubara yang tepat dan stabil sangat menentukan efisiensi pembakaran serta kestabilan produksi uap dalam boiler (Putra et al., 2023). Namun dalam praktiknya, *coal feeder* unit 1-4 kerap mengalami permasalahan operasional. Kerusakan yang sering terjadi antara lain belt conveyor sobek, sering mengalami kemacetan, serta laju aliran tidak stabil, sehingga menggangu kontinuitas suplai batubara ke pulverizer. Gangguan pada *coal feeder* dapat menyebabkan

ketidakstabilan proses pembakaran, penurunan tekanan uap, dan berujung pada turunnya efisiensi pembangkitan atau bahkan gangguan unit. Jika dalam prosesnya *coal feeder* tidak beroperasi dengan baik maka akan berdampak buruk bagi proses selanjutnya (Putra et al., 2023). Berdasarkam data operasional, selama periode tahun 2023 hingga 2024, Coal Feeder pada unit 1-4 tercatat mengalami 58 kali kerusakan yang mana menunjukan tingginya frekuensi gangguan pada peralatan tersebut. Permasalahan ini menunjukkan bahwa *coal feeder* merupakan komponen kritis dalam sistem PLTU yang memerlukan perhatian khusus dalam hal perawatan. Berikut merupakan gambar *Coal Feeder* pada PLTU suralaya.

Gambar 1. 1 Mesin *Coal Feeder*

Mesin dan peralatan adalah bagian yang tidak terpisahkan dalam proses produksi sehingga harus menjadi fokus perhatian perusahaan. Perawatan (*maintenance*) yang dilakukan untuk mempertahankan kualitas, meminimalisir risiko yang membahayakan operator, mengurangi *downtime*, serta mencapai hasil produksi yang maksimal (Syafei & Suhendar, 2022). Pemeliharaan merupakan suatu aktivitas yang bertujuan untuk

memastikan keberlangsungan fungsi dari sistem produksi, sehingga diharapkan sistem produksi tersebut mampu memberikan kinerja sesuai harapan dan berjalan sesuai dengan perencanaan (Harahap et al., 2021)

Secara umum, terdapat beberapa jenis sistem perawatan yang umum digunakan di industri. *Preventive maintenance* adalah sistem pemeliharaan peralatan/komponen terjadwal yang didesain untuk menaikan keandalan mesin serta memprediksi aktivitas pemeliharaan yang tak terencana. *Preventive maintenance* sangat penting untuk menghindari *downtime* yang berkepanjangan sehingga proses produksi dapat beroperasi secara efisien (Haseng et al., 2024). Sementara itu *corrective maintenance* adalah perawatan yang dilakukan pada saat ditemukannya kecacatan pada suatu sistem. *Corrective maintenance* dilakukan setelah terjadi kerusakan, biasanya bersifat darurat dan dapat menyebabkan kerugian besar jika tidak segera ditangani (Rijal et al., 2022). *Predictive maintenance* merupakan jenis perawatan yang memakai pengukuran untuk mendeteksi permulaan degradasi sistem, sehingga memungkinkan penyebab kegagalan dihilangkan atau dikendalikan sebelum terjadi kerusakan signifikan. Keuntungan dari sistem perawatan prediktif termasuk mampu menghilangkan kemungkinan kegagalan besar, meminimalkan upah lembur, meminimalkan stok suku cadang, mengoptimalkan operasional peralatan, menghemat biaya energi, dan meningkatkan keandalan pabrik (Wahjudi et al., 2024). Selain itu konsep *Total Productive Maintenance* (TPM) juga banyak diterapkan, yang mana merupakan program pemeliharaan yang mencakup definisi konsep pemeliharaan peralatan dan peralatan terbaru dan juga dapat digunakan, salah satunya dengan perhitungan kinerja pemeliharaan (Ardianzah et al., 2023).

Seiring berkembangnya kompleksitas sistem industri, dibutuhkan pendekatan perawatan yang lebih terstruktur dan berbasis analisis risiko, salah satunya adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu metode dalam perencanaan sistem perawatan yang bertujuan untuk menjaga sistem secara keseluruhan agar dapat berfungsi sesuai dengan tingkat performansi yang diinginkan. Metode ini dilakukan melalui identifikasi fungsi peralatan, potensi dan penyebab kegagalan, serta dampak kegagalan terhadap keselamatan dan

operasional. Pemilihan metode RCM ini didasarkan pada kondisi Coal Feeder yang memiliki tingkat kegagalan tinggi, variasi kerusakan yang beragam, serta dampak kegagalan yang signifikan terhadap kontinuitas operasi unit. Melalui metode RCM, kegiatan pemeliharaan dapat difokuskan pada komponen-komponen kritis sehingga penentuan jenis dan interval perawatan menjadi lebih tepat dan efektif (Alsakina & Momon, 2023).

Untuk melengkapi hasil analisis RCM, digunakan metode *Age Replacement* sebagai tindakan penggantian komponen. Metode Age Replacement dipilih karena beberapa komponen coal feeder memiliki karakteristik kegagalan yang dipengaruhi oleh umur dan jam operasi. Metode ini menentukan waktu penggantian komponen pada usia tertentu sebelum terjadi kegagalan, dengan tujuan meminimalkan total biaya perawatan yang terdiri dari biaya penggantian terencana dan biaya akibat kerusakan tak terduga. Dengan penerapan Age Replacement, penggantian komponen dapat dilakukan secara terencana dan ekonomis, sehingga diharapkan mampu menurunkan frekuensi kerusakan, mengurangi downtime, serta meningkatkan keandalan sistem pembangkitan secara keseluruhan (Maritha et al., n.d.).

Berdasarkan studi yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian menganai penerapan metode RCM dan *Age Replacement*. Penelitian yang dilakukan pada tahun 2022 di CV Wijawa Workshop menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin *cutting laser* untuk menentukan waktu perawatan berdasarkan data historis kerusakan. Hasilnya digunakan sebagai acuan penyusunan jadwal *preventive maintenance* untuk satu tahun kedepan (Widyaningrum & Winati, 2022). Penelitian lain yang dilakukan pada tahun 2022 di PT. Romi Violeta dengan menggunakan metode RCM pada mesin *spindle moulder* menunjukan bahwa setelah penerapan RCM, interval pengecekan komponen ditentukan dengan rata-rata avaibility 99,76% dan penurunan *downtime* sebesar 41,55%, menjadikan *downtime* hanya 38% dari total unit produksi (Firmansyah & Syuhri, 2022). Penelitian lain yang dilakukan pada tahun 2024 di UD Anugrah dengan menggunakan metode *Age Replacement* pada mesin *forklift*, menunjukan bahwa terdapat 20 komponen rusak pada *forklift* komatsu 3 ton dengan *roller bearing* sebagai komponen paling kritis

akibat 14 kali kerusakan. Melalu perhitungan *Age Replacement* penggantian optimal ditetapkan pada hari ke-53 (Asyiruddin et al., 2024).

Penelitian lain dilakukan pada tahun 2024 di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dengan menggunakan metode *Age Replacement* pada pompa *finish water pump* yang menunjukan bahwa interval penggantian komponen adalah setiap 23 hari, yang mengindeikasikan bahwa komponen tersebut perlu diganti sebelum mengalami kerusakan kembali pada hari ke-23 berikutnya (Answary & Waluyo, 2024). Penelitian lain dilakukan pada tahun 2023 di PT.X menggunanakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement,* penelitian ini mengidentifikasi komponen *wire* dan *dryer* yang perlu dijadwalkan perawatannya menggunakan *Age Replacement*, dengan interval penggantian 17-65 hari dan pemeriksaan setiap 2-4 hari. Hasil penerapan metode RCM dan *Age Replacement* menunjukan nilai *avaibility* komponen sebesar 98%-99%, menunjukan bahwa komponen tersebut dapat berfungsi sesuai yang diharapkan (Ramadhan & Widiasih, 2023).

Dengan menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* secara terintegrasi pada mesin *coal feeder* unit 1-4, Perusahaan diharapkan dapat menentukan komponen kritis secara akurat, meracang interval pemeriksaan dan penggantian komponen secara optimal, serta meningkatkan nilai *avaibility* mesin. Hasil yang diharapkan dari penerapan metode ini adalah berkurangnya *downtime*, pengurangan biaya kerusakan mendadak, perpanjangan umur peralatan, serta peningkatan keandalan dan efisiensi operasional pembangkitan listrik di PLTU Suralaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja komponen pada mesin *coal feeder* unit 1-4 yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dan tergolong paling kritis?
2. Bagaimana menentukan tindakan perawatan yang tepat guna memastikan mesin *coal feeder* unit 1-4 beroperasi secara optimal?

3. Bagaimana menentukan interval waktu pemeriksaan dan interval waktu penggantian komponen kritis pada mesin *coal feeder* unit 1-4?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan penelitian pada penelitian ini:

1. Mengetahui apa saja komponen pada mesin *coal feeder* unit 1-4 yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dan tergolong paling kritis.
2. Mengetahui tindakan perawatan yang tepat guna memastikan mesin *coal feeder* unit 1-4 beroperasi secara optimal.
3. Mengetahui interval waktu pemeriksaan dan interval waktu penggantian komponen kritis pada mesin *coal feeder* unit 1-4.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini bagi perguruan tinggi, perusahaan dan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perguruan Tinggi
   a. Menjadi sumber referensi ilmiah dalam bidang teknik industri, khususnya pada penerapan metode *Reliablity Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement.*
   b. Menjadi referensi akademik bagi mahasiswa dalam menyusun tugas akhir atau penelitian serupa.
2. Bagi Perusahaan
   a. Memberikan gambaran dan solusi perencanaan perawatan mesin secara efektif dan efisien.
   b. Membantu mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin melalui penjadwalan perawatan berbasis keandalan dan umur komponen.
3. Bagi Penelitian
   a. Menambah wawasan dan pemahaman mendalam mengenai penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* dalam sistem perawatan mesin.

b. Memberikan pengalaman langsung dalam mengkaji permasalahan nyata di dunia industri dan mengaplikasikan teori ke dalam praktik lapangan.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya.
2. Penelitian ini dilakukan di Divisi Har Boiler Unit 1-4.
3. Penelitian ini dilakukan pada mesin *Coal Feeder* pada Boiler Unit 1-4.
4. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kerusakan dan perbaikan komponen mesin *Coal Feeder* unit 1-4 pada bulan januari 2023 sampai Desember 2024.
5. Penelitian ini hanya berfokus pada komponen kritis pada mesin *Coal Feeder* Unit 1-4.
6. Penelitian ini tidak menghitung biaya sebelum dan sesudah dilakukan perawatan mesin *Coal Feeder* Unit 1-4.
7. Penelitian ini hanya menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai identifikasi komponen kritis dan metode *Age Replacement* sebagai pendekatan untuk meminimasi terjadinya *dowontime.*

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Terdapat penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Yang et al., 2020) yang berjudul "*Applying Reliability Centered Maintenance (RCM) to Sampling Subsystem in Continuous Emission Monitoring System",* penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada subsistem *sampling Continuous Emission Monitoring System* (CESM). Pada analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) terdapat 3 komponen dengan 12 mode kegagalan. Dari hasil analisis tersebut komponen yang termasuk paling kritis adalah komponen elemen filter dengan RPN sebesar 140. Perawatan yang disarankan berdasarkan hasil analisis RCM adalah inspeksi rutins, pembersihan elemen filter, penggantian komponen yang aus, dan pemeliharaan preventif berdasarkan interval yang telah ditentukan untuk menjaga ketersediaan sistem diatas 95%.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Prasetyo & Mercado Rosita, 2020) yang berjudul *"Equipment Reliability Optimization Using Predictive Reliability Maintenance: A Case Study Illustration and Comprehensive Literature Review"*, penelitian ini membahsan penerapan metode *Predictive Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengoptimalkan keandalan peralatan pada industry manufaktur di Timur Tengah menggunakan data dari sistem SAP *NetWeaver*. Penelitian ini menunjukan penurunan jumlah kerusakan dari 176 pada bulan pertama menjadi 110 pada bulan keempat, serta menggunakan indikator MTTR dan MTBF sebagai acuan. Komponen paling bermasalah terdapat pada *Packing Machine*, yang mengalami 47 kegagalan pada bulan kedua dengan frekuensi kerusakan tertinggi dibandingkan mesin lainnya. Metode RCM diterapkan melalui 8 langkah sistematis mulai dari pemilihan peralatan kritis hingga penyusunan rencana perawatan. Hasil studi literatur dan studi kasus menunjukan bahwa penerapan RCM mampu meningkatkan keandalan peralatan hingga 80-85%, serta dapat memandu penjadwalan pemeliharaan preverentif dan prediktif secara efektif.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Mejia-Portillo et al., 2025) yang berjudul *"Implementation of a Reliabiity Centered Maintenance Plan for Fire-Tube Boilers: A Case Study in the Textile Industry"*, penelitian ini membahas penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi pemeliharaan pada boiler pipa api (*fire tube boiler*) di industri tekstil. Penelitian ini menggunakan metode RCM yang mencakup identifikasi fungsi sistem, analisis mode dan efek kegagalab (FMEA), penilaian risiko menggunakan *Risk Priority Number* (RPN), serta mengusulkan rencana perawatan berdasarkan dengan kondisi mesin. Hasil analisis FMEA menunjukan bahwa komponen burner merupakan salah satu bagian paling kritis dengan RPN sebesar 252. Komponen lain seperti pompa air pengisi dan katup pengaman juga dianalisis karena memiliki RPN sebesar 189 dan 168. Penelitian ini juga menerapkan analisis *Age Replacement* menggunakan pendekatan *Life Data Analysis* (LDA) dengan distribusi *Weibull* untuk menentukan waktu penggantian optimal sebelum kegagalan terjadi. Rekomendasi tindakan pemeliharaan mencakup inspeksi berkala, perawatan preventif berdasarkan interval waktu, serta penggantian komponen sebelum kegagalan terjadi.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Wicaksono et al., 2021) dengan judul "*Production Machine Maintenance System Design Using Reliability Centered Maintenance"*. Penelitian ini mengaplikasikan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada lini produksi *Silinder Head* di Perusahaan otomotif Indonesia untuk mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin produksi. Analisis dilakukan dengan tahapan identifikasi fungsi mesin, analisis *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA), perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dan perhitungan interval perawatan optimal menggunakan distribusi *Weibull*. Hasilnya ditemulan 18 mode kegagalan dengan 5 mode kegagalan paling kritis. Dari lima mode kegagalan utama, *NC Fault* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 216, diikuti oleh *D-Link Fault* dengan RPN sebesar 210 dan *Machine Won't Process* dengan RPN sebesar 180. Penelitian juga menggunakan distribusi *Weibull* untuk menentukan waktu perawatan optimal, dengan peningkatan tingkat keandalan mesin sebesar 39,34% setelah implementasi strategi RCM. Selain itu, dilakukan perbandingan biaya antara perawatan preventif dan korektif untuk menilai

efisiensi strategi yang diterapkan. Meskipun tidak secara eksplisit menggunakan analisis *Age Replacement*, pendekatan interval optimal berbasis *Weibull* menunjukkan prinsip serupa dalam menentukan waktu penggantian komponen. Hasil penelitian membuktikan bahwa penerapan RCM secara sistematis efektif dalam menurunkan *downtime*, meningkatkan reliabilitas mesin, dan mengefisiensikan biaya pemeliharaan.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Fakhrul Muqauwim et al., 2020) yang berjudul "*Analysis of Optimal Maintenance Interval on ID Fan Using Reliability Centered Maintenance* (RCM)". Penelitian ini membahas penentuan interval pemeliharaan optimal pada *Induced Draft* (ID) Fan yang berperan penting dalam menarik gas buang pada sistem pembangkit listrik. Penelitian dilakukan karena tingginya tingkat kegagalan pada komponen ID Fan akibat interval perawatan yang terlalu lama. Dengan menggunakan *metode Reliability Centered Maintenance* (RCM), peneliti mengidentifikasi berbagai mode kegagalan seperti *bearing* rusak (menyebabkan getaran tinggi dan suhu tinggi), *misalignment, unbalance*, *impeller* kotor, serta masalah pada pelumas bearing motor dan *inlet guide vane*. Perhitungan interval optimal dilakukan berdasarkan analisis MTTF, MTTR, dan *reliability*, yang menunjukkan bahwa sebagian besar komponen membutuhkan interval pemeliharaan yang jauh lebih singkat dari standar industri, misalnya 35,89 jam untuk *bearing* bersuhu tinggi dan 46,96 jam untuk *misalignment.* Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan interval yang lebih pendek dapat meningkatkan keandalan sistem, mengurangi frekuensi kerusakan, dan meminimalkan kerugian operasional akibat downtime.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Patil et al., 2022) yang berjudul "*Development of Optimized Maintenance Program for a Steam Boiler System Using Reliability-Centered Maintenance Approach*". Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan program pemeliharaan pada sistem steam boiler dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tahapan penelitian meliputi penyusunan *Functional Block Diagram* (FBD), identifikasi kegagalan melalui *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number (RPN)*, analisis kritikalitas dengan *Logic Tree Analysis* (LTA), serta *task selection* untuk menetapkan strategi pemeliharaan yang sesuai. Hasil analisis menunjukkan adanya komponen kritis yang

berpengaruh besar terhadap *downtime*, sehingga dilakukan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) sebagai dasar penentuan interval pemeliharaan optimal. Implementasi pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan keandalan sistem, menurunkan frekuensi kerusakan, mengurangi biaya operasional, serta mendukung keberlanjutan operasional boiler.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Yaojun Liu et al., 2024) yang berjudul "*Equipment Reliability Optimization Using Prediktive Reliability Centered Maintenance*". Penelitian ini membahas penerapan RCM di Perusahaan manufaktur Timur Tengah dengan memanfaatkan data SAP, identifikasi mode kegagalan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), analisis kritikalitas dengan *Logic Tree Analysis*, serta *task selection* untuk menentukan strategi perawatan yang tepat. Hasil penelitian menunjukan bahwa penerapan metode RCM mampu meningkatkan *Mean Time Between Failure* (MTBF), menurunkan *Mean Time To Repair* (MTTR), serta mengurangi downtime mesin secara signifikan.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Jafarpisheh et al., 2020) yang berjudul "*A Hybrid Reliability-Centered Maintenance approach for mining transportation machines: a real cas in Esfahan*". Penelitian ini membahsan tentang implementasi metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk meningkatkan ketersediaan 10 unit truk tractor CL 120 *Freightliner* di Perusahaan *J&J Transportes y Soluciones Integrales Inc*. Dengan menerapkan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi mode kegagalan kritis, hasil penelitian menunjukkan peningkatan performa yang signifikan setelah RCM diimplementasikan. Nilai MTBF melonjak dari 16,81 jam menjadi 35,16 jam, sementara MTTR berkurang drastis dari 3,91 jam menjadi 2,69 jam. Peningkatan ini pada akhirnya meningkatkan ketersediaan operasional armada truk hingga 93%, membuktikan bahwa RCM adalah pendekatan yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan profitabilitas perusahaan.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Omozuhiomwen et al., 2025) yang berjudul *"Reliability Centeted Maintenance Using Reliability Parameters on Gas Compressors"*. Penelitian ini membahas tentang penerapan RCM pada dua kompresor gas di *Oredo Flow Station* dengan menganalisis data kegagalan periode 2018-2020

menggunakan distribusi Weibull dan Lognormal. Hasil penelitian menunjukan bahwa distribusi Lognormal lebih sesuai (R2 > 0,97) dengan $\beta < 1$ yang menandakan *early failure* pada banyak komponen. Perhitungan MTTF dilakukan pada komponen *Governor* di kompresor K-3600 dan *Engine Drive End* (EDE) di kompresor K-4000. Untuk *Governor K-3600*, diperoleh parameter *Weibull* $\beta = 0,57$ dan $\eta = 927,67$ jam; dengan rumus $MTTF = \eta \times \Gamma(1+1/\beta)$, nilai MTTF lebih besar dari η, sehingga umur rata-rata kegagalannya diperkirakan lebih dari 927 jam dan dari distribusi lognormal menghasilkan interval perawatan optimal sekitar 3,7 bulan. Sementara itu, pada *Engine Drive End K-4000*, diperoleh MTTF sebesar 350 jam dengan interval perawatan sekitar 3,5 bulan. Berdasarkan hasil ini, penulis merekomendasikan strategi pemeliharaan preventif, prediktif, dan proaktif yang terintegrasi untuk meningkatkan keandalan kompresor gas serta menekan biaya siklus hidup peralatan.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Panchal & Garg, 2025) yang berjudul ”*Application of Reliability Centered Maintenance with a Computerized Maintenance Management System for the Wheelset in Rolling Stock”*. Penelitian ini membahas penerapan RCM yang diitegrasikan dengan CMMS pada sistem pengukuran profil roda kereta metro dengan memvandingkan metode manual dan otomasis. Analisis FMEA diterapkan untuk mengidentifikasi fungsi kritis wheelset, menentukan mode kegagalan potensial, dan menganalisis dampaknya terhadap keselamatan serta kinerja sistem, yang kemudian menjadi dasar penyusunan strategi pemeliharaan preventif, prediktif, dan korektif. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada keandalan dan efisiensi MTBF naik dari 500 menjadi 800 jam, MTTR turun dari 8 menjadi 4 jam, downtime tahunan berkurang dari 240 jam menjadi 80 jam, serta availability meningkat dari 97,3% menjadi 99,1%.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Kusuma et al., 2024) yang berjudul ”*Design Maintenance System on Mixer Machine to Prevent the Breakdown Using Reliability Centered Maintenance*”. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemeliharaan pada mesin mixer roti di sebuah Perusahaan roti di medan menggunakan metode *Reliability Centrered Maintenance* (RCM). Dua mesin yang dianalisis adalah *Mixer A Type B-15* dan *Mixer B Type CS-20*, dengan mesin *CS-20* teridentifikasi sebagai

mesin paling kritis karena memiliki *downtime* tertinggi sebesar 55%. Komponen paling kritis adalah *bearing*, dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sebesar 168 dan menyumbang *downtime* sebesar 27%. Penelitian ini juga melakukan analisis *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) serta menghitung MTTF (5,59 jam) dan MTTR (2,29 jam). Dengan pendekatan distribusi eksponensial dan Weibull, dilakukan perhitungan interval optimal penggantian komponen, dan diperoleh waktu perawatan optimal *bearing* adalah setiap 273,17 jam. Setelah dilakukan pemeliharaan berdasarkan hasil analisis, tingkat reliabilitas bearing meningkat dari 31% menjadi 83%, membuktikan bahwa strategi pemeliharaan yang diusulkan efektif dalam meningkatkan keandalan mesin dan menurunkan potensi kegagalan.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Dayera, Musa Bundaris Palungan, 2024) yang berjudul "Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada PT. XYZ". Penelitian ini menganalisis perencanaan perawatan mesin *standing pouch* di PT. XYZ dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengatasi tingginya frekuensi kerusakan yang berdampak pada *downtime* produksi. Melalui identifikasi data kerusakan selama 15 bulan, komponen *bearing, camp,* dan *griper* ditetapkan sebagai komponen kritis. Analisis *Logic Tree* (LTA) mengelompokkan kegagalan menjadi kategori *outage* dan *hidden failure*, yang kemudian digunakan untuk menentukan strategi perawatan. *Bearing* dan *bevel gear* menggunakan pendekatan *finding failure* (FF), sedangkan *camp* dan *griper* lebih tepat dengan pendekatan *time directed* (TD). Distribusi waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan dianalisis menggunakan *software Minitab*, menghasilkan distribusi *Weibull* dan *Lognormal* yang valid untuk perhitungan MTTF dan MTTR. Hasilnya, *camp* memiliki MTTF tertinggi (1359,84 jam) diikuti oleh *griper* (1174,32 jam), sementara *bearing* memiliki MTTF paling rendah (700,08 jam) namun dengan MTTR tercepat (4,23 jam). Dengan informasi ini, perusahaan dapat menyusun sistem pemeliharaan preventif yang lebih akurat, mengurangi downtime signifikan, dan meningkatkan keandalan mesin secara keseluruhan.

Kemudian terdapat juga penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Umam & Widiasih, 2024) yang berjudul "Penjadwalan Perawatan Mesin Grading Plant II di PT

Keramik *Diamond Industries* Gresik dengan Metode RCM". Penelitian ini membahas penjadwalan perawatan mesin *Grading Plant II* di PT Keramik *Diamond Industries* Gresik dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Fokus utama ditunjukan pada tiga komponen kritis yaitu *Ventosa, Palet Esser, dan Steker* yang mana memiliki tingkat kerusakan tinggi dan menjadi penyebab utama *downtime* mesin. Dengan menggunakan analisis Pareto dan FMEA, diperoleh nilai keandalan masing-masing komponen yaitu *Ventosa* 26,91%, *Palet Esser* 37,33%, dan *Steker* 36,62%. Peneliti menyusun jadwal perawatan berdasarkan perhitungan interval waktu optimal, yakni 14 hari untuk *Ventosa*, 29 hari untuk *Palet Esser*, dan 28 hari untuk *Steker*. Nilai MTTF serta waktu perbaikan juga dihitung, dengan hasil perbaikan rata-rata kurang dari satu jam untuk setiap komponen. Untuk mencapai tingkat keandalan sistem 60–70%, disarankan interval perawatan baru yang lebih panjang, yaitu hingga 33 hari tergantung komponen. Hasil penelitian ini memberikan dasar yang kuat bagi perusahaan dalam menyusun strategi perawatan yang lebih efisien dan tepat waktu.

Selanjutnya terdapat penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Kevin Gilbert Wohon et al., 2023) yang berjudul "Penjadwalan Perawatan *Sparepart* Mesin dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* dan *Failure Mode Effect Analysis* di PT ABC". Penelitian ini dilakukan di PT. ABC, sebuah perusahaan jasa perbaikan alat berat di Balikpapan, yang menghadapi permasalahan *downtime* tinggi pada mesin *rebuilder,* khususnya dalam proses pengelasan dan pembubutan. *Downtime* tertinggi tercatat sebesar 288 jam, disebabkan oleh kerusakan pada komponen *screw ball*. Untuk mengatasi permasalahan ini, digunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) guna mengidentifikasi komponen kritis dan menyusun jadwal perawatan yang tepat. Hasil FMEA menunjukkan bahwa komponen *seal as, screen, screw ball, bushing, gear hub*, dan *alarm* merupakan penyebab utama kerusakan, dengan nilai RPN tertinggi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan MTTR, MTBF, dan *reliability*, serta pemilihan distribusi kerusakan untuk menentukan interval perawatan yang optimal. Jadwal perawatan yang disarankan adalah setiap 9 hingga 17 hari tergantung jenis komponen, seperti *screw ball* setiap 9 hari dan *gear hub* setiap 17 hari. Penjadwalan ini diharapkan mampu menurunkan frekuensi kerusakan, mengurangi

waktu henti mesin, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan proses perbaikan alat berat secara keseluruhan.

Penelitian terdahulu lain yang dilakukan oleh (Raharja et al., 2021) yang berjudul ” Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) di CV. Jaya Perkasa Teknik”. Penelitian dilakukan untuk mengatasi permasalahan tingginya *downtime* akibat kerusakan berulang pada komponen mesin bubut, yang menghambat kelancaran proses produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat komponen kritis penyebab kerusakan mesin bubut, yaitu *Electric System* dengan nilai RPN sebesar 96, *V-Belt* dengan RPN 63, *Gear* dengan RPN 48, dan *Bearing* dengan RPN 40. Berdasarkan analisis metode RCM, tindakan perawatan yang dipilih adalah *Time Directed* (TD) dengan interval waktu pergantian optimum untuk meminimalisir kerusakan dan biaya pemeliharaan. Interval pergantian optimum yang diperoleh adalah 23 hari untuk *V-Belt*, 29 hari untuk *Electric System,* dan 28 hari untuk *Bearing.* Pendekatan ini mengkombinasikan *preventive* dan *corrective maintenance* untuk memaksimalkan umur dan fungsi peralatan dengan biaya minimal.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

Penulis	**Objek (Industri)**		**Metode**					
	Manufaktur	**Mesin Produksi**	**FBD**	**FMEA**	**LTA**	**TS**	**MTTF**	**MTTR**
(Yang et al., 2020)	√	√	√	√	√			
(Prasetyo & Mercado Rosita, 2020)	√	√	√	√	√	√	√	√
(Mejia-Portillo et al., 2025)	√	√		√			√	√

Penulis	Objek (Industri)		Metode					
	Manufaktur	Mesin Produksi	FBD	FMEA	LTA	TS	MTTF	MTTR
(Wicaksono et al., 2021)	√	√		√			√	√
(Fakhrul Muqauwim et al., 2020)	√	√	√	√			√	√
(Patil et al., 2022)	√	√	√	√	√	√	√	√
(Yaojun Liu et al., 2024)	√	√		√	√	√	√	
(Jafarpisheh et al., 2020)	√	√		√			√	
(Omozuhiomwen et al., 2025)	√	√						√
(Panchal & Garg, 2025)	√	√		√			√	
(Kusuma et al., 2024)	√	√		√			√	√
(Dayera, Musa	√	√		√	√	√	√	√

Penulis	Objek (Industri)		Metode					
	Manufaktur	Mesin Produksi	FBD	FMEA	LTA	TS	MTTF	MTTR
Bundaris Palungan, 2024)								
(Umam & Widiasih, 2024)	√	√		√			√	√
(Kevin Gilbert Wohon et al., 2023)	√	√	√	√			√	√
(Raharja et al., 2021)	√	√	√	√	√	√	√	√

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pemeliharaan / Perawatan (*Maintenance*)

Istilah *maintenance* seringkali digunakan dan diartikan sebagai pemeliharaan atau perawatan. Pemeliharaan atau perawatan merupakan konsep aktivitas yang diperlukan untuk menjaga kualitas mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi normalnya. Pemeliharaan merupakan bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mengembalikan atau mempertahankan kondisi mesin agar selalu dapat berfungsi. Pemeliharaan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat digunakan sesuai harapan, sehingga kegiatan pemeliharaan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk

mempertahankan mesin dan peralatan pada kondisi operasional dan aman, serta apabila terjadi kerusakan dapat dikendalikan (Widiatmika, 2015).

Proses produksi membutuhkan kegiatan pemeliharaan yang meliputi pembersihan, inspeksi, pelumasan, serta pengadaan suku cadang demi keberlanjutannya. Pemeliharaan mempunyai kaitan erat dengan tindakan pencegahan (*preventive*) dan perbaikan (*corrective*) berupa (Widiatmika, 2015):

1. *Inspection* yaitu tindakan pemeriksaan yang ditujukan bagi sistem (mesin-mesin) agar dapat diketahui apakah sistem berada pada kondisi normal.
2. *Service* yaitu tindakan yang ditujukan bagi sistem (mesin-mesin) yang biasanya telah dijadwalkan dalam buku pemeliharaan mesin.
3. *Replace* yaitu tindakan penggantian komponen yang rusak, dapat dilakukan secara mendadak atau sesuai perencanaan pencegahan.
4. *Repair* yaitu tindakan perbaikan yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil.
5. *Overhaul* tindakan perbaikan skala besar yang biasanya dilakukan pada akhir periode tertentu.

2.2.2 Tujuan Pemeliharaan

Umumnya pemeliharaan difokuskan pada pencegahan untuk mengurangi dan / atau menghindari kerusakan dengan memastikan keandalan dan kesiapan peralatan, serta meminimalkan biaya perawatan. Sistem produksi itu sendiri memiliki tujuan (Widiatmika, 2015):

1. Memaksimalkan keuntungan dari peluang pasar yang tersedia.
2. Meminimalkan kerugian yang diakibatkan oleh kegagalan produksi.
3. Memperhatikan aspek teknis dan ekonomis pada proses produksi.

Sehingga sistem pemeliharaan dapat membantu tercapainya tujuan tersebut dengan peningkatan keuntungan dan kepuasan pelanggan. Pencapaian itu dilakukan dengan pendekatan nilai fungsi dari fasilitas produksi yang ada (Duffuaa et al, 1999) dengan cara:

1. Meminimasi *downtime*.
2. Memperbaiki kualitas.
3. Meningkatkan produktivitas.

4. Menyerahkan pesanan tepat waktu.

Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen pemeliharaan menurut *Japan Institude of Plan Maintenance dan Consultant* TPM India, secara ringkas dapat disebutkan sebagai berikut:

1. Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi.
2. Menjamin tingkat ketersediaan optimal dari fasilitas produksi.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk penggunaan darurat.
4. Menjamin keselamatan operator dan pengguna fasilitas.
5. Mendukung kemampuan mesin agar dapat sesuai dengan fungsinya.
6. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan suku cadang diluar batas.
7. Mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin dengan *maintenance* secara efektif dan efisien.
8. Mengadakan kerja sama erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah dan total biaya yang rendah.

2.2.3 Jenis-Jenis Pemeliharaan

Dalam sistem manajemen pemeliharaan, terdapat berbagai jenis perawatan yang dirancang untuk memastikan kelangsungan operasional peralatan secara optimal. Menurut (Soepardi & Chaeron, 2019), pemeliharaan mesin terdiri dari:

1. Pemeliharaan Terencana *(Planned Maintenance)*

   Pemeliharaan terencana *(planned maintenance)* adalah pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran masa depan, pengendalian atau pencatatan sesuai dengan rencana yang ditentukan sebelumnya. Pemeliharaan terencana terdiri dari 3 macam yaitu:

   a. Pemeliharaan Pencegahan (*Preverentive Maintenance*)

      Pemeliharaan pencegahan *(preverentive maintenance)* adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada selang waktu yang ditentukan sebelumnya, atau terhadap kriteria lain yang diuraikan dan dimaksudkan untuk mengurangi

kemungkinan bagian-bagian lain tidak memenuhi kondisi yang bisa diterima. Ruang lingkung pekerjaan pencegahan termasuk inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kegagalan. Secara umum tujuan dari pemeliharaan ini adalah:

- Meminimumkan waktu kegagalan *(downtime)* serta meningkatkan efektivitas mesin/peralatan dan menjaga agar mesin dapat berfungsi tanpa ada gangguan.
- Meningkatkan efisiensi dan umur ekonomis mesin/peralatan.

b. Pemeliharaan Perbaikan *(Corrective Maintenance)*

Pemeliharaan perbaikan *(corrective maintenance)* adalah jenis pemeliharaan yang dilakukan ketika suatu bagian mesin atau peralatan mengalami kerusakan dan perlu diperbaiki agar bisa kembali berfungsi dengan baik. Tindakan ini bisa mencakup penyetelan ulang, perbaikan, atau bahkan modifikasi desain agar kinerja alat menjadi lebih baik. Tujuan dari pemeliharaan ini adalah agar mesin lebih mudah digunakan oleh operator dan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan di masa mendatang atau memperkecil kegagalan mesin.

c. Pemeliharaan Prediksi *(Predictive Maintenance)*

Pemeliharaan prediktif *(predictive maintenance)* adalah bentuk pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah kerusakan dengan cara memantau kondisi mesin secara berkala. Pemeriksaan dilakukan pada waktu-waktu tertentu yang telah dijadwalkan sebelumnya. Keputusan untuk melakukan perbaikan atau tindakan lanjutan ditentukan berdasarkan hasil temuan selama proses pemeriksaan tersebut.

Pemeliharaan terencana ini merupakan metode penggantian komponen mesin pada waktu yang telah ditentukan, sebelum terjadinya kerusakan, baik kerusakan total maupun penurunan kinerja yang membuat mesin tidak lagi beroperasi sesuai standar yang diharapkan pengguna. Meskipun mesin dirancang sebaik mungkin, keausan dan penurunan kualitas tetap tidak bisa dihindari. Meskipun mesin sudah

dirancang sebaik mungkin agar tidak sering membutuhkan perawatan, tetap saja setiap bagian mesin akan mengalami aus, kualitasnya menurun, dan akhirnya rusak. Kerusakan ini biasanya bisa diperkirakan waktunya jika mesin digunakan secara normal dan stabil.

2. Pemeliharaan Tidak Terencana *(Unplanned Maintenance)*

   Pada pemeliharaan yang tidak direncanakan *(unplanned maintenance)*, satu-satunya jenis pemeliharaan yang dapat dilakukan adalah pemeliharaan darurat *(emergency maintenance)*. Pemeliharaan ini dilakukan secara langsung ketika mesin tiba-tiba mengalami kerusakan yang tidak terdeteksi sebelumnya. Tujuannya adalah untuk mencegah dampak yang lebih serius jika perbaikan tidak segera dilakukan.

2.2.4 Tindakan dalam Stategi Pemeliharaan

Beberapa tindakan yang dapat dilakukan dalam kegiatan pemeliharaan, yang berkaitan dengan strategi-strategi di atas, meliputi:

1. Pemeriksaan (*inspection*): Proses mengecek kondisi mesin atau sistem untuk memastikan apakah masih berada dalam keadaan normal atau sesuai dengan standar yang ditetapkan.
2. Penggantian komponen (*replacement)*: Tindakan mengganti bagian mesin yang rusak atau tidak lagi memenuhi persyaratan operasional. Penggantian ini bisa dilakukan secara tiba-tiba maupun melalui perencanaan sebelumnya.
3. Pelayanan *(service):* Kegiatan perawatan rutin sesuai panduan manual mesin, bertujuan menjaga kinerja sistem tetap optimal.
4. Perbaikan *(repair):* Perbaikan kecil yang dilakukan segera ketika ditemukan kerusakan ringan pada mesin.
5. *Overhaul* (turun mesin): Pemeliharaan besar-besaran yang dilakukan secara menyeluruh pada mesin, biasanya dijadwalkan pada akhir siklus operasi tertentu untuk memastikan seluruh bagian mesin dalam kondisi prima.

2.2.5 Keandalan (*Reliability*)

Menurut (Soepardi & Chaeron, 2019), Keandalan adalah kemampuan suatu sistem atau komponen untuk menjalankan fungsinya dengan baik dalam kondisi tertentu selama jangka waktu tertentu. Sebuah alat atau mesin dikatakan andal jika bisa beroperasi secara optimal tanpa sering mengalami gangguan. Keandalan juga menunjukkan seberapa besar kemungkinan sebuah produk bisa berfungsi sesuai tujuannya dalam waktu yang telah ditentukan. Keandalan ini sangat dipengaruhi oleh seberapa sering produk mengalami kerusakan. Semakin sering terjadi kerusakan, maka keandalannya semakin rendah. Nilai keandalan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$R(t) = \int_{t}^{\infty} f(t)dt = P(x > t) \tag{2.1}$$

Dimana: R(t) merupakan probabilitas peralatan dapat beroperasi hingga waktu t.

2.2.6 Kerusakan

Kerusakan merupakan kondisi di mana suatu peralatan atau komponen tidak lagi mampu menjalankan fungsinya sebagaimana mestinya. Setiap peralatan memiliki pola dan sifat kerusakan yang berbeda, meskipun digunakan dalam kondisi dan waktu yang sama. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan pada material, proses pembuatan, kondisi kerja, serta perlakuan selama pemakaian.

2.2.6.1 Laju Kerusakan *(Failure Rate)*

Laju kerusakan adalah peluang terjadinya kerusakan pada suatu komponen dalam waktu tertentu, terutama jika komponen tersebut digunakan secara bersamaan. Laju ini dilambangkan dengan $\lambda\,(t)$ dan dihitung berdasarkan peluang suatu komponen rusak dalam selang waktu kecil setelah waktu t, jika sebelumnya belum rusak. Laju kerusakan dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda\,(t) = P\left\{x < t\frac{\Delta t}{x} > t\right\} \tag{2.2}$$

2.2.6.2 Karakteristik Kerusakan

Kerusakan kerusakan peralatan dibagi menjadi tiga tahap yaitu:

1. Kegagalan Awal *(Early Failure):* Terjadi di awal penggunaan, ditandai dengan laju kerusakan yang menurun.
2. Kegagalan Acak *(Random Failure):* Terjadi secara tiba-tiba saat alat beroperasi normal, dengan laju kerusakan konstan.
3. Kegagalan Usang *(Wear-Out Failure):* Terjadi pada akhir masa pakai alat, ditandai dengan meningkatnya laju kerusakan, sehingga alat perlu diganti sebagian atau seluruhnya.

2.2.6.3 Model – Model Kerusakan

Untuk menilai keandalan suatu alat, perlu diketahui distribusi statistik dari waktu kerusakannya. Berikut ini beberapa distribusi yang umum digunakan dalam menghitung tingkat keandalan peralatan.

1. MTTF *(Mean Time To Failure):* Rata-rata waktu hingga alat mengalami kerusakan. Digunakan untuk alat yang tidak dapat diperbaiki, hanya bisa diganti.
2. MTTR *(Mean Time To Repair):* Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki alat hingga kembali berfungsi normal.
3. MTBF *(Mean Time Between Failure):* Rata-rata waktu antara satu kerusakan ke kerusakan berikutnya. Umumnya digunakan untuk mengukur keandalan produk atau mesin, dan menjadi acuan dalam perancangan serta jaminan keandalan oleh produsen.

2.2.7 *Downtime* (Waktu Perbaikan)

Secara umum *downtime* adalah waktu berhenti suatu operasional pekerjaan akibat adanya kegiatan pemeliharaan fasilitas produksi baik yang dilakukan dengan penerapan perawatan pencegahan *(preventif maintenance)* maupun akibat pemeliharaan perbaikan karena suatu kerusakan. Pada dasarnya *downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik), sehingga

membuat fungsi sistem tidak berjalan. Pada hakikatnya bahwa prinsip utama pengelolaan perawatan ditujukan untuk memaksimalkan waktu pakai suatu alat tanpa ada interupsi akibat dari kerusakan, sehingga perencanaan dan penjadwalan penggantian komponen atau bagian system peralatan berdasarkan *downtime* minimum menjadi sangat penting agar kesinambungan produksi dengan menggunakan peralatan tersebut tetap terjamin (Sihombing, 2023).

2.2.8 *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Menurut (Moubray, 1992), *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah metode perencanaan pemeliharaan yang bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh sistem beroperasi pada tingkat kinerja yang diharapkan. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah teknik analisis untuk mengidentifikasi tindakan yang harus diambil untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan sesuai dengan fungsi yang dimaksudkan. RCM merupakan metode yang digunakan untuk mengembangkan *preventif maintenance*. Pendekatan ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan peralatan dan pencapaian kinerja yang diinginkan adalah hasil dari perencanaan dan pelaksanaan *preventif maintenance* yang efektif. Dengan menerapkan metode RCM, diharapkan dapat menyusun jadwal perawatan yang akurat dan memberikan tindakan perawatan yang efektif pada komponen mesin. Hal ini bertujuan untuk mengurangi waktu henti operasional *(downtime)* dan meningkatkan kinerja mesin, sehingga dapat meningkatkan jumlah produksi sesuai dengan target yang telah ditetapkan (Azhari et al., 2024).

Menurut (Azhari et al., 2024), langkah-langkah dalam melaksanakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), diantaranya:

1. Pemilihan sistem serta pengumpulan informasi

   Proses RCM pada sistem yang dianalisis memberikan informasi rinci tentang fungsionalitas dan kemungkinan malfungsi komponen
2. Definisi batasan sistem

Definisi sistem dilaksanakan untuk memastikan bahwa ruang lingkup sistem yang diidentifikasi dan dievaluasi menjadi lebih jelas dan terstruktur, sehingga dapat dihindari adanya deviasi atau tumpang tindih dengan sistem lain.

3. Deskripsi sistem dan *Fungctional Block Diagram* (FBD)

   Diagram blok fungsional mengilustrasikan relasi antara fungsi utama dan komponen pendukung atau sub-sistem, dengan cara ini, struktur sistem dan interaksi antar komponen dapat dipahami, dan hasilnya dapat digunakan untuk merencanakan jadwal perawatan di masa mendatang.

4. Identifikasi fungsi dan kegagalan fungsi

   Dalam fase ini, dilakukan analisis mengenai kegagalan fungsi yang terjadi pada sistem yang sedang diselidiki. Penjelasan mengenai kegagalan, komponen yang terlibat, dan interaksi antar komponen pada sistem tersebut dianalisis secara rinci.

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

   FMEA adalah salah satu metode yang digunakan sebagai alat analisis yang sistematis terhadap kegagalan, melibatkan penelitian penyebab, dampak, dan metode deteksi kegagalan tersebut. FMEA menghitung *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan kriteria probabilitas, deteksi, dan tingkat keparahan untuk mendapatkan tindakan penanggulangan risiko berprioritas tinggi. *Nilai Risk Priority Number* (RPN) ditentukan dengan cara mengalikan nilai *Severity, Occurrence*, dan *Detection.*

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

   Dengan melakukan *Logic Tree Analysis* (LTA), tujuannya adalah untuk memprioritaskan setiap mode kerusakan dan mengevaluasi fungsionalitas dan cacat untuk status mode kerusakan yang berbeda. Tabel LTA berisi informasi tentang jumlah dan peruntukan kesalahan, jumlah dan jenis kesalahan, analisis tingkat keparahan, dan informasi tambahan apa pun yang diperlukan. Terdapat empat aspek kunci dalam analisis kekritisan, yaitu *evident, safety, outage,* dan *category.*

7. *Task Selection* (Pemilihan Tindakan)

Tahap akhir dalam proses analisis RCM adalah pemilihan tindakan, di mana langkah ini melibatkan penentuan tindakan yang perlu diambil terkait dengan kegagalan tersebut. Dalam praktiknya, pemilihan tindakan dapat dilakukan melalui tiga metode, yakni *Time Directed, Condition Directed*, dan *Failure Finding*.

2.2.9 *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Diagram Block merupakan gambaran dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsifungsi untuk menyusun sistem tersebut. tahap ini merupakan representasi pada level teratas dari penentuan fungsi utama suatu sistem. Dengan teridentifikasinya In/Out Interface pada Functional Blok Diagram, maka akan dapat memberikan gambaran lengkap dari fungsi sistem (Irfan Faris Rudiana et al., 2024)

2.2.10 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) adalah suatu metode yang digunakan untuk menilai kemungkinan terjadinya kegagalan pada sistem, desain, proses, maupun layanan. Identifikasi terhadap potensi kegagalan dilakukan dengan memberikan skor pada setiap mode kegagalan berdasarkan tiga aspek, yaitu tingkat frekuensi kejadian *(occurrence)*, tingkat keparahan dampak *(severity)*, serta kemampuan deteksi *(detection).* Melalui FMEA, dapat dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang berfungsi untuk menentukan prioritas penanganan suatu kegagalan. RPN diperoleh dari kombinasi tiga variabel utama *Severity, Occurrence,* dan *Detection* yang mencerminkan tingkat risiko sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan tindakan perbaikan. Risk Priority Number ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Anggraini et al., 2020):

$$RPN = S \times O \times D \tag{2.3}$$

Nilai *severity* ditentukan dalam skala 1–10 yang menunjukkan tingkat keparahan kerusakan pada mesin. Nilai *occurrence* menggunakan skala 1–10 untuk menggambarkan frekuensi atau tingkat keseringan kerusakan terjadi. Sementara itu, nilai *detection* juga menggunakan skala 1–10 yang merepresentasikan kemampuan dalam mendeteksi atau mencegah kerusakan sebelum terjadi. Skala penilaian ini disusun mulai dari tingkat 1

sebagai yang paling rendah hingga tingkat 10 sebagai yang paling tinggi. Rincian skala penilaian untuk *severity, occurrence*, dan *detection* dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3 berikut (Putri et al., 2024):

1. Tingkat keparahan (*Saverity*)

   Saverity merupakan penilaian terhadap keseriusan dari efek yang ditimbulkan. Dalam arti setiap kegagalan yang timbul akan dinilai seberapa besarnya tinggi keseriusannya.

Tabel 2. 2 *Saverity*

Rank	***Effect***	**Keterangan**
10	*Hazard*	Potensi dalam mempengaruhi keselamatan atau lingkungan, kegagalan akan terjadi dengan tidak adanya peringatan dan menyebabkan kecelakaan kerja
9	*Hazard*	Potensi dalam mempengaruhi keselamatan atau lingkungan, kegagalan akan terjadi dengan adanya peringatan dan menyebabkan kecelakaan kerja
8	*Very High*	Gangguan pada alat yang tinggi dan kompleks, semua fungsi alat tidak bisa digunakan, waktu untuk memperbaiki alat lama dan membutuhkan bantuan dari pihak luar (160 jam lebih)
7	*High*	Gangguan pada alat tinggi, waktu untuk memperbaiki alat lama dan memerlukan bantuan dari pihak luar (144 jam)
6	*Moderate to high*	100% komponen memperlukan perbaikan (120 jam)
5	*Moderate*	Cukup ada gangguan pada fungsi alat, perlu perbaikan pada beberapa bagian dari alat sehingga membutuhkan waktu tunggu (72 jam)
4	*Low to moderate*	Cukup ada gangguan pada fungsi alat, perlu perbaikan pada beberapa bagian dari alat sehingga membutuhkan waktu tunggu (48 jam)

Rank	*Effect*	Keterangan
3	*Low*	Ada kegagalan kecil pada fungsi alat, perbaikan terhadap kerusakan dapat dilakukan selama waktu tunggu (10 jam)
2	*Very low*	Ada kegagalan kecil pada fungsi alat, perbaikan terhadap kerusakan dapat dilakukan selama waktu tunggu (6 jam)
1	*None*	Ada kegagalan kecil pada fungsi alat, perbaikan terhadap kerusakan dapat dilakukan selama waktu tunggu (1 jam)

2. Frekuensi kegagalan yang terjadi *(occurance*)

   Tingkat kejadian merupakan kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Occurrence merupakan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi.

Tabel 2. 3 *Occurance*

Rank	***Failure Rate***	**Keterangan**
10	Setiap hari	Sangat tinggi
9	1 minggu sekali	Sangat tinggi
8	2 minggu sekali	Tinggi
7	1 bulan sekali	Cukup tinggi
6	3-4 bulan sekali	Medium
5	6 bulan sekali	Rendah
4	1 tahun sekali	Sangat rendah
3	2 tahun sekali	Langka
2	3-4 tahun sekali	Sangat langka
1	Lebih dari 5 tahun	Hamper tidak pernah

3. Kemungkinan kegagalan untuk terdeteksi sebelum kejadian (*detection)*

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi.

Tabel 2. 4 *Detection*

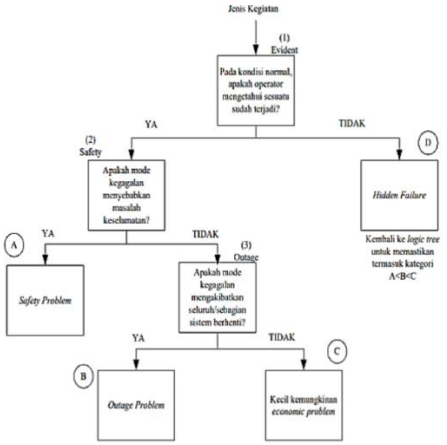
Rank	***Possible Failure Detected***	**Keterangan**
10	Hampir mustahil	Tidak ada kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan
9	Sangat kecil	Terdapat sangat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan
8	Kecil	Terdapat sedikit terdapat kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan
7	Sangat rendah	Terdapat kendali tetapi sangat rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan
6	Rendah	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan
5	Sedang	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang/cukup untuk mendeteksi potensi kegagalan
4	Agak tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan
3	Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan
2	Sangat tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan
1	Hampir tinggi	Kendali hampir pasti dapat mendeteksi potensi kegagalan

2.2.11 *Logic Tree Analysis* (LTA)

Penyusunan Logic Tree Analysis (LTA) bertujuan untuk menentukan prioritas pada setiap mode kerusakan melalui peninjauan terhadap fungsi dan kegagalan fungsi, sehingga status dari masing-masing mode kerusakan dapat dibedakan. Penentuan

prioritas dilakukan dengan menjawab serangkaian pertanyaan yang tersedia dalam LTA. Melalui analisis kekritisan, setiap mode kerusakan kemudian ditempatkan ke dalam salah satu dari empat kategori. Empat aspek utama yang diperhatikan dalam analisis kekritisan antara lain (Simanungkalit et al., 2023):

1. *Evident,* yaitu apakah operator dapat mengetahui adanya gangguan pada sistem dalam kondisi normal.
2. *Safety,* yaitu apakah mode kerusakan tersebut berpotensi menimbulkan masalah keselamatan.
3. *Outage,* yaitu apakah mode kerusakan mengakibatkan penghentian sebagian atau seluruh fungsi mesin.
4. *Category,* yaitu klasifikasi akhir yang diperoleh berdasarkan hasil jawaban atas pertanyaan-pertanyaan dalam LTA. Pada bagian ini komponen terbagi menjadi 4 kategori, yakni (Widyaningrum & Winati, 2022):
   a. Kategori A (*Safety problem*), kegagalan menyebabkan kecelakaan
   b. Kategori B *(Outage Problem),* jika kegagalan menyebabkan seluruh atau sebagian mesin beroperasi
   c. Kategori C *(Economic problem),* jika kegagalan menyebabkan masalah ekonomi terhadap perusahaan
   d. Kategori D *(Hidden failure),* jika pekerja tidak mengetahui adanya kegagalan mesin pada kondisi normal

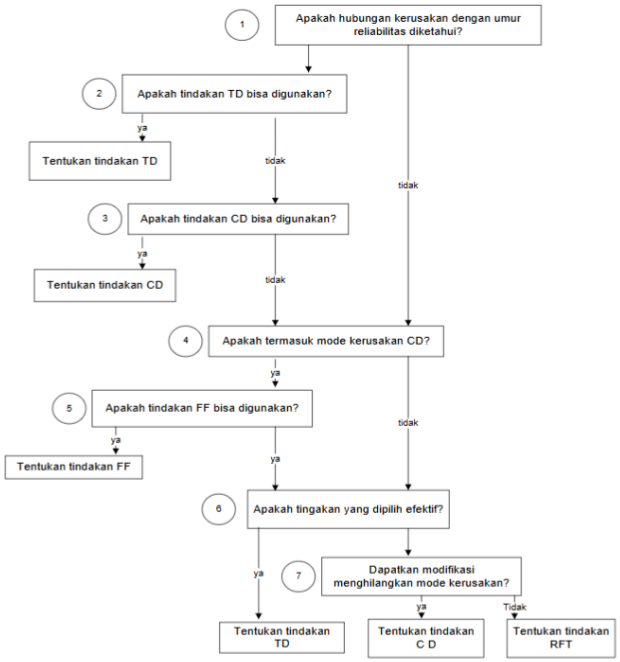


Gambar 2. 1 *Logic Tree Analysis* (LTA)s

2.2.12 *Task Selection* (Pemilihan Tindakan)

Tahap pemilihan tindakan merupakan langkah terakhir dalam analisis Reliability Centered Maintenance (RCM). Pada tahap ini disusun daftar lengkap tindakan potensial untuk setiap mode kerusakan, kemudian dilakukan identifikasi serta pemilihan tindakan yang paling tepat. Proses pemilihan bertujuan untuk menentukan langkah paling sesuai bagi jenis kerusakan tertentu. Apabila tindakan pencegahan dinilai tidak layak secara ekonomis, maka keputusan akan bergantung pada potensi konsekuensi dari kegagalan yang terjadi. Terdapat beberapa jenis intervensi pencegahan yang dapat diterapkan di antaranya (Dayera, Musa Bundaris Palungan, 2024):

1. *Condition Directed* (CD), yaitu tindakan proaktif yang berfokus pada identifikasi atau deteksi aktivitas maupun gejala tertentu. Jika terdeteksi adanya indikasi kerusakan, maka langkah yang dilakukan adalah perbaikan atau penggantian komponen yang terdampak.
2. *Time Directed* (TD), yaitu tindakan yang umumnya menekankan pada aktivitas pemeliharaan rutin, seperti pembersihan secara berkala.
3. *Finding Failure* (FF), yaitu tindakan berupa inspeksi berkala yang bertujuan untuk menemukan kerusakan tersembunyi pada peralatan.



Gambar 2. 2 *Task Selection* (TS)

2.2.13 Mode Distribusi Kerusakan

Menurut (Ebeling, 1997), erdasarkan informasi dasar mengenai umur pakai peralatan dalam suatu populasi, distribusi yang paling sering digunakan untuk menggambarkan data kerusakan adalah distribusi eksponensial, lognormal, normal, dan *Weibull*. Analisis distribusi data kerusakan ini diperlukan untuk menentukan interval perawatan yang optimal. Adapun distribusi yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.2.13.1 Distribusi Normal

Distribusi normal sering digunakan untuk memodelkan fenomena seperti kelelahan dan keausan. Karena memiliki keterkaitan dengan distribusi lognormal, distribusi ini juga bermanfaat dalam menganalisis peluang atau probabilitas yang bersifat lognormal. Distribusi normal atau yang juga dikenal sebagai distribusi *Gaussian*, merupakan salah satu distribusi yang paling umum digunakan untuk menggambarkan penyebaran suatu data. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*/PDF) dari distribusi ini bersifat simetris terhadap nilai rata-rata (*mean*). Tingkat penyebaran data terhadap

nilai rata-rata diukur melalui standar deviasi, sehingga kedua parameter utama distribusi normal adalah *mean* dan standar deviasi. Menurut (Ebeling, 1997) PDF dari distribusi normal dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut:

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

Jika distribusi waktu antara kegagalan suaitu sistem mengikuti distribusi normal, maka:

1. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.5)$$

2. Laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]}{\int_t^{\infty} \exp[-(t-\mu)^2\ 2\sigma^2]\, dt} \quad (2.6)$$

2.2.13.2 Distribusi Lognormal

Apabila variabel acak T, yang merepresentasikan waktu kegagalan, mengikuti distribusi lognormal, maka logaritma dari Takan berdistribusi normal. Hubungan ini sangat bermanfaat dalam proses analisis yang melibatkan distribusi lognormal. Adapun fungsi kepadatan probabilitas (PDF) dari distribusi lognormal dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi st}} exp\left[-\frac{1}{2s^2}\left(In\frac{1}{t_{med}}\right)^2\right] t \geq 0 \quad (2.7)$$

istribusi lognormal memiliki dua parameter utama, yaitu parameter lokasi (μ) dan parameter skala (σ), di mana σ merepresentasikan standar deviasi. Apabila waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi lognormal, maka:

1. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2.8)$$

2. Laju kegagalan

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

3. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulatof Distribution Function)*

$$F(t) = \phi\left(\frac{1}{s} In \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (2.10)$$

2.2.13.3 Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* merupakan salah satu distribusi yang paling umum digunakan dalam analisis data kerusakan, karena mampu merepresentasikan berbagai fase kegagalan, yaitu fase awal *(early failure)*, fase normal, dan fase keausan (*wear out*). Setiap periode tersebut ditentukan oleh nilai parameter bentuk dari fungsi distribusi *Weibull.* Distribusi *Weibull* memiliki karakteristik laju kerusakan yang berbeda tergantung pada nilai parameter bentuk (β), yaitu laju kerusakan menurun ketika β < 1, konstan saat β = 1, dan meningkat apabila β > 1. Fungsi-fungsi distribusi *weilbull* adalah sebagai berikut:

1. Fungsi kepadatan probabilitas *(Probability Density Function)*

$$F(t) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} exp\left[\left(-\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}\right] \quad (2.11)$$

   mana untuk t > 0

   α = parameter skala dengan $\alpha > 0$

   β = parameter bentuk dengan $\beta > 0$

2. Fungsi Keandalan *(Reliability Function)*

$$R(t) = exp\left[\left(-\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}\right] \quad (2.12)$$

3. Fungsi Distribusi Kumulatifd *(Cummulative Distribution Function)*

$$F(t) = 1 - exp\left[\left(-\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}\right] \quad (2.13)$$

4. Fungsi Laju Kerusakan *(Hazard Rate Function)*

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (2.14)$$

   Penambahan nilai parameter β menyebabkan distribusi *Weibull* menjadi ekuivalen dengan distribusi tertentu, sehingga sering dimanfaatkan sebagai

pendekatan untuk mengidentifikasi karakteristik fungsi kerusakan. Perubahan nilai β tersebut dapat diamati melalui penjelasan berikut:

a. Distribusi *weilbull* ekuivalen dengan distribusi *eksponential,* jika $\beta = 1$
b. Distribusi *weilbull* ekuivalen dengan distribusi *hypereksponential,* jika $\beta = 0$
c. Distribusi *weilbull* ekuivalen dengan distribusi normal, jika $\beta < 4$

Berikut merupakan tabel nilai parameter bentuk (β) Distribusi *Weibull*:

Tabel 2. 5 Nilai Parameter Bentuk Distribusi Weibul

Nilai	**Laju Kerusakan**
$0 < \beta < 1$	Laju kerusakan menurun *(deceasing failure rate)* DFR
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan *(constant failure rate)* CFR Distribusi Eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat *(increasing failure rate)* IFR Kurva berbentuk konkaf
$\beta = 2$	Laju kerusakan linear *(linear failure rate)* LFR Distribusi *Reyleigh*
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat *(increasing failure rate)* IFR Kurva berbentuk konveks
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat *(increasing failure rate)* IFR Kurva berbentuk simetris Distribusi Normal

2.2.13.4 Distribusi Eskponensial

PDF distribusi eksponensial ditunjukan pada persamaan berikut:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{2.15}$$

2. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{2.16}$$

3. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$f(t) = 1 - e^{-\lambda t} \tag{2.17}$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \tag{2.18}$$

2.2.14 Penentuan Distribusi Waktu antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan

Untuk menghitung data selang waktu antar pergantian tersebut perlu diidentifikasi pola distribusi apa yang akan diikuti dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* (LSCF) dengan mencari nilai *Index Of Fit* (r) terbesar. Langkah-langkah yang digunakan adalah sebagai berikut (Bhagya et al., 2020):

1. Menentukan waktu antar kerusakan ke-1(ti)
2. Menghitung nilai xi, dengan persamaan sebagai berikut:
   a. Distribusi Normal

$$xi = ti \tag{2.19}$$

   b. Distribusi Lognormal

$$xi = In\ ti \tag{2.20}$$

   c. Distribusi Eskponensial

$$xi = ti \tag{2.21}$$

   d. Distribusi Weibull

$$xi = In\ ti \tag{2.22}$$

   Dimana: xi = taksiran terhadap dua waktu kerusakan
3. Menghitung nilai F(ti)

   F(ti) adalah fungsi distribusi kumulatif, dengan persamaan sebagai berikut:

$$f(t_i) = \frac{i - 0{,}3}{n + 0{,}4} \tag{2.23}$$

Dimana: n = jumlah sampel

4. Menghitung nilai yi, dengan persamaan sebagai berikut:
   a. Distribusi Normal

$$yi = Zi = \emptyset^{-1}[F(ti)] \tag{2.24}$$

Dengan, ti = data ke-i

Parameter:

$$\sigma = \frac{1}{b}\ dan\ \pi = -\left(\frac{a}{b}\right) \tag{2.25}$$

   b. Distribusi Lognormal

$$yi = Zi = \emptyset^{-1}[F(ti)] \tag{2.26}$$

Dengan, ti = data ke-i

Parameter:

$$S = \frac{1}{b}\ dan\ t_{med} = e^{-sa} \tag{2.27}$$

   c. Distribusi Eskponensial

$$yi = In\left[\frac{1}{1 - F(ti)}\right] \tag{2.28}$$

Dengan, ti = data ke-i

Parameter: $\beta = 1/b$ dan $\theta = e^{a}$

   d. Distribusi *Weibull*

$$yi = In\ In\left[\frac{1}{1 - F(ti)}\right] \tag{2.29}$$

Dengan, ti = data ke-i

Parameter: $\beta = 1/b$ dan $\theta = e^{a}$

yi adalah taksiran terhadap fungsi distribusi kumulatif.

5. Menghitung nilai xi.yi (mengalikan xi dengan yi)
6. Menghitung nilai xi^2
7. Menghitung nilai yi^2
8. Menghitung nilai Index of fit ®

   Berikut merupakan rumus menghitung *index of fit*:

$$Index\ of\ Fit = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{i=1}^{n} xi).(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{[n\sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2\,[n\sum_{i=1}^{n} yi^2 - (\sum_{i=1}^{n} yi)]^2}} \qquad (2.30)$$

9. Pemilihan *Indeks of Fit* terbesar

   Index Of Fit terbesar yang didapatkan dari hasil perhitungan masing-masing jenis distribusi setelah didapatkan lalu dilakukan pengujian kesesuaiannya.

2.2.15 Uji *Goodness of Fit*

Uji *goodness of fit* merupakan metode statistik yang digunakan untuk menilai sejauh mana suatu model distribusi teoritis sesuai dengan data hasil pengamatan. Dalam konteks analisis keandalan, uji ini digunakan untuk menentukan distribusi yang paling tepat menggambarkan pola waktu kerusakan suatu komponen. Pengujian *goodness of fit* dilakukan dengan mencari nilai *index of fit* terbesar melalui perbandingan antara hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa data waktu kerusakan mengikuti distribusi tertentu, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa data tersebut tidak mengikuti distribusi tersebut. Pengujian ini didasarkan pada perhitungan statistik yang diperoleh dari sampel data waktu kerusakan (Bhagya et al., 2020). Adapun menurut (Rohendi et al., 2015) terdapat beberapa jenis uji yang digunakan dalam pengujian *goodness of fit* antara lain sebagai berikut:

1. Uji Kolmogorov-Smirnov untuk Distribusi Normal dan Lognormal

Uji ini membandingkan fungsi distribusi kumulatif empiris dengan fungsi distribusi kumulatif teoritis dari distribusi normal dan lognormal. Adapun hipotesis yang digunakan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

H0 = Waktu kegagalannya normal

H1 = Waktu kegagalannya tidak normal

Dimana:

$$D_n = \left[\emptyset\left(\frac{t_i - t}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right], \left[\frac{i}{n} - \emptyset\left(\frac{t_i - t}{s}\right)\right] \quad (2.31)$$

Dengan:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{t_i}{n} \quad (2.32)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(t_i - \bar{t})^2}{n-1} \quad (2.33)$$

Jika $D_n < D_{crit}$, maka H0 diterima; sedangkan jika $D_n > D_{crit}$, maka hipotesis H1 diterima.

2. Uji Bartlett untuk Distribusi Eksponensial

Uji yang secara khusus digunakan untuk menguji kesesuaian data terhadap distribusi eksponensial adalah uji Bartlett. Adapun hipotesis yang digunakan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

H0 = Waktu kegagalan bersifat ekponensial

H1 = Waktu kegagalan tidak bersifat eksponensial

$$B = \frac{\left[In\left(\left(\frac{1}{r}\right)(\sum_{i=1}^{r} t_i)\right) - \left(\left(\frac{1}{r}\right)\right)(\sum_{i=1}^{r} In\ t_i)\right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (2.34)$$

Dengan:

t_i = Waktu Kerusakan

r = Jumlah kerusakan dengan wilayah kritis

$$X^2_{1-\frac{\alpha}{2},r-1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2},r-1} \quad (2.35)$$

3. Uji Mann's Test untuk Distribusi Weibull

Uji yang secara khusus digunakan untuk distribusi kegagalan Weibull adalah uji yang dikembangkan oleh Mann, Schafer, dan Singpurwalla (1974). Adapun hipotesis yang digunakan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

H0 = waktu kegagalan berdistribusi weibull

H1 = waktu kegagalan tidak berdistribusi weibull

$$M = \frac{K_2 \sum_{i-k_1\mp1}^{r-1} \left[\frac{Int_{i+1} - Int_i}{M_i}\right]}{K_2 \sum_{i-k_1\mp1}^{k_1} \left[\frac{Int_{i+1} - Int_i}{M_i}\right]} \quad (2.36)$$

Dengan:

$$K_1 = \left[\frac{r}{2}\right] \quad (2.37)$$

$$K_2 = \left[\frac{r-1}{2}\right] \quad (2.38)$$

$$Z_i = In\left[-In\left(1 - \frac{i - 0{,}5}{n + 0{,}25}\right)\right] \quad (2.39)$$

Dengan r adalah jumlah kerusakan. Wilayah kritis terdapat pada $M < F_{crit}(\alpha, V1, V2)$. F_{crit} diperoleh dari $V_1 = 2k_2$ dan $V_2 = 2k_1$.

2.2.16 Estimasi Parameter

Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Menurut (Ebeling, 1997) parameter yang digunakan untuk setiap jenis distribusi adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Eksponensial

   Parameter MLE yang digunakan pada distribusi eksponensial adalah λ.

$$\lambda = \frac{r}{T} \tag{2.40}$$

2. Distribusi Weibull

   Perhitungan MLE untuk distribusi Weibull dua parameter dilakukan secara numerik. Pada data lengkap maupun data tersensor tunggal, estimasi untuk parameter bentuk (β) diperoleh dengan menyelesaikan persamaan berikut:

$$\beta = \frac{n\sum_{i=1}^{n} XiYi - (\sum_{i=1}^{n} Xi)(\sum_{i=1}^{n} Yi)}{n\sum_{i=1}^{n} Xi^2 - n\sum_{i=1}^{n}(Xi)^2} \tag{2.41}$$

$$\theta = e^{-\frac{\alpha}{\beta}} \tag{2.42}$$

3. Distribusi Normal

   Turunan dari estimasi *Maximum Likelihood* untuk distribusi normal dengan data lengkap dapat ditemukan dalam berbagai literatur statistik, seperti yang dijelaskan oleh Ross (1987). Metode MLE ini didasarkan pada nilai rata-rata sampel dan varians sampel.

$$\mu = \bar{x} \tag{2.43}$$

$$\sigma^2 = \frac{(n-1)s^2}{n} \tag{2.44}$$

4. Distribusi Lognormal

Untuk distribusi lognormal, hubungan dengan distribusi normal kembali digunakan. Karena logaritma data akan berdistribusi normal, estimasi MLE dari parameter normal yang mendasarinya digunakan untuk menghitung estimasi parameter lognormal.

$$\mu = \sum_{i=1}^{n} \frac{Int_i}{n} \tag{2.45}$$

$$t_{med=e^{\mu}} \tag{2.46}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Int_i - \mu)^2}{n}} \tag{2.47}$$

2.2.17 *Mean Time to Failure* (MTTF)

Mean Time to Failure (MTTF) merupakan rata - rata waktu antar kerusakan berdasarkan distribusi kerusakan yang digunakan untuk memprediksi atau memperkirakan kemungkinan terjadinya kerusakan saat mesin atau sistem beroperasi secara normal. Berikut ini adalah nilai MTTF untuk setiap jenis distribusi (Ebeling, 1997).

1. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \tag{2.48}$$

2. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med}.e^{\frac{s^2}{2}} \tag{2.49}$$

3. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \tag{2.50}$$

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

4. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \tag{2.51}$$

2.2.18 *Mean Time to Repair* (MTTR)

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan berdasarkan distribusi probabilitas waktu perbaikan. Nilai ini digunakan untuk memprediksi atau memperkirakan lamanya proses perbaikan ketika terjadi kerusakan. Berikut ini adalah nilai MTTR untuk setiap jenis distribusi (Ebeling, 1997).

1. Distribusi Normal

$$MTTR = \mu \tag{2.52}$$

2. Distribusi Lognormal

$$MTTR = t_{med}.e^{\frac{s^2}{2}} \tag{2.53}$$

3. Distribusi Weibull

$$MTTR = \theta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \tag{2.54}$$

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

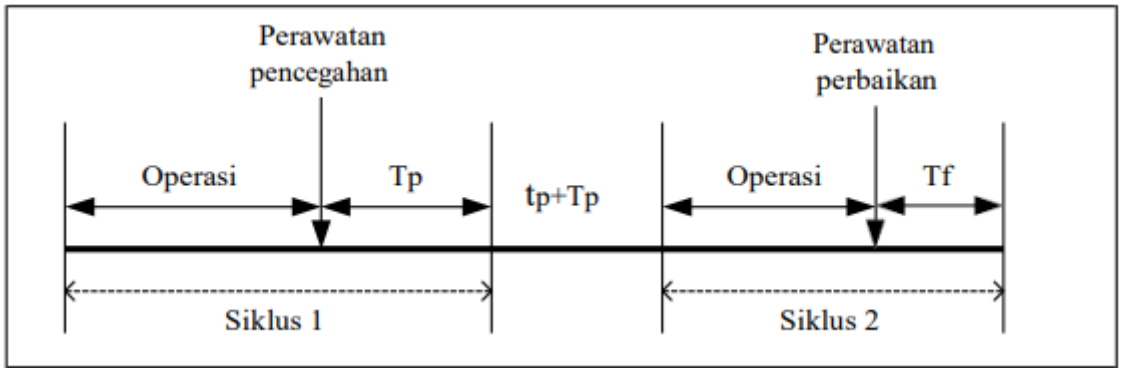
4. Distribusi Esponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \tag{2.55}$$

2.2.19 *Age Replacement*

Model *age replacement* merupakan model penentuan interval waktu penggantian komponen dengan mempertimbangkan umur pemakaian komponen tersebut. Dalam

model ini, terdapat dua jenis siklus penggantian pencegahan, seperti ditunjukkan pada gambar berikut (Pardiyono & Suryani, 2020):



Gambar 2. 3 Siklus Penggantian Pencegahan

Sumber :(Pardiyono & Suryani, 2020)

Total *downtime* per unit waktu untuk penggantian pencegahan pada saat tp didenotasikan denagn D (tp) yaitu

$$D(tp) = \frac{Total\ eskpetasi\ downtime\ pergantian\ persiklus}{Eskpektasi\ panjang\ siklus} \tag{2.56}$$

Ekspektasi Panjang siklus kondisi gagal juga merupakan penjumlahan dan downtime perbaikan kerusakan dengan interval rata-rata terjadinya kerusakan atau M(tp), Dimana:

$$M(t_p) : M(t_p) = \left(\frac{tp^{\beta}}{\alpha}\right) \tag{2.57}$$

Maka, rumus mode p enentuan interval penggantian adalah:

$$D(tp) = \frac{tp.R(tp) + Tf\big(1 - R(tp)\big)}{(tp + Tp).R(tp) + \big[M(tp) + Tf\big(1 - R(tp)\big)\big]} \tag{2.58}$$

Dimana:

Tp = waktu penggantian pencegahan

Tf = waktu penggantian kerusakan

tp = interval waktu perawatan pencegahan

F(t) = fungsi distribusi interval antar kerusakan yang terjadi

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

M(tp) = Waktu rata - rata terjadi kerusakan jika penggantian pencegahan dilakukan tp

D(tp) = *Downtime* persatuan waktu

2.2.20 Interval Waktu Pemeriksaan

Penentuan Interval pemeriksaan berfungsi sebagai penentuan interval waktu pemeriksaan *Equipment* berdasarkan waktu operasi, dengan rumusan sebagai berikut (Fernando et al., 2021):

1. Waktu rata - rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{rata - rata\ jam\ kerja\ dalam\ 1\ bulan} \tag{2.59}$$

2. Waktu rata - rata pemeriksaan

$$\frac{\bar{t}}{i} = \frac{rata - rata\ sekali\ periksa}{rata - rata\ jam\ kerja\ per\ bulan} \tag{2.60}$$

3. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{jumlah\ kerussakan\ per\ 2\ tahun}{rata - rata\ jam\ kerja\ per\ 24\ bulan} \tag{2.61}$$

4. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{kxi}{\mu R}} \tag{2.62}$$

5. Interval waktu pemeriksaan

$$ti = \frac{rata - rata\ jam\ kerja\ perbulan}{n} \tag{2.63}$$

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah Divisi Boiler Unit 1-4 pada PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya. Divisi ini berperan dalam mengelola dan memelihara sistem boiler guna memastikan kinerja optimal dalam proses pembangkit listrik. Sedangkan subjek pada penelitian ini adalah Mesin *Coal Feeder* yang mana berfungsi untuk mengatur laju aliran batubara dari *coal bunker/silo* menuju ke *mill*/*pulverizer* untuk dihaluskan. Laju aliran batubara yang tepat dan stabil sangat menentukan efisiensi pembakaran serta kestabilan produksi uap dalam boiler.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah cara atau teknik yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan informasi atau data yang dibutuhkan dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini, digunakan beberapa teknik pengumpulan data sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan

   Observasi adalah metode pengumpulan data dengan cara mengamati secara langsung aktivitas, proses, atau kondisi objek penelitian di lapangan. Obsevasi dilakukan dengan mengamati langsung kondisi fisik *coal feeder*, proses pengoperasian, dan lingkungan kerja di unit boiler. Observasi ini bertujuan untuk memahami pola kerja sistem dan potensi kerusakan yang muncul.
2. Wawancara

   Wawancara adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui komunikasi langsung antara peneliti dan responden (narasumber), yang mana bertujuan untuk memperoleh informasi mendalam mengenai permasalahan yang diteliti. Pada penelitian ini wawancara dilakukan dengan para karyawan di divisi boiler mulai dari *Team Leader Mill Fan* hingga teknisi yang berpengalaman atau *expert* dibidang tersebut.
3. Studi Literatur

Studi literatur adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan menelaah dan mengkaji berbagai sumber referensi ilmiah yang relevan, seperti buku, jurnal, artikel, laporan penelitian sebelumnya, serta dokumen resmi yang terkait dengan topik penelitian. Teknik ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori, konsep, serta pendekatan metodologi yang tepat guna mendukung analisis dan pembahasan dalam penelitian.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Data primer

   Data primer merupakan jenis data yang diperoleh secara langsung di lapangan. Dalam penelitian ini, data primer dikumpulkan melalui kegiatan observasi secara langsung terhadap kondisi mesin *coal feeder* serta melalui wawancara dengan operator atau teknisi yang memiliki keterlibatan langsung dalam proses pengoperasian dan pemeliharaan peralatan tersebut. Data yang diperoleh seperti data langsung dari kondisi nyata di lapangan, gangguan yang sering terjadi pada mesin serta cara kerja operator dalam mengoperasikan dan merawat *coal feeder* secara rutin

2. Data sekunder

   Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari sumber yang telah terdokumentasi sebelumnya. Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh melalui berbagai dokumen internal perusahaan seperti catatan logbook kerusakan mesin, jadwal atau rencana pemeliharaan rutin, serta data histori waktu henti (*downtime*) peralatan. Selain itu, data sekunder juga mencakup informasi yang diperoleh dari berbagai referensi ilmiah seperti buku, jurnal internasional dan nasional, serta artikel teknis yang relevan dengan topik penelitian. Data ini digunakan untuk mendukung analisis dan interpretasi temuan di lapangan serta memperkuat kerangka teoritis yang digunakan dalam penelitian.

3.4 Metode Pengolahan Data

1. *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

   Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah metode perencanaan pemeliharaan yang bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh sistem beroperasi pada tingkat kinerja yang diharapkan. Berikut ini merupakan tahapan dari metode RCM:

   a. *Fuctional Block Diagram* (FBD)

      Tahapan awal untuk menggambarkan sistem atau peralatan dalam bentuk blok fungsi, yang menunjukkan bagaimana komponen-komponen saling berhubungan dan berfungsi dalam suatu sistem secara keseluruhan

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

      Analisis sistematis untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan, penyebabnya, serta dampaknya terhadap sistem. FMEA juga digunakan untuk menentukan tingkat risiko dan prioritas tindakan perbaikan.

   c. *Logic Tree Analysis* (LTA)

      Digunakan untuk menentukan penyebab utama dari suatu kegagalan dengan menggunakan pendekatan pohon logika. LTA membantu dalam pengambilan keputusan apakah suatu kegagalan dapat diterima atau perlu tindakan pemeliharaan

   d. *Task Selection*

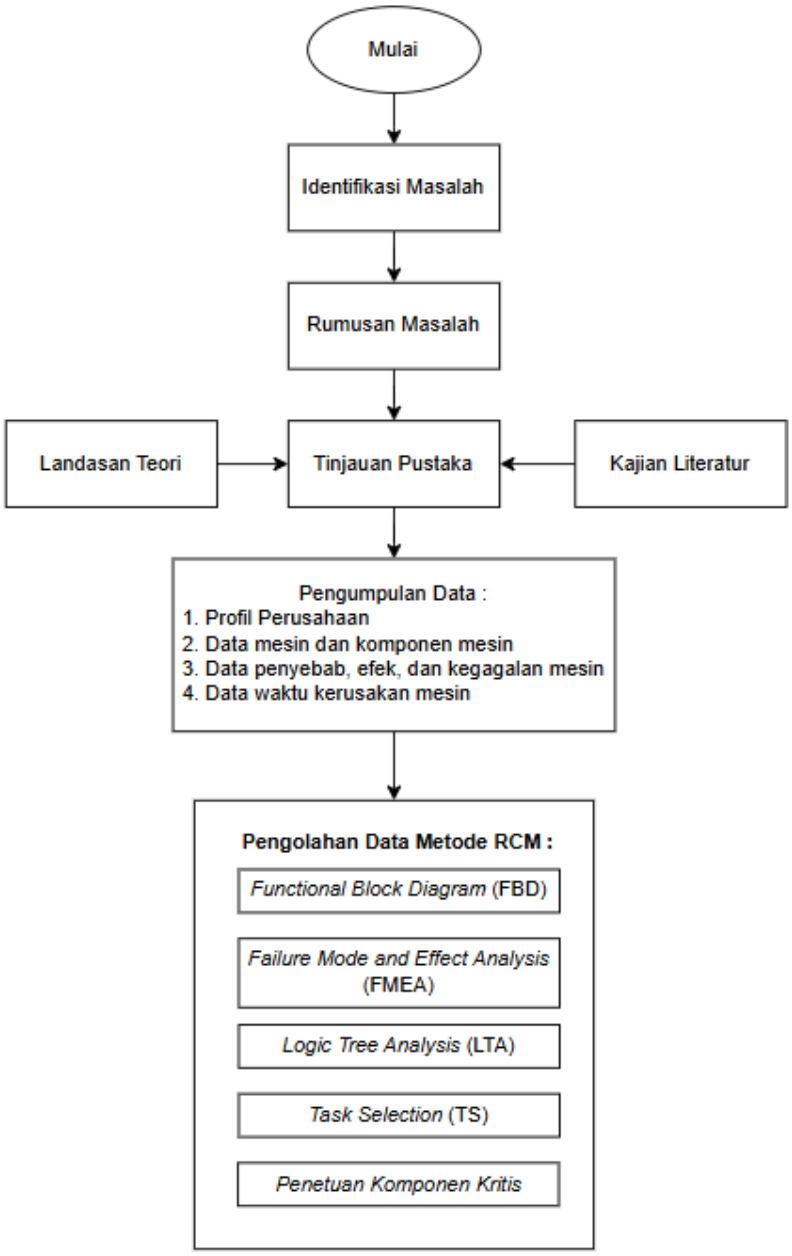
      Tahap pemilihan tindakan pemeliharaan yang paling tepat (preventif, prediktif, atau korektif) berdasarkan hasil analisis sebelumnya, agar sistem tetap andal dan efisien

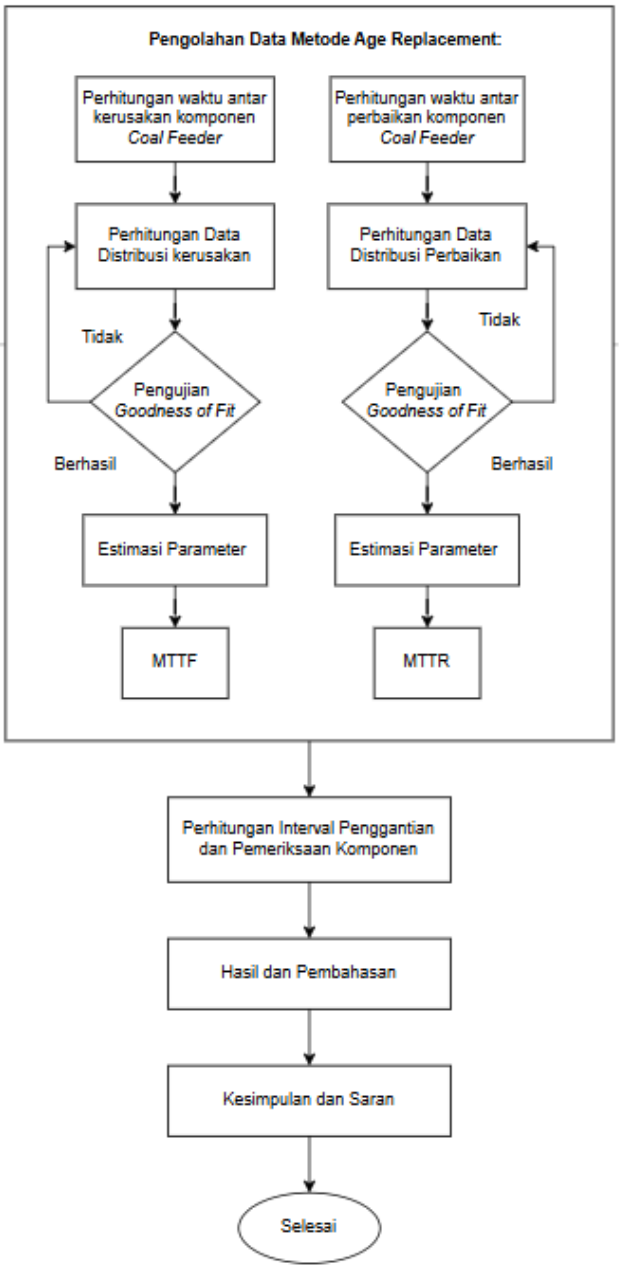
2. Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis

   Menggunakana metode *Age Replacement* yaitu dengan menetapkan umur penggantian komponen berdasarkan karakteristik kegagalannya. Komponen diganti pada usia tertentu sebelum terjadi kerusakan guna meminimalkan downtime dan meningkatkan keandalan coal feeder.

3.5 Alur Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian pada penelitian ini:





Gambar 3. 1 Alur Penelitian

1. Mulai

   Penelitian diawali dengan menentukan topik penelitian. Fokus utama penelitian ini adalah meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan pada *coal feeder* melalui

penerapan metode *Reliabiity Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement.* Tahap awal ini juga mencakup peninjauan awal terhadap lokasi serta permasalahan yang ada.

2. Identifikasi Masalah

   Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi berbagai permasalahan yang terjadi di lapangan, khususnya pada mesin *coal feeder*. Permasalahan yang sering ditemukan meliputi tingginya frekuensi kerusakan komponen, jadwal perawatan yang belum optimal, dan ketidakefisienan proses pemeliharaan. Data awal diperoleh melalui wawancara dan observasi terhadap aktivitas operasional dan pemeliharaan.

3. Rumusan Masalah

   Hasil dari identifikasi masalah kemudian dirumuskan dalam bentuk pertanyaan penelitian. Rumusan masalah ini bertujuan untuk mengarahkan fokus penelitian, seperti bagaimana menentukan komponen kritis dalam sistem, bagaimana menentukan interval penggantian dan pemeriksaan optimal, dan bagaimana meningkatkan keandalan *coal feeder* melalui pendekatan yang lebih sistematis.

4. Tinjauan Pustaka

   Tinjauan pustaka ini berisi ulasan dari berbagai penelitian terdahulu yang relevan. Beberapa studi yang dikaji menunjukan keberhasilan penerapa RCM dalan meningkatkan efisiensi perawatan mesin baik di sektor manufaktur maupun otomotif. Selain itu, beberapa penelitian juga telah mengaplikasikan metode *Age Replacement* dalam menentukan interval optimal penggantian komponen untuk mengurangi *downtime.*

5. Landasan Teori

   Landasan teori memuat penjabaran tentang konsep-konsep dasar yang menjadi dasar ilmiah dalam penelitian ini. Beberapa teori yang digunakan seperti teori keandalan (*reliability*), teori distribusi kerusakan, konsep MTTF (*Mean to Failure*), MTTR (*Mean to Repair*), serta prinsip-prinsip dasar dari metode RCM dan *Age Replacement* dalam menentukan interval optimal untuk mengurangi *downtime*.

6. Kajian Literatur

   Kajian literatur berisi telaah dari berbagai sumber tertulis, seperti buku teknik pemeliharaan, artikel ilmiah, standar industri, dan jurnal internasional terbaru (minimal lima tahun terakhir). Literatur ini digunakan sebagai dasar untuk memilih metode yang tepat, teknik analisis data, serta mendukung validitas pendekatan yang digunakan dalam penelitian.

7. Pengumpulan Data

   Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh langsung dari hasil observasi di lapangan, wawancara dengan operator, dan pengamatan terhadap cara kerja sistem *coal feeder*. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari dokumen teknis perusahaan seperti catatan kerusakan, logbook perawatan, serta data riwayat penggantian komponen. Informasi ini menjadi dasar utama dalam proses pengolahan data selanjutnya.

8. Pengolahan Data Metode RCM

   Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah pengolahan menggunakan metode RCM. Tahap pertama adalah pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD) untuk menggambarkan fungsi utama sistem. Dilanjutkan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi jenis kegagalan, penyebab, dan dampaknya. Kemudian dilakukan *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengetahui akar penyebab masalah. Selanjutnya, dilakukan *Task Selection* (TS) untuk menentukan jenis pemeliharaan yang paling tepat, lalu diakhiri dengan penentuan komponen kritis berdasarkan analisis sebelumnya.

9. Pengolahan Data Metode *Age Replacement*

   Pada tahap ini, dilakukan pengolahan data untuk menentukan interval penggantian optimal berdasarkan umur komponen. Data yang diolah mencakup waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan dari komponen Coal Feeder. Selanjutnya, dilakukan pengujian distribusi data menggunakan *Goodness of Fit Test.* Jika distribusi sudah sesuai, parameter distribusi dihitung untuk memperoleh nilai MTTF *(Mean Time to Failure)* dan MTTR *(Mean Time to Repair).* Nilai-nilai tersebut menjadi dasar perhitungan interval penggantian yang optimal.

10. Perhitungan Interval Penggantian dan Pemeriksaan Komponen

    Setelah diperoleh nilai MTTF dan MTTR, dilakukan perhitungan interval penggantian dan pemeriksaan komponen yang paling efektif. Tujuannya adalah untuk meminimalkan kemungkinan kerusakan sebelum terjadi, sekaligus menghindari penggantian dini yang dapat menyebabkan pemborosan biaya perawatan. Tahap ini sangat penting dalam menyusun strategi pemeliharaan yang lebih efisien dan berbasis data.

11. Hasil dan Pembahasan

    Hasil dari seluruh proses pengolahan data dan analisis disajikan dalam bagian ini. Peneliti membahas temuan penting, seperti komponen yang paling kritis, interval penggantian yang optimal, dan efektivitas metode yang diterapkan. Analisis dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan diolah.

12. Kesimpulan dan Saran

    Bagian ini menyajikan kesimpulan dari penelitian, menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya. Selain itu, diberikan saran-saran yang dapat digunakan oleh perusahaan untuk mengimplementasikan strategi pemeliharaan berbasis RCM dan *Age Replacement* secara berkelanjutan. Saran untuk penelitian selanjutnya juga disampaikan untuk pengembangan metode yang lebih lanjut.

13. Selesai

    Penelitian dinyatakan selesai setelah seluruh tahapan dilalui dan semua hasil telah didokumentasikan dengan lengkap. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem perawatan pada unit *coal feeder*.

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA atau PEMBANGUNAN SISTEM

4.1 Profil Perusahaan

4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT Indonesia Power merupakan anak perusahaan dari PT PLN (Persero) yang sebelumnya dikenal sebagai PLN Pembangkit Tenaga Listrik Jawa-Bali (PJB I). Awal pembentukannya berkaitan dengan kebijakan deregulasi sektor ketenagalistrikan pada awal 1990-an. Pemerintah mengizinkan peran swasta dalam penyediaan listrik melalui Keppres No. 37 Tahun 1992, yang mendukung pembangunan pembangkit listrik swasta seperti Paiton Swasta I. Sebagai bagian dari restrukturisasi sektor ini, pada tahun 1994 status PLN diubah dari Perum menjadi Persero. Kemudian, pada 3 Oktober 1995, PLN membentuk dua anak perusahaan: PT Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali di Suralaya dan PT Indonesia Power yang berkantor pusat di Jakarta. Tujuan pembentukan ini adalah untuk memisahkan fungsi sosial dan fungsi komersial perusahaan. PT Indonesia Power mengoperasikan sejumlah pembangkit listrik dengan dukungan fasilitas modern berbasis komputer, yang menggunakan berbagai sumber energi primer seperti air, minyak bumi, batubara, dan gas alam. Beberapa pembangkitnya merupakan yang tertua di Indonesia, seperti PLTA Plengan, PLTA Ubrug, dan PLTA Ketenger yang dibangun sejak tahun 1920-an dan masih beroperasi hingga kini. Kapasitas daya yang dimiliki pembangkit-pembangkit PT PLN Indonesia Power adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Kapasitas Pembangkit

Unit Pembangkit	Kapasitas (MW)
Suralaya	3400
Priok	1348
Saguling	797
Kamojang	375
Mrica	309

Unit Pembangkit	Kapasitas (MW)
Semarang	1608
Perak-Grati	864
Bali	381
Jawa-Madura-Bali	9032
Total Indonesia Power	17789

4.1.2 Visi, Misi dan Moto Perusahaan

Sebagai perusahaan pembangkit listrik yang terbesar di Indonesia dan dalam rangka menyongsong era persaingan global maka PT. Indonesia Power mempunyai visi yaitu menjadi perusahaan energi terbaik yang tumbuh berkelanjutan. Untuk mewujudkan visi ini PT Indonesia Power telah melakukan langkah-langkah antara lain melakukan usaha dalam bidang ketenagalistrikan dan mengembangkan usaha-usaha lainnya yang berkaitan, berdasarkan kaidah industri dan niaga sehat, guna menjamin keberadaan dan pengembangan perusahaan dalam jangka panjang.

- Visi

  "Menjadi perusahaan listrik terkemuka dan berkelanjutan di kawasan asia tenggara maupun kawasan lainnya".
- Misi

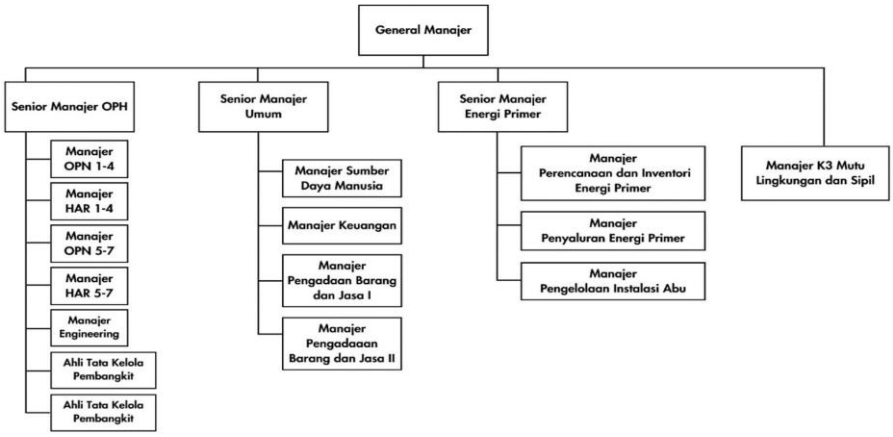
  "Menyediakan solusi energi yang hijau, inovatif dan terjangkau yang melampaui harapan pelanggan".
- Moto

  'Energi of Things'.

4.1.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang baik sangat diperlukan dalam suatu perusahaan, semakin besar perusahaan tersebut semakin kompleks organisasinya. Dalam struktur organisasi PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya dimulai dengan pucuk pimpinan yang dipegang oleh seorang General Manager yang dibantu oleh Senior Manager dan Manager

Bidang. Adapun secara lengkap, struktur organisasi PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya dapat dilihat pada gambar dibawah:



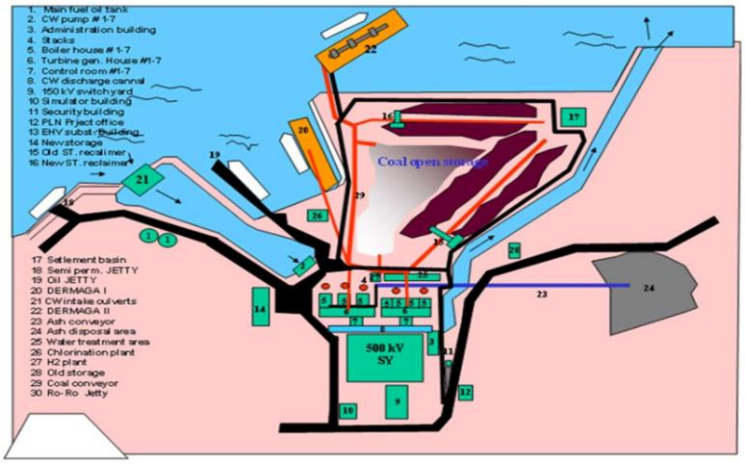
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Perusahaan

4.1.4 Lokasi Perusahaan

PLTU Suralaya terletak di Desa Suralaya, Kecamatan Pulau Merak, Banten, yaitu 20 km ke arah barat dari Jakarta menuju pelabuhan ferry Merak dan 7 km ke arah utara dari pelabuhan Merak. Luas area PLTU Suralaya adalah ± 254 ha, yang terdiri:

1. Gedung sentral seluas 30 ha
2. *Ash Valley* seluas 8 ha
3. *Coal yard* seluas 20 ha
4. Tempat penyimpanan alat-alat berat seluas 2 ha
5. *Witch yard* seluas 6,3 ha
6. Gedung kantor seluas 0,3 ha.

Gambar 4. 2 Lokasi Perusahaan



Gambar 4. 3 Layout Perusahaan

Sumber: "*Lay Out* PLTU Suralaya, (*online*), http://www.suralaya.com/layout.html"

4.2 Pengumpulan Data

4.2.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Coal Feeder*

Berikut merupakan data waktu kerusakan dari komponen mesin coal feeder unit 1-4 pada periode januari 2023 sampai dengan desember 2024 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Data Waktu Kerusakan Komponen

No	Komponen	*Actual Start*	*Actual Finish*	*Downtime*
1	*Belt Coal Feeder*	06/03/2023 14:26	06/03/2023 17:26	180
		08/03/2023 00:30	08/03/2023 04:30	240
		14/03/2023 07:02	14/03/2023 10:02	180
		10/04/2023 09:00	10/04/2023 12:00	180
		12/04/2023 08:54	12/04/2023 12:54	240
		15/04/2023 05:44	15/04/2023 10:44	300
		25/04/2023 19:27	25/04/2023 22:27	180
		28/04/2023 09:41	28/04/2023 13:41	240
		18/05/2023 12:58	18/05/2023 15:58	180

No	Komponen	*Actual Start*	*Actual Finish*	*Downtime*
		31/05/2023 13:51	31/05/2023 16:51	180
		13/06/2023 10:00	13/06/2023 13:00	180
		15/06/2023 18:55	15/06/2023 21:55	180
		20/06/2023 09:00	20/06/2023 12:00	180
		24/06/2023 08:27	24/06/2023 10:27	120
		05/08/2023 06:48	05/08/2023 08:48	120
		12/08/2023 08:00	12/08/2023 12:00	240
		25/08/2023 13:45	25/08/2023 15:45	120
		15/09/2023 14:52	15/09/2023 16:52	120
		29/09/2023 06:42	29/09/2023 09:52	190
		07/10/2023 10:00	07/10/2023 14:00	240
		26/10/2023 17:08	26/10/2023 19:08	120
		31/10/2023 17:22	31/10/2023 21:22	240
		04/11/2023 01:01	04/11/2023 04:01	180
		07/11/2023 09:23	07/11/2023 15:23	360
		03/12/2023 21:28	04/12/2023 12:28	900
		11/12/2023 10:22	11/12/2023 14:22	240
		03/01/2024 08:27	03/01/2024 11:27	180
		26/01/2024 13:06	26/01/2024 17:06	240
		03/02/2024 08:15	03/02/2024 12:15	240
		09/02/2024 14:22	09/02/2024 15:22	60
		16/03/2024 21:35	17/03/2024 03:35	360
		03/04/2024 06:38	03/04/2024 09:38	180
		01/05/2024 17:06	01/05/2024 21:06	240
		09/05/2024 21:26	25/05/2024 15:48	1102
		03/06/2024 00:10	03/06/2024 04:10	240
		05/06/2024 20:41	05/06/2024 23:41	180

No	Komponen	*Actual Start*	*Actual Finish*	*Downtime*
		14/07/2024 12:42	25/07/2024 15:42	180
		29/08/2024 17:22	29/08/2024 20:22	180
		14/09/2024 00:40	14/09/2024 01:10	30
		15/09/2024 11:27	15/09/2024 16:57	330
		19/09/2024 23:58	19/09/2024 12:51	773
		27/09/2024 14:29	27/09/2024 16:29	120
		03/10/2024 10:30	03/10/2024 14:30	240
		05/10/2024 10:20	05/10/2024 13:20	180
		06/10/2024 08:00	06/10/2024 12:00	240
		13/10/2024 17:10	13/10/2024 19:10	120
		21/10/2024 09:55	21/10/2024 10:55	60
		22/10/2024 13:00	22/10/2024 16:00	180
		31/10/2024 22:00	31/10/2024 23:00	60
		07/11/2024 00:22	07/11/2024 03:22	180
		13/11/2024 08:45	13/11/2024 12:45	240
		20/11/2024 17:50	20/11/2024 20:50	180
		01/12/2024 13:45	01/12/2024 17:45	240
		05/12/2024 14:00	05/12/2024 15:00	60
		12/12/2024 07:00	12/12/2024 08:00	60
		14/12/2024 07:00	14/12/2024 11:00	240
		22/12/2024 07:00	22/12/2024 09:00	120
		28/12/2024 14:45	28/12/2024 15:45	60
2	*Cleanout Conveyor*	30/06/2023 07:59	30/06/2023 11:59	240
		10/07/2023 13:39	10/07/2023 15:39	120
		07/08/2023 20:11	07/08/2023 23:11	180
		27/01/2024 02:42	27/01/2024 04:42	120
		27/01/2024 06:35	27/01/2024 11:35	300

No	Komponen	*Actual Start*	*Actual Finish*	*Downtime*
		02/02/2024 14:39	02/02/2024 16:39	120
		12/02/2024 07:07	12/02/2024 10:07	180
		24/02/2024 21:10	25/02/2024 00:10	180
		28/02/2024 05:35	28/02/2024 08:35	180
		10/03/2024 12:00	10/03/2024 15:00	180
		03/04/2024 06:38	03/04/2024 09:38	180
		09/04/2024 07:07	09/04/2024 10:07	180
		09/04/2024 15:01	09/04/2024 18:01	180
		18/04/2024 09:54	23/04/2024 12:54	180
		19/05/2024 06:35	19/05/2024 09:35	180
		09/06/2024 20:08	27/09/2024 09:23	795
		12/06/2024 08:00	12/06/2024 11:00	180
		18/06/2024 06:29	18/06/2024 08:29	120
		27/06/2024 15:00	27/06/2024 17:00	120
		01/07/2024 21:38	01/07/2024 23:38	120
		04/07/2024 14:56	04/07/2024 17:56	180
		06/07/2024 15:00	06/07/2024 18:00	180
		06/07/2024 16:28	06/07/2024 18:28	120
		12/08/2024 20:15	12/08/2024 22:15	120
		15/08/2024 08:00	15/08/2024 15:00	420
		24/08/2024 13:43	24/08/2024 16:43	180
		26/08/2024 20:38	26/08/2024 23:38	180
		09/09/2024 08:00	09/09/2024 11:00	180
		11/09/2024 22:45	11/10/2024 00:45	120
		19/09/2024 11:48	25/09/2024 15:40	232
		05/10/2024 10:20	05/10/2024 13:20	180
		22/10/2024 17:30	22/10/2024 19:30	120

No	Komponen	*Actual Start*	*Actual Finish*	*Downtime*
		23/10/2024 08:00	23/10/2024 10:00	120
		25/10/2024 01:45	25/10/2024 02:45	60
		13/11/2024 11:30	13/11/2024 12:30	60
		15/11/2024 17:00	15/11/2024 19:00	120
		29/11/2024 22:00	30/11/2024 00:00	120
		05/12/2024 11:30	05/12/2024 12:30	60
		05/12/2024 14:15	05/12/2024 15:15	60
		11/12/2024 10:30	11/12/2024 11:30	60
		20/12/2024 06:00	20/12/2024 08:00	120
		22/12/2024 12:00	22/12/2024 14:00	120
		22/12/2024 15:00	22/12/2024 17:00	120
3	*Coal Inlet*	02/01/2024 10:00	02/01/2024 13:00	180
		10/01/2024 08:00	10/01/2024 10:00	120
		31/01/2024 09:18	31/01/2024 12:18	180
		02/02/2024 01:12	02/02/2024 04:12	180
		12/02/2024 08:00	12/02/2024 10:00	120
		07/03/2024 19:45	07/03/2024 23:45	240
		21/03/2024 10:00	21/03/2024 13:00	180
		20/04/2024 12:42	20/04/2024 15:42	180
		04/05/2024 14:31	04/05/2024 16:31	120
		07/06/2024 06:49	07/06/2024 10:49	240
		24/06/2024 14:27	24/06/2024 16:27	120
		17/07/2024 14:24	25/09/2024 15:35	71
		26/07/2024 06:52	25/09/2024 15:35	523
		28/08/2024 08:00	28/08/2024 10:00	120
		04/10/2024 03:19	04/10/2024 07:19	240
		26/10/2024 13:50	26/10/2024 15:50	120

No	Komponen	*Actual Start*	*Actual Finish*	*Downtime*
		21/11/2024 12:30	21/11/2024 13:30	60
4	*Coal Outlet*	13/06/2023 07:31	13/06/2023 09:31	120
		26/06/2023 20:41	26/06/2023 23:41	180
		15/12/2023 13:49	15/12/2023 15:49	120
		11/01/2024 16:30	11/01/2024 18:30	120
		04/02/2024 19:56	04/02/2024 22:56	180
		07/03/2024 19:45	07/03/2024 23:45	240
		08/03/2024 17:58	25/09/2024 15:59	1321
		09/03/2024 08:00	09/03/2024 11:30	210
		09/05/2024 08:00	09/05/2024 10:00	120
		02/06/2024 01:33	02/06/2024 05:33	240
		03/06/2024 20:15	03/07/2024 00:15	240
		04/07/2024 00:30	04/07/2024 04:30	240
		08/07/2024 05:28	25/09/2024 15:39	611
		12/07/2024 09:50	12/07/2024 11:50	120
		18/07/2024 08:04	25/09/2024 15:46	462
		16/08/2024 10:43	27/09/2024 11:46	63
		17/08/2024 11:27	25/09/2024 15:51	264
		19/08/2024 10:18	27/09/2024 11:59	101
		22/08/2024 00:40	27/09/2024 13:58	798
		27/08/2024 08:00	27/08/2024 12:00	240
		30/08/2024 21:17	25/09/2024 15:37	1100
		31/08/2024 02:20	27/09/2024 13:57	697
		08/09/2024 07:15	08/09/2024 09:00	105
		30/09/2024 08:00	30/09/2024 10:00	120
		30/09/2024 08:00	30/09/2024 16:00	480
		03/10/2024 05:57	03/10/2024 08:57	180

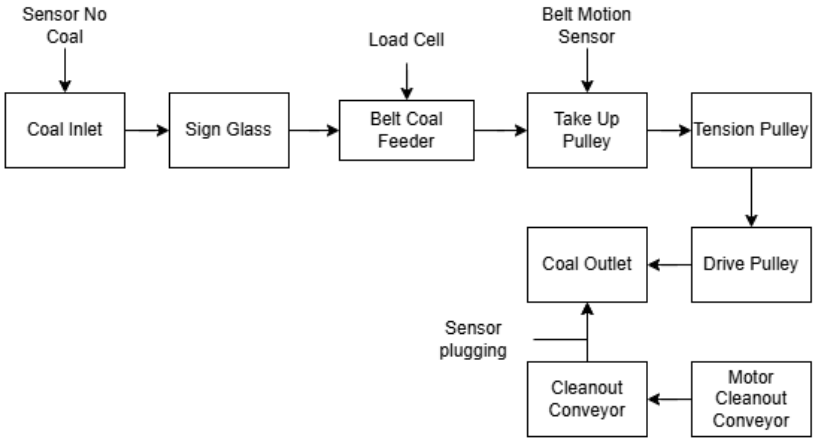
No	Komponen	*Actual Start*	*Actual Finish*	*Downtime*
		03/10/2024 10:12	03/10/2024 12:12	120
		03/10/2024 10:15	03/10/2024 12:15	120
		05/10/2024 05:35	05/10/2024 10:35	300
		14/10/2024 06:30	14/10/2024 10:30	240
		19/10/2024 03:06	19/10/2024 07:06	240
		26/10/2024 13:50	26/10/2024 15:50	120
		09/11/2024 11:05	27/09/2024 13:58	173
		09/11/2024 11:06	25/09/2024 15:50	284
		16/12/2024 10:00	17/12/2024 00:00	840
		24/12/2024 08:00	24/12/2024 16:00	480
		24/12/2024 13:45	24/12/2024 15:45	120
		27/12/2024 08:00	27/12/2024 16:00	480
		25/02/2025 08:00	25/02/2025 16:00	480
5	*Load Cell*	12/02/2024 20:00	12/02/2024 21:00	60
		27/02/2024 13:00	27/02/2024 14:00	60
		13/03/2024 13:00	13/03/2024 14:00	60
		12/07/2024 20:00	12/07/2024 21:00	60
		25/08/2024 14:00	25/08/2024 15:00	60
		22/10/2024 14:00	22/10/2024 14:30	30
6	*Tension Pulley*	25/02/2024 06:44	25/02/2024 10:44	240
		03/04/2024 06:38	03/04/2024 09:38	180
7	*Drive Pulley*	19/06/2023 13:07	19/06/2023 18:07	300
		12/02/2024 08:00	12/02/2024 12:00	240
8	*Motor Cleanout Conveyor*	27/01/2023 10:00	27/01/2023 12:00	120
		10/03/2023 13:00	10/03/2023 15:00	120
		27/04/2023 10:00	27/04/2023 16:00	360
		12/08/2023 10:00	12/08/2023 14:00	240

No	Komponen	*Actual Start*	*Actual Finish*	*Downtime*
		10/04/2024 13:00	10/04/2024 15:00	120
		14/05/2024 13:00	14/05/2024 16:00	180
		24/08/2024 08:00	24/08/2024 16:00	480
		09/09/2024 10:00	09/09/2024 12:00	120
		18/09/2024 13:00	18/09/2024 15:00	120
		18/09/2024 13:00	18/09/2024 15:00	120
		24/09/2024 13:00	24/09/2024 15:00	120
		09/11/2024 19:00	09/11/2024 21:00	120
		11/12/2024 10:30	11/12/2024 11:30	60

4.3 Pengolahan Data Kuantitatif

4.3.1 *Fuctional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) adalah diagram yang digunakan untuk menggambarkan alur kerja dan hubungan fungsional antar komponen dalam suatu sistem. Berikut merupakan FBD dari mesin *Coal Feeder*:



Gambar 4. 4 *Functional Block Diagram*

Gambar *Functional Block Diagram (FBD)* di atas menunjukkan alur kerja mesin *Coal Feeder* yang mengatur suplai batubara dari *Coal Inlet* hingga *Coal Outlet*. Batubara masuk melalui *Coal Inlet* yang dilengkapi *Sensor No Coal*, lalu melewati *Sign Glass* sebelum menuju *Belt Coal Feeder*. Pada bagian ini, *Load Cell* menimbang berat batubara untuk mengatur laju aliran secara otomatis. Belt digerakkan oleh *Drive Pulley* dan dijaga ketegangannya oleh *Take Up Pulley* serta *Tension Pulley*, dengan *Belt Motion Sensor* sebagai pemantau gerakan. Batubara keluar melalui *Coal Outlet*, sedangkan sisa batubara dibersihkan oleh *Cleanout Conveyor* yang dilengkapi *Sensor Plugging* dan *Motor Cleanout Conveyor*.

4.3.2 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan pada suatu sistem beserta dampaknya. Tujuannya adalah mencegah kegagalan dengan menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat risikoBerikut merupakan tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA):

Tabel 4. 3 *Failure Mode and Effect Anaysis* (FMEA)

No	***Equipment***	***Function***	***Failure Mode***	***Failure Cause***	***Effect of Failure***	**S**	**O**	**D**	**RPN**
1	*Belt Coal Feeder*	Mengangkut dan mengatur aliran batubara secara kontinu dari *hopper* atau silo ke	Belt sobek	Material asing dan kontaminasi material	Coal Feeder dapat berhenti atau stop dan dapat menggangguu pembakaran serta derating	9	7	8	504

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Failure Cause*	*Effect of Failure*	S	O	D	RPN
		proses selanjutnya			produksi listrik				
2	*Cleanout Conveyor*	Membersihkan batubara yang jatuh dari *belt Coal Feeder* sehingga tidak terjadi penumpukan batubara didalam *Coal Feeder*.	Shearpin patah atau putus	Material asing dan penumpukan batubara yang keras	Batubara menumpuk dibawah yang dapat mempengaruhi coal feeder berhenti	7	7	8	392
3	*Coal Outlet*	Menyalurkan batubara dari *feeder* ke sistem berikutnya secara terkendali.	Blocking dan macet	Moisture Batubara, material asing dan pelumasan yang buruk	Coal feeder tidak dapat beroperasi	9	6	9	486
4	*Coal Inlet*	Menerima dan mengatur aliran	Blocking dan macet	Moisture Batubara, material asing dan	Coal feeder tidak dapat beroperasi	9	5	9	405

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Failure Cause*	*Effect of Failure*	S	O	D	RPN
		batubara masuk *ke feeder.*		pelumasan yang buruk					
5	*Motor Cleanout Conveyor*	Menggerakkan cleanout conveyor untuk membersihkan tumpahan batubara di bawah belt.	Kerusakan bearin/bunyi berlebih	Pelumasan buruk	kebisingan, kerusakan lanjutan pada poros/gearbox	6	5	3	90
6	*Load Cell*	Mengukur berat batubara di atas belt sebagai dasar perhitungan laju aliran massa.	Kerusakan kaber atau konektor	Terjepit, aus, korosi akibat lingkungan	Hilang sinyal atau sinyal terdistorsi maka pembacaan gagal	5	3	6	90
7	*Tension Pulley*	enjaga tegangan belt agar tetap stabil dan	*Bearing* rusak dan *shaft pulley* aus	Life time	Mengakibatkan coal feeder stop beroperasi	6	1	5	30

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Failure Cause*	*Effect of Failure*	S	O	D	RPN
		mencegah slip.							
8	*Drive Pulley*	Menggerakkan belt utama untuk memindahkan batubara dari inlet ke outlet.	Kebocorn oli, Pin coupling patah dan bushing rubber aus	Seal rusak dan umur kompone n	Mempengaruhi kebersihan coal feeder dan berpontesi coalfeeder dapat stop beroperasi	6	2	4	48

4.3.3 *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) adalah metode untuk menelusuri penyebab utama suatu kegagalan melalui hubungan sebab-akibat berbentuk diagram pohon. Tujuannya ialah menemukan akar masalah agar dapat dilakukan pencegahan yang efektif.

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

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critical Analysis*			
				Evident	*Safety*	*Outage*	*Category*
1	*Belt Coal Feeder*	Mengangkut dan mengatur aliran batubara secara kontinu dari *hopper* atau	Belt sobek	Y	Y	Y	A

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critical Analysis*			
				Evident	*Safety*	*Outage*	*Category*
		silo ke proses selanjutnya					
2	*Cleanout Conveyor*	Membersihkan batubara yang jatuh dari *belt Coal Feeder* sehingga tidak terjadi penumpukan batubara didalam *Coal Feeder*.	Shearpin patah atau putus	N	N	Y	B
3	*Coal Outlet*	Menyalurkan batubara dari *feeder* ke sistem berikutnya secara terkendali.	Blocking dan macet	N	Y	Y	A
4	*Coal Inlet*	Menerima dan mengatur aliran batubara masuk *ke feeder.*	Blocking dan macet	N	N	Y	B

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critical Analysis*			
				Evident	*Safety*	*Outage*	*Category*
5	*Motor Cleanout Conveyor*	Menggerakkan cleanout conveyor untuk membersihkan tumpahan batubara di bawah belt.	Kerusakan bearin/bunyi berlebih	Y	N	Y	B
6	*Load Cell*	Mengukur berat batubara di atas belt sebagai dasar perhitungan laju aliran massa.	Kerusakan kaber atau konektor	N	N	Y	C
7	*Tension Pulley*	enjaga tegangan belt agar tetap stabil dan mencegah slip.	*Bearing* rusak dan *shaft pulley* aus	N	N	N	D
8	*Drive Pulley*	Menggerakkan belt utama untuk memindahkan batubara	Kebocorn oli, Pin coupling patah dan bushing	Y	N	Y	B

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critical Analysis*			
				Evident	*Safety*	*Outage*	*Category*
		dari inlet ke outlet.	rubber aus				

4.3.4 *Task Selection* (TS)

Task Selection adalah proses pemilihan jenis tindakan pemeliharaan yang paling tepat untuk mencegah atau mengatasi kegagalan pada suatu peralatan. Tujuannya adalah untuk menentukan strategi pemeliharaan yang efisien dan efektif agar keandalan sistem tetap terjaga.

Tabel 4. 5 *Task Selection* (TS)

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critically Analysis*							*Selection Task*
				1	2	3	4	5	6	7	
1	*Belt Coal Feeder*	Mengangkut dan mengatur aliran batubara secara kontinu dari *hopper* atau silo ke proses selanjutnya	Belt sobek	N	Y	N	Y	Y	Y	-	TD
2	*Cleanout Conveyor*	Membersihkan batubara yang jatuh dari *belt Coal Feeder* sehingga	Shearpin patah atau putus	N	N	Y	N	N	Y	-	CD

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critically Analysis*							*Selection Task*
				1	2	3	4	5	6	7	
		tidak terjadi penumpukan batubara didalam *Coal Feeder*.									
3	*Coal Outlet*	Menyalurkan batubara dari *feeder* ke sistem berikutnya secara terkendali.	Blocking dan macet	N	N	Y	N	N	N	-	CD
4	*Coal Inlet*	Menerima dan mengatur aliran batubara masuk *ke feeder.*	Blocking dan macet	N	N	Y	N	N	N	-	CD
5	*Motor Cleanout Conveyor*	Menggerakkan cleanout conveyor untuk membersihkan tumpahan batubara di bawah belt.	Kerusakan bearin/buny i berlebih	N	Y	N	Y	Y	Y	-	CD

No	*Equipment*	*Function*	*Failure Mode*	*Critically Analysis*							*Selection Task*
				1	2	3	4	5	6	7	
6	*Load Cell*	Mengukur berat batubara di atas belt sebagai dasar perhitungan laju aliran massa.	Kerusakan kaber atau konektor	Y	N	Y	Y	N	Y	-	FF
7	*Tension Pulley*	enjaga tegangan belt agar tetap stabil dan mencegah slip.	*Bearing* rusak dan *shaft pulley* aus	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
8	*Drive Pulley*	Menggerakkan belt utama untuk memindahkan batubara dari inlet ke outlet.	Kebocorn oli, Pin coupling patah dan bushing rubber aus	N	N	Y	Y	Y	Y	-	CD

4.4 Pengolahan Data Kualitatif

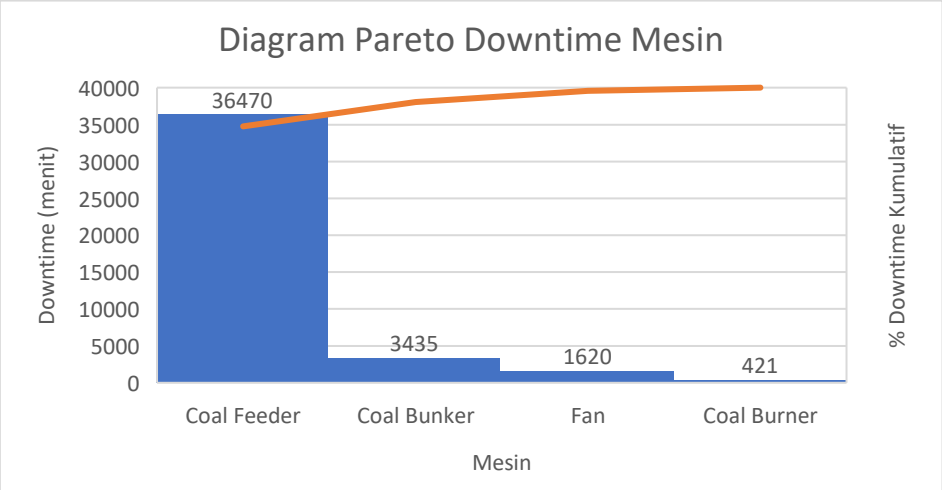
4.4.1 Penentuan Mesin Kritis

Berikut merupakan tabel data pada mesin yang ada di bagian Boiler PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya.

Tabel 4. 6 Penentuan Mesin Kritis

No	Mesin	*Downtime* (menit)	% *Downtime*	% *Downtime* Kumulatif
1	*Coal Feeder*	36470	74.32%	74.32%
2	*Coal Bunker*	3435	16.11%	90.43%
3	*Coal Burner*	1620	7.60%	98.03%
4	*Fan*	421	1.97%	100.00%
Total		21325	100.00%	

Berikut merupakan diagram pareto pada mesin yang terdapat pada bagian Boiler di PT. Indonesia Power UBP Suralaya:



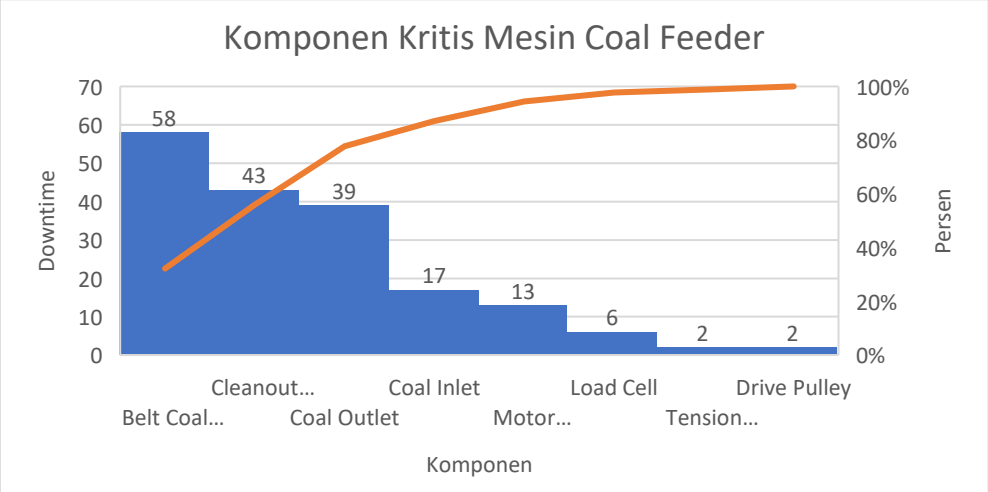
Gambar 4. 5 Diagram Pareto *Downtime* Mesin

Diagram Pareto *downtime* mesin menunjukkan bahwa dari total *downtime* sebesar 21.325 menit, *Coal Feeder* jadi penyebab terbesar dengan 15.849 menit atau sekitar 74,32% dari keseluruhan *downtime*. Setelah itu, *Coal Bunker* mengalami 3.435 menit atau 16,11%, sementara Fan hanya 1.620 menit (7,60%), dan *Coal Burner* paling sedikit dengan 421 menit (1,97%). Mesin *Coal Feeder* jauh lebih tinggi dibandingkan mesin lain, sehingga jelas bahwa *Coal Feeder* adalah sumber utama masalah *downtime*. Dengan fokus pada perawatan berkala, pengecekan penyebab kerusakan, serta penerapan strategi *preventive*

maintenance pada *Coal Feeder, downtime* bisa ditekan secara signifikan walaupun mesin lain juga tetap mengalami gangguan kecil. Berikut merupakan tabel dari komponen mesin *Coal Feeder.*

Tabel 4. 7 Penentuan Komponen Kritis

No	**Komponen**	**Frekuensi Kerusakan**	***Downtime***	**Kumulatif**	**% *Downtime***	**% *Downtime* Kumulatif**
1	*Belt Coal Feeder*	58	12925	12925	35.44%	35.44%
2	*Cleanout Conveyor*	43	7267	20192	19.93%	55.37%
3	*Coal Outlet*	39	12669	32861	34.74%	90.10%
4	*Coal Inlet*	17	39	32900	0.11%	90.21%
5	*Motor Cleanout Conveyor*	13	2280	35180	6.25%	96.46%
6	*Load Cell*	6	330	35510	0.90%	97.37%
7	*Drive Pulley*	2	540	36050	1.48%	98.85%
8	*Tension Pulley*	2	420	36470	1.15%	100.00%
Total		**180**	**36470**			



Gambar 4. 6 Diagram Pareto Komponen Kritis Mesin Coal Feeder

Berdasarkan diagram Pareto pada gambar di atas, terdapat tiga komponen yang termasuk kategori kritis, yaitu *Belt Coal Feeder, Cleanout Conveyor, dan Coal Outlet.* Oleh karena itu, analisis selanjutnya difokuskan pada ketiga komponen tersebut

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

Setelah diketahui komponen yang termasuk kritis, tahap selanjutnya adalah menghitung interval waktu antar kerusakan pada *belt Coal Feeder.*

Tabel 4. 8 *Time to Failure* Komponen *Belt Coal Feeder*

No	Mulai *Downtime*	Selesai *Downtime*	ti	ti urut
1	06/03/2023 14:26	06/03/2023 17:26	0	0
2	08/03/2023 00:30	08/03/2023 04:30	1864	1120
3	14/03/2023 07:02	14/03/2023 10:02	8792	1535
4	10/04/2023 09:00	10/04/2023 12:00	38818	1864
5	12/04/2023 08:54	12/04/2023 12:54	2694	1997
6	15/04/2023 05:44	15/04/2023 10:44	3890	2630
7	25/04/2023 19:27	25/04/2023 22:27	14923	2694
8	28/04/2023 09:41	28/04/2023 13:41	3554	2820

No	Mulai *Downtime*	Selesai *Downtime*	ti	ti urut
9	18/05/2023 12:58	18/05/2023 15:58	28757	3175
10	31/05/2023 13:51	31/05/2023 17:51	18593	3554
11	13/06/2023 10:00	13/06/2023 14:00	18249	3871
12	15/06/2023 18:55	15/06/2023 21:55	3175	3890
13	20/06/2023 09:00	20/06/2023 12:00	6425	4539
14	24/06/2023 08:27	24/06/2023 10:27	5547	4662
15	05/08/2023 06:48	05/08/2023 08:48	60261	5535
16	12/08/2023 08:00	12/08/2023 12:00	10032	5547
17	25/08/2023 13:45	25/08/2023 15:45	18825	6181
18	15/09/2023 14:52	15/09/2023 16:52	30187	6425
19	29/09/2023 06:42	29/09/2023 09:52	19550	7094
20	07/10/2023 10:00	07/10/2023 14:00	11528	8281
21	26/10/2023 17:08	26/10/2023 19:08	27548	8692
22	31/10/2023 17:22	31/10/2023 21:22	7094	8767
23	04/11/2023 01:01	04/11/2023 03:41	4539	8792
24	07/11/2023 09:23	07/11/2023 15:23	4662	8963
25	03/12/2023 21:28	04/12/2023 05:28	37805	9015
26	11/12/2023 10:22	11/12/2023 14:22	10374	9570
27	03/01/2024 08:27	03/01/2024 11:27	32765	10032
28	26/01/2024 13:06	26/01/2024 17:06	33219	10374
29	03/02/2024 08:15	03/02/2024 12:15	10989	10385
30	09/02/2024 14:22	09/02/2024 15:52	8767	10390
31	16/03/2024 21:35	17/03/2024 03:35	52183	10471
32	03/04/2024 06:38	03/04/2024 09:38	24663	10965
33	01/05/2024 17:06	01/05/2024 21:06	40768	10989
34	24/05/2024 21:26	25/05/2024 05:26	33140	11280
35	03/06/2024 00:10	03/06/2024 04:10	12644	11528

No	Mulai *Downtime*	Selesai *Downtime*	ti	ti urut
36	05/06/2024 20:41	05/06/2024 23:41	3871	12644
37	14/07/2024 12:42	25/07/2024 15:22	55501	13320
38	29/08/2024 17:22	29/08/2024 20:22	50520	14923
39	14/09/2024 00:40	14/09/2024 02:10	21858	15435
40	15/09/2024 11:27	15/09/2024 16:57	1997	18249
41	19/09/2024 23:58	20/09/2024 07:58	6181	18593
42	27/09/2024 14:29	27/09/2024 16:29	10471	18825
43	03/10/2024 10:30	03/10/2024 14:30	8281	19550
44	05/10/2024 10:20	05/10/2024 13:20	2630	21858
45	06/10/2024 08:00	06/10/2024 12:00	1120	24663
46	13/10/2024 17:10	13/10/2024 19:10	10390	27548
47	21/10/2024 09:55	21/10/2024 11:25	10965	28757
48	22/10/2024 13:00	22/10/2024 16:00	1535	30187
49	31/10/2024 22:00	31/10/2024 23:30	13320	32765
50	07/11/2024 00:22	07/11/2024 03:22	8692	33140
51	13/11/2024 08:45	13/11/2024 12:45	8963	33219
52	20/11/2024 17:50	20/11/2024 20:30	10385	37805
53	01/12/2024 13:45	01/12/2024 17:45	15435	38818
54	05/12/2024 14:00	05/12/2024 15:30	5535	40768
55	12/12/2024 07:00	12/12/2024 08:00	9570	50520
56	14/12/2024 07:00	14/12/2024 11:00	2820	52183
57	22/12/2024 07:00	22/12/2024 08:30	11280	55501
58	28/12/2024 14:45	28/12/2024 15:45	9015	60261

Berikut merupakan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*, yaitu dengan memilih nilai *Index of Fit* yang paling tinggi. Dalam perhitungan waktu kerusakan digunakan empat jenis distribusi, yaitu distribusi Eksponensial, Normal, Log Normal, dan Weibull.

1. Distribusi Eksponensial

   Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi eksponensial.

   Xi = ti

   = 1120

   Xi2 = 1120^2

   = 1254400

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

   = $\frac{(1-0,3)}{(57+0,4)}$ = 0,01219512

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

   = $Ln\left[\frac{1}{\{1-0,01219512\}}\right]$ = 0,01227009

   Yi2 = $0,01227009^2$

   = 0,000150555

   XiYi = $1120 \times 0,01227009$

   = 13,7425037

   Berikut merupakan perhitungan nilai r pada distribusi eksponensial:

$$r(Index\ ofFit) = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{\left[n(\sum_{1}^{n} x_1^2) - (\sum_{1}^{n} xi)^2\right][n(\sum_{1}^{n} y_i^2) - (\sum_{1}^{n} yi)^2]}}$$

$$r(index\ offit) = \frac{(57 \times (13,7425037)) - (1120 \times 0,01227009))}{\sqrt{((57 \times 1254400) - (1120)^2 \times ((57 \times 0,000150555))}}$$

= 0.98850268

Berikut tabel *Time to Failure* Distribusi Eksponensial.

Tabel 4. 9 *Time to Failure* Distribusi Eksponensial

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	1120	1120	1254400	0.0121952	0.0122709	0.0001505	13.742507
2	1535	1535	2356225	0.0296162	0.0300646	0.0009038	46.148480
3	1864	1864	3474496	0.0470383	0.0481805	0.0023213	89.808627

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
4	1997	1997	3988009	0.0644593	0.0666313	0.0044397	133.06270
5	2630	2630	6916900	0.0818815	0.0854288	0.0072980	224.67786
6	2694	2694	7257636	0.0993031	0.1045865	0.0109383	281.75608
7	2820	2820	7952400	0.1167244	0.1241189	0.015405	350.01386
8	3175	3175	10080625	0.134146	0.1440393	0.0207473	457.32500
9	3554	3554	12630916	0.1515679	0.164365	0.0270159	584.15418
10	3871	3871	14984641	0.1689895	0.1851129	0.0342667	716.57205
11	3890	3890	15132100	0.1864111	0.206300	0.042559	802.50753
12	4539	4539	20602521	0.2038327	0.2279460	0.0519593	1034.6469
13	4662	4662	21734244	0.2212543	0.2500708	0.0625354	1165.8300
14	5535	5535	30636225	0.2386759	0.2726962	0.0743632	1509.3734
15	5547	5547	30769209	0.2560975	0.2958453	0.0875244	1641.0543
16	6181	6181	38204761	0.2735191	0.3195431	0.1021078	1975.0963
17	6425	6425	41280625	0.2909407	0.3438162	0.1182095	2209.0191
18	7094	7094	50324836	0.3083623	0.3686931	0.1359346	2615.5089
19	8281	8281	68574961	0.3257839	0.3942047	0.1553973	3264.4091
20	8692	8692	75550864	0.343205	0.4203842	0.1767228	3653.9795
21	8767	8767	76860289	0.3606271	0.4472675	0.2000482	3921.1945
22	8792	8792	77299264	0.3780487	0.4748936	0.2255239	4175.264
23	8963	8963	80335369	0.3954703	0.5033046	0.2533155	4511.1192
24	9015	9015	81270225	0.4128919	0.5325464	0.2836057	4800.9063
25	9570	9570	91584900	0.4303135	0.5626692	0.3165966	5384.7444
26	10032	10032	10064102	0.4477351	0.5937276	0.3525124	5956.2755
27	10374	10374	10761987	0.4651567	0.6257816	0.3916026	6491.858
28	10385	10385	10784822	0.4825784	0.6588972	0.4341455	6842.6480
29	10390	10390	10795210	0.5	0.6931471	0.4804530	7201.7992
30	10471	10471	10964184	0.5174216	0.7286118	0.5308752	7629.2951

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
31	10965	10965	12023122	0.5348432	0.7653807	0.5858076	8392.3997
32	10989	10989	12075812	0.5522648	0.8035533	0.6456979	8830.2473
33	11280	11280	12723840	0.5696864	0.8432410	0.7110554	9511.7591
34	11528	11528	13289478	0.5871080	0.8845692	0.7824627	10197.314
35	12644	12644	15987073	0.6045296	0.9276793	0.8605890	11729.578
36	13320	13320	17742240	0.6219512	0.9727320	0.9462076	12956.790
37	14923	14923	22269592	0.6393728	1.0199106	1.0402176	15220.125
38	15435	15435	23823922	0.6567944	1.0694256	1.1436712	16506.585
39	18249	18249	33302600	0.6742160	1.1215207	1.2578088	20466.632
40	18593	18593	34569964	0.6916376	1.1764796	1.3841043	21874.286
41	18825	18825	35438062	0.7090592	1.2346355	1.5243250	23242.014
42	19550	19550	38220250	0.7264808	1.2963835	1.6806104	25344.299
43	21858	21858	47777216	0.7439024	1.3621968	1.8555801	29774.897
44	24663	24663	60826356	0.7613240	1.4326484	2.0524816	35333.409
45	27548	27548	75889230	0.7787456	1.5084423	2.2753982	41554.568
46	28757	28757	82696504	0.7961672	1.5904554	2.5295485	45736.727
47	30187	30187	91125496	0.8135888	1.6798005	2.8217299	50708.139
48	32765	32765	10735452	0.8310104	1.7779184	3.1609939	58253.496
49	33140	33140	10982596	0.8484320	1.8867212	3.5597171	62525.943
50	33219	33219	11035019	0.8658536	2.0088239	4.0353737	66731.123
51	37805	37805	14292180	0.8832752	2.1479367	4.6136323	81202.749
52	38818	38818	15068371	0.9006968	2.3095781	5.3341511	89653.203
53	40768	40768	16620298	0.9181184	2.5024817	6.2624151	102021.17
54	50520	50520	2552270	0.9355400	2.7417114	7.5169818	138511.26
55	52183	52183	27230654	0.9529616	3.0567925	9.3439805	159512.60
56	55501	55501	30803610	0.9703832	3.5194160	12.386289	195331.11
57	60261	60261	36313881	0.987804	4.4067192	19.419174	265553.30

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
Total	92715	927159	27563044	29	55.9323	104.3295	1686359.6
IOF	0.98850268						

2. Distribusi Normal

Berikut ini merupakan contoh perhitungan distribusi normal.

Xi = ti

= 1120

Xi2 = 1120^2

= 1254400

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

= $\frac{(1-0,3)}{(57+0,4)}$ = 0,012195122

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

= $zi = \Phi^{-1}[0,012195122] = -2,250925697$

Yi2 = $-2,250925697^2$

= 5,06666649

XiYi = $1120 \times (-2,250925697)$

= -2521,03678

Berikut merupakan perhitungan nilai r pada distribusi normal

$$r(Index\ of Fit) = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{\left[n(\sum_{1}^{n} x_1^2) - (\sum_{1}^{n} xi)^2\right][n(\sum_{1}^{n} y_i^2) - (\sum_{1}^{n} yi)^2]}}$$

$$= \frac{(57 \times (-2521,03678)) - (1120 \times -2,250925697))}{\sqrt{((57 \times 1254400) - (1120)^2 \times ((57 \times 0,000150555) - (-2,250925697)^2)}}$$

= 0.91275922

Tabel 4. 10 *Time to Failure* Distribusi Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	1120	1120	1254400	0.0121951	-2.2509256	5.0666664	-2521.036
2	1535	1535	2356225	0.0296167	-1.8864566	3.5587185	-2895.710
3	1864	1864	3474496	0.047038	-1.6742745	2.8031952	-3120.847
4	1997	1997	3988009	0.0644599	-1.5183751	2.3054629	-3032.195
5	2630	2630	6916900	0.0818815	-1.3925263	1.9391296	-3662.344
6	2694	2694	7257636	0.0993031	-1.2855324	1.6525937	-3463.224
7	2820	2820	7952400	0.1167247	-1.1915200	1.4197201	-3360.086
8	3175	3175	10080625	0.1341463	-1.1070028	1.2254553	-3514.734
9	3554	3554	12630916	0.1515679	-1.0297318	1.0603477	-3659.667
10	3871	3871	14984641	0.1689895	-0.9581659	0.9180819	-3709.060
11	3890	3890	15132100	0.1864111	-0.8911992	0.7942360	-3466.764
12	4539	4539	20602521	0.2038327	-0.8280088	0.6855986	-3758.332
13	4662	4662	21734244	0.2212543	-0.7679637	0.5897683	-3580.247
14	5535	5535	30636225	0.2386759	-0.7105681	0.5049070	-3932.994
15	5547	5547	30769209	0.2560975	-0.6554235	0.4295799	-3635.634
16	6181	6181	38204761	0.2735191	-0.6022040	0.3626497	-3722.223
17	6425	6425	41280625	0.2909407	-0.5506384	0.3032027	-3537.852
18	7094	7094	50324836	0.3083623	-0.5004976	0.2504978	-3550.530
19	8281	8281	68574961	0.3257839	-0.4515850	0.2039290	-3739.575
20	8692	8692	75550864	0.3432055	-0.4037301	0.1629980	-3509.222
21	8767	8767	76860289	0.3606271	-0.3567828	0.1272940	-3127.915
22	8792	8792	77299264	0.3780487	-0.3106094	0.0964782	-2730.878
23	8963	8963	80335369	0.3954703	-0.2650891	0.070272	-2375.994
24	9015	9015	81270225	0.4128919	-0.2201119	0.0484492	-1984.309
25	9570	9570	91584900	0.4303135	-0.1755758	0.0308268	-1680.260
26	10032	10032	10064102	0.4477351	-0.1313854	0.0172621	-1318.059

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
27	10374	10374	10761987	0.4651567	-0.0874503	0.0076475	-907.2094
28	10385	10385	10784822	0.4825783	-0.0436833	0.0019082	-453.6518
29	10390	10390	10795210	0.5	0	0	0
30	10471	10471	10964184	0.5174216	0.04368337	0.0019082	457.40857
31	10965	10965	12023122	0.5348432	0.0874503	0.0076475	958.89253
32	10989	10989	12075812	0.5522648	0.13138546	0.0172621	1443.7949
33	11280	11280	12723840	0.5696864	0.17557584	0.0308268	1980.4955
34	11528	11528	13289478	0.5871080	0.22011194	0.0484492	2537.4505
35	12644	12644	15987073	0.6045296	0.26508917	0.0702722	3351.7875
36	13320	13320	17742240	0.6219512	0.31060942	0.0964782	4137.3175
37	14923	14923	22269592	0.6393728	0.35678287	0.1272940	5324.2708
38	15435	15435	23823922	0.6567944	0.40373017	0.1629980	6231.5752
39	18249	18249	33302600	0.6742160	0.45158504	0.2039290	8240.9755
40	18593	18593	34569964	0.6916376	0.50049761	0.2504978	9305.7520
41	18825	18825	35438062	0.7090592	0.55063846	0.3032027	10365.769
42	19550	19550	38220250	0.7264808	0.60220403	0.3626497	11773.088
43	21858	21858	47777216	0.7439024	0.65542350	0.4295799	14326.246
44	24663	24663	60826356	0.7613240	0.71056810	0.5049070	17524.741
45	27548	27548	75889230	0.7787456	0.76796376	0.5897683	21155.865
46	28757	28757	82696504	0.7961672	0.82800881	0.6855986	23811.049
47	30187	30187	91125496	0.8135888	0.89119922	0.7942360	26902.631
48	32765	32765	10735452	0.8310104	0.95816593	0.9180819	31394.306
49	33140	33140	10982596	0.8484320	1.02973187	1.0603477	34125.314
50	33219	33219	11035019	0.8658536	1.10700288	1.2254553	36773.528
51	37805	37805	14292180	0.8832752	1.19152008	1.4197201	45045.416
52	38818	38818	15068371	0.9006968	1.28553248	1.6525937	49901.800
53	40768	40768	16620298	0.9181184	1.39252635	1.9391296	56770.514

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
54	50520	50520	25522709	0.9355400	1.51837511	2.3054629	76708.310
55	52183	52183	27230654	0.9529616	1.67427454	2.8031952	87368.668
56	55501	55501	30803610	0.9703832	1.88645661	3.5587185	104700.22
57	60261	60261	36313881	0.9878048	2.25092569	5.0666664	135643.03
Total	**92715**	**92715**	**27563044**	**29**	**9.76996E-**	**53.27376**	**744309.7**
IOF	**0.91275922**						

3. Distribusi Lognormal

   Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi lognormal.

   ti = 1120

   Xi = In ti

   = In (1120) = 7,02108396

   Xi2 = $7{,}02108396^2$

   = 49,29562

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

   = $\frac{(1-0{,}3)}{(57+0{,}4)}$ = 0,01219512

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

   = $zi = \Phi^{-1}[0{,}012195122] = -2{,}250925697$

   Yi2 = $-2{,}250925697^2$

   = 5,06666649

   XiYi = $7{,}02108396 \times (-2{,}250925697)$

   = -15,8039383

   Berikut merupakan perhitungan nilai r pada distribusi lognormal

$$r(Index\ of Fit) = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{\left[n(\sum_{1}^{n} x_1^2) - (\sum_{1}^{n} xi)^2\right][n(\sum_{1}^{n} y_i^2) - (\sum_{1}^{n} yi)^2]}}$$

$$= \frac{(57 \times (-15{,}8039383)) - (7{,}02108396 \times (-2{,}250925697))}{\sqrt{((57 \times 49{,}29562003) - (7{,}02108396)^2 \times ((57 \times 5{,}066666491) - (-2{,}250925697)^2)}}$$

= 0.99232022

Tabel 4. 11 *Time to Failure* Distribusi Lognormal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	1120	7.021083	49.29562	0.012195	-2.250925	5.0666664	-15.80393
2	1535	7.336285	53.821087	0.029616	-1.886456	3.5587185	-13.83958
3	1864	7.53048	56.708129	0.047038	-1.674274	2.8031952	-12.60809
4	1997	7.599401	57.750900	0.064459	-1.518375	2.3054629	-11.53874
5	2630	7.874739	62.011516	0.081881	-1.392526	1.9391296	-10.96578
6	2694	7.898782	62.390762	0.099303	-1.285532	1.6525937	-10.15414
7	2820	7.944492	63.114955	0.116724	-1.191520	1.4197201	-9.466021
8	3175	8.063062	65.012983	0.134146	-1.107002	1.2254553	-8.925833
9	3554	8.175829	66.84418	0.151567	-1.029731	1.0603477	-8.418911
10	3871	8.261268	68.248551	0.168989	-0.958165	0.9180819	-7.915665
11	3890	8.266164	68.329474	0.186411	-0.891199	0.7942360	-7.366799
12	4539	8.420462	70.904180	0.203832	-0.828008	0.6855986	-6.972216
13	4662	8.447199	71.355184	0.221254	-0.767963	0.5897683	-6.487143
14	5535	8.618846	74.284520	0.238675	-0.710568	0.5049070	-6.124277
15	5547	8.621012	74.321856	0.256097	-0.655423	0.4295799	-5.650414
16	6181	8.729235	76.199549	0.273519	-0.602204	0.3626497	-5.256780
17	6425	8.767951	76.876980	0.290940	-0.550638	0.3032027	-4.827971
18	7094	8.867004	78.623771	0.308362	-0.500497	0.2504978	-4.437914
19	8281	9.021719	81.391414	0.325783	-0.451585	0.2039290	-4.074073
20	8692	9.070158	82.267772	0.343205	-0.403730	0.1629980	-3.661896
21	8767	9.078749	82.423700	0.360627	-0.356782	0.1272940	-3.239142

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
22	8792	9.081597	82.475413	0.378048	-0.310609	0.0964782	-2.820829
23	8963	9.100860	82.825657	0.395470	-0.265089	0.0702722	-2.412539
24	9015	9.106645	82.930985	0.412891	-0.220111	0.0484492	-2.004481
25	9570	9.166388	84.022677	0.430313	-0.175575	0.0308268	-1.609396
26	10032	9.213535	84.889232	0.447735	-0.131385	0.0172621	-1.210524
27	10374	9.247057	85.508080	0.465156	-0.087450	0.0076475	-0.808657
28	10385	9.248117	85.527681	0.482578	-0.043683	0.0019082	-0.403988
29	10390	9.248599	85.536585	0.5	0	0	0
30	10471	9.256364	85.680289	0.517421	0.0436833	0.0019082	0.4043492
31	10965	9.302463	86.535830	0.534843	0.0874503	0.0076475	0.8135032
32	10989	9.304650	86.576512	0.552264	0.1313854	0.0172621	1.2224958
33	11280	9.330786	87.063577	0.569686	0.1755758	0.0308268	1.6382607
34	11528	9.352534	87.469894	0.587108	0.2201119	0.0484492	2.0586044
35	12644	9.444938	89.206855	0.604529	0.2650891	0.0702722	2.5037508
36	13320	9.497021	90.193425	0.621951	0.3106094	0.0964782	2.9498645
37	14923	9.610658	92.364765	0.639372	0.3567828	0.1272940	3.4289185
38	15435	9.644392	93.014315	0.656794	0.4037301	0.1629980	3.8937324
39	18249	9.811865	96.272705	0.674216	0.4515850	0.2039290	4.4308917
40	18593	9.830540	96.639525	0.691637	0.5004976	0.2504978	4.9201619
41	18825	9.842941	96.883488	0.709059	0.5506384	0.3032027	5.4199019
42	19550	9.880730	97.628836	0.726480	0.6022040	0.3626497	5.9502158
43	21858	9.992322	99.846504	0.743902	0.6554235	0.4295799	6.5492028
44	24663	10.11305	102.27397	0.761324	0.7105681	0.5049070	7.1860174
45	27548	10.22368	104.52373	0.778745	0.7679637	0.5897683	7.8514198
46	28757	10.26663	105.40382	0.796167	0.8280088	0.6855986	8.5008655
47	30187	10.31516	106.40266	0.813588	0.8911992	0.7942360	9.1928685
48	32765	10.39711	108.10002	0.831010	0.9581659	0.9180819	9.9621624

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
49	33140	10.40849	108.33679	0.848432	1.0297318	1.0603477	10.717960
50	33219	10.41087	108.38636	0.865853	1.1070028	1.2254553	11.524871
51	37805	10.54019	111.09574	0.883275	1.1915200	1.4197201	12.558855
52	38818	10.56663	111.65386	0.900696	1.2855324	1.6525937	13.583758
53	40768	10.61565	112.69208	0.918118	1.3925263	1.9391296	14.782576
54	50520	10.83012	117.29159	0.935540	1.5183751	2.3054629	16.444191
55	52183	10.86251	117.99416	0.952961	1.6742745	2.8031952	18.186827
56	55501	10.92415	119.33719	0.970383	1.8864566	3.5587185	20.607946
57	60261	11.00644	121.14173	0.987804	2.2509256	5.0666664	24.774679
Total	**927159**	**528.609701**	**4955.9037**	**28.5**	**9.76996E-15**	**53.27375577**	**53.05309378**
IOF	**0.99232022**						

4. Distribusi Weibull

   Berikut merupakan contoh perhitungan distribusi lognormal.

   ti = 1120

   Xi = In ti

   = In (1120) = 7,02108396

   Xi2 = $7{,}02108396^2$

   = 49,29562003

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

   = $\frac{(1-0{,}3)}{(57+0{,}4)}$ = 0,012195122

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

   = $In\left[In\left(\frac{1}{1-0{,}012195122}\right)\right] = -4{,}400595$

   Yi2 = $-4{,}400595^2$

= 19,36519652

XiYi = $7{,}02108396 \times (-4{,}40059)$

= -30,8969152

Berikut merupakan perhitungan nilai r pada distribusi lognormal

$$r(Index\ of Fit) = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{\left[n(\sum_{1}^{n} x_1^2) - (\sum_{1}^{n} xi)^2\right][n(\sum_{1}^{n} y_i^2) - (\sum_{1}^{n} yi)^2]}}$$

$$= \frac{\left(57 \times (-30{,}8969152)\right) - \left(7{,}021083965 \times (-4{,}400595)\right)}{\sqrt{((57 \times 49{,}29562003) - (7{,}021083965)^2 \times ((57 \times 19{,}3651952) - (-4{,}400595)^2)}}$$

= 0.98053957

Tabel 4. 12 *Time to Failure* Distribusi Weibull

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	1120	7.0210839	49.29562	0.0121951	-4.400590	19.365196	-30.89691
2	1535	7.3362856	53.821087	0.0296167	-3.504421	12.280970	-25.70943
3	1864	7.53048	56.708129	0.0470383	-3.032798	9.1978695	-22.83843
4	1997	7.5994013	57.750900	0.0644599	-2.708580	7.336410	-20.58359
5	2630	7.8747391	62.011516	0.0818815	-2.460071	6.0519514	-19.37242
6	2694	7.8987823	62.390762	0.0993031	-2.257740	5.0973925	-17.8334
7	2820	7.9444921	63.114955	0.1167247	-2.086519	4.3535631	-16.57633
8	3175	8.0630629	65.012983	0.1341463	-1.937668	3.7545596	-15.62354
9	3554	8.1758290	66.84418	0.1515679	-1.805664	3.2604226	-14.76280
10	3871	8.2612681	68.248551	0.1689895	-1.686789	2.8452582	-13.93501
11	3890	8.2661644	68.329474	0.1864111	-1.578423	2.4914197	-13.04750
12	4539	8.420462	70.904180	0.2038327	-1.478646	2.1863954	-12.45088
13	4662	8.4471998	71.355184	0.2212543	-1.386011	1.9210270	-11.70791
14	5535	8.6188468	74.284520	0.2386759	-1.299396	1.6884323	-11.19930
15	5547	8.6210125	74.321856	0.2560975	-1.217918	1.4833250	-10.49968
16	6181	8.7292353	76.199549	0.273519	-1.140862	1.3015681	-9.958860

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
17	6425	8.7679519	76.876980	0.2909407	-1.067648	1.1398723	-9.361086
18	7094	8.8670046	78.623771	0.3083623	-0.997790	0.9955861	-8.847414
19	8281	9.0217190	81.391414	0.3257839	-0.930884	0.8665467	-8.398182
20	8692	9.0701583	82.267772	0.3432055	-0.866586	0.7509716	-7.860074
21	8767	9.0787499	82.423700	0.3606271	-0.804598	0.6473784	-7.304746
22	8792	9.0815975	82.475413	0.3780487	-0.744664	0.5545251	-6.762742
23	8963	9.1008602	82.825657	0.3954703	-0.686559	0.4713642	-6.248283
24	9015	9.1066451	82.930985	0.4128919	-0.630085	0.3970072	-5.737961
25	9570	9.1663884	84.022677	0.4303135	-0.575063	0.3306978	-5.271254
26	10032	9.2135352	84.889232	0.4477351	-0.521334	0.2717897	-4.803334
27	10374	9.2470579	85.508080	0.4651567	-0.468753	0.2197300	-4.334593
28	10385	9.2481177	85.527681	0.4825784	-0.417187	0.1740455	-3.858200
29	10390	9.2485990	85.536585	0.5	-0.366512	0.1343317	-3.389731
30	10471	9.2563648	85.680289	0.5174216	-0.316614	0.1002444	-2.930695
31	10965	9.3024636	86.535830	0.5348432	-0.267381	0.0714930	-2.487310
32	10989	9.3046500	86.576512	0.5522648	-0.218711	0.0478348	-2.035036
33	11280	9.3307865	87.063577	0.5696864	-0.170502	0.0290710	-1.590921
34	11528	9.3525341	87.469894	0.5871080	-0.122654	0.0150441	-1.147130
35	12644	9.4449380	89.206855	0.6045296	-0.075069	0.0056353	-0.709023
36	13320	9.4970219	90.193425	0.6219512	-0.027646	0.0007643	-0.262560
37	14923	9.6106589	92.364765	0.6393728	0.0197149	0.0003886	0.1894739
38	15435	9.6443929	93.014315	0.6567944	0.0671217	0.0045053	0.6473484
39	18249	9.8118655	96.272705	0.6742160	0.1146856	0.0131527	1.1257972
40	18593	9.8305404	96.639525	0.6916376	0.1625266	0.0264149	1.5977247
41	18825	9.8429410	96.883486	0.7090592	0.2107758	0.0444264	2.0746542
42	19550	9.8807305	97.628836	0.7264808	0.2595785	0.0673810	2.5648255
43	21858	9.9923222	99.846504	0.7439024	0.3090987	0.0955420	3.0886138

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
44	24663	10.113059	102.27397	0.7613240	0.3595248	0.1292580	3.6358957
45	27548	10.223685	104.52373	0.7787456	0.4110775	0.1689847	4.2027273
46	28757	10.266636	105.40382	0.7961672	0.4640204	0.2153149	4.7639290
47	30187	10.315166	106.40266	0.8135888	0.5186750	0.2690238	5.3502198
48	32765	10.397116	108.10002	0.8310104	0.5754432	0.3311349	5.9829503
49	33140	10.408496	108.33679	0.8484320	0.6348405	0.4030225	6.6077355
50	33219	10.410877	108.38636	0.8658536	0.6975494	0.4865752	7.2621018
51	37805	10.540196	111.09574	0.8832752	0.7645077	0.5844720	8.0580619
52	38818	10.566639	111.65386	0.9006968	0.8370648	0.7006776	8.8449626
53	40768	10.615652	112.69208	0.9181184	0.9172829	0.8414080	9.7375573
54	50520	10.830124	117.29159	0.9355400	1.0085823	1.0172383	10.923072
55	52183	10.862512	117.99416	0.9529616	1.1173661	1.2485071	12.137403
56	55501	10.924156	119.33719	0.9703832	1.2582950	1.5833065	13.745812
57	60261	11.006440	121.14173	0.9878048	1.4831304	2.1996760	16.323987
Total	**92715**	**528.60970**	**4955.9037**	**28.5**	**-32.06749**	**102.27010**	**-231.4705**
IOF	**0.98053957**						

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

Tabel 4. 13 *Index of Fit* TTF *Belt Coal Feeder*

Distribusi	***Index Of Fit***
Exponensial	0.988502677
Normal	0.912759219
Log Normal	0.992320223
Weibull	0.980539575
Distribusi	**Index Of Fit**

Distribusi	***Index Of Fit***
Log Normal	99.23%
Exponensial	98.85%
Weibull	98.05%
Normal	91.28%

Dari hasil perhitungan *Index of Fit* diketahui bahwa distribusi Lognormal memperoleh nilai sebesar 99,29%. Oleh karena itu, distribusi Lognormal dipilih sebagai acuan dalam pengolahan data selanjutnya.

4.4.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (*Time to Failure*) pada *Cleanout Conveyor*

Seperti pada perhitungan komponen sebelumnya yaitu *Belt Coal Feeder*, berikut ini merupakan hasil dari perhitungan *Index of Fit* pada distribusi eskponensial, distribusi normal, distribusi lognormal dan distribusi Weibull.

Tabel 4. 14 *Idex of Fit* TTF *Cleanout Conveyor*

Distribusi	***Index Of Fit***
Exponensial	0.980571822
Normal	0.930783295
Log Normal	0.981339178
Weibull	0.970031714
Distribusi	**Index Of Fit**
Log Normal	98.13%
Exponensial	98.06%
Weibull	97.00%
Normal	91.28%

Dari hasil perhitungan *Index of Fit* diketahui bahwa distribusi Lognormal memperoleh nilai sebesar 98,13%. Oleh karena itu, distribusi Lognormal dipilih sebagai acuan dalam pengolahan data selanjutnya.

4.4.4 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (*Time to Failure*) pada Komponen *Coal Outlet*

Seperti pada perhitungan komponen sebelumnya yaitu Belt Coal Feeder, berikut ini merupakan hasil dari perhitungan Index of Fit pada distribusi eskponensial, distribusi normal, distribusi lognormal dan distribusi Weibull.

Tabel 4. 15 *Index of Fit* TTF *Coal Outlet*

Distribusi	***Index Of Fit***
Eskponensial	0.972765987
Normal	0.848633781
Lognormal	0.982775854
Weibull	0.983323394
Distribusi	**Index Of Fit**
Lognormal	98.28%
Weibull	98.33%
Eksponensial	97.28%
Normal	84.86%

Dari hasil perhitungan *Index of Fit* diketahui bahwa distribusi Lognormal memperoleh nilai sebesar 98,28%. Oleh karena itu, distribusi Lognormal dipilih sebagai acuan dalam pengolahan data selanjutnya.

4.4.5 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan *(Time to Repair)* pada Komponen *Belt Coal Feeder*

Berikut Adalah penentuan jarak antar waktu perbaikan pada komponen *Belt Coal Feeder* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 16 *Time to Repair* Komponen *Belt Coal Feeder*

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Dti	Dti urut
1	06/03/2023 14:26	06/03/2023 17:26	180	60
2	08/03/2023 00:30	08/03/2023 04:30	240	60
3	14/03/2023 07:02	14/03/2023 10:02	180	90
4	10/04/2023 09:00	10/04/2023 12:00	180	90
5	12/04/2023 08:54	12/04/2023 12:54	240	90
6	15/04/2023 05:44	15/04/2023 10:44	300	90
7	25/04/2023 19:27	25/04/2023 22:27	180	90
8	28/04/2023 09:41	28/04/2023 13:41	240	90
9	18/05/2023 12:58	18/05/2023 15:58	180	120
10	31/05/2023 13:51	31/05/2023 16:51	240	120
11	13/06/2023 10:00	13/06/2023 13:00	240	120
12	15/06/2023 18:55	15/06/2023 21:55	180	120
13	20/06/2023 09:00	20/06/2023 12:00	180	120
14	24/06/2023 08:27	24/06/2023 10:27	120	120
15	05/08/2023 06:48	05/08/2023 08:48	120	120
16	12/08/2023 08:00	12/08/2023 12:00	240	160
17	25/08/2023 13:45	25/08/2023 15:45	120	160
18	15/09/2023 14:52	15/09/2023 16:52	120	160
19	29/09/2023 06:42	29/09/2023 09:52	190	180
20	07/10/2023 10:00	07/10/2023 14:00	240	180
21	26/10/2023 17:08	26/10/2023 19:08	120	180
22	31/10/2023 17:22	31/10/2023 21:22	240	180
23	04/11/2023 01:01	04/11/2023 04:01	160	180
24	07/11/2023 09:23	07/11/2023 15:23	360	180
25	03/12/2023 21:28	04/12/2023 12:28	480	180
26	11/12/2023 10:22	11/12/2023 14:22	240	180
27	03/01/2024 08:27	03/01/2024 11:27	180	180

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Dti	Dti urut
28	26/01/2024 13:06	26/01/2024 17:06	240	180
29	03/02/2024 08:15	03/02/2024 12:15	240	180
30	09/02/2024 14:22	09/02/2024 15:22	90	180
31	16/03/2024 21:35	17/03/2024 03:35	360	180
32	03/04/2024 06:38	03/04/2024 09:38	180	180
33	01/05/2024 17:06	01/05/2024 21:06	240	190
34	09/05/2024 21:26	25/05/2024 15:48	480	240
35	03/06/2024 00:10	03/06/2024 04:10	240	240
36	05/06/2024 20:41	05/06/2024 23:41	180	240
37	14/07/2024 12:42	25/07/2024 15:42	160	240
38	29/08/2024 17:22	29/08/2024 20:22	180	240
39	14/09/2024 00:40	14/09/2024 01:10	90	240
40	15/09/2024 11:27	15/09/2024 16:57	330	240
41	19/09/2024 23:58	19/09/2024 12:51	480	240
42	27/09/2024 14:29	27/09/2024 16:29	120	240
43	03/10/2024 10:30	03/10/2024 14:30	240	240
44	05/10/2024 10:20	05/10/2024 13:20	180	240
45	06/10/2024 08:00	06/10/2024 12:00	240	240
46	13/10/2024 17:10	13/10/2024 19:10	120	240
47	21/10/2024 09:55	21/10/2024 10:55	90	240
48	22/10/2024 13:00	22/10/2024 16:00	180	240
49	31/10/2024 22:00	31/10/2024 23:00	90	240
50	07/11/2024 00:22	07/11/2024 03:22	180	240
51	13/11/2024 08:45	13/11/2024 12:45	240	240
52	20/11/2024 17:50	20/11/2024 20:50	160	300
53	01/12/2024 13:45	01/12/2024 17:45	240	330
54	05/12/2024 14:00	05/12/2024 15:00	90	360

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Dti	Dti urut
55	12/12/2024 07:00	12/12/2024 08:00	60	360
56	14/12/2024 07:00	14/12/2024 11:00	240	480
57	22/12/2024 07:00	22/12/2024 09:00	90	480
58	28/12/2024 14:45	28/12/2024 15:45	60	480

Penentuan data antar waktu perbaikan pada tahap berikut dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*, yaitu dengan memilih distribusi yang memiliki nilai *Index of Fit* tertinggi. Dalam analisis ini digunakan empat jenis distribusi untuk menghitung waktu kerusakan, yaitu *Eksponensial, Weibull*, Lognormal, dan Normal

1. Distribusi Eksponensial

   Berikut Adalah contoh perhitungan eskponensial:

   Xi = dti

   = 60

   $Xi^2 = 3600$

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

   $= \frac{i-0{,}3}{58+0{,}4} = 0{,}0120$

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

   $= In\left[In\left(\frac{1}{1 - 0{,}0120}\right)\right] = 0{,}0121$

   $Yi^2 = 0{,}0001$

   $XiYi = 30 \times 0{,}0121 = 0{,}7235$

   Berikut merupakan tabel perhitungan nilai r pada distribusi eksponensial:

$$r(Index\ of Fit) = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{\left[n(\sum_{1}^{n} x_1^2) - (\sum_{1}^{n} xi)^2\right]\left[n(\sum_{1}^{n} y_i^2) - (\sum_{1}^{n} yi)^2\right]}}$$

$$r(Index\ of Fit) = \frac{(58 \times (0{,}7235)) - (58 \times 0{,}0121)}{\sqrt{((58 \times 3600) - (60)^2 \times ((58 \times 0{,}0121) - (0{,}0001)^2}}$$

$$= 0{,}95187042$$

Tabel 4. 17 *Time to Repair* Distribusi Eskponensial

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	60	60	3600	0.0120	0.0121	0.0001	0.7235
2	60	60	3600	0.0291	0.0295	0.0009	1.7725
3	90	90	8100	0.0462	0.0473	0.0022	4.2602
4	90	90	8100	0.0634	0.0655	0.0043	5.8907
5	90	90	8100	0.0805	0.0839	0.0070	7.5513
6	90	90	8100	0.0976	0.1027	0.0105	9.2430
7	90	90	8100	0.1147	0.1219	0.0148	10.9672
8	90	90	8100	0.1318	0.1414	0.0200	12.7251
9	120	120	14400	0.1490	0.1613	0.0260	19.3573
10	120	120	14400	0.1661	0.1816	0.0330	21.7964
11	120	120	14400	0.1832	0.2024	0.0410	24.2861
12	120	120	14400	0.2003	0.2236	0.0500	26.8286
13	120	120	14400	0.2175	0.2452	0.0601	29.4261
14	120	120	14400	0.2346	0.2673	0.0715	32.0811
15	120	120	14400	0.2517	0.2900	0.0841	34.7961
16	160	160	25600	0.2688	0.3131	0.0980	50.0987
17	160	160	25600	0.2860	0.3368	0.1134	53.8904
18	160	160	25600	0.3031	0.3611	0.1304	57.7740
19	180	180	32400	0.3202	0.3860	0.1490	69.4736
20	180	180	32400	0.3373	0.4115	0.1693	74.0657
21	180	180	32400	0.3545	0.4377	0.1915	78.7780
22	180	180	32400	0.3716	0.4645	0.2158	83.6170
23	180	180	32400	0.3887	0.4922	0.2422	88.5897
24	180	180	32400	0.4058	0.5206	0.2710	93.7037
25	180	180	32400	0.4229	0.5498	0.3023	98.9672
26	180	180	32400	0.4401	0.5799	0.3363	104.3893
27	180	180	32400	0.4572	0.6110	0.3733	109.9799

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
28	180	180	32400	0.4743	0.6431	0.4135	115.7496
29	180	180	32400	0.4914	0.6762	0.4572	121.7104
30	180	180	32400	0.5086	0.7104	0.5047	127.8754
31	180	180	32400	0.5257	0.7459	0.5563	134.2590
32	180	180	32400	0.5428	0.7827	0.6125	140.8774
33	190	190	36100	0.5599	0.8208	0.6738	155.9567
34	240	240	57600	0.5771	0.8605	0.7405	206.5230
35	240	240	57600	0.5942	0.9018	0.8133	216.4418
36	240	240	57600	0.6113	0.9450	0.8929	226.7882
37	240	240	57600	0.6284	0.9900	0.9801	237.6009
38	240	240	57600	0.6455	1.0372	1.0757	248.9237
39	240	240	57600	0.6627	1.0867	1.1809	260.8073
40	240	240	57600	0.6798	1.1388	1.2968	273.3102
41	240	240	57600	0.6969	1.1938	1.4250	286.5003
42	240	240	57600	0.7140	1.2519	1.5673	300.4577
43	240	240	57600	0.7312	1.3137	1.7257	315.2772
44	240	240	57600	0.7483	1.3795	1.9029	331.0724
45	240	240	57600	0.7654	1.4499	2.1023	347.9808
46	240	240	57600	0.7825	1.5257	2.3278	366.1713
47	240	240	57600	0.7997	1.6077	2.5848	385.8545
48	240	240	57600	0.8168	1.6971	2.8801	407.2973
49	240	240	57600	0.8339	1.7952	3.2227	430.8456
50	240	240	57600	0.8510	1.9040	3.6252	456.9583
51	240	240	57600	0.8682	2.0261	4.1051	486.2629
52	300	300	90000	0.8853	2.1652	4.6881	649.5625
53	330	330	108900	0.9024	2.3268	5.4142	767.8604
54	360	360	129600	0.9195	2.5198	6.3492	907.1112

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
55	360	360	129600	0.9366	2.7590	7.6120	993.2339
56	480	480	230400	0.9538	3.0741	9.4499	1475.5508
57	480	480	230400	0.9709	3.5367	12.5082	1697.6101
58	480	480	230400	0.9880	4.4240	19.5717	2123.5156
Total	**11800**	**11800**	**2909200**	**29**	**56.9288386**	**106.2787**	**16400.9795**
IOF	**0.95187042**						

2. Distribusi Normal

Xi = dti

= 60

$Xi^2 = 30^2$

= 3600

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

$= \frac{i-0{,}3}{58+0{,}4} = 0{,}0120$

Yi $= i = \Phi^{-1}[F(ti)]$

$= Zi = \Phi^{-1}[F(ti)] = -2{,}2576$

$Yi^2 = -2{,}2476^2$

$= 5{,}0966$

$XiYi = 30 \times (-2{,}2576)$

$= -135{,}4541$

Berikut merupakan tabel perhitungan nilai r pada distribusi normal:

$$r(Index\ of Fit) = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{\left[n(\sum_{1}^{n} x_1^2) - (\sum_{1}^{n} xi)^2\right]\left[n(\sum_{1}^{n} y_i^2) - (\sum_{1}^{n} yi)^2\right]}}$$

$$r(Index\ of Fit) = \frac{(58 \times (-135{,}4541)) - (58 \times (-2{,}2576))}{\sqrt{((58 \times 3600) - (60)^2 \times 5{,}0966) - (-2{,}2576)^2}}$$

$$= 0{,}93443466$$

Tabel 4. 18 *Time to Repair* Distribusi Normal

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	60	60	3600	0.0120	-2.2576	5.0966	-135.4541
2	60	60	3600	0.0291	-1.8940	3.5874	-113.6426
3	90	90	8100	0.0462	-1.6825	2.8309	-151.4279
4	90	90	8100	0.0634	-1.5272	2.3323	-137.4476
5	90	90	8100	0.0805	-1.4019	1.9652	-126.1668
6	90	90	8100	0.0976	-1.2953	1.6779	-116.5799
7	90	90	8100	0.1147	-1.2018	1.4443	-108.1594
8	90	90	8100	0.1318	-1.1177	1.2492	-100.5923
9	120	120	14400	0.1490	-1.0408	1.0834	-124.9020
10	120	120	14400	0.1661	-0.9697	0.9403	-116.3650
11	120	120	14400	0.1832	-0.9032	0.8157	-108.3798
12	120	120	14400	0.2003	-0.8404	0.7063	-100.8478
13	120	120	14400	0.2175	-0.7808	0.6096	-93.6937
14	120	120	14400	0.2346	-0.7238	0.5239	-86.8580
15	120	120	14400	0.2517	-0.6691	0.4477	-80.2933
16	160	160	25600	0.2688	-0.6163	0.3799	-98.6141
17	160	160	25600	0.2860	-0.5652	0.3195	-90.4367
18	160	160	25600	0.3031	-0.5156	0.2658	-82.4890
19	180	180	32400	0.3202	-0.4671	0.2182	-84.0824
20	180	180	32400	0.3373	-0.4198	0.1762	-75.5576
21	180	180	32400	0.3545	-0.3733	0.1394	-67.1991
22	180	180	32400	0.3716	-0.3277	0.1074	-58.9831
23	180	180	32400	0.3887	-0.2827	0.0799	-50.8882
24	180	180	32400	0.4058	-0.2383	0.0568	-42.8951
25	180	180	32400	0.4229	-0.1944	0.0378	-34.9856
26	180	180	32400	0.4401	-0.1508	0.0227	-27.1432
27	180	180	32400	0.4572	-0.1075	0.0116	-19.3520

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
28	180	180	32400	0.4743	-0.0644	0.0042	-11.5969
29	180	180	32400	0.4914	-0.0215	0.0005	-3.8633
30	180	180	32400	0.5086	0.0215	0.0005	3.8633
31	180	180	32400	0.5257	0.0644	0.0042	11.5969
32	180	180	32400	0.5428	0.1075	0.0116	19.3520
33	190	190	36100	0.5599	0.1508	0.0227	28.6512
34	240	240	57600	0.5771	0.1944	0.0378	46.6475
35	240	240	57600	0.5942	0.2383	0.0568	57.1934
36	240	240	57600	0.6113	0.2827	0.0799	67.8510
37	240	240	57600	0.6284	0.3277	0.1074	78.6441
38	240	240	57600	0.6455	0.3733	0.1394	89.5988
39	240	240	57600	0.6627	0.4198	0.1762	100.7435
40	240	240	57600	0.6798	0.4671	0.2182	112.1098
41	240	240	57600	0.6969	0.5156	0.2658	123.7335
42	240	240	57600	0.7140	0.5652	0.3195	135.6550
43	240	240	57600	0.7312	0.6163	0.3799	147.9212
44	240	240	57600	0.7483	0.6691	0.4477	160.5866
45	240	240	57600	0.7654	0.7238	0.5239	173.7161
46	240	240	57600	0.7825	0.7808	0.6096	187.3874
47	240	240	57600	0.7997	0.8404	0.7063	201.6957
48	240	240	57600	0.8168	0.9032	0.8157	216.7596
49	240	240	57600	0.8339	0.9697	0.9403	232.7301
50	240	240	57600	0.8510	1.0408	1.0834	249.8040
51	240	240	57600	0.8682	1.1177	1.2492	268.2460
52	300	300	90000	0.8853	1.2018	1.4443	360.5315
53	330	330	108900	0.9024	1.2953	1.6779	427.4598
54	360	360	129600	0.9195	1.4019	1.9652	504.6674

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
55	360	360	129600	0.9366	1.5272	2.3323	549.7905
56	480	480	230400	0.9538	1.6825	2.8309	807.6153
57	480	480	230400	0.9709	1.8940	3.5874	909.1411
58	480	480	230400	0.9880	2.2576	5.0966	1083.6327
Total	**11800**	**11800**	**2909200**	**29**	**1.59872E-14**	**54.26092557**	**4908.428095**
IOF	**0.93443466**						

3. Distribusi Lognormal

Xi = Indti

= In (60) = 4,0943

$Xi^2 = 4{,}0943^2$

= 16,7637

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

$= \frac{i-0{,}3}{58+0{,}4} = 0{,}0120$

Yi $= i = \Phi^{-1}[F(ti)]$

$= Zi = \Phi^{-1}[F(ti)] = -2{,}2576$

$Yi^2 = -2{,}2476^2$

$= 5{,}0966$

$XiYi = 4{,}0943 \times (-2{,}2576)$

$= -9{,}2433$

Berikut merupakan tabel perhitungan nilai r pada distribusi lognormal:

$$r(Index\ of Fit) = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{\left[n(\sum_{1}^{n} x_1^2) - (\sum_{1}^{n} xi)^2\right]\left[n(\sum_{1}^{n} y_i^2) - (\sum_{1}^{n} yi)^2\right]}}$$

$$r(Index\ of Fit) = \frac{(58 \times (-7{,}6784)) - (58 \times (-2{,}2576))}{\sqrt{((58 \times 11{,}5681) - (3{,}4012)^2 \times 5{,}0966) - (-2{,}2576)^2}}$$

$$= 0{,}95482914$$

Tabel 4. 19 *Time to Repair* Distribusi Lognormal

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	60	4.0943	16.7637	0.0120	-2.2576	5.0966	-9.2433
2	60	4.0943	16.7637	0.0291	-1.8940	3.5874	-7.7549
3	90	4.4998	20.2483	0.0462	-1.6825	2.8309	-7.5711
4	90	4.4998	20.2483	0.0634	-1.5272	2.3323	-6.8721
5	90	4.4998	20.2483	0.0805	-1.4019	1.9652	-6.3081
6	90	4.4998	20.2483	0.0976	-1.2953	1.6779	-5.8288
7	90	4.4998	20.2483	0.1147	-1.2018	1.4443	-5.4077
8	90	4.4998	20.2483	0.1318	-1.1177	1.2492	-5.0294
9	120	4.7875	22.9201	0.1490	-1.0408	1.0834	-4.9831
10	120	4.7875	22.9201	0.1661	-0.9697	0.9403	-4.6425
11	120	4.7875	22.9201	0.1832	-0.9032	0.8157	-4.3239
12	120	4.7875	22.9201	0.2003	-0.8404	0.7063	-4.0234
13	120	4.7875	22.9201	0.2175	-0.7808	0.6096	-3.7380
14	120	4.7875	22.9201	0.2346	-0.7238	0.5239	-3.4653
15	120	4.7875	22.9201	0.2517	-0.6691	0.4477	-3.2034
16	160	5.0752	25.7574	0.2688	-0.6163	0.3799	-3.1280
17	160	5.0752	25.7574	0.2860	-0.5652	0.3195	-2.8686
18	160	5.0752	25.7574	0.3031	-0.5156	0.2658	-2.6165
19	180	5.1930	26.9668	0.3202	-0.4671	0.2182	-2.4258
20	180	5.1930	26.9668	0.3373	-0.4198	0.1762	-2.1798
21	180	5.1930	26.9668	0.3545	-0.3733	0.1394	-1.9387
22	180	5.1930	26.9668	0.3716	-0.3277	0.1074	-1.7016
23	180	5.1930	26.9668	0.3887	-0.2827	0.0799	-1.4681
24	180	5.1930	26.9668	0.4058	-0.2383	0.0568	-1.2375
25	180	5.1930	26.9668	0.4229	-0.1944	0.0378	-1.0093

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
26	180	5.1930	26.9668	0.4401	-0.1508	0.0227	-0.7831
27	180	5.1930	26.9668	0.4572	-0.1075	0.0116	-0.5583
28	180	5.1930	26.9668	0.4743	-0.0644	0.0042	-0.3346
29	180	5.1930	26.9668	0.4914	-0.0215	0.0005	-0.1115
30	180	5.1930	26.9668	0.5086	0.0215	0.0005	0.1115
31	180	5.1930	26.9668	0.5257	0.0644	0.0042	0.3346
32	180	5.1930	26.9668	0.5428	0.1075	0.0116	0.5583
33	190	5.2470	27.5313	0.5599	0.1508	0.0227	0.7912
34	240	5.4806	30.0374	0.5771	0.1944	0.0378	1.0652
35	240	5.4806	30.0374	0.5942	0.2383	0.0568	1.3061
36	240	5.4806	30.0374	0.6113	0.2827	0.0799	1.5494
37	240	5.4806	30.0374	0.6284	0.3277	0.1074	1.7959
38	240	5.4806	30.0374	0.6455	0.3733	0.1394	2.0461
39	240	5.4806	30.0374	0.6627	0.4198	0.1762	2.3006
40	240	5.4806	30.0374	0.6798	0.4671	0.2182	2.5601
41	240	5.4806	30.0374	0.6969	0.5156	0.2658	2.8256
42	240	5.4806	30.0374	0.7140	0.5652	0.3195	3.0978
43	240	5.4806	30.0374	0.7312	0.6163	0.3799	3.3779
44	240	5.4806	30.0374	0.7483	0.6691	0.4477	3.6672
45	240	5.4806	30.0374	0.7654	0.7238	0.5239	3.9670
46	240	5.4806	30.0374	0.7825	0.7808	0.6096	4.2792
47	240	5.4806	30.0374	0.7997	0.8404	0.7063	4.6059
48	240	5.4806	30.0374	0.8168	0.9032	0.8157	4.9499
49	240	5.4806	30.0374	0.8339	0.9697	0.9403	5.3146
50	240	5.4806	30.0374	0.8510	1.0408	1.0834	5.7045
51	240	5.4806	30.0374	0.8682	1.1177	1.2492	6.1257
52	300	5.7038	32.5331	0.8853	1.2018	1.4443	6.8546

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
53	330	5.7991	33.6295	0.9024	1.2953	1.6779	7.5118
54	360	5.8861	34.6462	0.9195	1.4019	1.9652	8.2515
55	360	5.8861	34.6462	0.9366	1.5272	2.3323	8.9892
56	480	6.1738	38.1156	0.9538	1.6825	2.8309	10.3876
57	480	6.1738	38.1156	0.9709	1.8940	3.5874	11.6934
58	480	6.1738	38.1156	0.9880	2.2576	5.0966	13.9377
Total	**11800**	**302.32 1873**	**1588.2714 3**	**29**	**1.59872E-14**	**54.26092 557**	**25.2039972**
IOF	**0.97029438**						

4. Distribusi Weibull

Xi = Indti

= In (60) = 4,0943

$Xi^2 = 4{,}0943^2$

$= 16{,}7637$

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

$= \frac{i-0{,}3}{58+0{,}4} = 0{,}0120$

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

$= In\left[In\left(\frac{1}{1 - 0{,}0120}\right)\right] = -4{,}4180$

$Yi^2 = -2{,}4180^2$

$= 19{,}5184$

$XiYi = 4{,}0943 \times (-4{,}4180)$

$= -18{,}0887$

Berikut merupakan tabel perhitungan nilai r pada distribusi normal:

$$r(Index\ of Fit) = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - (\sum_{1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{\sqrt{\left[n(\sum_{1}^{n} x_1^2) - (\sum_{1}^{n} xi)^2\right]\left[n(\sum_{1}^{n} y_i^2) - (\sum_{1}^{n} yi)^2\right]}}$$

$$r(Index\ of Fit) = \frac{(58 \times (-18{,}0887)) - (58 \times (-4{,}4180))}{\sqrt{((58 \times 16{,}7637) - (4{,}0943)^2 \times 19{,}5184) - (-4{,}4180)^2}}$$
$$= 0{,}96517227$$

Tabel 4. 20 *Time to Repair* Distribusi Weibull

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	60	4.0943	16.7637	0.0120	-4.4180	19.5184	-18.0887
2	60	4.0943	16.7637	0.0291	-3.5220	12.4042	-14.4201
3	90	4.4998	20.2483	0.0462	-3.0505	9.3055	-13.7266
4	90	4.4998	20.2483	0.0634	-2.7264	7.4335	-12.2684
5	90	4.4998	20.2483	0.0805	-2.4781	6.1410	-11.1510
6	90	4.4998	20.2483	0.0976	-2.2759	5.1799	-10.2413
7	90	4.4998	20.2483	0.1147	-2.1049	4.4306	-9.4716
8	90	4.4998	20.2483	0.1318	-1.9562	3.8268	-8.8027
9	120	4.7875	22.9201	0.1490	-1.8244	3.3285	-8.7344
10	120	4.7875	22.9201	0.1661	-1.7057	2.9096	-8.1662
11	120	4.7875	22.9201	0.1832	-1.5976	2.5523	-7.6484
12	120	4.7875	22.9201	0.2003	-1.4980	2.2441	-7.1718
13	120	4.7875	22.9201	0.2175	-1.4056	1.9757	-6.7293
14	120	4.7875	22.9201	0.2346	-1.3192	1.7404	-6.3158
15	120	4.7875	22.9201	0.2517	-1.2380	1.5326	-5.9268
16	160	5.0752	25.7574	0.2688	-1.1612	1.3483	-5.8932
17	160	5.0752	25.7574	0.2860	-1.0882	1.1842	-5.5229
18	160	5.0752	25.7574	0.3031	-1.0186	1.0376	-5.1697
19	180	5.1930	26.9668	0.3202	-0.9520	0.9063	-4.9437
20	180	5.1930	26.9668	0.3373	-0.8880	0.7886	-4.6114
21	180	5.1930	26.9668	0.3545	-0.8263	0.6828	-4.2911
22	180	5.1930	26.9668	0.3716	-0.7667	0.5878	-3.9815
23	180	5.1930	26.9668	0.3887	-0.7089	0.5026	-3.6815

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
24	180	5.1930	26.9668	0.4058	-0.6528	0.4262	-3.3901
25	180	5.1930	26.9668	0.4229	-0.5982	0.3578	-3.1063
26	180	5.1930	26.9668	0.4401	-0.5448	0.2968	-2.8293
27	180	5.1930	26.9668	0.4572	-0.4927	0.2427	-2.5584
28	180	5.1930	26.9668	0.4743	-0.4415	0.1949	-2.2928
29	180	5.1930	26.9668	0.4914	-0.3913	0.1531	-2.0321
30	180	5.1930	26.9668	0.5086	-0.3419	0.1169	-1.7755
31	180	5.1930	26.9668	0.5257	-0.2932	0.0860	-1.5225
32	180	5.1930	26.9668	0.5428	-0.2451	0.0601	-1.2726
33	190	5.2470	27.5313	0.5599	-0.1974	0.0390	-1.0360
34	240	5.4806	30.0374	0.5771	-0.1502	0.0226	-0.8233
35	240	5.4806	30.0374	0.5942	-0.1033	0.0107	-0.5662
36	240	5.4806	30.0374	0.6113	-0.0566	0.0032	-0.3103
37	240	5.4806	30.0374	0.6284	-0.0100	0.0001	-0.0551
38	240	5.4806	30.0374	0.6455	0.0365	0.0013	0.2001
39	240	5.4806	30.0374	0.6627	0.0831	0.0069	0.4557
40	240	5.4806	30.0374	0.6798	0.1300	0.0169	0.7123
41	240	5.4806	30.0374	0.6969	0.1771	0.0314	0.9706
42	240	5.4806	30.0374	0.7140	0.2247	0.0505	1.2313
43	240	5.4806	30.0374	0.7312	0.2728	0.0744	1.4952
44	240	5.4806	30.0374	0.7483	0.3217	0.1035	1.7631
45	240	5.4806	30.0374	0.7654	0.3715	0.1380	2.0361
46	240	5.4806	30.0374	0.7825	0.4225	0.1785	2.3154
47	240	5.4806	30.0374	0.7997	0.4748	0.2255	2.6023
48	240	5.4806	30.0374	0.8168	0.5289	0.2797	2.8987
49	240	5.4806	30.0374	0.8339	0.5851	0.3424	3.2068
50	240	5.4806	30.0374	0.8510	0.6440	0.4147	3.5293

No	Dti	Xi =dti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
51	240	5.4806	30.0374	0.8682	0.7061	0.4986	3.8699
52	300	5.7038	32.5331	0.8853	0.7725	0.5968	4.4063
53	330	5.7991	33.6295	0.9024	0.8445	0.7132	4.8974
54	360	5.8861	34.6462	0.9195	0.9242	0.8541	5.4397
55	360	5.8861	34.6462	0.9366	1.0149	1.0299	5.9736
56	480	6.1738	38.1156	0.9538	1.1230	1.2611	6.9332
57	480	6.1738	38.1156	0.9709	1.2632	1.5957	7.7987
58	480	6.1738	38.1156	0.9880	1.4870	2.2113	9.1807
Total	**11800**	**302.32 1873**	**1588.2714**	**29**	**-32.641696**	**104.1955 996**	**-138.61230**
IOF	**0.96517227**						

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

Tabel 4. 21 *Index of Fit* TTR *Belt Coal Feeder*

Distribusi	***Index Of Fit***
Eksponensial	0.95187042
Normal	0.934434659
Log Normal	0.97029438
Weibull	0.965172266
Distribusi	**Index Of Fit**
Log Normal	97.03%
Weibull	96.52%
Eksponensial	95.19%
Normal	93.44%

Dari hasil perhitungan *Index of Fit* diketahui bahwa distribusi Lognormal memperoleh nilai sebesar 95,48%. Oleh karena itu, distribusi Lognormal dipilih sebagai acuan dalam pengolahan data selanjutnya.

4.4.6 Penentuan Distribusi Antar Waktu Perbaikan (*Time to Repair*) pada Komponen *Cleanout Conveyor*

Berikut merupakan hasil dari perhitungan *Index of Fit* pada distribusi eskponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi weibull pada komponen *Cleanout Conveyor*:

Tabel 4. 22 *Index of Fit* TTR *Cleanout Conveyor*

Distribusi	***Index Of Fit***
Eksponensial	0.876411573
Normal	0.752686134
Log Normal	0.93058461
Weibull	0.897178177
Distribusi	**Index Of Fit**
Log Normal	93.06%
Weibull	89.72%
Eksponensial	87.64%
Normal	75.27%

Dari hasil perhitungan *Index of Fit* diketahui bahwa distribusi Lognormal memperoleh nilai sebesar 93,06%. Oleh karena itu, distribusi Lognormal dipilih sebagai acuan dalam pengolahan data selanjutnya.

4.4.7 Penentuan Distribusi Antar Waktu Perbaikan (*Time to Repair*) pada Komponen *Coal Outlet*

Berikut merupakan hasil dari perhitungan *Index of Fit* pada distribusi eskponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi weibull pada *Coal Outlet:*

Tabel 4. 23 *Index of Fit* TTR *Coal Outlet*

Distribusi	***Index Of Fit***
Eksponensial	0.965570343
Normal	0.831450069
Log Normal	0.968518461
Weibull	0.904536453
Distribusi	**Index Of Fit**
Log Normal	96.85%
Eksponensial	96.56%
Weibull	90.45%
Normal	83.15%

Dari hasil perhitungan *Index of Fit* diketahui bahwa distribusi Lognormal memperoleh nilai sebesar 93,06%. Oleh karena itu, distribusi Lognormal dipilih sebagai acuan dalam pengolahan data selanjutnya.

4.4.8 Uji *Goodness of Fit* Distribusi Waktu Kerusakan *(Time to Filure)*

Goodness of Fit Test digunakan untuk menguji hipotesis terhadap distribusi yang dipilih, yaitu Log Normal, yang telah ditetapkan berdasarkan proses seleksi distribusi awal pada data kerusakan. Pengujian kecocokan distribusi data waktu kerusakan ini dilakukan dengan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov Tes.*

1. Komponen *Belt Coal Feeder*

Berikut merupakan hasil perhitungan uji *goodness of fit* pada komponen *belt coal Feeder.*

Tabel 4. 24 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test TTF Belt Coal Feeder*

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
1	7.0211	5.0750	-2.3219	0.0101	0.0101	0.0074
2	7.3363	3.7542	-1.9971	0.0229	0.0054	0.0122
3	7.5305	3.0394	-1.7969	0.0362	0.0011	0.0165
4	7.5994	2.8038	-1.7259	0.0422	-0.0104	0.0280
5	7.8747	1.9575	-1.4421	0.0746	0.0045	0.0131
6	7.8988	1.8908	-1.4173	0.0782	-0.0095	0.0271
7	7.9445	1.7672	-1.3702	0.0853	-0.0199	0.0375
8	8.0631	1.4660	-1.2480	0.1060	-0.0168	0.0343
9	8.1758	1.2057	-1.1317	0.1289	-0.0115	0.0290
10	8.2613	1.0253	-1.0437	0.1483	-0.0096	0.0271
11	8.2662	1.0154	-1.0386	0.1495	-0.0260	0.0435
12	8.4205	0.7283	-0.8796	0.1895	-0.0034	0.0210
13	8.4472	0.6834	-0.8520	0.1971	-0.0134	0.0310
14	8.6188	0.4290	-0.6751	0.2498	0.0217	-0.0042
15	8.6210	0.4262	-0.6729	0.2505	0.0049	0.0126
16	8.7292	0.2966	-0.5613	0.2873	0.0241	-0.0066
17	8.7680	0.2559	-0.5214	0.3010	0.0203	-0.0028
18	8.8670	0.1655	-0.4193	0.3375	0.0392	-0.0217
19	9.0217	0.0636	-0.2599	0.3975	0.0817	-0.0641
20	9.0702	0.0415	-0.2100	0.4169	0.0835	-0.0660
21	9.0787	0.0381	-0.2011	0.4203	0.0694	-0.0519
22	9.0816	0.0370	-0.1982	0.4215	0.0530	-0.0355
23	9.1009	0.0299	-0.1783	0.4292	0.0433	-0.0257
24	9.1066	0.0280	-0.1723	0.4316	0.0281	-0.0105
25	9.1664	0.0115	-0.1108	0.4559	0.0348	-0.0173
26	9.2135	0.0036	-0.0622	0.4752	0.0366	-0.0191

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
27	9.2471	0.0007	-0.0276	0.4890	0.0328	-0.0153
28	9.2481	0.0007	-0.0265	0.4894	0.0157	0.0018
29	9.2486	0.0006	-0.0260	0.4896	-0.0016	0.0192
30	9.2564	0.0003	-0.0180	0.4928	-0.0160	0.0335
31	9.3025	0.0008	0.0295	0.5118	-0.0146	0.0321
32	9.3047	0.0009	0.0317	0.5127	-0.0312	0.0487
33	9.3308	0.0032	0.0587	0.5234	-0.0380	0.0556
34	9.3525	0.0062	0.0811	0.5323	-0.0466	0.0642
35	9.4449	0.0293	0.1763	0.5700	-0.0265	0.0440
36	9.4970	0.0498	0.2300	0.5910	-0.0231	0.0406
37	9.6107	0.1134	0.3471	0.6358	0.0042	0.0134
38	9.6444	0.1373	0.3819	0.6487	-0.0004	0.0179
39	9.8119	0.2895	0.5545	0.7104	0.0437	-0.0262
40	9.8305	0.3099	0.5738	0.7169	0.0327	-0.0152
41	9.8429	0.3239	0.5866	0.7213	0.0195	-0.0020
42	9.8807	0.3683	0.6255	0.7342	0.0149	0.0027
43	9.9923	0.5162	0.7405	0.7705	0.0337	-0.0161
44	10.1131	0.7043	0.8650	0.8065	0.0521	-0.0345
45	10.2237	0.9022	0.9790	0.8362	0.0643	-0.0467
46	10.2666	0.9856	1.0233	0.8469	0.0574	-0.0399
47	10.3152	1.0843	1.0733	0.8584	0.0514	-0.0339
48	10.3971	1.2617	1.1578	0.8765	0.0520	-0.0344
49	10.4085	1.2874	1.1695	0.8789	0.0368	-0.0192
50	10.4109	1.2928	1.1719	0.8794	0.0197	-0.0022
51	10.5402	1.6036	1.3052	0.9041	0.0269	-0.0094
52	10.5666	1.6713	1.3325	0.9086	0.0139	0.0036
53	10.6157	1.8004	1.3830	0.9167	0.0044	0.0132

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
54	10.8301	2.4220	1.6041	0.9456	0.0158	0.0017
55	10.8625	2.5238	1.6374	0.9492	0.0019	0.0157
56	10.9242	2.7235	1.7010	0.9555	-0.0094	0.0269
57	11.0064	3.0019	1.7858	0.9629	-0.0195	0.0371
Total	528.6097	53.6543		DnMax	**0.0835**	0.0642

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nahwa Dhitung dipeorleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,0835

Hipotesa untuk melakukan Kolmogorov-Smirnov Test adalah :

$H_0 = Data\ Time\ Failure\ berdistri\ Log\ Normal$

$H_1 = Data\ Time\ Failure\ tidakberdistri\ Log\ Normal$

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorv-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 57;0,05 = 0,1801

Wilayah kritis: Dn < Dcrit maka H_0 diterima.

sehingga keputusannya Dn < Dcrit, Dn = 0,0835 < Dcrit = 0,1801, yaitu H_0 diterima.

2. Komponen *Cleanout Conveyor*

Berikut merupakan hasil perhitungan *uji goodness of fit* pada komponen *cleanout conveyor*.

Tabel 4. 25 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTF *Cleanout Conveyor*

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
1	1	4.26705098510	-1.9007	0.0287	0.0287	-0.0049
2	6.8352	4.26705098510	-1.9007	0.0287	0.0049	0.0189
3	7.3132	2.5206272630	-1.4609	0.0720	0.0244	-0.0006
4	7.3428	2.42764301894	-1.4337	0.0758	0.0044	0.0194
5	7.3479	2.41157576836	-1.4289	0.0765	-0.0187	0.0425

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
6	7.4254	2.17713224839	-1.3577	0.0873	-0.0318	0.0556
7	7.4582	2.08133307510	-1.3275	0.0922	-0.0507	0.0745
8	7.6425	1.5834312350	-1.1578	0.1235	-0.0432	0.0670
9	7.9025	0.99676207313	-0.9186	0.1791	-0.0113	0.0351
10	7.9363	0.93037640722	-0.8875	0.1874	-0.0269	0.0507
11	8.0440	0.73450702779	-0.7885	0.2152	-0.0229	0.0467
12	8.0456	0.73150464800	-0.7870	0.2156	-0.0463	0.0701
13	8.0552	0.71227093652	-0.7782	0.2182	-0.0675	0.0913
14	8.1845	0.53164454051	-0.6591	0.2549	-0.0546	0.0784
15	8.2422	0.33805120692	-0.6060	0.2722	-0.0611	0.0849
16	8.4435	020914348437	-0.4208	0.3370	-0.0202	0.0440
17	8.6901	.044407615185	-0.1939	0.4231	0.0422	-0.0184
18	8.7058	0.03804084365	-0.1795	0.4288	0.0240	-0.0002
19	8.8414	0.00353079429	-0.0547	0.4782	0.0496	-0.0258
20	8.9734	0.00525373935	0.0667	0.5266	0.0742	-0.0504
21	9.0323	0.01727146645	0.1209	0.5481	0.0719	-0.0481
22	9.0465	0.02121618189	0.1340	0.5533	0.0533	-0.0295
23	9.2820	0.14526840959	0.3507	0.6371	0.1133	-0.0895
24	9.3086	0.16628230898	0.3752	0.6462	0.0986	-0.0748
25	9.4438	0.29480773791	0.4996	0.6913	0.1199	-0.0961
26	9.4637	0.31673393331	0.5178	0.6977	0.1025	-0.0787
27	9.4993	0.35815720990	0.5507	0.7091	0.0900	-0.0662
28	9.5345	0.40126239839	0.5830	0.7200	0.0772	-0.0534
29	9.5525	0.42637164527	0.5996	0.7256	0.0589	-0.0351
30	9.5819	0.43808940497	0.6266	0.7346	0.0441	-0.0203
31	9.6832	0.11967979459	0.7198	0.7642	0.0499	-0.0261
32	9.7950	079939087511	0.8227	0.7947	0.0566	-0.0328

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
33	9.8638	.927257304354	0.8860	0.8122	0.0503	-0.0265
34	9.8681	0.9355738749	0.8900	0.8133	0.0276	-0.0037
35	9.9203	1.03933118970	0.9381	0.8259	0.0164	0.0074
36	10.1036	1.44648352032	1.1066	0.8658	0.0324	-0.0086
37	10.2358	1.78215973751	1.2284	0.8903	0.0332	-0.0094
38	10.3376	2.06430905892	1.3220	0.9069	0.0260	-0.0022
39	10.4358	2.35606113097	1.4124	0.9211	0.0163	0.0075
40	10.4876	2.51730221355	1.4600	0.9279	-0.0007	0.0245
41	10.5203	2.62623977154	1.4901	0.9319	-0.0205	0.0443
42	10.5752	2.83407922311	1.5406	0.9383	-0.0379	0.0617
Total	373.8365	49.6072		DnMax	**0.1199**	0.0913

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nahwa Dhitung dipeorleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,1199

Hipotesa untuk melakukan Kolmogorov-Smirnov Test adalah:

$H_0 = Data\ Time\ Failure\ berdistri\ Log\ Normal$

$H_1 = Data\ Time\ Failure\ tidakberdistri\ Log\ Normal$

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorv-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 42;0,05
= 0,2099

Wilayah kritis: Dn < Dcrit maka H_0 diterima.

sehingga keputusannya Dn < Dcrit, Dn = 0,1199 < Dcrit = 0,2099, yaitu H_0 diterima.

3. Komponen *Coal Outlet*

Berikut merupakan hasil perhitungan *uji goodness of fit* pada komponen *coal outlet.*

Tabel 4. 26 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTF *Coal Outlet*

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
1	4.0943	18.6015004165170	-2.2598	0.0119	0.0119	0.0144
2	4.3175	16.7264814314050	-2.1428	0.0161	-0.0103	0.0366
3	5.2523	9.95413108248841	-1.6531	0.0492	-0.0035	0.0298
4	5.7939	6.82994887796076	-1.3693	0.0855	0.0065	0.0198
5	5.9216	6.17876325273349	-1.3024	0.0964	-0.0089	0.0352
6	6.4661	3.76804591248792	-1.0171	0.1546	0.0230	0.0033
7	6.9470	2.13251770184270	-0.7651	0.2221	0.0642	-0.0379
8	6.9866	2.01845606008754	-0.7444	0.2283	0.0441	-0.0178
9	7.0094	1.95407214863487	-0.7324	0.2320	0.0214	0.0049
10	7.1452	1.59288152930466	-0.6613	0.2542	0.0174	0.0089
11	7.1740	1.52110762493570	-0.6462	0.2591	-0.0041	0.0304
12	7.1854	1.49304748928409	-0.6402	0.2610	-0.0285	0.0548
13	7.1877	1.48750483923230	-0.6390	0.2614	-0.0544	0.0807
14	7.6967	0.50498527303396	-0.3723	0.3548	0.0127	0.0136
15	7.7306	0.45789064406597	-0.3545	0.3615	-0.0070	0.0333
16	7.7502	0.43178839710757	-0.3443	0.3653	-0.0294	0.0557
17	7.7895	0.38172091968008	-0.3237	0.3731	-0.0480	0.0743
18	8.1424	0.07019106445060	-0.1388	0.4448	-0.0026	0.0289
19	8.2868	0.01452434937280	-0.0631	0.4748	0.0011	0.0252
20	8.6687	0.06834125257025	0.1370	0.5545	0.0545	-0.0282
21	8.8182	0.16883555416944	0.2153	0.5852	0.0589	-0.0326
22	9.0377	0.39735628177430	0.3303	0.6294	0.0768	-0.0505
23	9.2576	0.72303615136699	0.4455	0.6720	0.0931	-0.0668
24	9.2648	0.73537196595607	0.4493	0.6734	0.0681	-0.0418
25	9.3163	0.82633636945994	0.4763	0.6831	0.0515	-0.0252
26	9.4505	1.08836521706445	0.5466	0.7077	0.0498	-0.0235

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
27	9.8725	2.14687699930360	0.7677	0.7787	0.0945	-0.0681
28	9.8972	2.21988455047561	0.7806	0.7825	0.0720	-0.0457
29	10.3486	3.76876896871247	1.0172	0.8455	0.1086	-0.0823
30	10.3615	3.81911210078272	1.0239	0.8471	0.0839	-0.0576
31	10.4357	4.11433829914064	1.0628	0.8561	0.0666	-0.0403
32	10.4529	4.18467294990182	1.0718	0.8581	0.0423	-0.0160
33	10.5693	4.67423963243916	1.1328	0.8713	0.0292	-0.0029
34	10.6739	5.13771444615151	1.1876	0.8825	0.0141	0.0122
35	10.6985	5.24970722178285	1.2005	0.8850	-0.0097	0.0360
36	10.7340	5.41348857174414	1.2191	0.8886	-0.0325	0.0588
37	11.3612	8.72541692017182	1.5477	0.9391	-0.0082	0.0345
38	11.3809	8.84222823592590	1.5580	0.9404	-0.0333	0.0596
Total	319.477	138.4237		DnMax	**0.1086**	0.0807

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nahwa Dhitung diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,1086

Hipotesa untuk melakukan Kolmogorov-Smirnov Test adalah:

$H_0 = Data\ Time\ Failure\ berdistri\ Log\ Normal$

$H_1 = Data\ Time\ Failure\ tidakberdistri\ Log\ Normal$

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorv-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 43;0,05
= 0,2206

Wilayah kritis: Dn < Dcrit maka H_0 diterima.

sehingga keputusannya Dn < Dcrit, Dn = 0,1086 < Dcrit = 0,2206, yaitu H_0 diterima

4.4.9 Uji *Goodness of Fit* Distribusi Waktu Perbaikan (*Time to Repair*)

Goodness of Fit Test digunakan untuk menguji hipotesis terhadap distribusi yang dipilih, yaitu Log Normal, yang telah ditetapkan berdasarkan proses seleksi distribusi awal pada

data kerusakan. Pengujian kecocokan distribusi data waktu kerusakan ini dilakukan dengan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov Tes.*

1. Komponen Belt *Coal Feeder*

Berikut merupakan hasil perhitungan *uji goodness of fit* pada komponen *belt coal feeder.*

Tabel 4. 27 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTR *Belt Coal Feeder*

No	In(dti)	[In (dti) – xbar In (dti)]2	Zti	Fti	D1	D2
1	4.0943	1.2502	-2.4148	0.0079	0.0079	0.0094
2	4.0943	1.2502	-2.4148	0.0079	-0.0094	0.0266
3	4.4998	0.5079	-1.5391	0.0619	0.0274	-0.0102
4	4.4998	0.5079	-1.5391	0.0619	0.0102	0.0071
5	4.4998	0.5079	-1.5391	0.0619	-0.0071	0.0243
6	4.4998	0.5079	-1.5391	0.0619	-0.0243	0.0416
7	4.4998	0.5079	-1.5391	0.0619	-0.0416	0.0588
8	4.4998	0.5079	-1.5391	0.0619	-0.0588	0.0760
9	4.7875	0.1806	-0.9178	0.1794	0.0414	-0.0242
10	4.7875	0.1806	-0.9178	0.1794	0.0242	-0.0070
11	4.7875	0.1806	-0.9178	0.1794	0.0070	0.0103
12	4.7875	0.1806	-0.9178	0.1794	-0.0103	0.0275
13	4.7875	0.1806	-0.9178	0.1794	-0.0275	0.0448
14	4.7875	0.1806	-0.9178	0.1794	-0.0448	0.0620
15	4.7875	0.1806	-0.9178	0.1794	-0.0620	0.0793
16	5.0752	0.0188	-0.2965	0.3834	0.1248	-0.1076
17	5.0752	0.0188	-0.2965	0.3834	0.1076	-0.0903
18	5.0752	0.0188	-0.2965	0.3834	0.0903	-0.0731
19	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.1729	-0.1556
20	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.1556	-0.1384

No	In(dti)	[In (dti) – xbar In (dti)]2	Zti	Fti	D1	D2
21	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.1384	-0.1211
22	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.1211	-0.1039
23	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.1039	-0.0867
24	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.0867	-0.0694
25	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.0694	-0.0522
26	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.0522	-0.0349
27	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.0349	-0.0177
28	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.0177	-0.0005
29	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	0.0005	0.0168
30	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	-0.0168	0.0340
31	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	-0.0340	0.0513
32	5.1930	0.0004	-0.0421	0.4832	-0.0513	0.0685
33	5.2470	0.0012	0.0747	0.5298	-0.0220	0.0392
34	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.1498	-0.1326
35	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.1326	-0.1153
36	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.1153	-0.0981
37	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.0981	-0.0808
38	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.0808	-0.0636
39	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.0636	-0.0464
40	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.0464	-0.0291
41	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.0291	-0.0119
42	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	0.0119	0.0054
43	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.0054	0.0226
44	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.0226	0.0398
45	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.0398	0.0571
46	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.0571	0.0743

No	In(dti)	[In (dti) – xbar In (dti)]2	Zti	Fti	D1	D2
47	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.0743	0.0916
48	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.0916	0.1088
49	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.1088	0.1261
50	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.1261	0.1433
51	5.4806	0.0719	0.5792	0.7188	-0.1433	0.1605
52	5.7038	0.2414	1.0611	0.8557	-0.0236	0.0409
53	5.7991	0.3442	1.2670	0.8974	0.0009	0.0164
54	5.8861	0.4538	1.4549	0.9272	0.0134	0.0039
55	5.8861	0.4538	1.4549	0.9272	-0.0039	0.0211
56	6.1738	0.9242	2.0762	0.9811	0.0328	-0.0155
57	6.1738	0.9242	2.0762	0.9811	0.0155	0.0017
58	6.1738	0.9242	2.0762	0.9811	-0.0017	0.0189
Total	302.3219	12.4350		DnMax	**0.1729**	0.1605

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nahwa Dhitung dipeorleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,1729

Hipotesa untuk melakukan Kolmogorov-Smirnov Test adalah:

$H_0 = Data\ Time\ Failure\ berdistribusi\ Log\ Normal$

$H_1 = Data\ Time\ Failure\ tidak\ berdistribusi\ Log\ Normal$

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorv-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 58;0,05

= 0,1786

Wilayah kritis: Dn < Dcrit maka H_0 diterima.

sehingga keputusannya Dn < Dcrit, Dn = 0,1729 < Dcrit = 0,1786, yaitu H_0 diterima.

2. Komponen *Cleanout Conveyor*

Berikut merupakan hasil perhitungan *uji goodness of fit* pada komponen *cleanout conveyor.*

Tabel 4. 28 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTR *Cleanout Conveyor*

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
1	4.0943	0.7508	-1.7574	0.0394	0.0394	-0.0162
2	4.0943	0.7508	-1.7574	0.0394	0.0162	0.0071
3	4.0943	0.7508	-1.7574	0.0394	-0.0071	0.0303
4	4.0943	0.7508	-1.7574	0.0394	-0.0303	0.0536
5	4.0943	0.7508	-1.7574	0.0394	-0.0536	0.0769
6	4.0943	0.7508	-1.7574	0.0394	-0.0769	0.1001
7	4.4998	0.2125	-0.9350	0.1749	0.0353	-0.0121
8	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.1998	-0.1765
9	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.1765	-0.1533
10	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.1533	-0.1300
11	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.1300	-0.1068
12	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.1068	-0.0835
13	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.0835	-0.0603
14	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.0603	-0.0370
15	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.0370	-0.0137
16	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	0.0137	0.0095
17	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	-0.0095	0.0328
18	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	-0.0328	0.0560
19	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	-0.0560	0.0793
20	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	-0.0793	0.1025
21	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	-0.1025	0.1258
22	4.7875	0.0300	-0.3516	0.3626	-0.1258	0.1490
23	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	0.1695	-0.1462

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
24	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	0.1462	-0.1230
25	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	0.1230	-0.0997
26	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	0.0997	-0.0765
27	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	0.0765	-0.0532
28	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	0.0532	-0.0300
29	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	0.0300	-0.0067
30	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	0.0067	0.0166
31	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	-0.0166	0.0398
32	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	-0.0398	0.0631
33	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	-0.0631	0.0863
34	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	-0.0863	0.1096
35	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	-0.1096	0.1328
36	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	-0.1328	0.1561
37	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	-0.1561	0.1793
38	5.1930	0.0539	0.4708	0.6811	-0.1793	0.2026
39	5.4467	0.2361	0.9856	0.8378	-0.0459	0.0692
40	5.4806	0.2702	1.0543	0.8541	-0.0528	0.0761
41	5.7038	0.5520	1.5069	0.9341	0.0039	0.0194
42	6.0403	1.1652	2.1894	0.9857	0.0322	-0.0090
43	6.6783	2.9499	3.4836	0.9998	0.0230	0.0002
Total	209.2210	10.4526		DnMax	0.1998	**0.2026**

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nahwa Dhitung dipeorleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,2026

Hipotesa untuk melakukan Kolmogorov-Smirnov Test adalah:

$H_0 = Data\ Time\ Failure\ berdistri\ Log\ Normal$

$H_1 = Data\ Time\ Failure\ tidakberdistri\ Log\ Normal$

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorv-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 43;0,05 = 0,2074

Wilayah kritis: Dn < Dcrit maka H_0 diterima.

sehingga keputusannya Dn < Dcrit, Dn = 0,2026 < Dcrit = 0,2074, yaitu H_0 diterima

3. Komponen *Coal Outlet*

Berikut merupakan hasil perhitungan *uji goodness of fit* pada komponen *coal outlet.*

Tabel 4. 29 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* TTR *Coal Outlet*

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
1	4.6052	0.8218	-1.4278	0.0767	0.0767	-0.0510
2	4.6151	0.8039	-1.4122	0.0790	0.0533	-0.0277
3	4.6540	0.7357	-1.3510	0.0884	0.0371	-0.0114
4	4.7875	0.5245	-1.1407	0.1270	0.0501	-0.0244
5	4.7875	0.5245	-1.1407	0.1270	0.0244	0.0012
6	4.7875	0.5245	-1.1407	0.1270	-0.0012	0.0268
7	4.7875	0.5245	-1.1407	0.1270	-0.0268	0.0525
8	4.7875	0.5245	-1.1407	0.1270	-0.0525	0.0781
9	4.9053	0.3678	-0.9552	0.1698	-0.0354	0.0610
10	5.0752	0.1906	-0.6876	0.2459	0.0151	0.0105
11	5.1059	0.1646	-0.6391	0.2614	0.0050	0.0207
12	5.1533	0.1285	-0.5645	0.2862	0.0041	0.0215
13	5.1930	0.1016	-0.5020	0.3078	0.0001	0.0255
14	5.1930	0.1016	-0.5020	0.3078	-0.0255	0.0512
15	5.1930	0.1016	-0.5020	0.3078	-0.0512	0.0768
16	5.1930	0.1016	-0.5020	0.3078	-0.0768	0.1024
17	5.2781	0.0546	-0.3679	0.3565	-0.0538	0.0794
18	5.3471	0.0271	-0.2593	0.3977	-0.0382	0.0638

No	In(ti)	[In (ti) – xbar In (ti)]2	Zti	Fti	D1	D2
19	5.4806	0.0010	-0.0489	0.4805	0.0189	0.0067
20	5.4806	0.0010	-0.0489	0.4805	-0.0067	0.0323
21	5.4806	0.0010	-0.0489	0.4805	-0.0323	0.0580
22	5.4806	0.0010	-0.0489	0.4805	-0.0580	0.0836
23	5.4806	0.0010	-0.0489	0.4805	-0.0836	0.1093
24	5.4806	0.0010	-0.0489	0.4805	-0.1093	0.1349
25	5.4806	0.0010	-0.0489	0.4805	-0.1349	0.1605
26	5.5759	0.0041	0.1012	0.5403	-0.1007	0.1264
27	5.6490	0.0188	0.2162	0.5856	-0.0811	0.1067
28	5.7038	0.0369	0.3025	0.6189	-0.0734	0.0991
29	5.7038	0.0369	0.3025	0.6189	-0.0991	0.1247
30	6.1356	0.3892	0.9826	0.8371	0.0935	-0.0679
31	6.1738	0.4383	1.0428	0.8515	0.0822	-0.0566
32	6.1738	0.4383	1.0428	0.8515	0.0566	-0.0310
33	6.1738	0.4383	1.0428	0.8515	0.0310	-0.0053
34	6.1738	0.4383	1.0428	0.8515	0.0053	0.0203
35	6.4151	0.8161	1.4229	0.9226	0.0508	-0.0252
36	6.5468	1.0714	1.6303	0.9485	0.0510	-0.0254
37	6.6708	1.3434	1.8255	0.9660	0.0430	-0.0173
38	6.7334	1.4925	1.9242	0.9728	0.0241	0.0015
39	7.3146	3.2502	2.8395	0.9977	0.0234	0.0023
Total	210.3515	15.7213		DnMax	0.0935	**0.1605**

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nahwa Dhitung diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,1605

Hipotesa untuk melakukan Kolmogorov-Smirnov Test adalah:

$H_0 = Data\ Time\ Failure\ berdistri\ Log\ Normal$

$H_1 = Data\ Time\ Failure\ tidakberdistri\ Log\ Normal$

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorv-Smirnov*, dengan nilai Dcrit 43;0,05
= 0,2178

Wilayah kritis: Dn < Dcrit maka H_0 diterima.

sehingga keputusannya Dn < Dcrit, Dn = 0,1605 < Dcrit = 0,2178, yaitu H_0 diterima.

4.4.10 Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Kerusakan *(Time to Failure)*

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

1. Komponen *Belt Coal Feeder*
   a. Tmed (prameter lokasi)

      n = 57

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

      $= \frac{527,6357}{57}$

      = 9,2739

      Tmed $= e^{\mu}$

      $= e^{9,2739}$

      = 10655,744458848

   b. S (parameter bentuk)

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

      $s = \sqrt{\frac{52,1445}{57}}$

      $s = 0,970207856$

2. Komponen *Clenaout Conveyor*
   a. Tmed (prameter lokasi)

      n = 42

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

$= \frac{373,8365}{42}$

$= 8,9009$

Tmed $= e^{\mu}$

$= e^{98,9009}$

$= 7338,345817268$

b. S (parameter bentuk)

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

$$s = \sqrt{\frac{49,6072}{43}}$$

$$s = 1,086794809$$

3. Komponen *Coal Outlet*

a. Tmed (prameter lokasi)

n $= 38$

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

$= \frac{319,4770}{38}$

$= 8,4073$

Tmed $= e^{\mu}$

$= e^{8,4073}$

$= 4479,605393739$

b. S (parameter bentuk)

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

$$s = \sqrt{\frac{138,4237}{38}}$$

$s = 1{,}908593108$

4.4.11 Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Perbaikan *(Time to Repair)*

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

1. Komponen *Belt Coal Feeder*
   a. Tmed (parameter lokasi)

   n = 58

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

   $= \frac{297{,}9541}{58}$

   = 5,2124

   Tmed $= e^{\mu}$

   $= e^{5{,}2124}$

   = 183,54

   b. S (parameter bentuk)

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

   $$s = \sqrt{\frac{23{,}7464}{58}}$$

   $s = 0{,}463029127$

2. Komponen *Cleanout Conveyor*
   a. Tmed (parameter lokasi)

   n = 43

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

   $= \frac{209{,}2210}{43}$

   = 4,9608

Tmed $= e^{\mu}$

$= e^{54,9608}$

= 142,7110

b. S (parameter bentuk)

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

$$s = \sqrt{\frac{10,4526}{43}}$$

$$s = 0,493036375$$

3. Komponen *Coal Outlet*

a. Tmed (parameter lokasi)

n = 39

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

$= \frac{210,3515}{39}$

= 5,5117

Tmed $= e^{\mu}$

$= e^{5,5117}$

= 247,5743

b. S (parameter bentuk)

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

$$s = \sqrt{\frac{15,7213}{39}}$$

$$s = 0,634910353$$

4.4.12 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Waktu Kerusakan *(Mean Time to Failure)*

Berikut merupakan penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu kerusakan *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk distribusi Log Normal adalah sebagai berikut:

1. Komponen *Belt Coal Feeder*

$$MTTF = t_{med}.exp^{(\frac{s^2}{2})}$$
$$= 10655{,}744458848 \times e\frac{0{,}970207856^2}{2}$$
$$= 17060{,}24281$$

1. Komponen *Cleanout Conveyor*

$$MTTF = t_{med}.exp^{(\frac{s^2}{2})}$$
$$= 7338{,}345817268 \times e\frac{1{,}086794809^2}{2}$$
$$= 13245{,}72594$$

2. Komponen *Coal Outlet*

$$MTTF = t_{med}.exp^{(\frac{s^2}{2})}$$
$$= 4479{,}605393739 \times e\frac{1{,}908593108^2}{2}$$
$$= 27685{,}22247$$

4.4.13 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Waktu Perbaikan *(Mean Time to Repair)*

Berikut merupakan penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu perbaikan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk distribusi Log Normal adalah sebagai berikut:

1. Komponen *Belt Coal Feeder*

$$MTTR = t_{med}.exp^{(\frac{s^2}{2})}$$
$$= 183{,}5425 \times e\frac{0{,}463029127^2}{2}$$
$$= 203{,}3111487$$

2. Komponen *Cleanout Conveyor*

$$MTTR = t_{med}.exp^{(\frac{s^2}{2})}$$
$$= 142{,}7110 \times e\frac{0{,}493036375^2}{2}$$
$$= 161{,}1545418$$

3. Komponen *Coal Outlet*

$$MTTR = t_{med}.exp^{(\frac{s^2}{2})}$$
$$= 247{,}5743 \times e\frac{0{,}634910353^2}{2}$$
$$= 302{,}8586846$$

4.4.14 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan Minimasi *Downtime* Komponen *Belt Coal Feeder*

Perhitungan interval penggantian pencegahan dengan pendekatan minimasi *downtime* dilakukan menggunakan metode *Age Replacement*, di mana interval antar kerusakan (tp) yang dipilih adalah yang menghasilkan nilai downtime paling kecil. Adapun data yang diperlukan untuk menentukan interval penggantian pencegahan dengan minimasi downtime adalah sebagai berikut:

1. Data waktu kerusakan berdistribusi Log Normal
   MTTF = 17017,39856
   Tmed = 10649,12403
   S = 0,968254745
2. waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen
   Tf = 203,448276 menit
3. waktu untuk melakukan penggantian preverentive maintenance
   Tp = 203,448276 menit

Berikut merupakan data yang digunakan untuk perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi downtime sebagai berikut:

Tabel 4. 30 Perhitungan Interval Penggantian Komponen *Belt Coal Feeder*

Interval Penggantian Komponen dengan Model ARP					
tp	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp + Tp**	**(MTTF/F(tp)) + Tf**	**D(tp)**
1	1	4.9824E-22	204.4482	3.4155E+25	0.011813383195042
1000	0.992717	0.0072822	1203.4482	2337046.75	0.011170151491417
10000	0.525894	0.4741050	10203.448	36097.1746	0.009050272390687
20000	0.257549	0.7424503	20203.448	23124.0361	0.009093944801749
30000	0.142382	0.8576176	30203.448	20046.0893	0.009466092638337
40000	0.085845	0.9141545	40203.448	18818.8979	0.009849992185345
50000	0.055104	0.9448950	50203.448	18213.2774	0.010184587492558
60000	0.037086	0.9629138	60203.448	17876.2626	0.010462210226022
70000	0.025902	0.9740977	70203.448	17673.3572	0.010688673400344
80000	0.018640	0.9813590	80203.448	17544.0928	0.010872538738523
90000	0.013751	0.9862486	90203.448	17458.1215	0.011021948815068
100000	0.010357	0.9896420	100203.44	17398.9567	0.011143796186719
110000	0.007942	0.9920577	110203.44	17357.0854	0.011243655866475
120000	0.006184	0.9938152	120203.48	17326.7506	0.011325950454234
130000	0.004881	0.9951181	130203.44	17304.3304	0.011394161930452
140000	0.003899	0.9961002	140203.44	17287.4705	0.011451027596728
150000	0.003148	0.9968513	150203.44	17274.5985	0.011498703205237
160000	0.002566	0.9974332	160203.44	17264.6384	0.011538892707905
170000	0.002110	0.9978894	170203.44	17256.8387	0.011572949256180
180000	0.001749	0.9982508	180203.44	17250.6648	0.011601953053263
190000	0.001460	0.9985399	190203.44	17245.7298	0.011626771154582
200000	0.001226	0.9987731	200203.44	17241.7501	0.011648103408894
210000	0.001037	0.9989628	210203.44	17238.5145	0.011666517833816
220000	0.000881	0.9991182	220203.44	17235.8644	0.011682477954616
230000	0.000753	0.9992465	230203.44	17233.6787	0.011696364025566

Interval Penggantian Komponen dengan Model ARP					
tp	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp + Tp**	**(MTTF/F(tp)) + Tf**	**D(tp)**
240000	0.000647	0.9993529	240203.44	17231.8646	0.011708489583157
250000	0.000558	0.9994418	250203.44	17230.3500	0.011719114424261
260000	0.000483	0.9995165	260203.44	17229.0785	0.011728454834584
270000	0.000420	0.9995795	270203.44	17228.0055	0.011736691692221
280000	0.000367	0.9996329	280203.44	17227.0957	0.011743976921028
290000	0.000321	0.9996784	290203.44	17226.3207	0.011750438655997
300000	0.000282	0.9997176	300203.44	17225.6578	0.011756185398230
310000	0.000249	0.9997508	310203.44	17225.0885	0.011761309373275
320000	0.000220	0.9997796	320203.44	17224.5977	0.011765889258268
330000	0.000195	0.9998045	330203.44	17224.1730	0.011769992406510
340000	0.000173	0.9998262	340203.44	17223.8043	0.011773676670078
350000	0.000154	0.9998450	350203.44	17223.4832	0.011776991899240
360000	0.000138	0.9998615	360203.44	17223.2027	0.011779981181227
370000	0.000123	0.9998760	370203.44	17222.9569	0.011782681867459
380000	0.000111	0.9998887	380203.44	17222.741	0.011785126428690
390000	0.000100	0.9998998	390203.44	17222.5504	0.011787343169436
400000	9.02441E	0.9999097	400203.44	17222.3826	0.011789356826950
				Min D(tp)	**0.009050272390687**

Berikut merupakan contoh perhitungan interval penggantian preventif pada mesin Coal Feeder, khususnya pada komponen *Belt Coal Feeder*, dengan menggunakan distribusi Log Normal untuk nilai tp = 203,448276 menit

1. F (10000) $= \phi\left(\frac{1}{S} In \frac{t}{t_{med}}\right)$
   = 0,474105096
2. R (10000) = 1 – F(t)
   = 0,525894904

3. (tp+Tp) x F(tp) = 10222,8448 x 0,48064376
   = 36097,17462
4. D (tp) $= \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+(M(tp)+Tf).(1-R(tp))}$
   = 0.00905027239068771

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai D(tp) minimum diperoleh pada tp = 10.000 menit. Dengan demikian, interval penggantian komponen *Belt Coal Feeder* berdasarkan kriteria minimasi *downtime* ditetapkan pada menit ke 10.000, atau sama dengan 7 hari.

4.4.15 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan Komponen *Belt Coal Feeder*

Berikut merupakan perhitungan interval waktu pemeriksaan pada komponen *Belt Coal Feeder*:

1. Jumlah pemeriksaan (k)
   a. 1 Bulan = 30 hari kerja; 1 hari 24 jam kerja
   b. T = 30 hari/bulan x 24 jam/hari = 720 jam/bulan
   c. Jumlah kerusakan komponen Belt Coal Feeder selama januari 2023 – Desember 2024 = 58 kali
   d. K $= \frac{58}{24\ bulan}$
      = 2,416666667
2. Waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk perbaikan
   a. MTTR = 204,3111487 menit
      = 3,41 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. $1/\mu$ = MTTR/T
      = 3,41 / 720
      $1/\mu$ = 0,004736111
      μ = 211,143695
3. Waktu rata – rata melakukan pemeriksaan
   a. T = 720 jam/bulan

b. $\frac{1}{t}$ $= \frac{ti}{t}$

$= \frac{1}{720}$

= 0,0013889

4. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

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

$= \sqrt{\frac{2 \times 720}{211,143695}}$

= 8,24

5. Interval waktu pemeriksaan

$\frac{t}{n} = \frac{720}{8,24}$

= 87,36980483 jam

= 3,64 hari atau 4 hari

4.4.16 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan Minimasi *Downtime* Komponen *Cleanout Conveyor*

Adapun data yang diperlukan untuk menentukan interval penggantian pencegahan dengan minimasi downtime adalah sebagai berikut:

1. Data waktu kerusakan berdistribusi Log Normal

   MTTF = 13245,72594

   Tmed = 7338,345817

   S = 1,086794809

2. waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

   Tf = 176,6744186 menit

3. waktu untuk melakukan penggantian preverentive maintenance

   Tp = 176,6744186 menit

Berikut merupakan data yang digunakan untuk perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* sebagai berikut:

Tabel 4. 31 Perhitungan Interval Penggantian Komponen *Cleanout Conveyor*

Interval Penggantian Komponen dengan Model ARP					
tp	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp + Tp**	**(MTTF/F(tp)) + Tf**	**D(tp)**
1	1	1.30594E-	177.67441	1.01427E+20	0.01316167393359
1000	0.966668	0.0333316	1176.6744	397568.4395	0.01227837758383
10000	0.387915	0.6120845	10176.674	21817.0273	0.01021147644795
20000	0.178121	0.8218782	20176.674	16293.08382	0.01040189142421
30000	0.097551	0.9024485	30176.674	14854.21659	0.01080647192539
40000	0.059340	0.9406598	40176.674	14257.98757	0.01118475235768
50000	0.038726	0.9612735	50176.674	13956.0264	0.01150319547090
60000	0.026592	0.9734077	60176.674	13784.25621	0.01176422945400
70000	0.018981	0.9810187	70176.674	13678.68503	0.01197704490539
80000	0.013970	0.9860299	80176.674	13610.06513	0.01215092104392
90000	0.010541	0.9894587	90176.674	13563.51442	0.01229371848194
100000	0.008120	0.9918794	100176.67	13530.84422	0.01241173991562
110000	0.006366	0.9936334	110176.67	13507.27026	0.01250994197610
120000	0.005067	0.9949328	120176.67	13489.86073	0.01259220205350
130000	0.004086	0.9959137	130176.67	13476.74747	0.01266155649896
140000	0.003333	0.9966666	140176.67	13466.70066	0.01272039292699
150000	0.002747	0.9972528	150176.67	13458.88795	0.01277059946826
160000	0.002284	0.9977152	160176.67	13452.73234	0.01281367877252
170000	0.001915	0.9980841	170176.67	13447.82544	0.01285083463266
180000	0.001618	0.9983815	180176.67	13443.87281	0.01288303782145
190000	0.001376	0.9986234	190176.67	13440.65869	0.01291107628898
200000	0.001178	0.9988219	200176.67	13438.02262	0.01293559361962
210000	0.001013	0.9989861	210176.67	13435.84367	0.01295711866180
220000	0.000877	0.9991228	220176.67	13434.02965	0.01297608849589
230000	0.000762	0.9992378	230176.67	13432.50944	0.01299286634994

Interval Penggantian Komponen dengan Model ARP					
tp	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp + Tp**	**(MTTF/F(tp)) + Tf**	**D(tp)**
240000	0.000665	0.9993341	240176.67	13431.2277	0.01300775566231
250000	0.000584	0.9994159	250176.67	13430.14089	0.01302101118834
260000	0.000514	0.9994858	260176.67	13429.21454	0.01303284782539
270000	0.000454	0.9995456	270176.67	13428.42108	0.01304344766612
280000	0.000402	0.9995971	280176.67	13427.73833	0.01305296566771
290000	0.000358	0.9996416	290176.67	13427.14833	0.01306153423324
300000	0.000319	0.9996802	300176.67	13426.63641	0.01306926693363
310000	0.000286	0.9997139	310176.67	13426.19057	0.01307626154631
320000	0.000256	0.9997433	320176.67	13425.80088	0.01308260254815
330000	0.000230	0.9997691	330176.67	13425.45912	0.01308836317011
340000	0.000208	0.9997918	340176.67	13425.15843	0.01309360709802
350000	0.000188	0.9998118	350176.67	13424.89308	0.01309838988658
360000	0.000170	0.9998295	360176.67	13424.65824	0.01310276013962
370000	0.000154	0.9998452	370176.67	13424.44983	0.01310676049909
380000	0.000140	0.9998592	380176.67	13424.26439	0.01311042847695
390000	0.000128	0.9998717	390176.67	13424.09899	0.01311379715733
400000	0.000117	0.9998829	400176.67	13423.9511	0.01311689579132
				Min D(tp)	**0.01021147644795**

Berikut merupakan contoh perhitungan interval penggantian preventif pada mesin *Coal Feeder*, khususnya pada komponen *Cleanout Conveyor*, dengan menggunakan distribusi Log Normal untuk nilai tp = 176,6744186 menit

1. F (10000) $= \phi\left(\frac{1}{S} In \frac{t}{t_{med}}\right)$
   = 0.612084563
2. R (10000) = 1 – F(t)
   = 0.387915437

3. (tp+Tp) x F(tp) = 10222,8448 x 0,48064376
   = 10176.6744
4. D (tp) $= \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+(M(tp)+Tf).(1-R(tp))}$
   = 0.01021147644795260

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai D(tp) minimum diperoleh pada tp = 10.000 menit. Dengan demikian, interval penggantian komponen *Cleanout Conveyor* berdasarkan kriteria minimasi *downtime* ditetapkan pada menit ke 10.000, atau sama dengan 7 hari.

4.4.17 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan Komponen *Cleanout Conveyor*

Berikut merupakan perhitungan interval waktu pemeriksaan pada komponen *Cleanout Conveyor*:

1. Jumlah pemeriksaan (k)
   a. 1 Bulan = 30 hari kerja; 1 hari 24 jam kerja
   b. T = 30 hari/bulan x 24 jam/hari = 720 jam/bulan
   c. Jumlah kerusakan komponen Cleanout Conveyor selama januari 2023 – Desember 2024 = 43 kali
   d. K $= \frac{43}{24\ bulan}$
      = 1,7916666667
2. Waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk perbaikan
   a. MTTR = 161,1545418 menit
      = 2,68 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. $1/\mu$ = MTTR/T
      = 2,68 / 720
      $1/\mu$ = 0,003722222
      μ = 268,6567164
3. Waktu rata – rata melakukan pemeriksaan
   a. T = 720 jam/bulan

b. $\frac{1}{t}$ $= \frac{ti}{t}$

$= \frac{1}{720}$

= 0,293255132

4. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

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

$= \sqrt{\frac{1,79 \times 720}{268,6567164}}$

= 4,80

5. Interval waktu pemeriksaan

$\frac{t}{n} = \frac{720}{4,80}$

= 149,94793473 jam

= 6,2 hari atau 6 hari

4.4.18 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan Minimasi *Downtime* Komponen *Coal Outlet*

Adapun data yang diperlukan untuk menentukan interval penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* adalah sebagai berikut:

1. Data waktu kerusakan berdistribusi Log Normal

   MTTF = 27685,22247

   Tmed = 4479,605393

   S = 1,908593108

2. waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

   Tf = 328,2820513 menit

3. waktu untuk melakukan penggantian preverentive maintenance

   Tp = 328,2820513 menit

Berikut merupakan data yang digunakan untuk perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* sebagai berikut:

Tabel 4. 32 Perhitungan Interval Penggantian Komponen *Coal Outlet*

Interval Penggantian Komponen dengan Model ARP					
tp	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp + Tp**	**(MTTF/F(tp)) + Tf**	**D(tp)**
1	0.999994	5.28999E-	329.28205	5233509968	0.01171828868550
1000	0.783971	0.2160287	1328.2820	128483.5256	0.01139968149945
10000	0.336966	0.6630330	10328.282	42083.70304	0.01046044759250
20000	0.216541	0.7834584	20328.282	35665.47407	0.01014959962924
30000	0.159535	0.8404644	30328.282	33268.66574	0.01000873030709
40000	0.125670	0.8743295	40328.282	31992.79802	0.00993580062808
50000	0.103112	0.8968874	50328.282	31196.39378	0.00989721583258
60000	0.086987	0.9130123	60328.282	30651.22754	0.00987826446260
70000	0.074890	0.9251097	70328.282	30254.70192	0.00987141570048
80000	0.065487	0.9345127	80328.282	29953.58316	0.00987240740110
90000	0.057977	0.9420226	90328.282	29717.40725	0.00987865167823
100000	0.051848	0.9481511	100328.28	29527.44745	0.00988849349565
110000	0.046759	0.9532407	110328.28	29371.54471	0.00990083151636
120000	0.042470	0.9575297	120328.28	29241.45521	0.00991490968272
130000	0.038811	0.9611887	130328.28	29131.38983	0.00993019593942
140000	0.035656	0.9643434	140328.28	29037.16319	0.00994630833804
150000	0.032911	0.9670885	150328.28	28955.67418	0.00996296826537
160000	0.030503	0.9694963	160328.28	28884.57642	0.00997996987796
170000	0.028376	0.9716233	170328.28	28822.0621	0.00999715957602
180000	0.026485	0.9735143	180328.28	28766.71609	0.01001442189241
190000	0.024795	0.9752049	190328.28	28717.41505	0.01003166959192
200000	0.023275	0.9767242	200328.28	28673.25618	0.01004883659965
210000	0.021904	0.9780958	210328.28	28633.50578	0.01006587286991
220000	0.020660	0.9793395	220328.28	28597.56159	0.01008274061090
230000	0.019528	0.9804714	230328.28	28564.92477	0.01009941147225

Interval Penggantian Komponen dengan Model ARP					
tp	**R(tp)**	**F(tp)**	**tp + Tp**	**(MTTF/F(tp)) + Tf**	**D(tp)**
240000	0.018494	0.9815054	240328.28	28535.17874	0.01011586442647
250000	0.017546	0.9824530	250328.28	28507.97295	0.01013208415723
260000	0.016675	0.9833240	260328.28	28483.01042	0.01014805982219
270000	0.015872	0.9841270	270328.28	28460.03792	0.01016378409578
280000	0.015130	0.9848692	280328.28	28438.83827	0.01017925242330
290000	0.014443	0.9855569	290328.28	28419.2242	0.01019446243580
300000	0.013804	0.9861955	300328.28	28401.0334	0.01020941348863
310000	0.013210	0.9867899	310328.28	28384.12455	0.01022410629557
320000	0.012655	0.9873442	320328.28	28368.37404	0.01023854263747
330000	0.012137	0.9878621	330328.28	28353.67332	0.01025272512931
340000	0.011653	0.9883469	340328.28	28339.92668	0.01026665703339
350000	0.011198	0.9888014	350328.28	28327.04948	0.01028034210908
360000	0.010771	0.9892283	360328.28	28314.96651	0.01029378449170
370000	0.010370	0.9896299	370328.28	28303.61085	0.01030698859475
380000	0.009991	0.9900081	380328.28	28292.92265	0.01031995903092
390000	0.009635	0.9903649	390328.28	28282.84833	0.01033270054822
400000	0.009298	0.9907019	400328.28	28273.33973	0.01034521797836
				Min D(tp)	**0.00987141570048**

Berikut merupakan contoh perhitungan interval penggantian preventif pada mesin Coal Feeder, khususnya pada komponen *Coal Outlet*, dengan menggunakan distribusi Log Normal untuk nilai tp = 176,6744186 menit

1. F (10000) $= \phi\left(\frac{1}{S} In \frac{t}{t_{med}}\right)$
   = 0.925109739
2. R (10000) = 1 – F(t)
   = 0.074890261

3. (tp+Tp) x F(tp) = 10222,8448 x 0,48064376
   = 70328.2821
4. D (tp) $= \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+(M(tp)+Tf).(1-R(tp))}$
   = 0.00987141570048409

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai D(tp) minimum diperoleh pada tp = 70.000 menit. Dengan demikian, interval penggantian komponen *Coal Outlet* berdasarkan kriteria minimasi *downtime* ditetapkan pada menit ke 70.000, atau sama dengan 48 hari.

4.4.19 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan Komponen *Coal Outlet*

Berikut merupakan perhitungan interval waktu pemeriksaan pada komponen *Coal Outlet*:

1. Jumlah pemeriksaan (k)
   a. 1 Bulan = 30 hari kerja; 1 hari 24 jam kerja
   b. T = 30 hari/bulan x 24 jam/hari = 720 jam/bulan
   c. Jumlah kerusakan komponen Coal Outlet selama januari 2023 – Desember 2024 = 39 kali
   d. K $= \frac{39}{24\ bulan}$
      = 1,625
2. Waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk perbaikan
   a. MTTR = 302,8586846 menit
      = 5,04 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. $1/\mu$ = MTTR/T
      = 5,04 / 720
      $1/\mu$ = 0,007
      μ = 142,8571429
3. Waktu rata – rata melakukan pemeriksaan
   a. T = 720 jam/bulan
   b. $\frac{1}{t}$ = $\frac{ti}{t}$

$= \frac{1}{720}$

= 0,198412698

4. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

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

$= \sqrt{\frac{1,62 \times 720}{142,8571429}}$

= 8,19

5. Interval waktu pemeriksaan

$\frac{t}{n} = \frac{720}{8,19}$

= 87,91208791 jam

= 4 hari

BAB V

PEMBAHASAN atau PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) merupakan diagram yang digunakan untuk menunjukkan alur kerja serta hubungan fungsional antar komponen dalam suatu sistem.

Diagram ini memperlihatkan bagaimana setiap bagian saling berinteraksi untuk menjalankan fungsi utamanya. Pada gambar di atas, FBD menjelaskan proses kerja mesin *Coal Feeder* yang berperan dalam mengatur aliran batubara dari *Coal Inlet* hingga *Coal Outlet* sesuai kebutuhan pembakaran pada boiler. Proses dimulai dari *Coal Inlet* yang dilengkapi *Sensor No Coal* untuk mendeteksi keberadaan batubara yang masuk ke sistem. Batubara kemudian melewati *Sign Glass* sebagai media inspeksi visual sebelum masuk ke *Belt Coal Feeder*. Di bagian ini, *Load Cell* berfungsi menimbang berat batubara di atas belt agar laju alirannya dapat dikendalikan secara otomatis. Selanjutnya, batubara bergerak melalui *Take Up Pulley* yang menjaga ketegangan belt dan dipantau oleh *Belt Motion Sensor*. Belt diteruskan ke *Tension Pulley* dan digerakkan oleh *Drive Pulley* sebagai penggerak utama. Batubara yang telah terukur selanjutnya keluar melalui *Coal Outlet* menuju proses pembakaran. Pada bagian bawah sistem terdapat *Cleanout Conveyor* yang berfungsi membersihkan sisa batubara untuk mencegah penumpukan, dilengkapi *Sensor Plugging* sebagai pendeteksi penyumbatan serta *Motor Cleanout Conveyor* sebagai penggerak pembersih.

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

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada suatu sistem, menentukan penyebab serta dampaknya, dan memberikan prioritas penanganan berdasarkan tingkat risikonya. Berdasarkan Analisis FMEA pada sistem *Coal Feeder* menunjukkan bahwa kegagalan dengan nilai RPN tertinggi terjadi pada belt sobek pada *Belt Coal Feeder* dengan RPN sebesar 504. Kegagalan ini menjadi prioritas utama karena berdampak langsung terhadap terhentinya aliran batubara menuju boiler, yang dapat menyebabkan *stop unit*, gangguan pembakaran, dan penurunan kapasitas produksi listrik. Oleh karena itu, tindakan pencegahan harus segera dilakukan, seperti pemeriksaan kondisi belt secara rutin, pemasangan penyaring di *Coal Inlet* untuk mencegah masuknya material asing, serta inspeksi sambungan belt agar tidak mudah robek.

Selain itu, beberapa mode kegagalan lain seperti *blocking*/macet pada *Coal Outlet* dengan RPN sebesar 486, *blocking* pada *Coal Inlet* dengan RPN sebesar 405, dan

shearpin patah pada *Cleanout Conveyor* dengan RPN sebesar 392 juga perlu mendapat perhatian. Meskipun tingkat risikonya lebih rendah, kegagalan tersebut tetap dapat mengganggu kontinuitas suplai batubara. Langkah pencegahan yang disarankan meliputi pengendalian kelembaban batubara, pembersihan rutin untuk mencegah penyumbatan, serta pelumasan dan pemeriksaan komponen mekanis secara teratur. Dengan pelaksanaan tindakan pencegahan ini, risiko kerusakan dapat diminimalkan dan keandalan operasi *Coal Feeder* dapat terjaga.

Sementara itu, untuk *Cleanout Conveyor* dan komponen penggerak seperti *Drive Pulley*, *Tension Pulley*, dan *Motor Cleanout Conveyor*, kegagalan umumnya disebabkan oleh keausan mekanis dan pelumasan yang kurang optimal. Tindakan pencegahan yang disarankan meliputi pelaksanaan jadwal *preventive maintenance* pada *bearing* dan *shearpin*, pemeriksaan pelumasan sesuai interval, penyediaan suku cadang kritis, serta pengecekan *seal* dan *coupling* untuk menghindari kebocoran oli. Selain itu, *Load Cell* juga perlu dilindungi dari kerusakan fisik dan korosi melalui perlindungan kabel, inspeksi lingkungan, serta kalibrasi rutin agar hasil pengukuran tetap akurat dan sistem dapat beroperasi secara andal.

5.3 Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) merupakan metode untuk menentukan tingkat kritikalitas suatu komponen serta jenis tindakan pemeliharaan yang tepat. Analisis ini dilakukan dengan meninjau tida aspek utama, yaitu *evident* (apakah kerusakan mudah diketahui oleh operator), *safety* (apakah kerusakan menimbulkan risiko keselamatan), dan *outage* (apakah kerusakan menyebabkan penghentian operasi) yang kemudian dikategorikan menjadi 4 kategori. Berikut merupakan kategori LTA dari masing-masing komponen pada coal feeder:

1. kategori A (*Safety Problem*)

   komponen pada kategori ini memiliki potensi kegagalan yang dapat membahayakan keselamatan kerja sekaligus menghentikan operasi utama.

   a. *Belt Coal Feeder* berfungsi mengangkut dan mengatur aliran batubara dari *hopper* atau *silo* menuju proses selanjutnya. Kegagalan yang terjadi berupa

belt sobek, yang bersifat *evident* (mudah terlihat) dan berpotensi menyebabkan tumpahan batubara, gangguan pembakaran, bahkan kecelakaan kerja akibat komponen bergerak yang tidak terkendali.

b. *Coal Outlet* mengalami kegagalan berupa *blocking* atau kemacetan aliran batubara akibat kelembapan tinggi atau material asing. Hal ini tidak hanya menghentikan pasokan batubara, tetapi juga dapat menyebabkan tekanan berlebih, panas lokal, dan potensi bahaya kebakaran.

Kedua kategori ini termasuk kategori A *(Safety Problem)* karena kegagalannya dapat mempengaruhi keselamatan serta menghentikan operasi mesin. Sehingga diperlukan inspeksi dan pemeliharaan rutin dengan prioritas tinggi, seperti pengecekan kondisi belt, pembersihan jalur outlet dan monitoring suhu dan getaran.

2. kategori B (*Outage Problem*)

komponen dalam kategori ini tidak menimbulkan risiko keselamatan langsung tetapi berpotensi menyebabkan berhentinya sebagian atau seluruh sistem operasi.

a. *Cleanout Conveyor* berfungsi membersihkan batubara yang jatuh dari *belt feeder*. Kerusakan seperti *shearpin* patah atau putus dapat menyebabkan penumpukan material di bawah sistem, menghambat aliran, dan menurunkan efisiensi operasi.

b. *Coal Inlet* mengalami kegagalan berupa *blocking* atau kemacetan batubara masuk ke *feeder*, yang menyebabkan pasokan material terhambat.

c. *Motor Cleanout Conveyor* dapat mengalami *kerusakan bearing atau bunyi berlebih*, yang jika tidak segera ditangani dapat menghentikan proses pembersihan dan menimbulkan gangguan mekanis.

d. *Drive Pulley* memiliki potensi kerusakan seperti *kebocoran oli*, *pin coupling patah*, dan *bushing rubber aus*, yang dapat menghambat rotasi dan menghentikan penggerak utama belt.

3. Kategori C (*Economic Problem*)

Komponen *Load Cell* termasuk kategori C (*Economic Problem*) karena kegagalannya tidak memengaruhi keselamatan atau operasional secara langsung,

tetapi berdampak pada efisiensi ekonomi dan akurasi sistem. *Load cell* berfungsi mengukur berat batubara yang masuk ke *feeder*. Kegagalan seperti kerusakan kabel atau konektor dapat menyebabkan kesalahan pembacaan data, yang berpengaruh terhadap jumlah suplai batubara ke boiler. Hal ini dapat mengakibatkan ketidakseimbangan pembakaran, konsumsi energi yang tidak efisien, serta pemborosan bahan bakar.

4. Kategori D (*Hidden Failure*)

   Komponen *Tension Pulley* termasuk kategori D (*Hidden Failure*) karena kerusakannya tidak langsung terlihat atau diketahui selama operasi normal. Kerusakan seperti *bearing* rusak atau *shaft pulley* aus terjadi secara perlahan dan baru terdeteksi setelah muncul tanda-tanda seperti getaran, suara abnormal, atau ketidakseimbangan tegangan belt. Jika dibiarkan, kerusakan ini dapat menimbulkan keausan pada komponen lain dan menyebabkan kegagalan sistem secara bertahap.

   Untuk mengantisipasi hal ini, perlu dilakukan *Condition Monitoring* (CM) seperti pemantauan getaran, suhu, dan pelumasan secara berkala agar kerusakan dapat terdeteksi lebih awal sebelum menyebabkan gangguan besar.

5.4 Analisis *Task Selection* (TS)

Task selection digunakan untuk menentukan jenis tindakan pemeliharaan yang paling sesuai berdasarkan mode kegagalan dan tingkat kritikaliasnya. Setiap komponen dianalisis menggunakan kategorisasi seperti TD *(Time Directed)*, CD *(Contidition Direction),* dan FF *(Failure Finding).* Pemilihan task ini bertujuan memastikan bahwa tindakan pemeliharaan yang diberikan benar-benar mencegah kegagalan fungsi yang dapat mengganggu sistem, meningkatkan keandalan, serta meminimalkan downtime pada proses penyaluran Batubara menuju boiler. Berikut merupakan tindakan pemeliharaan dari masing-masing komponen.

1. *Time Directed* (TD)

   Time directed adalah pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan interval wakti tertentu (*time based maintenance*). Tugas ini dilakukan secara terjadwal misalnya

setiap 1 minggu, 1 bulan atau 3 bulan tanpa harus menunggu munculnya tanda-tanda kerusakan. TD cocok untuk komponen yang memiliki pola kerusakan yang jelas *(wear-out)* sehingga kegagalannya bisa diprediksi. Komponen yang menggunakan tindakan pemeliharaan TD adalah *Belt Coal Feeder* karena belt mengalami keausan, retak, atau sobek yang pola kerusakannya dapat diprediksi berdasarkan umur pakai.

2. *Condition Directed* (CD)

   Condition Directed adalah pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan kondisi aktual komponen. Artinya, komponen dipantau (inspeksi visual, getaran, temperature, bunyi, kebocoran, dll), dan tindakan dilakukan jika kerusakan mulai terdeteksi. CD cocok untuk komponen yang kegagalannya tidak mengikuti waktu tetapi mengikuti kondisi operasional. Berikut merupakan komponen yang menggunakan tindakan pemeliharaan CD:

   a. *Cleanout Conveyor*: shearpin patah karena beban yang berlebih
   b. *Coal Outlet*: blocking kondisi Batubara
   c. *Coal Inlet*: blocking akibat material menggumpal
   d. *Motor Cleanout Conveyor*: bunyi berlebih, overheating (mudak dideteksi melalui gejala)
   e. *Tension Pulley*: bearing rusak atau aus dan dapat dideteksi melalui getaran atau suara
   f. *Drive Pulley*: kebocoran li, aus pada poros dapat dilihat dari kondisi visual

3. *Failure Finding* (FF)

   Failure Finding adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk menemukan kegagalan tersembunyi *(hidden failure)*, yaitu kegagalan yang tidak terlihat sampai fungsinya diuji. Biasanya dipakai pada perangkat proeksi atau alat ukur yang tidak menunjukan tanda kerusakan secara visual. Komponen yang menggunakan tindakan pemeliharaan ini adalah komponen *Load Cell* karena kerusakan kabel atau sensor tidak terlihat secara langsung dan hanya ketahuan melalui pengujian atau kalibrasi.

5.5 Analisis Distribusi *Time to Failure* dan *Time to Repair*

Distribusi yang digunakan pada pengujian ini adalah distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal dan distribusi Weibull pada komponen kritis yaitu *Belt Caol Feeder, Cleanout Conveyor*, dan *Coal Outlet*. Semakin besar nilai *Index of Fit* (mendekati 1 atau mendekati 100%), semakin baik distribusi tersebut menggambarkan pola kegagalan komponen.

Hasil *index of fit* menunjukkan bahwa pada komponen *belt coal feeder*, distribusi lognormal memiliki tingkat kesesuaian tertinggi sebesar 99,23%, sehingga merupakan distribusi yang paling tepat untuk menggambarkan pola *Time to Failure* (TTF). Hal ini mengindikasikan bahwa data TTF bersifat tidak simetris dan dipengaruhi oleh variasi beban operasi serta keausan komponen. Distribusi eksponensial dan Weibull masing-masing memiliki nilai kesesuaian sebesar 98,85% dan 98,05%, namun kurang optimal dibandingkan distribusi lognormal, sedangkan distribusi normal memiliki tingkat kesesuaian paling rendah yaitu 91,28% sehingga tidak direkomendasikan. Hasil serupa juga ditunjukkan pada komponen *cleanout conveyor* dan *coal outlet*, di mana distribusi lognormal masing-masing memiliki nilai kesesuaian tertinggi sebesar 98,13% dan 98,28%, sehingga dipilih sebagai distribusi yang paling sesuai untuk analisis TTF pada kedua komponen tersebut.

Untuk perhitungan *Time to Repair* (TTR), hasil analisis menunjukkan bahwa pada komponen *belt coal feeder* pada distribusi lognormal memiliki tingkat kesesuaian tertinggi sebesar 97,03%, sehingga merupakan distribusi yang paling sesuai untuk menggambarkan pola TTR. Distribusi Weibull berada pada urutan kedua dengan nilai kesesuaian 96,52%, diikuti oleh distribusi eksponensial sebesar 95,19%, yang menunjukkan bahwa asumsi tingkat kegagalan konstan kurang tepat, sedangkan distribusi normal memiliki tingkat kesesuaian paling rendah yaitu 93,44% sehingga kurang sesuai digunakan. Hasil serupa juga ditunjukkan pada komponen *cleanout conveyor* dan *coal outlet*, di mana distribusi lognormal masing-masing memiliki nilai kesesuaian tertinggi sebesar 93,06% dan 96,85%, sehingga secara keseluruhan distribusi lognormal dipilih sebagai acuan utama dalam analisis TTR dan penentuan interval pemeliharaan komponen yang diuji.

5.6 Analisis Uji *Goodness of Fit*

Setelah diperoleh nilai *index of fit* terbesar yang menunjukkan distribusi dengan tingkat kecocokan paling tinggi, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian lanjutan menggunakan uji Kolmogorov–Smirnov untuk memastikan apakah data benar-benar memenuhi asumsi distribusi lognormal. Pengujian ini dilakukan sebagai verifikasi tambahan terhadap hasil pemilihan distribusi sebelumnya sehingga penentuan model distribusi dapat lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan hasil perhitungan Kolmogorov–Smirnov komponen belt coal feeder pada data waktu kerusakan *(Time to Failure),* diperoleh nilai Dhitung = 0,0835, yang merupakan nilai maksimum dari selisih fungsi distribusi empiris (D1) dan distribusi teoritis LogNormal (D2). Nilai ini kemudian dibandingkan dengan Dtabel = 0,1801 untuk jumlah data 57 dengan taraf signifikansi 5%. Karena Dhitung < Dtabel atau 0,0835 < 0,1801, maka keputusan pengujiannya adalah H_0 diterima. Hal ini berarti *goodness of fit* menunjukkan bahwa data *Time to Failure* mengikuti distribusi Log Normal. Dengan kata lain, tidak terdapat perbedaan signifikan antara sebaran data aktual dan distribusi Log Normal. Hasil ini konsisten dengan nilai *Index of Fit* sebelumnya yang juga menunjukkan bahwa Log Normal merupakan distribusi dengan tingkat kesesuaian tertinggi. Kemudian pada komponen *clenout conveyor* diperoleh nilai Dhitung = 0,1199, yang merupakan nilai maksimum dari D1 dan D2. Nilai Dtabel = 0,2099 untuk jumlah data 42 dengan taraf sertifikasi 5%. karena Dhitung < Dtabel atau 0,1199 < 0,2099, maka keputusan pengujiannya adalah H0 diterima. Begitu juga dengan komponen *coal outlet* Dhitung = 0,1086 dan Dtabel = 0,2206 maka karena 0,1086 < 0,2206, keputusan pengujiannya adalah H0 diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data Time to Failure pada ketiga komponen tersebut mengikuti distribusi Log Normal.

Selanjutnya hasil perhitungan Kolmogorov–Smirnov pada komponen belt coal feeder untuk data waktu perbaikan *(Time to Reapir),* diperoleh nilai Dhitung = 0,1729, yaitu nilai selisih terbesar antara distribusi empiris data TTR dan distribusi teoritis Log Normal. Nilai ini dibandingkan dengan Dtabel = 0,1786 untuk jumlah data 58 pada taraf signifikansi 5%. Karena Dhitung < Dtabel atau 0,1729 < 0,1786, maka keputusan

pengujian adalah H_0 diterima. Artinya, tidak ada perbedaan signifikan antara data *Time to Repair* dengan distribusi Log Normal. Hasil ini menunjukkan bahwa data TTR mengikuti distribusi Log Normal, sehingga distribusi tersebut dapat digunakan sebagai dasar analisis keandalan. Dengan diterimanya H_0, dapat disimpulkan bahwa model distribusi Log Normal sesuai untuk menggambarkan pola kegagalan, dan selanjutnya dapat digunakan untuk perhitungan parameter *reliability* serta penentuan interval pemeliharaan yang lebih akurat. Selanjutnya pada komponen cleanout conveyor, diperoleh nilai Dhitung = 2026 dan nilai Dhitung = 0,2074 dengan jumlah data 43 pada taraf signifikansi 5%. karena Dhitung < Dtabel atau 0,2026 < 0,2074 maka keputusan pengujiannya adalah H0 diterima. Begitu juga dengan komponen coal outlet, diperoleh nilai Dhitung = 0,1605 dan nilai Dhitung = 0,2178 dengan jumlah data 39 dan taraf signifikansi 5%. karena Dhitung < Dtabel atau 0,1605 < 0,2178 maka keputusan penjujiannya adalah H0 diterima.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data TTF dan TTR pada ketiga komponen tersebut mengikuti distribusi Log Normal, sehingga distribusi ini layak digunakan sebagai dasar dalam analisis keandalan, perhitungan parameter *reliability,* serta penentuan interval pemeliharaan yang lebih optimal dan akurat.

5.7 Analisis Nilai *Mean Time to Failire* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Untuk menilai tingkat keandalan suatu komponen, analisis terhadap parameter waktu kegagalan dan waktu perbaikan menjadi aspek yang sangat penting. Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) tidak hanya memberikan gambaran mengenai umur operasional komponen, tetapi juga menunjukkan efektivitas proses pemeliharaan yang diterapkan. Kedua parameter ini digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi performa sistem secara keseluruhan, terutama dalam menentukan strategi pemeliharaan yang paling sesuai untuk meminimalkan *downtime*.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) pada komponen *belt coal feeder* sebesar 17.060,24 menit, yang menggambarkan estimasi rata-rata waktu operasi komponen sebelum mengalami kerusakan. Meskipun nilai MTTF

tersebut relatif besar, kondisi aktual di lapangan tetap perlu diperhatikan karena adanya variasi waktu kerusakan yang memungkinkan terjadinya kegagalan lebih cepat dari nilai rata-rata tersebut. Selanjutnya, komponen *cleanout conveyor* memiliki nilai MTTF sebesar 13.245,72 menit, sedangkan komponen *coal outlet* menunjukkan nilai MTTF paling besar, yaitu 27.685,22 menit, yang mengindikasikan tingkat keandalan operasi yang lebih tinggi dibandingkan komponen lainnya.

Sementara itu, hasil perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) menunjukkan bahwa komponen *belt coal feeder* memiliki nilai MTTR sebesar 203,31 menit, yang berarti waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan relatif singkat dibandingkan dengan waktu operasinya. Hal ini menunjukkan bahwa proses perbaikan dapat dilakukan dengan cukup cepat sehingga downtime akibat kerusakan dapat diminimalkan. Pada komponen *cleanout conveyor*, nilai MTTR tercatat sebesar 161,15 menit, sedangkan pada komponen *coal outlet* sebesar 302,85 menit, yang menunjukkan bahwa waktu perbaikan pada komponen ini relatif lebih lama. Perbedaan nilai MTTR tersebut mencerminkan tingkat kompleksitas perbaikan serta aksesibilitas masing-masing komponen, yang perlu menjadi pertimbangan dalam perencanaan strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan terarah.

5.8 Analisis Interval Waktu Pemeriksaan dan Penggantian Komponen

Setelah dilakukan analisis terhadap data waktu kerusakan dan perhitungan tingkat keandalannya, tahap selanjutnya adalah menentukan interval pemeliharaan yang paling tepat untuk meminimalkan downtime dan menjaga kontinuitas operasi Belt Coal Feeder. Penentuan interval ini meliputi penggantian komponen secara preventif serta penjadwalan pemeriksaan berkala berdasarkan hasil perhitungan matematis. Komponen Belt Coal Feeder mengalami frekuensi kerusakan sebanyak 58 kali selama januari 2023-Desember 2024.

Berdasarkan hasil perhitungan pada komponen *Belt Coal Feeder*, nilai minimum $D(tp)$ diperoleh pada $tp = 10.000$ menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa interval penggantian komponen *Belt Coal Feeder* yang paling optimal, apabila menggunakan kriteria minimasi *downtime*, adalah pada menit ke-10.000 atau sekitar 7 hari operasi.

Pemilihan interval ini memberikan keseimbilan terbaik antara peluang terjadinya kegagalan dan waktu pemulihan, sehingga total waktu henti sistem dapat ditekan serendah mungkin. Selain itu, nilai t/n sebesar 87,37 jam atau sekitar 4 hari menjadi dasar penentuan interval pemeriksaan komponen. Frekuensi pemeriksaan ini diperlukan untuk memastikan kondisi fisik komponen tetap berada dalam batas aman serta untuk mendeteksi potensi kerusakan lebih awal. Dengan demikian, penerapan interval penggantian setiap 7 hari dan pemeriksaan berkala setiap 4 hari diharapkan mampu menjaga keandalan *Belt Coal Feeder*, meminimalkan potensi kegagalan mendadak, tetapi juga menekan waktu henti peralatan melalui deteksi dini terhadap tanda-tanda kerusakan. Dengan pengendalian kondisi yang lebih teratur dan tindakan preventif yang terjadwal, proses operasi dapat berlangsung lebih stabil, efisien, dan berkelanjutan, sehingga mendukung kinerja sistem secara keseluruhan.

Selanjutnya untuk komponen *Cleanout Conveyor*, diperoleh nilai D(tp) terendah pada tp = 10.000 menit, yang menunjukkan bahwa interval penggantian komponen yang paling optimal berdasarkan kriteria minimasi *downtime* adalah pada menit ke-10.000 atau setara dengan sekitar 7 hari operasi. Interval ini dipilih karena mampu mengurangi risiko kegagalan sekaligus menjaga waktu henti peralatan tetap rendah. Selanjutnya, nilai t/n sebesar 149,94 jam atau sekitar 6 hari digunakan sebagai acuan dalam penentuan interval pemeriksaan. Pemeriksaan dengan interval tersebut bertujuan untuk memantau kondisi komponen secara berkala serta mengidentifikasi indikasi kerusakan lebih awal. Dengan penerapan penggantian setiap 7 hari dan pemeriksaan setiap 6 hari, diharapkan keandalan *cleanout conveyor* dapat terjaga, potensi kerusakan mendadak dapat diminimalkan, dan kinerja operasional sistem dapat berlangsung secara lebih stabil dan efisien.

Berdasarkan hasil perhitungan pada komponen *Coal Outlet*, nilai D(tp) minimum diperoleh pada tp = 70.000 menit, yang menunjukkan bahwa interval penggantian komponen yang paling optimal berdasarkan kriteria minimasi *downtime* adalah pada menit ke-70.000 atau sekitar 49 hari operasi. Pemilihan interval ini bertujuan untuk menekan kemungkinan terjadinya kegagalan tanpa meningkatkan waktu henti sistem secara signifikan. Selanjutnya, nilai t/n sebesar 87,91 jam atau sekitar 4 hari digunakan sebagai dasar dalam penentuan interval pemeriksaan komponen. Pemeriksaan berkala

dengan interval tersebut diperlukan untuk memantau kondisi komponen secara kontinu serta mendeteksi potensi kerusakan sejak dini. Dengan penerapan interval penggantian setiap 49 hari dan pemeriksaan rutin setiap 4 hari, diharapkan keandalan *coal outlet* dapat terjaga, risiko kegagalan mendadak dapat diminimalkan, serta operasi sistem dapat berlangsung secara lebih stabil dan efisien.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil peneltian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Komponen pada mesin *Coal Feeder* yang tergolong paling kritis adalah *Belt Coal Feeder, Cleanout Conveyor,* dan *Coal Outlet*, yang berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yaitu masing-masing sebesar 504, 392, dan 486. Nilai RPN yang besar ini menunjukkan bahwa komponen tersebut memiliki tingkat risiko kegagalan yang lebih dominan dibandingkan komponen lainnya, baik dari sisi kemungkinan terjadinya kerusakan, tingkat keparahan dampak, maupun kemampuan deteksinya. Hal ini menandakan bahwa komponen tersebut memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan pemeliharaan untuk mencegah gangguan operasional yang lebih serius.
2. Sebagai bagian dari upaya meningkatkan keandalan mesin *Coal Feeder*, pemilihan strategi pemeliharaan dilakukan berdasarkan karakteristik dan pola kegagalan masing-masing komponen. Berikut tindakan perawatan dari masing-masing komponen:
   a. *Time Directed* (TD) atau *Preventive Maintenance* (PM)
      Diterapkan pada *Belt Coal Feeder*, karena pola kerusakannya bersifat *wear-out* dan dapat diprediksi berdasarkan umur pakai. Pemeliharaan dilakukan secara terjadwal untuk mencegah keausan, retakan, dan kerusakan fisik lainnya.
   b. *Condition Directed* (CD) atau *Predictive Maintenance* (PdM)
      Diterapkan pada komponen yang kerusakannya dapat dideteksi melalui kondisi operasi, yaitu *Cleanout Conveyor, Coal Outlet, Coal Inlet, Motor Cleanout Conveyor, Tension Pulley,* dan *Drive Pulley*. Indikator seperti getaran, suara, temperatur, dan kondisi visual digunakan untuk menentukan kebutuhan tindakan pemeliharaan.

c. *Failure Finding* (FF) atau *Preventive Maintenance* (PM)
   Diterapkan pada *Load Cell*, karena kegagalan bersifat tersembunyi dan hanya dapat diidentifikasi melalui pengujian atau kalibrasi, sehingga inspeksi visual tidak cukup untuk mendeteksi kerusakan.

3. Berdasarkan hasil analisis data kerusakan dan perbaikan pada mesin *Coal Feeder* Unit 1-4 diperoleh kesimpulan untuk komponen kritis sebagai berikut:
   a. *Belt Coal Feeder* memiliki nilai MTTF sebesar 17.060,24 menit (12 hari) dan MTTR sebesar 203,31 menit. Hasil analisis interval pemeliharaan menunjukkan bahwa interval penggantian optimal adalah setiap 7 hari, dengan interval pemeriksaan setiap 4 hari, sehingga pemeliharaan dapat dilakukan secara terencana untuk menekan potensi kegagalan dan menjaga keandalan komponen.
   b. *Cleanout Conveyor* memiliki nilai MTTF sebesar 13.245,72 menit (9 hari) dan MTTR sebesar 161,15 menit. Berdasarkan analisis interval pemeliharaan, komponen ini direkomendasikan memiliki interval penggantian setiap 7 hari dan interval pemeriksaan setiap 6 hari.
   c. *Coal Outlet* memiliki nilai MTTF sebesar 27.685,22 menit (19 hari) dan MTTR sebesar 165,43 menit. Hasil analisis menunjukkan bahwa interval penggantian optimal untuk komponen ini adalah setiap 49 hari, dengan interval pemeriksaan setiap 4 hari.

6.2 Saran

Adapun saran - saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai dasar strategi pemeliharaan agar penentuan tugas perawatan lebih tepat sasaran dan mampu menekan potensi *downtime.*
2. Melaksanakan interval pemeriksaan dan penggantian komponen sesuai hasil analisis, yaitu pemeriksaan *Belt Coal Feeder* setiap 4 hari dan penggantian setiap 7 hari untuk menjaga keandalan operasi.

3. Memperluas objek penelitian ke komponen lain, sehingga dapat memberikan gambaran keandalan yang lebih menyeluruh bagi perusahaan.
4. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan melakukan analisis perbandingan biaya operasional sebelum dan sesudah penerapan *preventive maintenance* untuk mengetahui efektivitas biaya dari strategi pemeliharaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Afif F., & Martin A. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, *6*(1), 1–14.

Alfathi, B. R. (n.d.). *Konsumsi Listrik Indonesia berdasarkan Sektor Pemakaian (2020-2024)*. 2025. Retrieved April 29, 2025, from https://data.goodstats.id/statistic/konsumsi-listrik-indonesia-sentuh-430-twh-pada-2025-hxSCU

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

Anggraini, W., Fachri, M., Yola, M., Teknik Industri, J., Sains dan Teknologi, F., Syarif Hidayatullah, T., & Baru, S. (2020). Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri 86. *Jurnal Teknik Industri*, *6*(2), 86–92.

Answary, A., & Waluyo, B. (2024). Model Age Replacement untuk Preventive Maintenance Pompa Finish Water Pump : Studi Kasus di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). *Borobudur Engineering Review*, *4*(01), 38–55. https://doi.org/10.31603/benr.v4i01.11196

Ardianzah, C. D., Darujati, C., & Gumelar, A. B. (2023). Analisa Perhitungan Performance Maintenance Head Truck Menggunakan Metode Total Productive Maintenance (Tpm). *Networking Engineering Research Operation*, *8*(1), 41–52. https://doi.org/10.21107/nero.v8i1.19221

Asyiruddin, M., Mahbubah, N. A., & Rizqi, A. W. (2024). Menentukan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Forklift Menggunakan Metode Age Replacement. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, *5*(1), 34–42.

Azhari, H., Ganap, J. G., & Nisah, F. A. (2024). Analisis Perawatan Mesin Kapal dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Jasa Armada Indonesia Tbk. *Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *8*(2), 407–417. https://doi.org/10.37090/indstrk.v8i2.1261

Bhagya, T. G., Prakarsa, G., Teknik, F., Insan, U., & Mandiri, C. (2020). *Model Keputusan Penentuan Jenis Distribusi*. *2*(02).

Dayera, Musa Bundaris Palungan, F. O. (2024). G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, *8*(1), 186–195. https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229

Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintanability Engineering*. Singapore: The Mcgraw-Hill Companies, Inc.

ESDM. (2024). *Dirjen Ketenagalistrikan Pastikan Keandalan Pasokan Listrik di Kawasan Industri Cikarang*. https://esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ketenagalistrikan/dirjen-ketenagalistrikan-pastikan-keandalan-pasokan-listrik-di-kawasan-industri-cikarang?utm_source=chatgpt.com

Fakhrul Muqauwim, M., Elvian Gayuh Prasetya, H., & Anggun Nurisma, R. (2020). Analysis of Optimal Maintenance Interval on ID Fan Using Reliability Centered Maintenance. *IES 2020 - International Electronics Symposium: The Role of Autonomous and Intelligent Systems for Human Life and Comfort*, 48–53.

https://doi.org/10.1109/IES50839.2020.9231806

Fernando, V., Hernadewita, H., & Purba, H. H. (2021). Time Interval Maintenance Based on Reliability Centered Maintenance (RCM) on Medium Voltage Line in State Electricity Company. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, *5*(2), 110.

Firmansyah, M. A., & Syuhri, A. (2022). Analisis Perencanaan Perawatan Spindle Moulder Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pt. Romi Violeta. *Rotor*, *15*(1), 17. https://doi.org/10.19184/rotor.v15i1.29360

Harahap, U. N., Eddy, E., & Nasution, C. (2021). Analisis peningkatan produktivitas kerja mesin dengan menggunakan metode Total Productive Maintenance (TPM) di PT. Casa Woodworking Industry. *Jurnal VORTEKS*, *2*(2), 110–114. https://doi.org/10.54123/vorteks.v2i2.88

Haseng, A., Sono, M. G., & Siswanto. (2024). Analisis perawatan preventif dalam penggantian komponen mesin untuk meminimumkan downtime metode reliability centered maintenance (RCM) di PT PLN (Persero) Ulp Banggai. *Babasal: Journal of Industrial Engineering*, *1*, 1–11. https://lonsuit.unismuhluwuk.ac.id/BJIE

Irfan Faris Rudiana, Enjang Nursolih, & Yulia, L. (2024). ANALISIS PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN METODE RCM (Reliability Centered Maintenance) Pada PT. Surya Agrolika Reksa. *Jurnal Industrial Galuh*, *6*(2), 65–74. https://doi.org/10.25157/jig.v6i2.4079

Jafarpisheh, R., Karbasian, M., & Asadpour, M. (2020). A hybrid reliability-centered maintenance approach for mining transportation machines: a real case in Esfahan. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *38*(7), 1550–1575. https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2020-0309

Kevin Gilbert Wohon, Arini Anestesia Purba, & Budiani Fitria Endrawati. (2023). Penjadwalan Perawatan Sparepart Mesin dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance dan Failure Mode Effect Analysis di PT ABC. *Jurnal Teknik Industri*, *13*(3), 183–188. https://doi.org/10.25105/jti.v13i3.19139

Kusuma, B. S., Syahputra, M. A., Yanti, R., & Muthawali, D. I. (2024). Design Maintenance System on Mixer Machine to Prevent the Breakdown Using Reliability Centered Maintenance. *Journal of Industrial Engineering and Halal Industries*, *4*(1), 47–54. https://doi.org/10.14421/jiehis.4695

Maritha, D. C., Arvianto, A., Saptadi, S., Industri, D. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Soedarto, J. P., & Tembalang, K. U. (n.d.). *USULAN SISTEM PEMELIHARAAN MESIN OVEN DI PT SANDANG ASIA MAJU ABADI DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED*.

Mejia-Portillo, E., Guevara-Barrera, S., Aguilar-Rosa, J., & Rodriguez-Gallo, Y. (2025). Implementation of a Reliability-Centered Maintenance Plan for Fire-Tube Boilers: A Case Study in the Textile Industry. *IEEE Latin America Transactions* , *23*(2), 104–113. https://doi.org/10.1109/TLA.2025.10851396

Moubray, J. (1992). *Enhanced reliabilitycentered maintenance*.

Omozuhiomwen, G. E., Ebenuwa, S. H., Kure, H. I., Ijemaru, G. K., Obi, E. R., & Nwajana, A. O. (2025). Reliability–Centered Maintenance Using Reliability Parameters on Gas Compressors. *International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering*, *14*(1), 1–31.

https://doi.org/10.4018/IJMMME.367256

Panchal, D., & Garg, D. (2025). Application of Reliability-Centered Maintenance with a Computerized Maintenance Management System for the Wheelset in Rolling Stock. *Spectrum of Decision Making and Applications*, *3*(1), 70–84. https://doi.org/10.31181/sdmap31202636

Pardiyono, R., & Suryani, P. (2020). Meningkatkan Keandalan Komponen Mesin Dan Minimasi Downtime Pada Mesin Picanol Gtx Seri 22844. *Sistemik : Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik*, *8*(1), 1–8. https://doi.org/10.53580/sistemik.v8i1.33

Patil, S. S., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., Sharifpur, M., & PraveenKumar, S. (2022). Development of Optimized Maintenance Program for a Steam Boiler System Using Reliability-Centered Maintenance Approach. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(16). https://doi.org/10.3390/su141610073

Prasetyo, Y. T., & Mercado Rosita, K. K. (2020). Equipment Reliability Optimization Using Predictive Reliability Centered Maintenance: A Case-Study Illustration and Comprehensive Literature Review. *2020 7th International Conference on Frontiers of Industrial Engineering, ICFIE 2020*, *September*, 93–97. https://doi.org/10.1109/ICFIE50845.2020.9266728

Putra, A. P., Munawir, A., & Jayadi, F. (2023). Pemeliharaan Coal Feeder Terhadap Kinerja Pembangkit Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Nagan Raya 2x110 MW. *Jurnal Mahasiswa Mesin UTU (JMMUTU)*, *2*(1), 1–7.

Putri, F. A., Santoso, M. Y., & Rachmat, A. N. (2024). Implementasi Failure Mode and Effect Analysisis (FMEA) dan Diagram Pareto untuk Analisis Kegagalan Komponen Continuous Casting Machine pada Perusahaan Baja. *8 Th Conference On Safety Engineering And Its Application*, *2581*.

Raharja, I. P., Suardika, I. B., & Galuh W, H. (2021). Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Di Cv. Jaya Perkasa Teknik. *Industri Inovatif : Jurnal Teknik Industri*, *11*(1), 39–48. https://doi.org/10.36040/industri.v11i1.3414

Ramadhan, I., & Widiasih, W. (2023). *Analisis Penggantian dan Perawatan pada Papermachine Bagian Wire dan Dryer Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenancedan Age replacement Pada PT.X*. *Vol 6*, 14. https://jute.ak-tekstilsolo.ac.id/index.php/jurnal/article/view/60/35

Rijal, M. I., Putra, A. Y. W., & Raihan, R. A. (2022). Analisis Perawatan Mesin Chain Scraper Conveyor Di Pt. Cemindo Gemilang Bayah. *Teknika*, *7*(4), 191–199. https://doi.org/10.52561/teknika.v7i4.199

Rohendi, P., Febianti, E., Ferdinant, P. F., Khi, P. T., Industries, P., Pt, I., & Pipe, K. H. I. (2015). *Usulan Peningkatan Kehandalan Komponen Kritis Pada Mesin SPM (Spiral Pipe Machine) 2000 (Studi Kasus di PT . KHI Pipe Industries)*. *2000*.

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

Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023). Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan. *Blend Sains*

Jurnal Teknik, *2*(1), 72–83. https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.199

Soepardi, A., & Chaeron, M. (2019). *Sistem Pemeliharaan Pada Sistem Manufaktur*. http://eprints.upnyk.ac.id/33240/1/buku_Sistem_Pemeliharaan_pada_Indus.pdf

Syafei, M. I., & Suhendar, E. (2022). Analisis Perawatan Mesin dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Maintenance Value Stream Map (MVSM) (Studi Kasus di PT. Nusa Indah Jaya Utama). *Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *7*(2), 67. https://doi.org/10.32502/js.v7i2.4783

Umam, S., & Widiasih, W. (2024). Penjadwalan Perawatan Mesin Grading Plant II di PT Keramik Diamond Industries Gresik dengan Metode RCM. *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Tekstil Dan Manajemen Industri*, *7*(1), 47–58. https://doi.org/10.59432/jute.v7i1.91

Wahjudi, D., Lim, R., & Budi, E. (2024). Perancangan Sistem Penjadwalan Perawatan Yang Mendukung Total Productive Maintenance Di P.T. X. *Jurnal Dimensi Insinyur Profesional*, *2*(1), 48–55. https://doi.org/10.9744/jdip.2.1.48-55

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

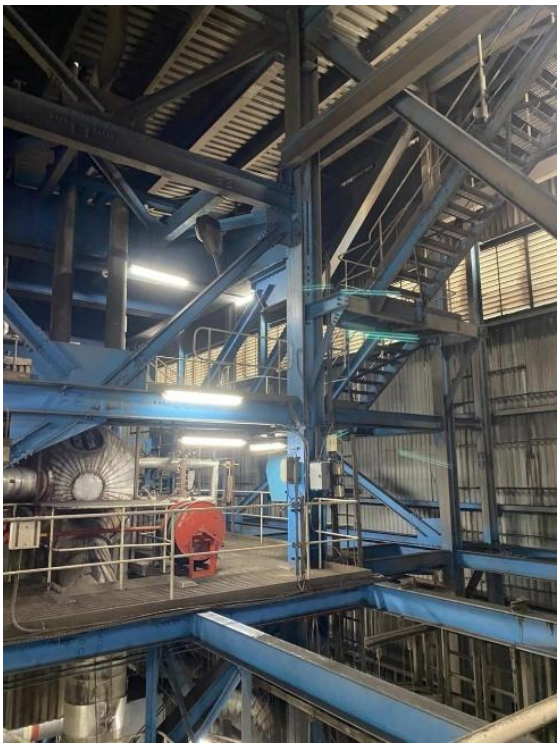
Widiatmika, K. P. (2015). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title. In *Etika Jurnalisme Pada Koran Kuning : Sebuah Studi Mengenai Koran Lampu Hijau* (Vol. 16, Issue 2).

Widyaningrum, M. R., & Winati, F. D. (2022). Penjadwalan Perawatan Mesin di CV Wijaya Workshop dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, Dan Teknik Logistik*, *1*(1), 37–43. https://doi.org/10.20895/trinistik.v1i1.455

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

Yaojun Liu, YuTang, Ping Wang, Xiaolin Song, & Meilin Wen. (2024). Reliability-Centered Preventive Maintenance Optimization for a Single-Component Mechanical Equipment. *Symmetry*, 1–11. https://scopus.upc.elogim.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85183091318&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Reliability-Centered+Preventive+Maintenance+Optimization+for+a+Single-Component+Mechanical+Equipment%29

LAMPIRAN



Selamat
Tahun Baru
2025
GEDUNG ADMINISTRASI
PLN
Indonesia Power
Unit Bisnis Pembangkitan Suralaya