# ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN *LATHE* DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (*RCM) DAN *AGE REPLACEMENT*

## (Studi Kasus: PT. Jaya Manggala Sakti)

**TUGAS AKHIR**

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


Nama : Fathan Hammam
No. Mahasiswa : 21522247


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

## PERNYATAAN KEASLIAN

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

Yogyakarta, 9 Mei 2025




(Fathan Hammam)

21522247

# SURAT BUKTI PENELITIAN

**PT. JAYA MANGGALA SAKTI**
Jl. Jend. Sudirman No.15-16 Balikpapan 76114, Kalimantan Timur, Indonesia
Telp. (0542) – 733336; Fax. (0542) – 735283
Email : adm@jms.co.id ; Website : www.jms.co.id

## SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andri Indra kelana. A,md. S,ST.

Jabatan : QHSE Manager PT. Jaya Manggala Sakti

NIK : 01119

Dengan ini menyatakan bahwa Mahasiswa berikut ini :

Nama : Fathan Hammam

NIM : 21522247

Fakultas / Prodi : Fakultas Teknologi Industri / Teknik Industri

Telah selesai melakukan penelitian dan pengambilan data penelitian di Workshop PT. Jaya Manggala Sakti Balikpapan terhitung mulai tanggal 1 s/d 30 Oktober 2024 untuk menyusun Laporan Tugas Akhir. Kegiatan penelitian dan pengambilan data berjalan dengan baik tanpa kendala apapun.

Demikian Surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan sepenuhnya.

Balikpapan, 3 Februari 2025

JAYA MANGGALA SAKTI

Andri Indra Kelana. A,md. S,ST.
QHSE Manager PT. Jaya Manggala Sakti

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

# ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN *LATHE* DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (*RCM) DAN *AGE REPLACEMENT*

## (Studi Kasus: PT. Jaya Manggala Sakti)

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Fathan Hammam**

**No. Mahasiswa : 21522247**

**Yogyakarta, 9 Mei 2025**

**Dosen Pembimbing**



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

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN *LATHE* DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (*RCM) DAN *AGE REPLACEMENT***

**(Studi Kasus: PT. Jaya Manggala Sakti)**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh:**


**Nama : Fathan Hammam**

**No. Mahasiswa : 21522247**


**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, *9 - Mei – 2025***

**Tim Penguji**

| | |
|---|---|
| **Dian Janari, S.T., M.T.** | |
| **Ketua** | |
| **Ir. Vembri Noor Helia, S.T., M.T., IPM** | |
| **Anggota I** | |
| **Dr. Qurtubi, S.T., 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

Bismillahirrahmanirrahim, segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang dengan limpahan rahmat dan karunia-Nya, tugas ini dapat terselesaikan dengan baik. Kita memohon pertolongan, ampunan, serta petunjuk kepada-Nya dalam setiap langkah kehidupan. Hanya dengan izin dan kehendak-Nya, segala upaya dan usaha dapat mencapai hasil yang diharapkan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa cahaya Islam sebagai pedoman hidup yang sempurna, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umat yang istiqamah dalam mengikuti ajarannya hingga akhir zaman.
Persembahan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda saya yang sangat saya cintai dan sayangi yang telah membesarkan, mendukung, memberikan kasih sayang, doa serta motivasi baik secara moral dan materi dengan sepenuh hati dan semoga diberikan perlindungan serta umur yang panjang.
2. Seluruh keluarga saya yang telah mendukung dan membimbing saya dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Pak Dian Janari selaku pembimbing saya yang telah mendukung dan mengajari saya dalam mengerjakan Tugas Akhir.
4. Sahabat, kerabat, dan teman saya yang tersayang yang telah senantiasa mendukung saya selama kuliah.

**MOTTO**

*To see the world, things dangerous to come to, to see behind walls, draw closer, to find each other, and to feel. That is the purpose of life – Walter Mitty's*

# KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraakaatuh*

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban atas kegiatan yang telah dilaksanakan serta sebagai dokumentasi yang dapat menjadi referensi di masa mendatang. Dalam proses penyusunannya, tidak terlepas dari berbagai tantangan dan hambatan. Namun, berkat dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak, laporan ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dian Janari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta arahan, motivasi, dan ilmu yang telah beliau berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Andri Indra Kelana selaku HSE Manager di PT. Jaya Manggala Sakti yang telah membantu penulis dalam penempatan pengambilan data dan dengan segala kerendahan hati turut membantu penulis ketika terdapat kesulitan.
6. Ibu penulis dan keluarga yang selalu memberikan doa, motivasi dan dukungan dengan ikhlas dan penuh kasih sayang.
7. Muhammad Cygnus Samudera dan Shalwa Salal Said Nahdi selaku teman satu dosen pembimbing yang senantiasa saling membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
8. Teman - teman MnM yang telah senantiasa mendukung penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
9. Teman - teman KT Selaku kawan seperjuangan dari Balikpapan yang telah mendukung penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.

## ABSTRAK

Industri minyak dan gas memiliki peran strategis dalam perekonomian global, dengan kebutuhan akan peralatan yang andal untuk menjaga kelangsungan operasional. Salah satu mesin yang digunakan dalam perawatan peralatan industri migas adalah mesin *lathe*, yang memerlukan strategi pemeliharaan yang optimal untuk mengurangi *downtime* dan meningkatkan efisiensi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan perawatan mesin *lathe* di PT. Jaya Manggala Sakti dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Metode penelitian yang diterapkan meliputi analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi komponen kritis, *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk menentukan strategi perawatan yang optimal, serta perhitungan distribusi waktu kegagalan dan perbaikan guna menentukan interval penggantian komponen yang efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen kritis *waterpump* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 168. *Waterpump* termasuk dalam kategori *Outage Problem* yang berarti komponen dapat mengakibatkan proses perbaikan berhenti serta strategi perawatan yang dilakukan pada komponen *waterpump* adalah *Time Direct* berdasarkan *Task Selection*. Metode *Age Replacement* digunakan untuk menentukan interval waktu penggantian komponen setiap 181 hari dan waktu pemeriksaan yang diperoleh adalah 42 hari sekali.



Kata Kunci: *Reliability Centered Maintenance, Age Replacement, Perawatan Mesin, Mesin Lathe, Failure Mode and Effect Analysis*

## DAFTAR ISI

**PERNYATAAN KEASLIAN** ..... ii
**SURAT BUKTI PENELITIAN** ..... iii
**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING** ..... iv
**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI** ..... v
**HALAMAN PERSEMBAHAN** ..... vi
**MOTTO** ..... vii
**KATA PENGANTAR** ..... viii
**ABSTRAK** ..... ix
**DAFTAR ISI** ..... x
**DAFTAR TABEL** ..... xii
**DAFTAR GAMBAR** ..... xiii
**BAB I PENDAHULUAN** ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 5
1.3 Tujuan Penelitian ..... 6
1.4 Manfaat Penelitian ..... 6
1.5 Batasan Penelitian ..... 7
1.6 Sistematika Penulisan ..... 7
**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** ..... 10
2.1 Kajian Literatur ..... 10
2.2 Landasan Teori ..... 17
2.2.1 Perawatan (*Maintenance*) ..... 17
2.2.2 Tujuan Perawatan ..... 17
2.2.3 Jenis – Jenis Perawatan ..... 17
2.2.4 *Downtime* ..... 19
2.2.5 *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ..... 19
2.2.6 *Functional Block Diagram* (FBD) ..... 20
2.2.7 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ..... 20
2.2.8 *Logic Tree Analysis* (LTA) ..... 24
2.2.9 *Task Selection* (TS) ..... 25
2.2.10 Fungsi Keandalan ..... 27
2.2.11 Laju Kerusakan ..... 27
2.2.12 Distribusi ..... 27
2.2.13 Uji *Goodness of Fit* ..... 28
2.2.14 Estimasi Parameter ..... 30
2.2.15 *Mean Time to Failure* (MTTF) ..... 32
2.2.16 *Mean Time to Repair* (MTTR) ..... 33
2.2.17 *Age Replacement* ..... 33
2.2.18 Interval Waktu Pemeriksaan ..... 34
**BAB III METODE PENELITIAN** ..... 36
3.1 Obyek Penelitian ..... 36
3.2 Metode Pengumpulan Data ..... 36
3.2.1 Data Primer ..... 36
3.2.2 Data Sekunder ..... 37

3.3 Pengolahan Data ..... 37
3.4 Diagram Alir Penelitian ..... 40
**BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA** ..... 44
4.1 Latar Belakang Perusahaan ..... 44
4.1.1 Profil Perusahaan ..... 44
4.1.2 Sejarah Singkat Perusahaan ..... 44
4.1.3 Visi dan Misi ..... 44
4.1.4 Lokasi Perusahaan ..... 45
4.2 Pengumpulan Data ..... 46
4.2.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Lathe Mashtroy* ..... 46
4.3 Pengolahan Data Penentuan Komponen Kritis ..... 52
4.3.1 *Functional Block Diagram* ..... 52
4.3.2 *Failure Mode and Effect Analysis* ..... 53
4.3.3 *Logic Tree Analysis* ..... 54
4.4 Pengolahan Data Penentuan Tindakan Perawatan ..... 56
4.4.1 *Task Selection* (Pemilihan Tindakan) ..... 56
4.5 Pengolahan Data Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis .. 57
4.5.1 Penentuan Mesin dan Komponen Kritis ..... 57
4.5.2 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (*Time to Failure*) ..... 59
4.5.3 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan (*Time to Repair*) ..... 65
4.5.4 Uji *Goodness of Fit Time to Failure* ..... 70
4.5.5 Uji *Goodness of Fit Time to Repair* ..... 71
4.5.6 Perhitungan Parameter *Time to Failure* ..... 72
4.5.7 Perhitungan Parameter *Time to Repair* ..... 73
4.5.8 Perhitungan Nilai Tengah *Mean Time to Failure* ..... 73
4.5.9 Perhitungan Nilai Tengah *Mean Time to Repair* ..... 74
4.5.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan ..... 74
4.5.11 Perhitungan Interval Waktu Perawatan ..... 76
**BAB V PEMBAHASAN** ..... 79
5.1 Analisis *Functional Block Diagram* (FBD) ..... 79
5.2 Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ..... 79
5.3 Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA) ..... 80
5.4 Analisis *Task Selection* (TS) ..... 81
5.5 Analisis Penentuan Mesin dan Komponen Kritis ..... 82
5.6 Analisis Distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) ..... 82
5.7 Analisis Uji Kecocokan *Goodness of Fit* ..... 84
5.8 Analisis Parameter Distribusi (TTF) dan (MTTF) ..... 84
5.9 Analisis Parameter Distribusi (TTR) dan (MTTR) ..... 85
5.10 Analisis Interval Waktu Penggantian dan Perawatan Komponen ..... 85
5.11 Keterbatasan dan Kekurangan Metode Analisis ..... 86
**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN** ..... 88
6.1 Kesimpulan ..... 88
6.1 Saran ..... 88
**DAFTAR PUSTAKA** ..... 90
**LAMPIRAN** ..... 94

# DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur ..... 15
Tabel 2. 2 Tabel FMEA ..... 21
Tabel 2. 3 Kriteria *Severity* ..... 21
Tabel 2. 4 Kriteria *Occurance* ..... 23
Tabel 2. 5 Kriteria *Detection* ..... 23
Tabel 4. 1 Data Waktu Antar Kerusakan ..... 46
Tabel 4. 2 Analisis FMEA ..... 53
Tabel 4. 3 Analisis LTA ..... 55
Tabel 4. 4 Analisis TS ..... 56
Tabel 4. 5 Penentuan Mesin Kritis ..... 58
Tabel 4. 6 Pareto Mesin ..... 58
Tabel 4. 7 Penentuan Komponen Kritis ..... 59
Tabel 4. 8 Penentuan Distribusi Data TTF ..... 60
Tabel 4. 9 Distribusi Normal TTF ..... 61
Tabel 4. 10 Distribusi Lognormal TTF ..... 62
Tabel 4. 11 Distribusi *Weibull* TTF ..... 63
Tabel 4. 12 Distribusi Eksponensial TTF ..... 64
Tabel 4. 13 IOF TTF ..... 64
Tabel 4. 14 Penentuan Distribusi Data TTR ..... 65
Tabel 4. 15 Distribusi Normal TTR ..... 66
Tabel 4. 16 Distribusi Lognormal TTR ..... 67
Tabel 4. 17 Distribusi *Weibull* TTR ..... 68
Tabel 4. 18 Distribusi Eksponensial TTR ..... 69
Tabel 4. 19 IOF TTR ..... 70
Tabel 4. 20 Uji IOF TTF ..... 70
Tabel 4. 21 Uji IOF TTR ..... 71
Tabel 4. 22 Interval Penggantian Komponen ..... 75
Tabel 5. 1 Analisis IOF TTF ..... 83
Tabel 5. 2 Analisis IOF TTR ..... 83
Tabel 5. 3 Analisis Parameter Distribusi TTF ..... 84
Tabel 5. 4 Analisis Parameter Distribusi TTR ..... 85

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kategori LTA ..... 25
Gambar 2. 2 Kategori TS ..... 26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian ..... 40
Gambar 4. 1 *Head Office* ..... 45
Gambar 4. 2 *Workshop* 1 ..... 46
Gambar 4. 3 *Workshop* 2 ..... 46
Gambar 4. 4 FBD ..... 52
Gambar 4. 5 Pareto Komponen ..... 59

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Industri minyak dan gas (migas) merupakan salah satu sektor industri yang sangat penting dan strategis bagi perekonomian global. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), secara kasar terdapat sekitar 200 perusahaan migas yang beroperasi di Indonesia, termasuk perusahaan besar seperti Pertamina, ExxonMobil, BP, *Total Energies*, dan lain – lain. Angka tersebut mencakuo perusahaan yang bergerak di sektor hulu maupun hilir. Sedangkan berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), produksi minyak bumi dari tahun 1996 – 2022 mencapai total sekitar 9.009.440.001 barel, tidak hanya mencerminkan potensi besar sumber daya alam yang dimiliki Indonesia, tetapi juga menegaskan pentingnya pengelolaan teknologi yang andal dalam mendukung keberlanjutan operasional sektor energi.

Operasi pengeboran minyak dan gas lepas pantai maupun darat membutuhkan peralatan dengan tingkat keandalan tinggi untuk menjamin kelancaran produksi dan keselamatan operasional. Dalam konteks ini, keberadaan alat krusial yang digunakan dalam operasi pengeboran migas adalah *Blowout Preventer* (BOP). *Blowout preventer* (BOP) sendiri merupakan bagian penting dari operasi *workover* / *well service* (WOWS) yang berfungsi sebagai pencegah *blowout* saat terjadi *kick*, yaitu fluida bertekanan tinggi yang tiba-tiba meluap keluar dari lubang sumur dan diperlukan evaluasi terhadap sistem BOP untuk menentukan kesesuaian peralatan BOP dengan standar industri. Salah satu komponen yang terdapat dalam BOP *Stack* adalah *Annular preventer*, *Rams preventer*, *Drilling spools*, dan *Casing head* (Sogalrey & Suranta, 2024).

Salah satu perusahaan yang melakukan *repair* BOP ialah PT. Jaya Manggala Sakti. PT. Jaya Manggala Sakti didirikan pada tahun 1985 di Balikpapan sebagai pemasok dan mengembangkan tujuannya untuk melayani Industri Minyak & Gas dan Pengeboran. Selama bertahun-tahun, perusahaan telah memperluas operasinya ke seluruh Indonesia dan kini beroperasi di KM. 13 Karang Joang Balikpapan, Gunung Puteri Bogor, Bontang dan Duri Sumatra dengan kantor Balikpapan sebagai kantor pusat. PT. Jaya Manggala Sakti bergerak dalam bidang jasa seperti perbaikan dan perawatan BOP, perbaikan *wellhead,* perbaikan *valve*,

perbaikan pompa, dan lain-lain yang umumnya berasal dari perusahaan minyak dan gas bumi serta pertambangan.

PT. Jaya Manggala Sakti memiliki standar operasional dalam pengoperasiannya, antara lain menggunakan ISO 9001:2015 yang berisi tentang standar internasional untuk SMM (Sistem Manejemn Mutu) dan ISO 45001:2018 yang berisi tentang standar internasional untuk SMK3 (Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja). Sedangkan untuk acuan *downtime* dianggap besar menggunakan durasi SPK (Surat Perintah Kerja) tergantung dari berapa lama proyek dilaksanakan berdasarkan target proyek selesai. Kesalahan dalam pengoperasian standar tersebut dapat berpengaruh dalam proses perbaikan BOP yang mengakibatkan terhambatnya proses perbaikan sehingga menciptakan *downtime*. PT. Jaya Manggala Sakti sendiri memiliki beberapa mesin yang digunakan dalam proses kegiatan perbaikannya, antara lain mesin *Lathe*, mesin *Drilling* dan *Milling*, mesin *Radial Drill Mach,* mesin *Vertical Lathe Machine,* mesin *Hacksaw*, mesin *Scrapp*, dan lain – lain. Dalam penggunaan mesin – mesin tersebut, terdapat perawatan atau *maintenance* yang dilakukan untuk mencegah mesin tersebut dari kerusakan dan dapat menambah umur mesin tersebut. Metode pemeliharaan yang diterapkan terbagi menjadi dua kategori, yaitu perawatan preventif (*preventive maintenance*) dan perawatan korektif (*corrective maintenance*). Namun, implementasi perawatan preventif cenderung jarang dilakukan, sementara perawatan korektif lebih sering menjadi solusi yang diambil. Kondisi ini memicu berbagai permasalahan lain, seperti ketidaksesuaian jadwal penyelesaian perbaikan, kerusakan mesin yang berulang, serta meningkatnya waktu henti (*downtime*) operasional mesin. Bahkan pada periode 2017 hingga 2022 di PT. Jaya Manggala Sakti, terdapat 5 mesin yang digunakan untuk melakukan perbaikan BOP yang mengalami kerusakan dengan *downtime* selama 30.890 menit.

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dilakukanlah perawatan mesin. Perawatan sendiri merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga agar mesin tetap dalam kondisi baik dan dapat beroperasi secara optimal. Kegiatan perawatan mesin dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu perawatan preventif dan perawatan korektif. Perawatan preventif adalah kegiatan perawatan yang dilakukan secara rutin untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin (Mawardi & Misdawati, 2023). Perawatan ini meliputi pemeriksaan, pembersihan, pelumasan, dan penyetelan mesin. Perawatan korektif adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan. Perawatan ini meliputi perbaikan dan penggantian komponen mesin yang rusak. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan perawatan mesin ialah

*Realibility Centered Maintenance* (RCM). RCM sendiri merupakan proses sistematis untuk menentukan tujuan aktivitas perawatan untuk memastikan sebuah mesin dapat berfungsi secara terus menerus dalam penggunaan secara normal (Hakim, 2019). Untuk mengimplementasikan RCM diperlukan beberapa langkah, yaitu membuat *Functional Block Diagram* (FBD), membuat *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), membuat *Logic Tree Analysis* (LTA), dan melakukan pemilihan tindakan perawatan (*task selection road map*). Dari setiap langkah tersebut memiliki hasil, yaitu hasil dari FBD adalah menjelaskan fungsi dari setiap komponen beserta hubungan antar komponen, hasil dari FMEA adalah nilai RPN yang menunjukkan tingkat kepentingan dari sebuah komponen yang dianggap mempunyai tingkat risiko tinggi sehingga diperlukan perlakuan khusus, hasil dari LTA adalah penentuan jenis kegiatan perawatan yang layak dan optimal untuk mengatasi *failure mode*, dan hasil dari *task selection road map* adalah tipe tindakan yang tepat untuk *failure mode* tertentu serta ada metode kuantitatif yaitu *Age Replacement* untuk menentukan interval waktu penggantian dan pemeriksaan komponen.

Adapun beberapa metode sebelumnya yang telah digunakan dalam penelitian terdahulu yang dilakukan pada tahun 2020 yang ditulis oleh Irfan dan Muhammad Ikhsan Hamdy, diketahui bahwa mesin *thresher* mengalami kerusakan yang menyebabkan waktu penundaan (*downtime*) selama 2-3 jam untuk proses perbaikan. Diketahui bahwa komponen *gearbox* menjadi komponen yang memiliki nilai RPN terbesar yaitu sebesar 648 poin. Setelah menggunakan metode FMEA dan RCM, didapatkan hasil bahwa nilai efisiensi penggantian meningkat untuk komponen *geaarbox* yaitu dari 40% naik menjadi 54,26% (Irfan & Ikhsan Hamdy, 2019).

Penelitian terdahulu yang lain, seperti yang dijelaskan oleh Ahmad Rizal et al., *downtime* mesin pada penelitian ini berawal dari total kerusakan sebesar 9.180 menit per tahun pada mesin slitting di PT XYZ, yang merupakan salah satu penyebab utama terganggunya aktivitas produksi. Dengan menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), hasil analisis menunjukkan bahwa frekuensi penggantian komponen seperti *unwinder* dapat diturunkan hingga 58%, *silinder roll* hingga 50%, dan *rewinder* hingga 66%. Interval penggantian waktu komponen juga dioptimalkan dari 1400 jam operasi menjadi lebih pendek, yaitu sekitar 808,5 jam untuk *unwinder*, 693 jam untuk *silinder roll*, dan 924 jam untuk *rewinder*. Hal ini menjadikan metode RCM lebih efektif dalam meminimalkan *downtime*

mesin, meningkatkan keandalan operasional, serta mendukung pencapaian target produksi (Rizal et al., 2023).

Penelitian oleh Simanungkalit et al., juga membahas penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada *Cement Mill* di PT Cemindo Gemilang Medan. Penelitian ini berfokus pada identifikasi komponen krusial penyebab *downtime* yang menurunkan efisiensi produksi, menggunakan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasilnya mengungkap empat komponen utama dengan risiko tinggi, yakni *mill bearing*, *mill diaphragm*, *mill fan*, dan *vibrating sensor*, di mana *mill fan* memiliki tingkat reliabilitas terendah sebesar 79,92%. Rekomendasi meliputi pengecekan berkala, desain ulang untuk mengurangi kegagalan, serta pelatihan tim pemeliharaan guna meningkatkan keandalan sistem dan efisiensi produksi (Simanungkalit et al., 2023).

Adapun perbandingan metode RCM dengan MMP atau BMWHE yang ditulis oleh Duarte da Costa Sarmento pada tahun 2023, penelitian ini membahas tentang penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dibandingkan dengan pendekatan *Machine Maintenance Pattern* (MMP) berbasis jam kerja mesin pada unit pembangkit listrik diesel di *Electrical Diesel Timor-Leste* (EDTL). Studi ini menyoroti keterbatasan pendekatan MMP yang mengandalkan jadwal perawatan rutin berdasarkan interval waktu operasi, yang mengarah pada penggantian komponen secara berlebihan dan pemborosan biaya perawatan. Keunggulan utama RCM dibandingkan metode *Machine Maintenance Pattern* (MMP) terletak pada pendekatan berbasis fungsi dan risiko, yang memungkinkan identifikasi kegagalan secara lebih akurat dan pemeliharaan yang lebih tepat sasaran. Sementara MMP mengandalkan jadwal tetap berdasarkan jam kerja mesin, RCM menyesuaikan perawatan dengan kondisi aktual komponen, sehingga lebih efisien dan tidak boros sumber daya. RCM juga mampu meminimalkan downtime, memperpanjang umur peralatan, serta meningkatkan keselamatan dan keandalan sistem. Oleh karena itu, RCM dinilai lebih efektif dalam mendukung penentuan strategi perawatan yang baik (Duarte da Costa Sarmento, 2023).

Terakhir, ada perbandingan metode *Age Replacement* dengan metode *corrective* yang dibahas oleh Rizky Karunia pada tahun 2017 yang membahas penerapan metode *Age Replacement* (AR) untuk menjadwalkan *preventive maintenance* pada komponen kritis mesin *stone crusher* di PT Bukit Sanurwijaya, yang sebelumnya hanya menerapkan *corrective maintenance* dan menyebabkan *downtime* hingga 46% dari total jam operasional tahunan.

Dengan menggabungkan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk identifikasi komponen kritis serta model AR untuk menentukan interval penggantian optimal, penelitian ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* mampu meningkatkan keandalan sistem sebesar 5,61%, meningkatkan ketersediaan sebesar 0,08%, dan menurunkan downtime rata-rata sebesar 0,08% dibandingkan *corrective maintenance*. Keunggulan utama metode AR terletak pada kemampuannya merencanakan penggantian komponen secara proaktif berdasarkan usia pakai dan data historis kerusakan, berbeda dengan *corrective maintenance* yang bersifat reaktif dan menyebabkan *downtime* lebih lama serta biaya perbaikan lebih tinggi. Dalam satu tahun, AR berhasil mengurangi downtime sebesar 245 jam, menjadikannya strategi yang lebih efisien dalam meningkatkan keandalan operasional dan mendukung pengelolaan aset industri secara terencana dan optimal (Karunia et al., 2017).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan perawatan mesin *lathe* di PT. Jaya Manggala Sakti dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Melalui analisis ini, diharapkan perusahaan dapat mengembangkan strategi perawatan yang lebih efektif untuk mendukung operasional perbaikan *Blowout Preventer* dan peralatan migas lainnya.

### 1.2 Rumusan Masalah

Industri minyak dan gas (migas) merupakan sektor krusial dalam perekonomian global, termasuk di Indonesia, yang tercatat memiliki sekitar 200 perusahaan migas aktif menurut data Kementerian ESDM. Dalam operasional pengeboran migas, risiko teknis seperti *kick* dan *blowout* menjadi ancaman serius, sehingga penggunaan *Blowout Preventer* (BOP) sangat penting untuk menjaga keselamatan kerja dan keberlangsungan produksi. PT. Jaya Manggala Sakti, yang berdiri sejak 1985, bergerak di bidang jasa perbaikan BOP dan peralatan migas lainnya, didukung oleh berbagai mesin produksi seperti *lathe* dan *milling*. Namun, dominasi penerapan perawatan korektif dibandingkan preventif menyebabkan tingginya downtime mesin, yang tercatat mencapai 30.890 menit pada periode 2017–2022. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang mencakup penyusunan FBD, FMEA, LTA, dan *task selection roadmap*, serta pendekatan *Age Replacement* agar perusahaan dapat mengembangkan strategi perawatan yang lebih efektif dan mendukung kelancaran operasional perbaikan BOP di masa mendatang.

Dengan demikian, berikut merupakan rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini:

***Research Question 1:*** Apa langkah yang tepat untuk mengidentifikasi komponen-komponen yang bersifat kritis serta merancang strategi perawatan yang tepat pada mesin *Lathe Mashtroy*?

***Research Question 2:*** Bagaimana pendekatan *Age Replacement* dapat digunakan untuk menyusun jadwal inspeksi maupun perawatan mesin *Lathe Mashtroy* secara optimal?

***Research Question 3:*** Bagaimanakah penetapan interval penggantian komponen pada mesin *Lathe Mashtroy* dapat dilakukan secara tepat dengan pendekatan *Age Replacement*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian yang menjawab rumusan masalah di atas, antara lain:

1. Menentukan komponen yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi serta menetapkan strategi pemeliharaan yang tepat pada mesin *Lathe Mashtroy* melalui pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
2. Menentukan jadwal pemeriksaan yang optimal pada mesin *Lathe Mashtroy* menggunakan pendekatan *Age Replacement*.
3. Mengetahui interval optimal penggantian komponen *Waterpump* pada mesin *Lathe Mashtroy* berdasarkan metode *Age Replacement* guna mengurangi *downtime*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian yang dapat bermanfaat bagi perguruan tinggi, perusahaan dan peneliti, antara lain:

1. Bagi Perguruan Tinggi
   a. Menyesuaikan materi pembelajaran dengan kebutuhan dunia industri.
   b. Membangun hubungan kerja sama dengan perusahaan untuk mendukung program akademik dan penelitian.
   c. Menciptakan lulusan yang siap kerja, sehingga memperkuat citra perguruan tinggi.
2. Bagi Perusahaan:
   a. Perusahaan mendapatkan analisis tentang efektivitas penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM**)** dan potensi untuk meningkatkan strategi perawatan.
   b. Mahasiswa dapat membantu sebagai tenaga kerja tambahan yang terlatih.

c. Perusahaan memiliki kesempatan untuk mengevaluasi kinerja mahasiswa dan mempertimbangkan mereka sebagai calon tenaga kerja potensial di masa depan.

3. Bagi Mahasiswa
   a. Mahasiswa mendapatkan kesempatan untuk mengaplikasikan teori yang dipelajari selama perkuliahan.
   b. Mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan teknis dalam analisis perawatan mesin.
   c. Mahasiswa memperoleh pemahaman lebih mendalam tentang tantangan nyata dalam operasional perusahaan.

## 1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan – batasan yang ada di penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian ini dilaksanakan di PT. Jaya Manggala Sakti Balikpapan pada bagian perbaikan BOP (*Blowout Preventer*).
2. Penelitian ini menggunakan data kerusakan dan data perbaikan mesin dari tahun 2017 sampai 2022.
3. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *Lathe Mashtroy.*
4. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenancei* dan *Age Replacement.*

## 1.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan yang terdapat pada penelitian ini, antara lain:

**BAB I** **PENDAHULUAN**

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

**BAB II** **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab Tinjauan Pustaka merupakan bab yang memuat teori-teori dasar yang relevan, seperti konsep *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan

metode *Age Replacement*. Selain itu, bab ini juga mengulas berbagai penelitian terdahulu yang mendukung metode dan pendekatan yang digunakan. Informasi ini memberikan landasan teoritis yang kuat bagi penelitian.

**BAB III** **METODE PENELITIAN**

Bab Metode Penelitian merupakan bab yang menguraikan langkah-langkah yang diambil untuk melaksanakan penelitian ini. Bab ini meliputi metode pengumpulan data, analisis data menggunakan RCM, dan penerapan *Age Replacement*. Penjelasan rinci mengenai *Functional Block Diagram*, FMEA, *Logic Tree Analysis*, serta perhitungan distribusi waktu kerusakan dan perbaikan juga disampaikan di sini.

**BAB IV** **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

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

**BAB V** **PEMBAHASAN**

Bab Pembahasan merupakan bab yang yang membahas mengenai hasil pengolahan data, hubungan temuan dengan tujuan penelitian, dan mengevaluasi efektivitas metode yang digunakan. Diskusi yang mendalam dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya.

**BAB VI** **PENUTUP**

Bab Penutup merupakan bab yang menyajikan kesimpulan dari seluruh penelitian dan memberikan saran yang dapat diimplementasikan di dunia industri atau menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut. Kesimpulan dirangkum berdasarkan analisis dan pembahasan, sementara saran disusun dengan memperhatikan tantangan dan peluang yang ada.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Kajian Literatur

Dibawah ini merupakan beberapa penelitian terdahulu yang membahas metode, permasalahan dan hasil yang memiliki kemiripan dengan penelitian ini:

Penelitian (Eriksen et al., 2021) menganalisis penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengidentifikasi tantangan reliabilitas dan kebutuhan perawatan pada kapal kargo tanpa awak. Studi ini menemukan bahwa kendala utama adalah terbatasnya kemampuan melakukan perawatan korektif selama perjalanan laut, sehingga meningkatkan risiko kegagalan sistem. Dengan memodifikasi metode RCM, penelitian ini mengusulkan analisis berbasis panjang perjalanan serta pemisahan perawatan preventif dan korektif untuk mengatasi masalah tersebut. Hasilnya, strategi perawatan yang lebih adaptif dan peningkatan desain sistem mesin dianggap krusial untuk mendukung keberhasilan operasi kapal tanpa awak.

Penelitian oleh (Iriani & Bachtiar, 2019) mengaplikasikan metode *Age Replacement* untuk menentukan interval penggantian komponen kritis mesin *jet dyeing* guna meminimalkan waktu henti dan menekan biaya perawatan. Dengan menggunakan kombinasi *Pareto Diagram* dan metode ini, penelitian menemukan bahwa komponen seperti bantalan utama harus diganti setiap 1549 jam operasi, menghasilkan pengurangan biaya sebesar 82%. Pendekatan ini membuktikan bahwa penggantian preventif yang terencana secara optimal dapat mengurangi downtime secara signifikan, sekaligus meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem produksi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Bangun et al., 2022) menganalisis jadwal perawatan preventif di Stasiun Pengisian Gas Alam Terkompresi (CNG) menggunakan metode *Age Replacement*. Fokus penelitian ini adalah mengidentifikasi komponen kritis seperti *Air Supply Hose* dan *Double Nipple Stage 4*, yang sering mengalami kerusakan dan menghambat distribusi gas alam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interval optimal penggantian *Air Supply Hose* adalah 20 hari dengan 19 kali penggantian per tahun, menghasilkan penghematan biaya sebesar 4,78%. Sedangkan untuk *Double Nipple Stage 4*, interval optimalnya adalah 24 hari dengan 16 kali penggantian per tahun, menghasilkan pengurangan biaya hingga 29,06%. Pendekatan ini menunjukkan bahwa penerapan metode *Age Replacement* dapat meningkatkan keandalan sistem sekaligus mengurangi biaya perawatan secara signifikan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Chi et al., 2020) menganalisis 345 kasus *recall* kendaraan penumpang yang dilaporkan ke *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) selama tahun 2011–2012, dengan fokus pada identifikasi jenis cacat dan komponen yang bermasalah. Metodologi yang digunakan meliputi analisis akar penyebab (*root cause analysis*), *diagram blok fungsional* (FBD), dan analisis kegagalan serta efeknya (FMEA). Cacat diklasifikasikan ke dalam kategori seperti cacat desain, cacat manufaktur, dan pelabelan yang salah, dengan subkategori lebih lanjut. Alat statistik seperti *Cramer's* V dan koefisien Phi digunakan untuk menentukan hubungan antara komponen dan jenis cacat, mengungkapkan pola signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat desain, termasuk masalah pemilihan material dan kegagalan perangkat lunak, meskipun jumlah kasusnya lebih sedikit, berdampak pada lebih banyak kendaraan. Sementara itu, cacat manufaktur lebih sering terjadi tetapi berdampak pada jumlah kendaraan yang lebih kecil. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan klasifikasi sistematis dan FMEA secara signifikan dapat membantu meningkatkan keselamatan kendaraan, mengurangi jumlah *recall*, dan berpotensi diterapkan di industri lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Islam et al., 2020), fokus menganalisis strategi *preventive maintenance* pada mesin generator di PT PLN Sektor Tello Makassar menggunakan metode *Fuzzy* FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan mesin, menentukan prioritas perawatan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), dan merancang tindakan perawatan yang efektif. Dari hasil analisis, komponen dengan nilai RPN tertinggi meliputi *Cylinder*, pipa pelumas CVS, jalur cepat pelumasan CVS, dan *Rocker Arm*, dengan nilai *Fuzzy* RPN sebesar 155,33. Kesimpulannya, metode *Fuzzy* FMEA dapat digunakan untuk mengoptimalkan perencanaan perawatan guna mencegah kerusakan mesin, menjaga keandalan suplai listrik, serta meminimalkan kerugian operasional yang disebabkan oleh *downtime* mesin.

Penelitian yang dilakukan oleh (Prihananto & Sahroni, 2023) berfokus pada peningkatan efisiensi proses pengencangan baut pada *slewing bearing* di industri perakitan alat berat. Dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA), penelitian ini mengidentifikasi faktor utama penyebab kegagalan proses yang menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahap aktivasi dan kalibrasi pompa vektor serta proses pengencangan baut memerlukan perbaikan prioritas karena nilai RPN yang tinggi, yakni di atas 125. Penerapan solusi seperti

penggunaan sistem *interlocking* berbasis *Manufacturing Execution System* (MES) dan struktur *manipulator arm* pada alat pengencang mampu menurunkan nilai RPN hingga 28. Kesimpulannya, integrasi pendekatan FMEA dan LTA secara signifikan dapat meningkatkan kualitas proses produksi dan efisiensi peralatan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Jiang et al., 2023) membahas pengembangan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dinamis untuk alat mesin CNC dalam operasionalnya. Fokus penelitian ini adalah memadukan data operasional dan perawatan secara *real-time* dengan analisis risiko kegagalan tradisional guna menghasilkan penilaian risiko yang lebih kuantitatif dan berjenjang. Metodologi yang diusulkan meliputi identifikasi risiko potensial, evaluasi kuantitatif risiko berdasarkan prioritas nomor risiko (RPN), dan strategi perawatan berbasis data untuk meningkatkan keandalan. Hasil studi kasus pada pusat pemesinan menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko kegagalan secara efektif, mengurangi ketergantungan pada pengalaman ahli, serta memperbaiki efisiensi operasional. Kesimpulannya, pendekatan FMEA berbasis data ini memberikan solusi komprehensif dalam pengelolaan risiko alat mesin CNC, khususnya pada pengurangan biaya perawatan dan peningkatan keandalan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Patil et al., 2022a) mengembangkan pendekatan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) untuk sistem *boiler* uap di industri tekstil. Fokus utama penelitian ini adalah mengintegrasikan analisis kualitatif dan kuantitatif guna menentukan interval pemeliharaan yang optimal serta strategi perawatan yang hemat biaya. Komponen kritis diidentifikasi melalui analisis keandalan dan FMECA, dan langkah-langkah preventif dirancang menggunakan diagram logika keputusan. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan ini meningkatkan keandalan boiler hingga 28,15% dan ketersediaan sebesar 0,16%, serta mampu menghemat biaya pemeliharaan tahunan hingga 20,32%. Kesimpulannya, penerapan RCM secara efektif memberikan manfaat signifikan dalam mengurangi biaya sekaligus meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional sistem.

Penelitian yang dilakukan oleh (Alrifaey et al., 2020a) mengembangkan model *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) hibrida untuk generator turbin gas di fasilitas pemrosesan minyak dan gas. Fokus penelitian ini adalah mengatasi kekurangan RCM tradisional dengan mengintegrasikan *Hybrid Linguistic Failure Mode and Effect Analysis* (HL-FMEA), *Co-Evolutionary Multi-Objective Particle Swarm Optimization* (CMPSO), *Analytic Network Process* (ANP), dan *Developed Maintenance Decision Tree* (DMDT). Studi kasus

menunjukkan bahwa pendekatan ini secara efektif mengidentifikasi prioritas risiko, mengoptimalkan kebijakan perawatan, dan meningkatkan keandalan hingga 96,23%, sambil mengurangi risiko ketidaktersediaan menjadi $1{,}31 \times 10^{-5}$ dan menekan biaya perawatan sebesar 38,7%. Model ini memberikan solusi yang lebih komprehensif untuk kebijakan perawatan di lingkungan berisiko tinggi, khususnya dalam industri minyak dan gas, dengan manfaat signifikan dalam efisiensi biaya dan peningkatan keandalan sistem.

Penelitian yang dilakukan oleh (Wibowo et al., 2021a) berfokus pada analisis perawatan optimal untuk komponen kritis pada mesin bubut CZ6232A di PT. TDE dengan menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode yang diterapkan mencakup analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi komponen dengan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu *bearing*, stator, dan rotor, yang menunjukkan perlunya strategi perawatan yang lebih tepat. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa dari tujuh tahap RCM, terdapat lima komponen yang memerlukan perawatan CD (*Corrective Maintenance*), dua komponen dengan perawatan FF (*Follow-up Maintenance*), dan satu komponen dengan tindakan TD (*Time-based Maintenance*). Kesimpulannya, penerapan RCM dapat meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi *downtime*, sehingga mendukung efisiensi operasional di perusahaan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Shafiee et al., 2019a) mengembangkan model terintegrasi *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk analisis risiko sistem teknik, dengan fokus pada sistem *Blowout Preventer* (BOP) yang beroperasi dalam kondisi ekstrem di lapangan minyak dan gas bawah laut. Metode yang digunakan melibatkan penghitungan minimal *cut sets* dari pohon kesalahan yang diberi bobot berdasarkan ukuran pentingnya *Birnbaum*, untuk merevisi *Risk Priority Numbers* (RPN) yang diperoleh dari teknik FMEA tradisional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan hibrida ini mengungkapkan perbedaan signifikan dalam peringkat risiko dibandingkan dengan metode analisis risiko klasik, terutama dalam mengidentifikasi komponen kritis seperti katup pembunuh dan saluran hidrolik. Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa integrasi FTA dan FMEA dapat meningkatkan efektivitas analisis risiko dan keandalan sistem, serta memberikan wawasan yang lebih baik dalam pengelolaan risiko di sistem yang kompleks.

Penelitian yang dilakukan oleh (Simanungkalit et al., 2023a) menganalisis penerapan sistem perawatan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada *Cement Mill* di PT Cemindo Gemilang Medan. Fokus penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi

komponen kritis yang menyebabkan *downtime* dan menurunkan efisiensi produksi, dengan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil analisis menunjukkan bahwa empat komponen utama, yaitu *mill bearing*, *mill diaphragm*, *mill fan*, dan *vibrating sensor*, memiliki tingkat risiko tinggi, dengan *mill fan* memiliki nilai *reliability rate* terendah sebesar 79,92%. Kesimpulan dari penelitian ini merekomendasikan tindakan perawatan yang meliputi pengecekan rutin, redesign untuk mengurangi kegagalan, dan pelatihan bagi tim pemeliharaan untuk meningkatkan keandalan sistem serta efisiensi produksi secara keseluruhan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Yuan et al., 2019) berfokus pada identifikasi *Maintenance Significant Items* (MSI) dalam sistem kontrol kereta menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode yang digunakan mencakup analisis dua tingkat, di mana tingkat pertama melibatkan pembuatan matriks *discernibility* untuk penyaringan awal, dan tingkat kedua menggunakan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) serta analisis risiko untuk menentukan MSI secara kuantitatif melalui *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan simulasi *Monte Carlo* (MCS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mengidentifikasi komponen kritis dalam sistem kontrol kereta, yang berkontribusi pada pengelolaan pemeliharaan yang lebih baik dan pengurangan biaya operasional. Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan pentingnya pendekatan sistematis dalam identifikasi MSI untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem kontrol kereta.

Penelitian yang dilakukan (Sajaradj et al., 2019) membahas penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dalam merancang sistem pemeliharaan di industri manufaktur. Fokus penelitian ini adalah untuk menentukan pendekatan pemeliharaan yang paling efektif dengan mempertimbangkan fungsi dan risiko kegagalan dari setiap komponen mesin. Metode yang digunakan meliputi analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan dan dampaknya, serta langkah-langkah sistematis dalam RCM untuk menentukan aktivitas pemeliharaan yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan RCM dapat meningkatkan keandalan sistem, mengurangi biaya pemeliharaan, dan meningkatkan keselamatan serta kualitas produk. Kesimpulannya, RCM tidak hanya berfokus pada pemeliharaan fisik tetapi juga pada fungsi sistem, sehingga mampu mengoptimalkan sumber daya pemeliharaan dan meningkatkan efisiensi operasional di industri manufaktur.

Penelitian yang dilakukan oleh (Junaedi & Aspiranti, 2022) menganalisis pemeliharaan mesin produksi panel surya di PT Len Industri dengan menggunakan metode MTBF, MTTF, dan MTTR untuk meminimalkan biaya pemeliharaan. Fokus penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas sistem pemeliharaan yang diterapkan dan menentukan biaya pemeliharaan yang optimal berdasarkan data perusahaan tahun 2021. Metode yang digunakan adalah studi kasus dengan pendekatan deskriptif kuantitatif, mengumpulkan data melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode *Breakdown* menghasilkan biaya pemeliharaan sebesar Rp 3.790.232 per periode, yang 0,35% lebih rendah dibandingkan dengan pemeliharaan *Preventive*, serta menunjukkan efisiensi sebesar 0,30% dibandingkan kebijakan perusahaan. Kesimpulannya, penerapan metode MTBF, MTTF, dan MTTR terbukti lebih efisien dalam meminimalkan biaya pemeliharaan mesin produksi di PT Len Industri.

Kesimpulan dari kajian ini menunjukkan bahwa penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan keandalan sistem dan efisiensi pemeliharaan. Metode RCM efektif dalam mengidentifikasi komponen kritis dan merancang strategi perawatan berbasis risiko, sementara *Age Replacement* membantu menentukan waktu optimal penggantian komponen guna menekan *downtime*. Kajian ini juga membahas pentingnya pemilihan metode yang sesuai dengan karakteristik sistem untuk mencapai keseimbangan antara keandalan mesin dalam kegiatan operasional.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

| **Penulis** | **Obyek** | | **Metode** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***Maintenance*** | **Mesin** | **FBD** | **FMEA** | **LTA** | **TS** | **MTTF** | **MTTR** |
| (Eriksen et al., 2021) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| (Iriani & Bachtiar, 2019) | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | ✓ |
| (Bangun et al., 2022) | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | ✓ |
| (Chi et al., 2020) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | |
| (Islam et al., 2020) | ✓ | ✓ | | ✓ | | | | |
| (Prihananto & Sahroni, 2023) | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ | |

| Penulis | Obyek | | Metode | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Maintenance* | Mesin | FBD | FMEA | LTA | TS | MTTF | MTTR |
| (Jiang et al., 2023) | ✓ | ✓ | | ✓ | | | | |
| (Patil et al., 2022b) | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| (Alrifaey et al., 2020b) | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| (Wibowo et al., 2021b) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| (Shafiee et al., 2019b) | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | | |
| (Simanungkalit et al., 2023b) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| (Yuan et al., 2019) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | |
| (Sajaradj et al., 2019) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | |
| (Junaedi & Aspiranti, 2022) | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | ✓ |
| (Penelitian ini, 2025) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Penelitian ini mengacu pada penelitian terdahulu yang berjudul "*Development of Optimized Maintenance Program for a Steam Boiler System Using Reliability-Centered Maintenance Approach*". Penelitian tersebut mengembangkan strategi pemeliharaan mesin boiler di industri tekstil menggunakan pendekatan RCM, namun masih terbatas karena hanya menambahkan perhitungan MTTF dan MTTR tanpa menggunakan integrasi *Age Replacement.* Sebagai pembeda, penelitian ini mengkombinasikan metode RCM dan *Age Replacement* untuk menyusun strategi perawatan dengan tahapan analisis komponen kritis menggunakan FBD, FMEA, LTA, dan *Task Selection* yang digabung dengan penentuan interval penggantian dan perawatan komponen berbasis distribusi kerusakan aktual. Dengan demikian, penelitian ini dapat dikatakan sebagai pengembangan lebih lanjut dari penelitian sebelumnya dengan fokus pada strategi perawatan berdasarkan komponen kritis dan interval waktu penggantian dan perawatan komponen.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan didefinisikan sebagai upaya menjaga kelangsungan fasilitas pabrik melalui kegiatan pemeliharaan, serta melakukan perbaikan, penyesuaian, atau penggantian yang diperlukan untuk memastikan proses operasi produksi berjalan sesuai dengan rencana. Tujuan ini dapat dicapai dengan meminimalkan hambatan atau gangguan sekecil mungkin, sehingga sistem mampu berfungsi secara optimal (Harnadi Bangun et al., 2019). Selain itu, perawatan merujuk pada aktivitas rutin yang berulang dan esensial guna mempertahankan kemampuan operasional peralatan. Aktivitas ini bertujuan memastikan bahwa peralatan dapat menjalankan fungsi yang dimaksudkan secara efektif dan efisien (Armanda et al., 2023).

### 2.2.2 Tujuan Perawatan

Berikut adalah beberapa tujuan utama dari kegiatan *maintenance*, antara lain:

1. Memastikan kapasitas produksi mampu memenuhi kebutuhan sesuai dengan perencanaan produksi yang telah ditetapkan.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang optimal agar sesuai dengan spesifikasi produk serta memastikan proses produksi berjalan lancar tanpa hambatan.
3. Meminimalkan penggunaan dan penyimpanan yang berlebihan, sekaligus mempertahankan nilai investasi perusahaan sesuai dengan kebijakan yang berlaku terkait jangka waktu investasi.
4. Mencapai pengelolaan biaya *maintenance* secara menyeluruh yang efektif dan efisien.
5. Menjamin keselamatan para pengguna yang memanfaatkan fasilitas atau peralatan terkait.
6. Mengoptimalkan ketersediaan seluruh perangkat dalam sistem produksi dengan cara meminimalkan *downtime*.
7. Memperpanjang usia pakai mesin atau peralatan yang digunakan (Nasution et al., 2021).

### 2.2.3 Jenis – Jenis Perawatan

Aktivitas pemeliharaan secara umum dibagi menjadi dua kategori, yaitu pemeliharaan terencana dan pemeliharaan tidak terencana.

1. Pemeliharaan Terencana

Pemeliharaan ini dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan masa depan, serta dilakukan pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah disusun sebelumnya. Pemeliharaan terencana meliputi dua jenis utama: *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* (Nauli Siregar et al., 2022).

a. *Preventive Maintenance*

*Preventive maintenance* adalah perencanaan yang mencakup inspeksi rutin, perawatan, dan menjaga fasilitas produksi agar tetap berfungsi dengan baik guna mencegah kerusakan di masa. Pemeliharaan pencegahan ini penting dilakukan, terutama untuk fasilitas produksi yang termasuk dalam kategori unit kritis (*critical unit*). Komponen kritis dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Kerusakan pada peralatan operasional dapat mengancam keselamatan pekerja.
- Kerusakan fasilitas atau peralatan memengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.
- Kerusakan peralatan menyebabkan gangguan pada seluruh proses produksi.
- Nilai investasi dalam fasilitas tersebut tergolong besar.

b. *Predictive Maintenance*

Pemeliharaan ini juga dikenal sebagai *condition maintenance*, yaitu sebuah metode yang dirancang untuk memperkirakan waktu yang tepat untuk melakukan pemeliharaan. Pendekatan ini menawarkan penghematan biaya dibandingkan dengan pemeliharaan pencegahan rutin yang dilakukan berdasarkan waktu tertentu.

2. Pemeliharaan Tidak Terencana

Jenis pemeliharaan ini dilakukan hanya ketika mesin atau peralatan mengalami kerusakan sehingga tidak dapat berfungsi lagi.

a. *Corrective Maintenance*

*Corrective maintenance* atau pemeliharaan korektif merupakan kegiatan perbaikan yang dilakukan ketika peralatan beroperasi tidak normal. Langkah-langkahnya mencakup identifikasi penyebab kerusakan, pengaturan ulang kontrol mesin, dan tindakan serupa lainnya. *Corrective maintenance* dilakukan saat mesin atau fasilitas produksi mengalami kegagalan atau kerusakan yang memerlukan perbaikan darurat.

### 2.2.4 *Downtime*

*Downtime* diartikan sebagai durasi ketika sebuah komponen dalam sistem tidak dapat digunakan karena berada dalam kondisi yang tidak layak, sehingga menyebabkan fungsi sistem tersebut berhenti beroperasi. Selain itu, *downtime* dapat dikatakan sebagai waktu yang terbuang akibat terhentinya proses produksi, yang umumnya disebabkan oleh kerusakan pada mesin. Oleh karena itu, perusahaan memiliki tujuan untuk meminimalkan *downtime* mesin agar proses produksi dapat berjalan secara optimal (Munawir et al., 2020).

### 2.2.5 *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Sejarah awal *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat ditelusuri pada tahun 1968, ketika *Federal Aviation Administration* (FAA) ingin mengembangkan pendekatan baru untuk program pemeliharaan awal pesawat *Boeing* 747. Konsep tersebut kemudian dikenal sebagai *Management Steering Group*-1 (MSG-1) dan diintegrasikan ke dalam rencana pemeliharaan Boeing. Pada tahun 1970, konsep ini disempurnakan oleh *Air Transport Association* menjadi MSG-2, yang diterapkan dalam pengembangan pesawat DC-10. Tujuan MSG-1 dan MSG-2 adalah merancang program pemeliharaan terjadwal yang memaksimalkan keselamatan dan keandalan dengan biaya minimal. Penerapan konsep ini pada DC-10 menghasilkan pengurangan signifikan dalam jumlah komponen yang memerlukan pemeliharaan dibandingkan pesawat DC-8 yang menggunakan pendekatan tradisional (Brauer & Brauer, 1987).

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan metode yang mengintegrasikan beberapa pendekatan seperti *preventive maintenance*, *predictive maintenance* (PdM), *real-time monitoring* (RTM), *run-to-failure* (RTF), dan *proactive maintenance* untuk meningkatkan kemampuan komponen atau mesin agar dapat berfungsi sesuai dengan perencanaa. Metode ini bertujuan memilih langkah pemeliharaan preventif yang paling tepat dan dilakukan pada waktu yang optimal sehingga dapat menghemat biaya perawatan. RCM berfokus pada pengurangan biaya perawatan melalui pemeliharaan komponen-komponen kritis dari suatu peralatan.

Perbedaan utama antara RCM I dan RCM II terletak pada fokus utama permasalahan yang ingin diselesaikan. RCM I berorientasi pada pencegahan terjadinya kegagalan yang sering terjadi, sementara RCM II menitikberatkan pada dampak yang diakibatkan oleh mode kegagalan tertentu. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan untuk lebih optimal dalam menyusun jadwal perawatan, meningkatkan keandalan mesin, serta meminimalisasi waktu

henti yang mengganggu kelancaran proses produksi. Dalam perkembangannya, RCM II menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dibandingkan dengan pendahulunya. RCM II tidak hanya berfokus pada pencegahan kegagalan tetapi juga mengevaluasi dan menilai konsekuensi dari setiap kegagalan yang mungkin terjadi serta perhitungan biaya yang di butuhkan. Dengan demikian, perusahaan dapat menentukan langkah-langkah perawatan yang lebih tepat sasaran dan efisien, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan keandalan operasional dan pengurangan biaya perawatan jangka panjang (Saputra et al., 2024).

Menurut Moubray (1997), RCM terdiri dari tujuh tahap, yaitu pemilihan sistem dan pengumpulan informasi, penetapan batasan sistem, deskripsi sistem dan *functional block diagram*, penentuan fungsi sistem dan kegagalan fungsional, *failure mode and effect analysis* (FMEA), *logic tree analysis* (LTA), serta pemilihan tugas (*task selection*). Tahap pemilihan sistem dan pengumpulan informasi dilakukan berdasarkan sistem yang memiliki kontribusi terbesar terhadap kegagalan, biaya *corrective maintenance* dan *preventive maintenance* yang tinggi, serta sistem yang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan dan keselamatan. Analisis RCM biasanya menggunakan *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID) dari suatu peralatan. Batasan sistem dalam RCM menentukan parameter yang akan diinput ke dalam sistem. Kriteria pemilihan ini bertujuan untuk memahami fungsi sistem secara rinci, sehingga memastikan analisis sistem dapat dilakukan dengan lebih akurat (Hakim, 2019).

### 2.2.6 *Functional Block Diagram* (FBD)

Metode *Function Block Diagram* (FBD) merupakan cara visual yang menjelaskan bagaimana suatu sistem bekerja dan bagaimana tiap bagiannya saling berhubungan. Dalam metode ini, sistem digambarkan lewat blok - blok yang saling terhubung dimana masing - masing blok punya tugas atau fungsi tersendiri yang bersama-sama menunjukkan cara kerja keseluruhan sistem (Berri et al., 2024).

### 2.2.7 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA adalah sebuah metode evaluasi kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari sebuah sistem, desain, proses atau servis untuk dibuat langkah penanganannya. Dalam FMEA, setiap kemungkinan kegagalan yang terjadi dikuantifikasi untuk dibuat prioritas penanganan. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat juga dikatakan merupakan suatu model sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah suatu permasalahan yang ada di suatu sistem (Andiyanto

et al., 2022). Penggunaan FMEA dilakukan dengan proses diskusi dari divisi yang berbeda pada perusahaan untuk menganalisis penyebab kegagalan terhadap komponen dan subsistem pada suatu proses atau produk. FMEA menggunakan kriteria-kriteria kemungkinan kejadian (*occurrence*), deteksi (*detection*), dan tingkat kerusakan (*severity*) untuk menentukan *risk priority numbers* (RPN) agar nantinya digunakan untuk menentukan aksi dari risiko yang diprioritaskan. Dalam penelitian ini, FMEA digunakan untuk menentukan komponen mana pada mesin yang paling sering mengalami kegagalan serta mengetahui pengaruhnya dalam proses produksi (Suherman & Cahyana, 2019). Berikutt merupakan contoh tabel FMEA:

Tabel 2. 2 Tabel FMEA

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

Berdasarkan tabel tersebut, terdapat kolom equipment yang berarti komponen pada mesin, kolom *function* yang berarti fungsi dari mesin, kolom *failure mode* yang berarti kegagalan yang terjadi pada komponen, kolom *failure cause* yang berarti penyebab mode kegagalan pada komponen, kolom *effect of failure*, yang berarti dampak dari kegagalan komponen, serta SOD yang berarti *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*. Berikut ini merupakan komponen yang terdapat pada RPN:

a. *Severity* (S)

   *Severity* dalam FMEA adalah menghitung seberapa besar dampak kejadian yang mempengaruhi hasil yang di rating dari skala 1 sampai 10, yang mana rating 10 merupakan dampak terburuk. Berikut merupakan penentuan terhadapat rating berdasarkan tabel dibawah ini:

Tabel 2. 3 Kriteria *Severity*

| *Effect* | *Rating* | *Severity of Effect for FMEA* | *Impact* |
|---|---|---|---|
| Tidak ada | 1 | Tidak berpengaruh pada proses produksi, perlu penyesuaian | Proses dapat Dikendalikan |
| Sangat Minor | 2 | Dampak yang ditimbulkan sangat kecil dan mesin tetap dapat beroperasi. Masalah hanya diketahui oleh operator yang berpengalaman | Proses dapat dikendalikan, membutuhkan sedikit penyesuaian |
| Minor | 3 | Dampak yang ditimbulkan sangat kecil dan mesin tetap dapat beroperasi. | Proses tidak dapat dikendalikan, membutuhkan |

| *Effect* | *Rating* | *Severity of Effect for FMEA* | *Impact* |
|---|---|---|---|
| | | Masalah dapat diketahui oleh semua operator | beberapa penyesuaian |
| Sangat Rendah | 4 | Dampak yang ditimbulkan cukup berpengaruh pada proses produksi dan mesin tetap dapat beroperasi. Operator yang kurang puas akibat kinerja mesin yang berkurang | Kurang dari 30 menit *downtime* atau tidak kehilangan waktu produksi |
| Rendah | 5 | Dampak yang ditimbulkan cukup berpengaruh pada proses produksi dan mesin tetap dapat beroperasi. Operator yang kurang puas akibat kinerja mesin yang berkurang | 30 – 60 menit *downtime* |
| Sedang | 6 | Dampak yang ditimbulkan cukup berpengaruh pada proses produksi dan mesin tetap dapat beroperasi. Operator yang sangat tidak puas akibat kinerja mesin yang berkurang | 1 – 2 jam *downtime* |
| Tinggi | 7 | Dampak yang ditimbulkan cukup berpengaruh pada proses produksi dan mesin tidak dapat dioperasikan secara penuh. Operator yang sangat tidak puas akibat kinerja mesin yang berkurang | 2 – 4 jam *downtime* |
| Sangat Tinggi | 8 | Dampak yang ditimbulkan sangat berpengaruh pada proses produksi dan mesin tidak beroperasi. | 4 – 8 jam *downtime* |
| Ekstrem | 9 | Dampak yang ditimbulkan sangat berpengaruh pada proses produksi dan mesin tidak beroperas serta tidak memenuhi standar keselamatan kerja | > 8 jam *downtime* |
| Berbahaya | 10 | Dampak yang ditimbulkan sangat berpengaruh karena dapat menimbulkan kecelakaan kerja secara tiba - tiba | > 8 jam *downtime* |

b. *Occurance* (O)

*Occurance* merupakan perkiraan mengenai probabilitas atau peluang terjadinya suatu penyebab yang menyebabkan kegagalan. Berikut merupakan penentuan nilai occurance berdasarkan tabel dibawah ini:

Tabel 2. 4 Kriteria *Occurance*

| *Rating* | Kejadian | Kriteria | Tingkat Kerusakan |
|---|---|---|---|
| 1 | Hampir tidak pernah | Kerusakan hampir tidak pernah terjadi | > 10.000 jam operasi |
| 2 | *Remote* | Kerusakan mesin sangat jarang terjadi | 6.001 – 10.000 jam operasi |
| 3 | Sangat Sedikit | Kerusakan mesin jarang terjadi | 3.001 – 6.000 jam operasi |
| 4 | Sedikit | Kerusakan mesin sedikit terjadi | 2.001 – 3.000 jam operasi |
| 5 | Rendah | Kerusakan mesin terjadi dengan tingkat yang rendah | 1.001 – 2.000 jam operasi |
| 6 | Medium | Kerusakan mesin terjadi dengan tingat yang medium | 401 – 1.000 jam operasi |
| 7 | Agak Tinggi | Kerusakan mesin terjadi pada tingkat yang lumayan tinggi | 101 – 400 jam operasi |
| 8 | Tinggi | Kerusakan mesin terjadi pada tingkat yang tinggi | 11 - 100jam operasi |
| 9 | Sangat Tinggi | Kerusakan mesin terjadi pada tingkat yang sangat tinggi | 2 - 10 jam operasi |
| 10 | Hampir selalu terjadi | Kerusakan mesin selalu terjadi | Kurang dari jam operasi |

c. *Detection* (D)

*Detection* mengukur kemampuan pengendalian dalam mendeteksi dan menangani kegagalan. Penilaian tingkat deteksi juga dilakukan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2. 5 Kriteria *Detection*

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

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

### 2.2.8 *Logic Tree Analysis* (LTA)

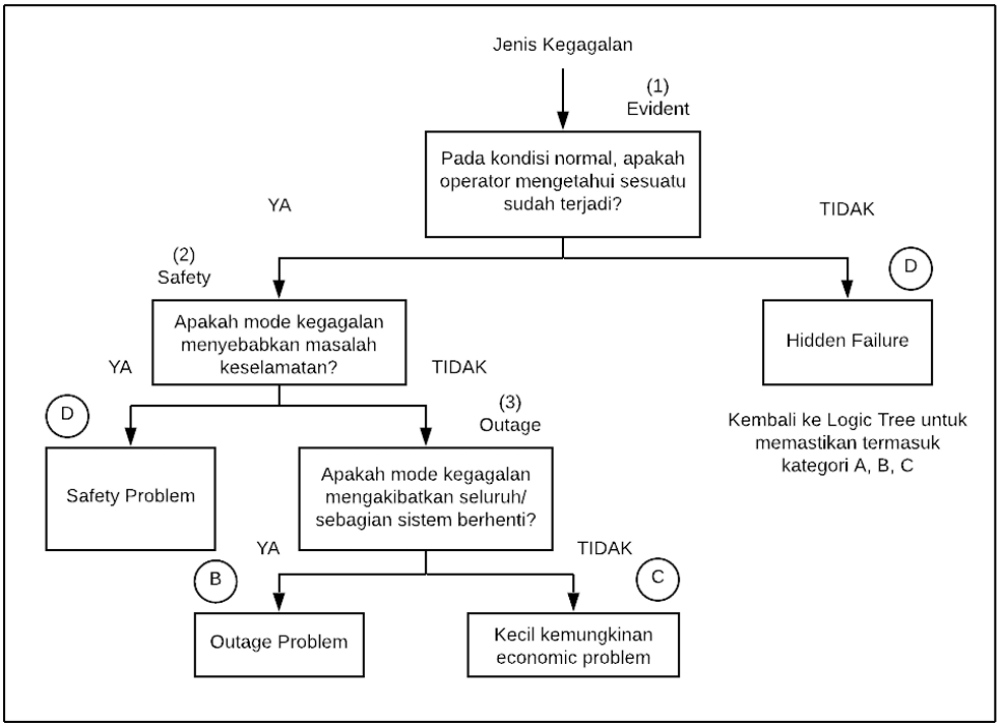
*Logic Tree Analysis* (LTA) bertujuan untuk menentukan prioritas pada setiap mode kerusakan serta meninjau fungsi dan kegagalan fungsi yang terjadi. Prioritas suatu mode kerusakan dapat diperoleh dengan menjawab serangkaian pertanyaan yang telah dirancang dalam analisis LTA ini. LTA memuat informasi mengenai nomor dan nama kegagalan fungsi, nomor dan mode kerusakan, analisis tingkat kekritisan, serta keterangan tambahan yang relevan (Husamuddin et al., 2020). Analisis tingkat kekritisan ini mengelompokkan setiap mode kerusakan ke dalam salah satu dari empat kategori. Empat aspek utama yang menjadi fokus dalam analisis kekritisan meliputi:

a. *Evident*: Apakah operator dapat mendeteksi adanya gangguan dalam sistem saat kondisi operasi normal?
b. *Safety*: Apakah mode kerusakan ini berpotensi menimbulkan masalah keselamatan?

c. *Outage*: Apakah kerusakan ini menyebabkan mesin berhenti beroperasi?

d. *Category*: Kategori yang ditentukan berdasarkan jawaban dari pertanyaan-pertanyaan sebelumnya. Dalam tahap ini, komponen diklasifikasikan ke dalam empat kategori utama, yaitu:

1. Kategori A (*Safety Problem*): Kerusakan yang berdampak pada keselamatan pengguna atau lingkungan kerja.
2. Kategori B (*Outage Problem*): Kerusakan yang menyebabkan sistem atau mesin berhenti bekerja.
3. Kategori C (*Economic Problem*): Kerusakan yang berdampak pada kerugian finansial atau biaya operasional tambahan.
4. Kategori D (*Hidden Failure*): Kerusakan yang tidak terdeteksi secara langsung, namun tetap memengaruhi kinerja sistem.




Gambar 2. 1 Kategori LTA

### 2.2.9 *Task Selection* (TS)

Tahap terakhir dalam proses analisis RCM adalah pemilihan tindakan. Pada tahap ini, untuk setiap mode kerusakan disusun daftar alternatif tindakan yang mungkin dilakukan, kemudian dipilih tindakan yang dianggap paling efektif (Supriyadi et al., 2018). Proses pemilihan tindakan ini dapat dilakukan melalui empat pendekatan berikut:

1. *Time Directed* (TD)

   Pendekatan ini melibatkan tindakan pencegahan yang secara langsung ditujukan pada sumber kerusakan peralatan, dengan dasar waktu atau usia pemakaian komponen.

2. *Condition Directed* (CD)

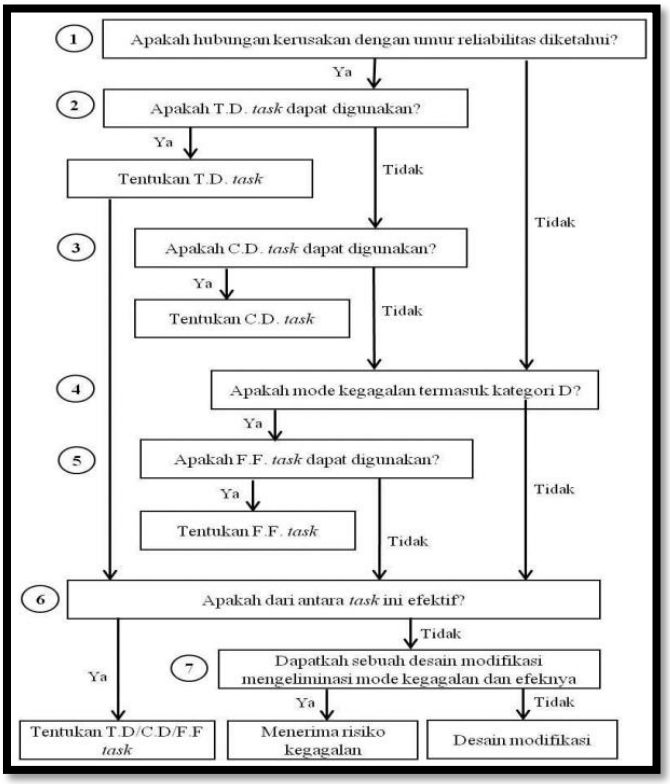
   Pendekatan ini bertujuan untuk mendeteksi potensi kerusakan melalui pemeriksaan alat. Jika ditemukan tanda-tanda awal kerusakan selama pemeriksaan, tindakan perbaikan atau penggantian komponen segera dilakukan.

3. *Failure Finding* (FF)

   Metode ini berfokus pada identifikasi kerusakan tersembunyi melalui pemeriksaan berkala. Pendekatan ini dirancang untuk menemukan kegagalan yang tidak tampak secara langsung.

4. *Run to Failure* (RTF)

   Pada metode ini, peralatan digunakan hingga mencapai titik kerusakan total. Pendekatan ini dipilih ketika tindakan pencegahan tidak dianggap ekonomis atau tidak memungkinkan.




Gambar 2. 2 Kategori TS

### 2.2.10 Fungsi Keandalan

Keandalan (*reliability*) diartikan sebagai peluang statistik suatu sistem atau komponen untuk dapat melaksanakan tugas atau fungsi yang telah ditentukan dalam kondisi operasional tertentu selama jangka waktu yang telah ditetapkan (Nurcahyo et al., 2017). Keandalan umumnya direpresentasikan melalui konsep probabilitas dengan memanfaatkan fungsi keandalan (*reliability function*). Fungsi keandalan dapat didefinisikan dalam rumus berikut:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad \ldots(2.1)$$

Dimana:

f(t) = Fungsi kegagalan

R(t) = keandalan pada waktu t

F(t) = Fungsi distribusi kumulatif

### 2.2.11 Laju Kerusakan

Berdasarkan Ebeling (1997), laju kegagalan didefinisikan sebagai jumlah kegagalan yang terjadi dalam setiap satuan waktu tertentu. laju kegagalan ini dapat dijelaskan sebagai rasio antara jumlah kegagalan yang terjadi selama suatu periode waktu tertentu dengan total waktu operasi dari komponen, subsistem, atau sistem tersebut (Mustofa, 2014).

### 2.2.12 Distribusi

Terdapat 4 jenis distribusi dalam mengidentifikasi pola data yang terbentuk, antara lain distribusi normal, lognormal, *weibull,* eksponensial.

1. Distribusi Normal

   Distribusi normal, yang sering dikenal sebagai distribusi Gaussian, adalah salah satu pola distribusi yang paling lazim digunakan untuk merepresentasikan penyebaran data. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*) dari distribusi ini menunjukkan sifat simetris terhadap rata-rata (*mean*). Penyimpangan dari nilai rata-rata dalam distribusi normal diukur menggunakan parameter standar deviasi (Sunaryo et al., 2021). Dengan demikian, dua parameter utama dalam distribusi ini adalah *mean* dan standar deviasi. Berikut merupakan fungsinya:

   $$x_i = In, y_i = \emptyset^{-1}[F(ti)] \quad \ldots(2.2)$$

2. Distribusi Lognormal

Ketika variabel acak T (yang biasanya mewakili waktu kegagalan) mengikuti distribusi lognormal, maka logaritma dari variabel T tersebut memiliki distribusi normal. Berikut merupakan fungsinya:

$$x_i = In\ t_i, y_i = \emptyset^{-1}[F(ti)] \quad \ldots(2.\ 3)$$

3. Distribusi *Weibull*

   Distribusi Weibull sering digunakan untuk menganalisis data kerusakan karena mampu menggambarkan tiga tahap kerusakan: awal (*early failure*), normal, dan keausan (*wear-out*), bergantung pada parameter bentuknya (β). Distribusi ini menunjukkan laju kerusakan yang menurun saat β < 1, stabil ketika β = 1, dan meningkat pada β > 1, mencerminkan perubahan tingkat keandalan dalam setiap tahap operasional. Berikut merupakan fungsinya:

$$x_i = In\ t_i, y_i = In\ (\ln \frac{1}{1 - F(ti)}) \quad \ldots(2.\ 4)$$

4. Distribusi Eksponensial

   Distribusi eksponensial adalah model yang sering digunakan untuk merepresentasikan waktu antara kejadian-kejadian yang bersifat acak, khususnya dalam sistem atau proses yang memiliki tingkat kegagalan konstan sepanjang waktu. Distribusi ini memiliki sifat memori-lupa (*memoryless*), yang berarti peluang suatu kejadian tidak dipengaruhi oleh kejadian sebelumnya. Parameter utama dari distribusi ini adalah *rate parameter* λ, yang menentukan seberapa cepat kejadian terjadi dalam waktu tertentu. Berikut merupakan fungsinya:

$$x_i = t_i, y_i = In\ (\frac{1}{1 - F(ti)}) \quad \ldots(2.\ 5)$$

### 2.2.13 Uji *Goodness of Fit*

*Goodness of fit* adalah metode statistik yang dirancang untuk menguji sejauh mana suatu kumpulan data yang diperoleh dapat dianggap sebagai sampel yang berasal dari distribusi tertentu (Pandi et al., 2014). Metode ini berguna dalam berbagai konteks penelitian, terutama dalam pengujian kecocokan model terhadap data aktual. Terdapat tiga jenis utama uji *goodness of fit*, yaitu:

1. Uji *Bartllet* untuk uji Distribusi Eksponensial

Metode ini digunakan untuk memastikan data kerusakan memenuhi syarat distribusi eksponensial sebelum dilakukan analisis keandalan (Munaji et al., 2017). Berikut merupakan hipotesis yang digunakan:

H0 = Distribusi waktu kegagalan merupakan eksponensial.

H1 = Distribusi waktu kegagalan bukan bersifat eksponensial.

Uji statistik:

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

Dimana:

*r* : jumlah kerusakan

*B* : nilai uji

*ti* : data waktu kerusakan

H0 diterima apabila nilai B berada dalam wilayah kritis.

$$\mathrm{X}^2\left(1 - \frac{\alpha}{2x} - 1\right) < B < X^2\left(\frac{\alpha}{2}x - 1\right) \quad \ldots(2.\ 7)$$

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

Uji ini digunakan untuk data yang berjumlah kecil maupun besar serta bersifat kontinu. Uji ini mengukur tingkat deviasi maksimum antara distribusi kumulatif data sampel dengan distribusi teoretis yang dihipotesiskan, sehingga cocok untuk berbagai situasi, termasuk saat ukuran sampel terbatas. Berikut merupakan hipotesis yang digunakan:

H0 = data mengikuti model distribusi tertentu.

H1 = data tidak mengikuti model distribusi tertentu.

Uji statistik:

$$D+ = max\left\{\frac{i}{N} - R_{(i)}\right\}; 1 \le i \le N \quad \ldots(2.\ 8)$$

$$D- = max\left\{R_{(i)} - \frac{i-1}{N}\right\}; 1 \le i \le N \quad \ldots(2.\ 9)$$

Dimana:

*D+* : Perbedaan maksimum antara distribusi kumulatif empiris dan teoritis.

*D-* : Perbedaan maksimum untuk arah negatif.

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

*n* : Jumlah total data.

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

   uji *Mann* digunakan untuk menguji hipotesis bahwa data kerusakan mesin mengikuti distribusi *Weibull*. Uji ini memiliki peran penting dalam memastikan bahwa data yang dianalisis sesuai dengan asumsi distribusi yang digunakan, dalam hal ini distribusi *Weibull*, sebelum melanjutkan ke proses analisis reliabilitas atau estimasi parameter dengan metode seperti Bayes (Aini et al., 2019). Berikut merupakan hipotesis yang digunakan:

   H0 = Data waktu berdistribusi.

   H1 = Data waktu tidak berdistribusi.

   Uji statistik:

$$M = \frac{K1\Sigma_{i=K1-1}^{n-1} \frac{[In\ ti + 1 - In\ ti]}{Mi}}{K2\Sigma_{i=1}^{K2} \frac{[In\ ti + 1 - In\ ti]}{Mi}} \quad \ldots(2.\ 10)$$

   Dimana:

   *ti* : Data waktu kerusakan ke-i.

   $M_i$ : Parameter estimasi untuk waktu ke-i.

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

   *n* : Jumlah total data waktu kerusakan.

   $k_1, k_2$ : Indeks batas bawah dan atas untuk segmen data tertentu.

### 2.2.14 Estimasi Parameter

Estimasi parameter merupakan upaya untuk memperkirakan nilai-nilai parameter populasi berdasarkan data atau sampel yang diperoleh dari populasi tersebut (Gilang Alamsyah & Widiasih, 2023). Karena parameter populasi umumnya tidak diketahui, maka dilakukan pendugaan terhadap parameter tersebut dengan memanfaatkan data sampel (Unaijah & Darwis, 2022). Salah satu metode yang digunakan untuk melakukan estimasi ini adalah *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Berikut merupakan estimasi parameter dari setiap distribus, antara lain:

1. Distribusi Normal

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

   - *Mean*

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} ti \quad \ldots(2.\ 11)$$

- Standar deviasi

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(ti - \hat{\mu})^2} \quad \ldots(2.\ 12)$$

Dimana:

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

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

*ti* : Nilai individu dari data ke-i.

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

2. Distribusi Lognormal

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

- mean logaritmik

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} ln\ (ti)}{n} \quad \ldots(2.\ 13)$$

- standar deviasi logaritmik

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[ln(ti) - \mu^2]}{n}} \quad \ldots(2.\ 14)$$

Dimana:

μ : Estimasi mean logaritmik

*n* : Jumlah data

*ti* : Logaritma dari variabel pada pengamatan ke-i.

s : Standar deviasi

3. Distribusi *Weibull*

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

- *shape parameter*

$$\beta = \frac{n\sum_{i=1}^{n} tiyi - (\sum_{i=1}^{n} ti)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{n\sum_{i=1}^{n} ti^2 - (\sum_{i=1\ ti}^{n})^2} \quad \ldots(2.\ 15)$$

- *scale parameter*

$$\alpha = \bar{y} - b\bar{x} \quad \ldots(2.\ 16)$$

$$0 = \mathrm{e} - \frac{a}{b} \quad \ldots(2.\ 17)$$

Dimana:

$n$ : Jumlah data atau pengamatan.

$ti$ : Nilai dari variabel independen ke-i.

$yi$ : Nilai dari variabel dependen ke-i.

$\alpha$ : Konstanta

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

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

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

4. Distribusi Eksponensial

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

   - *Rate*

$$\lambda = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} ti} \quad \ldots(2.\ 18)$$

Dimana:

λ : Parameter laju dari distribusi eksponensial

$n$ : Jumlah data atau pengamatan.

### 2.2.15 *Mean Time to Failure* (MTTF)

MTTF adalah perkiraan waktu rata-rata sebuah mesin atau sistem akan bekerja dengan baik sebelum mengalami kerusakan. Dengan kata lain, ini adalah umur pakai rata-rata suatu perangkat sebelum harus diganti (Abdullah et al., 2016). Berikut merupakan fungsi rumus MTTF untuk masing – masing distribusi:

1. Distribusi Normal

$$\mathrm{MTTF} = \mu \quad \ldots(2.\ 19)$$

2. Distribusi Lognormal

$$\mathrm{MTTF} = t_{med}\, e\, \frac{s^2}{2} \quad \ldots(2.\ 20)$$

3. Distribusi *Weibull*

$$\mathrm{MTTF} = \theta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad \ldots(2.\ 21)$$

4. Distribusi Eksponensial

$$\text{MTTF} = \frac{1}{\lambda} \quad \ldots(2.\ 22)$$

### 2.2.16 *Mean Time to Repair* (MTTR)

MTTR adalah perkiraan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu mesin atau sistem setelah mengalami kerusakan. Ini mencakup waktu yang diperlukan untuk mendiagnosis masalah, mencari suku cadang, dan melakukan perbaikan. Berikut merupakan fungsi rumus MTTF untuk masing – masing distribusi:

1. Distribusi Normal

$$\text{MTTR} = \mu \quad \ldots(2.\ 23)$$

2. Distribusi Lognormal

$$\text{MTTR} = t_{med}\ e^{\frac{s^2}{2}} \quad \ldots(2.\ 24)$$

3. Distribusi *Weibull*

$$\text{MTTR} = \theta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right. \quad \ldots(2.\ 25)$$

4. Distribusi Eksponensial

$$\text{MTTR} = \frac{1}{\lambda} \quad \ldots(2.\ 26)$$

### 2.2.17 *Age Replacement*

*Age Replacement* adalah sebuah pendekatan penggantian komponen yang menetapkan interval waktu berdasarkan usia pakai dari komponen tersebut. Strategi ini dirancang untuk mencegah terjadinya penggantian komponen yang baru saja dipasang dalam waktu singkat. Jika terjadi kerusakan sebelum mencapai batas waktu yang telah direncanakan, maka komponen tersebut akan diganti saat mencapai usia optimalnya. Proses ini dilakukan dengan menghitung ulang tanggal penggantian komponen dengan menggunakan simulasi waktu tergantung batas maksimum umur komponen (Suryani et al., 2023).

Menurut (Barlow & Proschan, 1965), nilai optimal dari *tp* pada metode *age replacement* dicari dengan meminimalkan fungsi biaya rata-rata D(tp) dalam domain tak terbatas. Namun dalam praktiknya, pencarian dilakukan dalam rentang waktu terbatas karena keterbatasan data dan pertimbangan efisiensi pengolahan . Ada beberapa langkah metode *age replacement*, antara lain:

1. Mengidentifikasi komponen esensial pada mesin utama melalui analisis data kerusakan menggunakan diagram Pareto untuk menentukan prioritas komponen kritis.
2. Melakukan penghitungan dan evaluasi mendalam terhadap data kerusakan, termasuk menghitung *Time to Failure* (TTF) dengan mengukur jeda waktu antara penyelesaian kerusakan sebelumnya dengan awal kerusakan berikutnya, serta *Time to Repair* (TTR) dengan menghitung durasi perbaikan, yaitu selisih antara waktu mulai perbaikan hingga selesai.
3. Menganalisis *Index of Fit*, estimasi parameter, *Goodness of Fit*, serta menghitung nilai rata-rata waktu sebelum kerusakan (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan (MTTR).
4. Menentukan jadwal interval penggantian preventif dan inspeksi untuk komponen kritis guna mencegah kerusakan tidak terduga.
5. Menghitung jadwal interval pergantian komponen akibat kerusakan, frekuensi inspeksi, dan tingkat ketersediaan mesin secara optimal.

Menurut Prawiro (2017), terdapat formulasi perhitungan metode *Age Replacement* yaitu:

$$\mathrm{D(tp)} = \frac{\{TpR\ (tp) + Tf\ (1 - R(tp)\}}{\{(tp\ +\ Tp)R(tp)\ +\ M(tp)\ +\ Tf[1\ -\ R(tp)]\}} \qquad \ldots(2.\ 27)$$

Dimana:

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

tp = Waktu operasi sejak sistem mulai beroperasi.

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

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

R(tp) = Fungsi keandalan pada waktu tp.

M(tp) = Fungsi pemeliharaan pada waktu tp.

### 2.2.18 Interval Waktu Pemeriksaan

Penjadwalan pemeliharaan adalah proses alokasi sumber daya dan tenaga kerja untuk menyelesaikan pekerjaan dalam jangka waktu yang telah ditentukan (Gilang Alamsyah & Widiasih, 2023). Proses ini penting untuk memastikan ketersediaan tenaga kerja, suku cadang, dan bahan yang diperlukan sebelum tugas pemeliharaan dapat dilaksanakan. Pemeriksaan rutin sangat penting untuk mengurangi tingkat kerusakan, mempertahankan kinerja mesin, dan meminimalkan waktu henti yang disebabkan oleh kerusakan mendadak pada komponen, yang

dapat menyebabkan lonjakan biaya yang signifikan (Fernando et al., 2021). Berikut merupakan rumus interval waktu pemeriksaan, antara lain:

1. Waktu rata – rata perbaikan

$$\mathrm{Tf} = \frac{1}{\mu} \qquad \ldots(2.\ 28)$$

Dimana:

Tf : Waktu rata-rata perbaikan.

$\mu$ : Tingkat kecepatan perbaikan.

2. Waktu rata – rata pemeriksaan

$$\mathrm{Ti} = \frac{1}{i} \qquad \ldots(2.\ 29)$$

Dimana:

Ti : Waktu rata-rata antara dua pemeriksaan.

$i$ : Frekuensi pemeriksaan (*inspection frequency*).

3. Rata – rata kerusakan

$$\mathrm{K} = \frac{Frekuensi\ jumlah\ kerusakan}{Periode\ terjadinya\ kerusakan} \qquad \ldots(2.\ 30)$$

Dimana:

K : Tingkat kerusakan

4. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$\mathrm{n} = \sqrt{\frac{k.\,i}{\mu}} \qquad \ldots(2.\ 31)$$

Dimana:

$n$ : Frekuensi optimal untuk pemeriksaan.

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

$i$ : Frekuensi pemeriksaan (*inspection frequency*).

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

# BAB III
# METODE PENELITIAN

## 3.1 Obyek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Jaya Manggala Sakti yang bergerak di bidang reparasi BOP dan *Valve*. Obyek penelitian yang diteliti pada penelitian ini ialah mesin *Lathe* merek *Mashtroy* dengan nomor seri J-043/JJ beserta komponennya. PT. Jaya Manggala Sakti Balikpapan berada di Jl. Pulau Balang-KM. 13, Kelurahan Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara, Kalimantan Timur, Indonesia.

## 3.2 Metode Pengumpulan Data

Tahap metode pengumpulan data merupakan tahap yang mengumpulkan data – data yang akan dibutuhkan dengan permasalahan yang terjadi. Penelitian ini membutuhkan data yang akurat agar dapat mencapai tujuan penelitian yang sesuai. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder, yang mana data primer merupakan data yang didapat melalui observasi dan wawancara dengan operator kerja. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapat melalui catatan dari perusahaan. Berikut merupakan penjelasan mengenai kedua jenis data terebut:

### 3.2.1 Data Primer

Data Primer diperoleh berdasarkan obyek yang diteliti dan dengan menanyakan kepada sumber yang memberikan informasi. Berikut merupakan metode yang digunakan dalam pengumpulan data primer, antara lain:

a. Wawancara

   Data dikumpulkan melalui wawancara langsung dengan ahli atau *expert* di bidang perawatan (*maintenance*) dan operator yang menggunakan mesin *Lathe Elliot*. Tujuan wawancara adalah untuk mendapatkan informasi terkait kondisi aktual mesin, prosedur perawatan, serta masalah yang sering dihadapi dalam operasional mesin.

b. Observasi

Observasi dilakukan secara langsung di lapangan untuk melihat kondisi fisik mesin dan mengidentifikasi komponen yang sering mengalami kerusakan. Langkah ini dilakukan untuk mendapatkan data mengenai kinerja mesin dan kondisi nyata di tempat penelitian.

### 3.2.2 Data Sekunder

Data Sekunder diperoleh berdasarkan dokumen perusahaan yang terkait dengan manajemen perawatan pada mesin. Berikut merupakan data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini, antara lain:

a. Data mesin
b. Data komponen mesin
c. Data FMEA
d. Data kerusakan
e. Data perbaikan
f. Data frekuensi dan waktu kegagalan
g. Data frekuensi dan waktu kegagalan
h. Data rata – rata waktu antara kegagalan komponen
i. Data waktu rata- rata yang diperlukan untuk memperbaiki komponen
j. Data distribusi kegagalan

## 3.3 Pengolahan Data

Berikut merupakan metode pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini, antara lain:

1. *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

   Metode ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem mendapatkan jenis dan frekuensi perawatan yang sesuai berdasarkan pentingnya fungsi dan konsekuensi kegagalan. Pengolahan data yang digunakan untuk menentukan komponen kritis dapat ditentukan berdasarkan metode di bawah ini, antara lain:

   a. *Functional Block Diagram* (FBD)

      Diagram ini digunakan untuk mengilustrasikan hubungan fungsional antar komponen dalam suatu sistem seperti mesin dan membantu dalam mengidentifikasi area kritis yang memerlukan perhatian lebih.

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

Analisis ini berfungsi untuk mengenali mode kegagalan potensial dan dampaknya terhadap sistem yang memungkinkan pengembangan dalam strategi mitigasi yang tepat.

c. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Metode analisis ini digunakan untuk menelusuri akar penyebab kegagalan secara sistematis dan membantu dalam pengambilan keputusan perbaikan.

d. *Task Selection* (TS)

Langkah ini bertujuan untuk memilih tindakan yang paling sesuai untuk mencegah atau memperbaiki kegagalan berdasarkan hasil analisis risiko dan efektivitas tindakan.

2. Penentuan Komponen Kritis

Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen yang paling vital bagi operasi sistem, sehingga perawatan dapat difokuskan pada elemen yang berisiko tinggi mengalami kegagalan.

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

Metode ini bertujuan untuk menentukan waktu rata-rata hingga kegagalan dan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan, yang penting untuk perencanaan perawatan preventif.

4. Penetuan Distribusi *Time to Failure* (TTS) dan *Time to Repair* (TTR)

Metode ini menggunakan distribusi statistik untuk memprediksi waktu kegagalan dan perbaikan serta memberikan dasar untuk pengambilan keputusan perawatan yang lebih akurat. Distribusi ini menggunakan distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan *weibull* yang diolah menggunakan *excel.*

5. Uji *Goodnes of Fit*

Langkah ini memastikan bahwa model distribusi yang digunakan sesuai dengan data aktual, sehingga prediksi yang dihasilkan dapat dipercaya. Pengolahan distribusi akan dihitung menggunakan *excel.*

6. Estimasi Parameter

Menghitung parameter distribusi yang diperlukan untuk memodelkan waktu kegagalan dan perbaikan yang merupakan dasar dari analisis keandalan.

7. *Mean Time to Failure* (MTTF)

Mengukur keandalan komponen atau sistem dengan menghitung waktu rata-rata hingga kegagalan terjadi yang dapat membantu dalam perencanaan strategi perawatan.

8. *Mean Time to Repair* (MTTR)

   Menilai rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki kegagalan yang penting untuk meminimalkan waktu henti operasional mesin.

9. *Age Replacement*

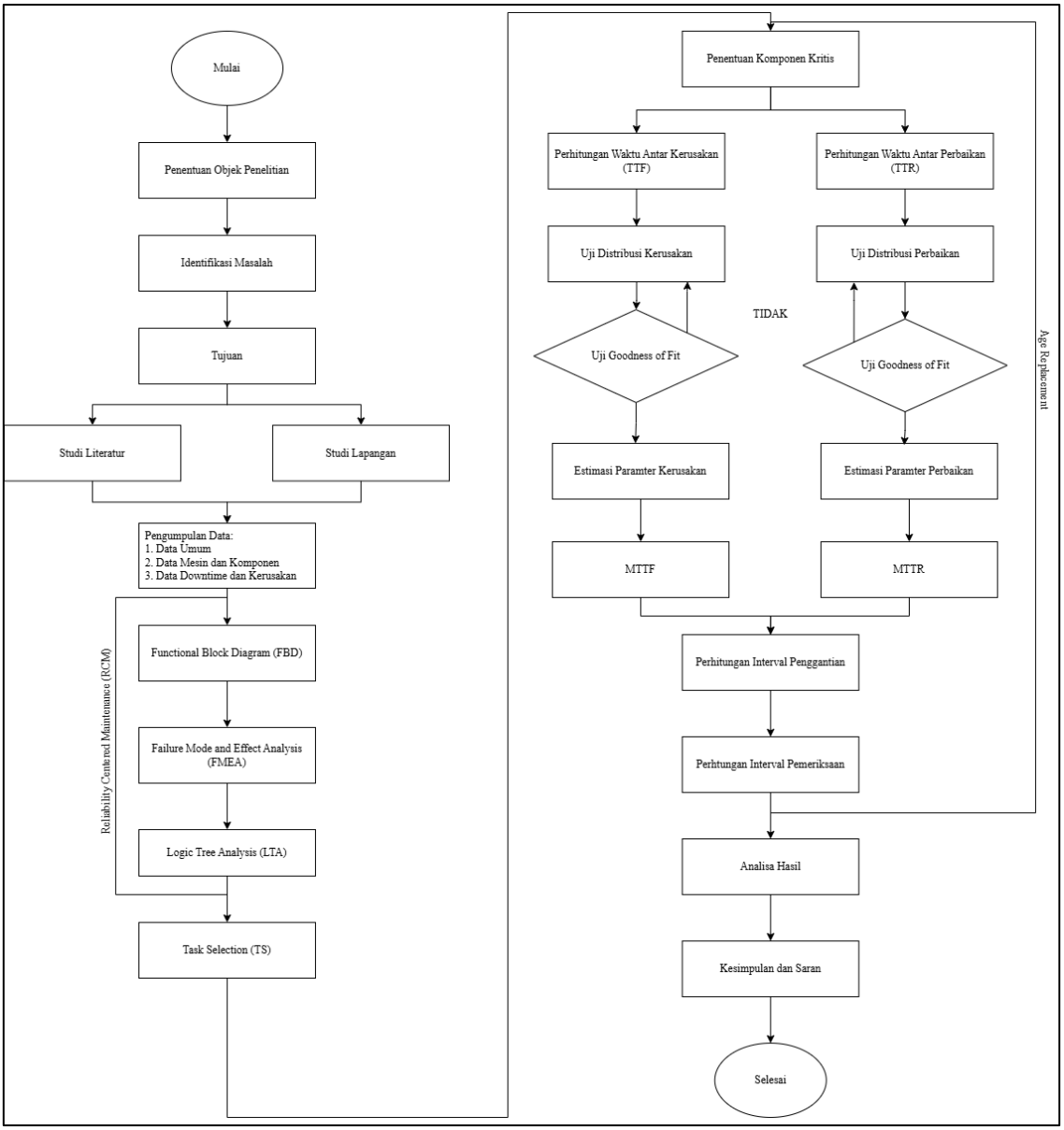
   Menentukan waktu penggantian komponen berdasarkan usia atau penggunaan untuk mengoptimalkan biaya perawatan dan meminimalkan risiko kegagalan mendadak.

10. Interval Waktu Pemeriksaan

    Menetapkan jadwal pemeriksaan berkala berdasarkan tingkat risiko untuk memastikan bahwa sistem tetap dalam kondisi optimal dan mengurangi kemungkinan kegagalan yang tidak terduga.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan alur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:




Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan penjelasan diagram alur penelitian diatas:

1. Mulai

   Tahapan ini menunjukkan langkah awal di mana seluruh rangkaian aktivitas penelitian mulai dirancang, dengan tujuan memberikan kerangka kerja yang jelas sebagai panduan untuk langkah-langkah selanjutnya.

2. Penentuan Objek Penelitian

Dalam tahapan ini, fokus penelitian ditujukan pada identifikasi dan pemilihan objek atau sistem yang akan dianalisis secara mendalam, pada penelitian ini yaitu beberapa mesin, komponen, dan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

3. Identifikasi Masalah

   Tahap ini bertujuan untuk menentukan akar penyebab dari suatu permasalahan yang terjadi pada penelitian ini yang akan dianalisis secara mendalam. Pada penelitian ini, akan dilakukan observasi pada mesin – mesin yang digunakan pada PT. Jaya Manggala Sakti untuk mencari maslaah yang terjadi.

4. Tujuan

   Pada tahap ini, akan berfokus untuk menetapkan tujuan penelitian, yaitu menentukan mesin dan komponen kritis, serta menentukan cara penggantian komponen dan perawatannya.

5. Kajian Literatur

   Pada tahap ini, berbagai referensi dan sumber pustaka yang relevan dikumpulkan dan dianalisis secara kritis untuk mendukung dasar teori serta pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian.

6. Pengumpulan Data

   Tahap ini mencakup aktivitas pengumpulan data yang relevan untuk penelitian. Data yang dihimpun meliputi informasi umum, detail teknis mesin dan komponennya, serta data *downtime* dan frekuensi kerusakan. Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara dan observasi.

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

   a. *Functional Block Diagram* (FBD)

      Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan diagram yang menggambarkan alur fungsi dalam sistem mesin untuk memahami hubungan antara berbagai komponen.

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

      Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi berbagai mode kegagalan yang mungkin terjadi dan dampaknya terhadap performa sistem secara keseluruhan.

   c. *Logic Tree Analysis* (LTA)

      Pada tahap ini akan menyusun diagram untuk menguraikan penyebab utama dari kegagalan dengan cara yang sistematis.

   d. *Task Selection* (TS)

Pada tahap ini akan menentukan tugas pemeliharaan yang spesifik untuk mengatasi setiap mode kegagalan yang telah teridentifikasi.

8. Pengolahan Data *Age Replacement*
   a. Penentuan Komponen Kritis

      Dalam tahapan ini, akan dilakukan penentuan komponen yang memiliki *downtime* paling tinggi sehingga akan dipilih sebagai komponen kritis.

   b. Perhitungann TTF dan TTR

      Tahap ini akan menghitung waktu antar kegagalan dan waktu yang diperlukan untuk perbaikan.

   c. Uji Distribusi TTF dan TTR

      Pada tahap ini akan menguji data sebelumnya untuk memastikan distribusi data telah mengikuti pola tertentu.

   d. Uji *Goodness of Fit*

      Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang telah dilakukan sama dengan data yang telah di asumsikan.

   e. Estimasi Parameter TTF dan TTR

      Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan untuk menentukan tingkat risiko kegagalan, keandalan, dan waktu henti yang bertujuan untuk menentukan keputusan perawatan.

   f. MTTF dan MTTR

      Tahapan ini akan menghitung waktu rata – rata sebelum terjadinya kerusakan dan waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan.

9. Perhitungan Interval Penggantian

   Tahap ini bertujuan untuk menentukan waktu penggantian komponen yang tepat dan optimal.

10. Perhitungan Interval Pemeriksaan

    Tahap ini bertujuan untuk menentukan waktu yang tepat dalam melakukan pemeriksaan pada komponen mesin.

11. Analisis Hasil

    Tahapan ini mencakup evaluasi data dan hasil analisis untuk menarik kesimpulan yang relevan dengan tujuan penelitian. Hasil ini kemudian digunakan untuk merumuskan rekomendasi tindakan.

12. Kesimpulan dan Saran

    Tahap ini akan menyusun ringkasan dari keseluruhan proses dan memberikan rekomendasi atau saran yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan keandalan atau efisiensi sistem.

13. Selesai

    Tahap ini menandakan penelitian telah selesai, yang mana tujuan telah selesai dan hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi di waktu yang akan datang.

# BAB IV
# PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

## 4.1 Latar Belakang Perusahaan

### 4.1.1 Profil Perusahaan

PT. Jaya Manggala Sakti (JMS) adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan dan pengembangan peralatan dan jasa untuk industri minyak dan gas. JMS juga menyediakan jasa perbaikan dan penyewaan peralatan, seperti perbaikan dan penyewaan BOP (*blowout preventer*), perbaikan dan penyewaan katup, perbaikan dan penyewaan mobil pemadam kebakaran, perbaikan dan penyewaan pipa, serta perbaikan dan penyewaan pompa. JMS telah berpengalaman selama lebih dari 20 tahun di industri minyak dan gas. Perusahaan ini telah bekerja sama dengan berbagai perusahaan minyak dan gas nasional dan internasional. JMS berkomitmen untuk menyediakan produk dan jasa berkualitas tinggi dengan harga yang kompetitif. Perusahaan ini juga berkomitmen untuk memberikan layanan yang prima kepada pelanggan. PT. Jaya Manggala Sakti merupakan perusahaan yang terus berkembang dan berkomitmen untuk menjadi yang terbaik di bidangnya.

### 4.1.2 Sejarah Singkat Perusahaan

PT. Jaya Manggala Sakti berdiri pada tahun 1985 di Balikpapan sebagai pemasok dan mengembangkan tujuannya untuk melayani Industri pada bidang Minyak & Gas dan Pengeboran.

### 4.1.3 Visi dan Misi

Untuk meningkatkan kualitas para pekerja dan memacu kinerja para pekerja PT. Jaya Mangggala Sakti bisa mencapai tujuan, maka PT. Jaya Manggala Sakti memiliki visi dan misi yang dapat menjadi acuan para pekerja. Berikut merupakan visi, misi, dan kode etik dalam PT. Jaya Manggala Sakti, sebagai berikut:

1. Visi

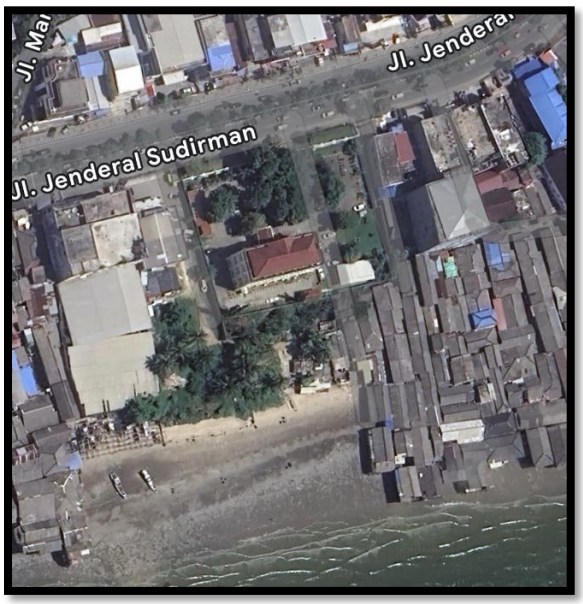
   Menjadi perusahaan terkemuka yang dikelola secara: mandiri, andal, transparan dan berdaya saing, efisien, berwawasan lingkungan dan mendorong perkembangan potensi nasional baik di lingkungan Migas maupun non Migas.
2. Misi

- Melaksanakan peraturan perundangan yang berlaku dan menjamin standar, mutu, menerapkan kaidah keteknikan yang baik, keselamatan dan kesehatan kerja serta pengelolaan lingkungan.
- Mewujudkan tertib penyelenggaraan usaha penunjang migas yang menjamin kesetaraan kedudukan antara pengguna dan penyedia jasa dalam hak dan kewajiban.
- Menyediakan jasa dan pelaksanaan kerja yang bermutu tinggi dengan layanan terbaik bagi para pelanggannya.
- Menghasilkan laba, membangun citra, mengembangkan profesionalisme usaha berdasarkan prinsip-prinsip GCG (*Good Corporate Governance*), Mutu manajemen kesehatan dan keselamatan kerja serta pelestarian lingkungan (QHSE).

### 4.1.4 Lokasi Perusahaan

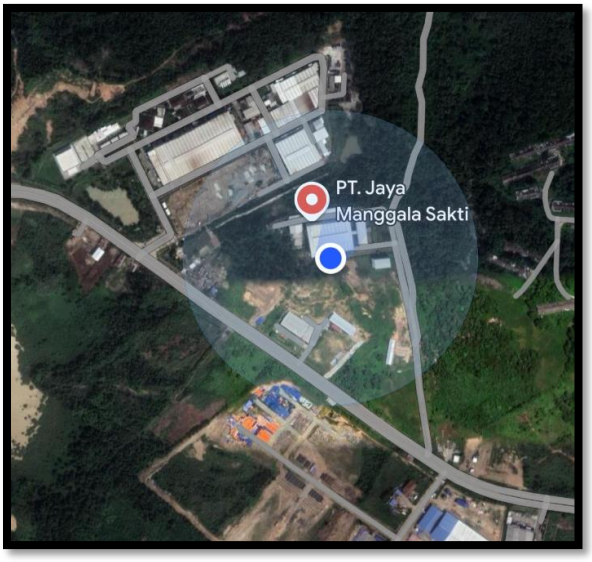
PT. Jaya Manggala Sakti memiliki satu *Head Office* dan dua *workshop* yang berada di Indonesia, antara lain:

1. *Head Office*: Jl. Jendral Sudirman No. 15 Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia.




Gambar 4. 1 *Head Office*

2. *Workshop* 1: Jl. Pulau Balang-KM. 13, Kelurahan Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara, Kalimantan Timur, Indonesia.




Gambar 4. 2 *Workshop* 1

3. *Workshop* 2: Jl. Pancasila IV Kampung Bojong, Desa Cicadas. RT. 1, RW. 13, Kecamatan Gunung Putri, Bogor, Jawa Barat, Indonesia.




Gambar 4. 3 *Workshop* 2

## 4.2 Pengumpulan Data

### 4.2.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Lathe Mashtroy*

Berikut merupakan total data *downtime* dari komponen mesin *Lathe Mashtroy* dari tahun 2017 hingga 2022 sebanyak 147 data yang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 1 Data Waktu Antar Kerusakan

| No | Komponen | Waktu Mulai | Waktu Selesai | *Downtime* (Menit) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | *Chuck* | 02/06/2017 08:55 | 02/06/2017 09:40 | 45 |
| | | 03/07/2017 08:15 | 03/07/2017 08:55 | 40 |
| | | 05/08/2017 08:05 | 05/08/2017 08:55 | 50 |

| No | Komponen | Waktu Mulai | Waktu Selesai | *Downtime* (Menit) |
|---|---|---|---|---|
| | | 01/10/2017 08:05 | 01/10/2017 09:05 | 60 |
| | | 04/10/2017 08:00 | 04/10/2017 08:20 | 20 |
| | | 11/01/2018 08:25 | 11/01/2018 08:45 | 20 |
| | | 11/04/2018 08:55 | 11/04/2018 09:20 | 25 |
| | | 14/07/2018 08:25 | 14/07/2018 08:45 | 20 |
| | | 10/09/2018 08:10 | 10/09/2018 08:30 | 20 |
| | | 10/07/2019 08:00 | 10/07/2019 08:55 | 55 |
| | | 01/08/2019 08:20 | 01/08/2019 08:55 | 35 |
| | | 04/12/2019 08:05 | 04/12/2019 08:45 | 40 |
| | | 07/12/2019 08:10 | 07/12/2019 08:30 | 20 |
| | | 01/08/2020 08:00 | 01/08/2020 08:30 | 30 |
| | | 18/01/2022 08:05 | 18/01/2022 08:25 | 20 |
| | | 15/02/2022 08:10 | 15/02/2022 08:30 | 20 |
| | | 14/03/2022 08:05 | 14/03/2022 08:25 | 20 |
| | | 18/04/2022 08:10 | 18/04/2022 08:50 | 40 |
| | | 16/05/2022 08:20 | 16/05/2022 08:45 | 25 |
| | | 20/06/2022 08:05 | 20/06/2022 08:25 | 20 |
| | | 18/07/2022 08:10 | 18/07/2022 08:50 | 40 |
| | | 15/08/2022 08:00 | 15/08/2022 09:15 | 75 |
| | | 19/09/2022 08:10 | 19/09/2022 08:30 | 20 |
| | | 17/10/2022 08:05 | 17/10/2022 08:25 | 20 |
| | | 14/11/2022 08:10 | 14/11/2022 08:50 | 40 |
| | | 19/12/2022 08:05 | 19/12/2022 08:25 | 20 |
| 2 | *Control Panel* | 02/06/2017 09:40 | 02/06/2017 10:45 | 65 |
| | | 03/07/2017 08:55 | 03/07/2017 09:50 | 55 |
| | | 05/08/2017 08:55 | 05/08/2017 11:05 | 130 |
| | | 01/10/2017 12:10 | 01/10/2017 14:05 | 115 |

| No | Komponen | Waktu Mulai | Waktu Selesai | *Downtime* (Menit) |
|---|---|---|---|---|
| | | 04/10/2017 08:20 | 04/10/2017 09:40 | 80 |
| | | 11/01/2018 08:45 | 11/01/2018 09:10 | 25 |
| | | 11/04/2018 09:20 | 11/04/2018 10:25 | 65 |
| | | 14/07/2018 08:45 | 14/07/2018 09:25 | 40 |
| | | 10/09/2018 08:30 | 10/09/2018 08:55 | 25 |
| | | 10/07/2019 08:20 | 10/07/2019 08:40 | 20 |
| | | 01/08/2019 08:55 | 01/08/2019 09:40 | 45 |
| | | 04/12/2019 08:45 | 04/12/2019 09:05 | 20 |
| | | 07/12/2019 08:30 | 07/12/2019 09:50 | 80 |
| | | 01/08/2020 08:30 | 01/08/2020 09:10 | 40 |
| | | 15/02/2022 08:30 | 15/02/2022 09:20 | 50 |
| | | 14/03/2022 08:25 | 14/03/2022 09:45 | 80 |
| | | 18/04/2022 08:50 | 18/04/2022 09:10 | 20 |
| | | 16/05/2022 08:45 | 16/05/2022 10:20 | 95 |
| | | 20/06/2022 08:25 | 20/06/2022 08:40 | 15 |
| | | 18/07/2022 09:50 | 18/07/2022 10:25 | 35 |
| | | 15/08/2022 09:15 | 15/08/2022 10:40 | 85 |
| | | 19/09/2022 08:30 | 19/09/2022 09:35 | 65 |
| | | 17/10/2022 08:25 | 17/10/2022 09:30 | 65 |
| | | 14/11/2022 08:50 | 14/11/2022 09:30 | 40 |
| | | 18/01/2022 08:45 | 18/11/2022 09:05 | 20 |
| | | 19/12/2022 08:25 | 19/12/2022 08:45 | 20 |
| 3 | *Gearbox* | 13/09/2017 10:10 | 13/09/2017 13:05 | 175 |
| | | 02/06/2017 10:45 | 02/06/2017 11:50 | 65 |
| | | 03/07/2017 09:50 | 03/07/2017 10:15 | 25 |
| | | 05/08/2017 11:05 | 05/08/2017 12:55 | 110 |
| | | 01/10/2017 09:05 | 01/10/2017 10:25 | 80 |

| No | Komponen | Waktu Mulai | Waktu Selesai | *Downtime* (Menit) |
|---|---|---|---|---|
| | | 04/10/2017 09:40 | 04/10/2017 10:25 | 45 |
| | | 11/01/2018 09:10 | 11/01/2018 09:45 | 35 |
| | | 11/04/2018 10:25 | 11/04/2018 10:55 | 30 |
| | | 14/07/2018 09:25 | 14/07/2018 09:55 | 30 |
| | | 10/09/2018 08:55 | 10/09/2018 10:10 | 75 |
| | | 10/07/2019 08:40 | 10/07/2019 09:00 | 20 |
| | | 01/08/2019 09:40 | 01/08/2019 10:20 | 40 |
| | | 04/12/2019 09:05 | 04/12/2019 09:55 | 50 |
| | | 07/12/2019 09:50 | 07/12/2019 10:15 | 25 |
| | | 01/08/2020 09:10 | 01/08/2020 09:45 | 35 |
| | | 15/02/2022 09:20 | 15/02/2022 09:45 | 25 |
| | | 14/03/2022 09:45 | 14/03/2022 10:15 | 30 |
| | | 18/04/2022 09:10 | 18/04/2022 09:40 | 30 |
| | | 16/05/2022 10:20 | 16/05/2022 11:45 | 85 |
| | | 20/06/2022 08:45 | 20/06/2022 09:05 | 20 |
| | | 18/07/2022 10:25 | 18/07/2022 12:35 | 130 |
| | | 15/08/2022 10:40 | 15/08/2022 11:30 | 50 |
| | | 19/09/2022 09:35 | 19/09/2022 10:05 | 30 |
| | | 17/10/2022 09:30 | 17/10/2022 10:10 | 40 |
| | | 14/11/2022 09:30 | 14/11/2022 10:40 | 70 |
| | | 18/11/2022 09:05 | 18/11/2022 09:30 | 25 |
| 4 | *Electrical* | 13/09/2017 10:10 | 13/09/2017 13:05 | 40 |
| | | 13/09/2017 13:05 | 13/09/2017 15:25 | 140 |
| | | 15/08/2017 12:55 | 15/08/2017 16:35 | 220 |
| | | 25/08/2018 08:45 | 25/08/2018 11:35 | 170 |
| | | 22/08/2017 08:25 | 22/08/2017 16:25 | 25 |
| 5 | Sistem Oli | 02/06/2017 11:50 | 02/06/2017 12:15 | 15 |

| No | Komponen | Waktu Mulai | Waktu Selesai | *Downtime* (Menit) |
|---|---|---|---|---|
| | | 03/07/2017 10:15 | 03/07/2017 10:30 | 25 |
| | | 05/08/2017 12:55 | 05/08/2017 13:20 | 50 |
| | | 01/10/2017 10:25 | 01/10/2017 11:15 | 35 |
| | | 04/10/2017 10:25 | 04/10/2017 11:00 | 65 |
| | | 11/01/2018 09:45 | 11/01/2018 10:50 | 20 |
| | | 11/04/2018 09:35 | 11/04/2018 09:55 | 50 |
| | | 14/07/2018 09:55 | 14/07/2018 10:45 | 85 |
| | | 10/09/2018 10:10 | 10/09/2018 11:35 | 20 |
| | | 10/07/2019 09:00 | 10/07/2019 09:20 | 25 |
| | | 01/08/2019 10:20 | 01/08/2019 10:45 | 20 |
| | | 04/12/2019 09:55 | 04/12/2019 10:15 | 45 |
| | | 07/12/2019 10:15 | 07/12/2019 11:00 | 65 |
| | | 01/08/2020 09:45 | 01/08/2020 10:50 | 15 |
| | | 18/11/2022 09:30 | 18/01/2022 09:45 | 135 |
| | | 15/02/2022 09:45 | 15/02/2022 12:00 | 15 |
| | | 14/03/2022 10:15 | 14/03/2022 10:30 | 130 |
| | | 18/04/2022 09:40 | 18/04/2022 11:50 | 65 |
| | | 16/05/2022 11:45 | 16/05/2022 12:50 | 20 |
| | | 20/06/2022 09:05 | 20/06/2022 09:25 | 80 |
| | | 18/07/2022 12:35 | 18/07/2022 13:55 | 25 |
| | | 15/08/2022 11:30 | 15/08/2022 11:55 | 25 |
| | | 19/09/2022 10:05 | 19/09/2022 10:30 | 45 |
| | | 17/10/2022 10:10 | 17/10/2022 10:55 | 65 |
| | | 14/11/2022 10:40 | 14/11/2022 11:45 | 30 |
| | | 19/12/2022 09:25 | 19/12/2022 09:55 | 480 |
| | | 01/10/2017 11:25 | 01/10/2017 12:10 | 45 |
| 6 | *Spindle* | 14/08/2019 08:20 | 14/08/2019 11:15 | 175 |

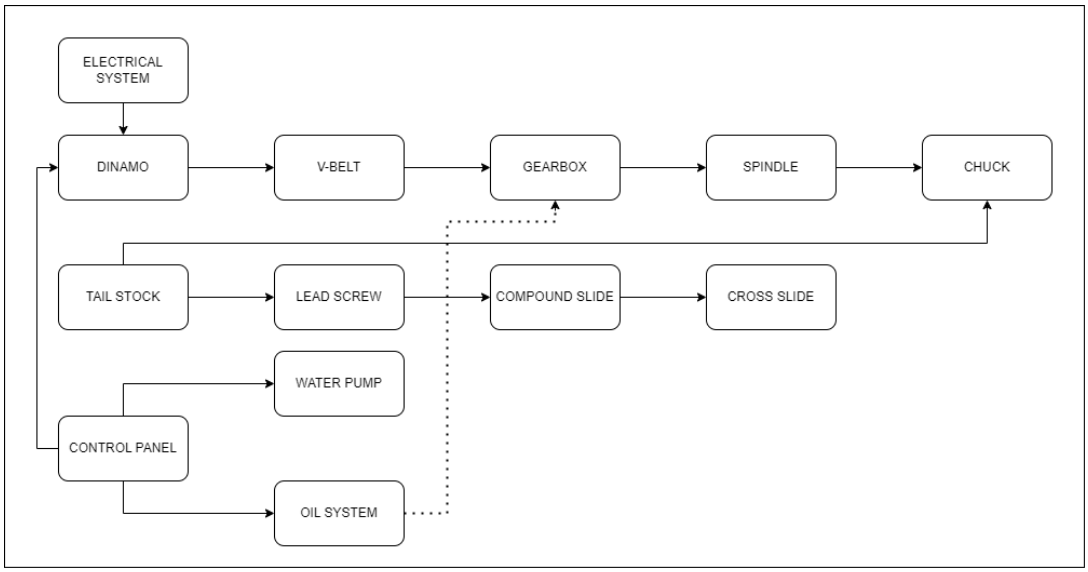
| No | Komponen | Waktu Mulai | Waktu Selesai | *Downtime* (Menit) |
|---|---|---|---|---|
| | | 15/07/2017 08:20 | 15/07/2017 10:20 | 120 |
| 7 | *V. Belt* | 02/06/2017 12:15 | 02/06/2017 14:30 | 135 |
| | | 03/07/2017 10:30 | 03/07/2017 10:55 | 25 |
| | | 05/08/2017 13:20 | 05/08/2017 13:55 | 35 |
| | | 01/10/2017 11:15 | 01/10/2017 11:50 | 35 |
| | | 04/10/2017 09:20 | 04/10/2017 10:05 | 45 |
| | | 11/01/2018 10:50 | 11/01/2018 11:10 | 20 |
| | | 11/04/2018 09:55 | 11/04/2018 10:25 | 30 |
| | | 14/07/2018 10:45 | 14/07/2018 11:45 | 60 |
| | | 10/09/2018 11:35 | 10/09/2018 13:55 | 140 |
| | | 10/07/2019 09:20 | 10/07/2019 09:55 | 35 |
| | | 01/08/2019 10:45 | 01/08/2019 11:55 | 70 |
| | | 04/12/2019 09:45 | 04/12/2019 10:25 | 40 |
| | | 07/12/2019 11:00 | 07/12/2019 13:45 | 165 |
| | | 01/08/2020 10:50 | 01/08/2020 11:25 | 35 |
| | | 18/01/2022 09:45 | 18/01/2022 10:55 | 70 |
| | | 15/02/2022 09:30 | 15/02/2022 09:55 | 25 |
| | | 14/03/2022 09:25 | 14/03/2022 10:15 | 50 |
| | | 18/04/2022 11:50 | 18/04/2022 12:20 | 30 |
| | | 16/05/2022 12:50 | 16/05/2022 14:05 | 75 |
| | | 20/06/2022 09:25 | 20/06/2022 10:00 | 35 |
| | | 18/07/2022 09:55 | 18/07/2022 10:20 | 25 |
| | | 15/08/2022 11:55 | 15/08/2022 13:10 | 75 |
| | | 19/09/2022 10:30 | 19/09/2022 11:25 | 55 |
| | | 17/10/2022 10:55 | 17/10/2022 12:00 | 65 |
| | | 14/11/2022 11:45 | 14/11/2022 12:30 | 45 |
| | | 19/12/2022 09:25 | 19/12/2022 10:40 | 75 |

| No | Komponen | Waktu Mulai | Waktu Selesai | *Downtime* (Menit) |
|---|---|---|---|---|
| 8 | *Waterpump* | 02/06/2017 13:30 | 02/06/2017 16:50 | 200 |
| | | 09/08/2017 12:25 | 09/08/2017 15:25 | 180 |
| | | 11/04/2018 11:15 | 11/04/2018 14:15 | 180 |
| | | 04/12/2019 12:25 | 04/12/2019 16:45 | 260 |
| | | 20/08/2020 10:30 | 20/08/2020 15:40 | 310 |
| | | 18/01/2022 13:25 | 18/01/2022 16:25 | 180 |
| | | 18/04/2022 13:30 | 18/04/2022 16:25 | 175 |
| | | 18/07/2022 14:20 | 18/07/2022 16:50 | 150 |
| | | 14/11/2022 13:20 | 14/11/2022 16:50 | 210 |

## 4.3 Pengolahan Data Penentuan Komponen Kritis

### 4.3.1 *Functional Block Diagram*

*Funtional Block Diagram* dibuat berdasarkan hasil dari informasi dan analisa yang berfungsi untuk menggambarkan process *flow* atau alir proses dari mesin *Lathe Mashtroy* dengan menggunakan diagram sederhana. Berikut merupakan gambar *Functional Block Diagram* (FBD) dari mesin *Lathe Mashtroy*:




Gambar 4. 4 FBD

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa proses operasional mesin *lathe* diawali dari *dynamo* yang berfungsi sebagai sumber tenaga utama. *Dynamo* mengubah energi listrik menjadi

energi mekanis yang kemudian diteruskan melalui *V-Belt* ke *gearbox*. *Gearbox* ini berfungsi untuk mengatur kecepatan dan torsi, yang diteruskan ke *spindle*, sebagai pusat rotasi mesin *lathe*. Selanjutnya, *spindle* memutar *chuck* yang berfungsi menjepit benda kerja secara kokoh selama proses pemesinan. Benda kerja yang diputar oleh *spindle* didukung oleh *tailstock* pada ujung berlawanan, untuk menjaga stabilitas terutama pada benda kerja yang panjang. Selanjutnya, pergerakan alat potong dikendalikan oleh *lead screw*, yang menggerakkan *compound slide* untuk melakukan pemotongan pada sudut tertentu. *Cross slide* juga berperan penting dalam pergerakan lateral alat potong, memungkinkan kontrol terhadap diameter pemotongan. Sistem kendali pada mesin *lathe* diatur melalui *control panel* yang berfungsi untuk mengoperasikan beberapa bagian seperti *dynamo*, *oil system*, dan *Waterpump*. *Oil system* menyediakan pelumasan untuk komponen seperti *gearbox* dan *spindle*, sedangkan *Waterpump* memastikan aliran cairan pendingin untuk menjaga suhu operasi tetap stabil. Sistem kelistrikan sendiri mengisi daya ke seluruh komponen yang memerlukan listrik.

### 4.3.2 *Failure Mode and Effect Analysis*

FMEA dilakukan untuk menganalisis kegagalan sistem, penyebab terjadinya kegagalan, serta efek yang terjadi akibat kegagalan tersebut terhadap komponen yang di analisis pada FMEA. Selain itu, FMEA juga digunakan untuk mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk mengetahui komponen mana yang paling kritis. Berikut ini merupakan pembahasan FMEA pada komponen mesin *Lathe Mashtroy* yang berada di PT. Jaya Manggala Sakti:

Tabel 4. 2 Analisis FMEA

| **No** | **Komponen** | ***Function*** | ***Failure Mode*** | ***Failure Cause*** | ***Effect of Failure*** | **S** | **O** | **D** | **RPN** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Waterpump* | Memompa air untuk mendinginkan sistem mesin | Gagal memompa air | Terdapat kotoran pada pompa, terjadinya aus serta umur yang lama | Merusak komponen lain (mata bor) sehingga proses pengerjaan terhenti | 7 | 4 | 6 | 168 |
| **2** | *V-Belt* | Mentransmisikan daya dari motor ke sistem mekanis lainnya | Aus atau putus | Usia pakai yang terlalu lama dan beban yang *overload* | Tidak adanya transmisi daya ke mesin | 7 | 8 | 2 | 112 |

| No | Komponen | *Function* | *Failure Mode* | *Failure Cause* | *Effect of Failure* | S | O | D | RPN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3** | *Gearbox* | Mengatur rasio kecepatan dan torsi dari mesin | Komponen yang aus atau patah | Pelumasan yang buruk dan beban yang berlebih | Kerusakan mekanik dan penggantian komponen | 7 | 3 | 2 | 42 |
| **4** | *Chuck* | Memegang benda kerja dengan kuat dan stabil | Cengkraman yang lemah | Terjadinya aus pada *chuck* akibat usia yang terlalu lama | Benda kerja yang terlepas dari *chuck* | 5 | 8 | 3 | 120 |
| **5** | *Spindle* | Memutar benda kerja dengan kecepatan tinggi | *Spindle* longgar | Komponen *spindle* yang aus serta kurangnya pelumas | Pemotongan yang tidak akurat | 6 | 2 | 2 | 24 |
| **6** | *Electrical* | Mendukung fungsi kelistrikan pada seluruh sistem mesin | Motor rusak | Kegagalan listrik | Seluruh sistem mesin mati | 7 | 1 | 4 | 70 |
| | | | Kabel rusak dan potensi korsleting | Usia kabel dan suhu tinggi | Terjadinya potensi korsleting | 7 | 2 | 2 | |
| | | | *Switch stop* rusak | Usia *switch stop* yang terlalu lama menyebabkan keausan | Mesin tidak dapat dioperasikan | 7 | 1 | 2 | |
| **7** | *Control Panel* | Mengontrol dan mengatur operasi mesin | *Error* pada sistem | Gangguan aliran tenaga dan kegagalan fungsi | Terjadinya kesalahan operasi mesin | 5 | 8 | 2 | 80 |
| **8** | *Oil System* | Menyediakan pelumasan pada komponen yang bergerak | Kebocoran | Sambungan yang tidak rapat dan selang yang bocor | Mesin menjadi *overheat* dan mempercepat kerusakan komponen | 6 | 8 | 2 | 96 |

### 4.3.3 *Logic Tree Analysis*

*Logic Tree Analysis* (LTA) digunakan untuk menentukan jenis kegiatan perawatan yang layak dan optimal agar dapat mengatasi dan mengantisipasi berbagai macam *failure mode*. Berikut merupakan penjelasan dari komponen *Waterpump* pada mesin *Lathe Mashtroy* berdasarkan analisis *Logic Tree Analysis*:

Tabel 4. 3 Analisis LTA

| **No** | ***Equipment*** | ***Function*** | ***Failure Mode*** | ***Critical Analysis*** | | | ***Category*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *Evident* | *Safety* | *Outage* | |
| 1 | *Waterpump* | Memompa air untuk mendinginkan sistem mesin | Gagal memompa air | Y | N | Y | B |
| 2 | *V-Belt* | Mentransmisikan daya dari motor ke sistem mekanis lainnya | Aus atau putus | Y | N | Y | B |
| 3 | *Gearbox* | Mengatur rasio kecepatan dan torsi dari mesin | Komponen yang aus atau patah | Y | N | N | C |
| 4 | *Chuck* | Memegang benda kerja dengan kuat dan stabil | Cengkraman yang lemah | Y | N | N | C |
| 5 | *Spindle* | Memutar benda kerja dengan kecepatan tinggi | *Spindle* longgar | Y | N | N | C |
| 6 | *Electrical* | Mendukung fungsi kelistrikan pada seluruh sistem mesin | Kabel rusak dan potensi korsleting | Y | N | Y | B |
| | | | *Switch stop* rusak | Y | N | Y | B |
| 7 | *Control Panel* | Mengontrol dan mengatur operasi mesin | *Error* pada sistem | Y | N | N | C |

| No | *Equipment* | *Function* | *Failure Mode* | *Critical Analysis* | | | *Category* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *Evident* | *Safety* | *Outage* | |
| 8 | *Oil System* | Menyediakan pelumasan pada komponen yang bergerak | Kebocoran | Y | N | Y | B |

### 4.4 Pengolahan Data Penentuan Tindakan Perawatan

#### 4.4.1 *Task Selection* (Pemilihan Tindakan)

Pemilihan tindakan dilakukan berdasarkan pertanyaan yang terdapat pada *Task Selection* yang telah disesuaikan dengan *road map* pemilihan tindakan. Pemilihan tindakan ini dilakukan untuk menentukan tindakan yang dilakukan untuk menganalisis mode kegagalan mesin *Lathe Mashtroy*. Berikut merupakan penjelasan dari salah satu komponen yang mengalami mode kegagalan pada mesin *Lathe Mashtroy* berdasarkan tabel *task selection road map*:

Tabel 4. 4 Analisis TS

| No | *Equipment* | *Function* | *Failure Mode* | *Critical Analysis* | | | | | | | *Selection Task* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1 | *Waterpump* | Memompa air untuk mendinginkan sistem mesin | Gagal memompa air | Y | Y | Y | Y | Y | Y | - | TD |
| 2 | *V-Belt* | Mentransmisikan daya dari motor ke sistem mekanis lainnya | Aus atau putus | Y | Y | Y | Y | Y | Y | - | TD |
| 3 | *Gearbox* | Mengatur rasio kecepatan torsi dari mesin | Komponen yang aus atau patah | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | CD |

| No | *Equipment* | *Function* | *Failure Mode* | *Critical Analysis* | | | | | | | *Selection Task* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | |
| **4** | *Chuck* | Memegang benda kerja dengan kuat dan stabil | Cengkraman yang lemah | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | CD |
| **5** | *Spindle* | Memutar benda kerja dengan kecepatan tinggi | *Spindle* longgar | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | CD |
| **6** | *Electrical* | Mendukung fungsi kelistrikan pada seluruh sistem mesin | Kabel rusak dan potensi korsleting | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | FF |
| | | | *Switch stop* rusak | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | FF |
| | | | *Error* pada sistem | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | CD |
| | | | Motor rusak | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | CD |
| **7** | *Control Panel* | Mengontrol dan mengatur operasi mesin | *Error* pada sistem | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | CD |
| **8** | *Oil System* | Menyediakan pelumasan pada komponen yang bergerak | Kebocoran | N | Y | Y | Y | Y | Y | - | CD |

## 4.5 Pengolahan Data Interval Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis

### 4.5.1 Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

Penentuan mesin dan komponen kritis bertujuan untuk mengetahui dan menentukan mesin dan komponen mana yang memiliki *downtime* terbesar. Berikut merupakan penentuan mesin dan komponen kritis:

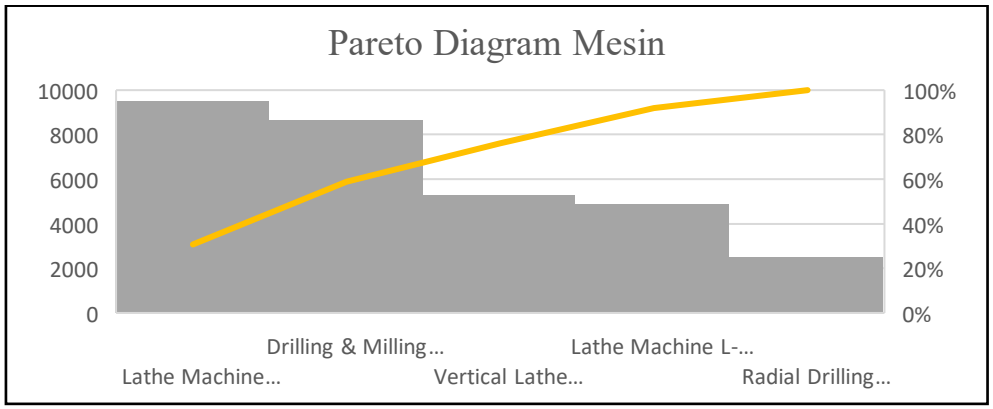
1. Penentuan Mesin Kritis

Berikut merupakan penentuan mesin kritis dan *pareto* diagram yang memiliki *downtime* terbesar pada proses perbaikan BOP:

Tabel 4. 5 Penentuan Mesin Kritis

| No | Mesin | Frekuensi Kerusakan | *Downtime* (menit) | % *Downtime* |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Radial Drilling* NKR J-028/JJ | 65 | 2540 | 8.22% |
| **2** | *Lathe Machine* L-5 Jap.2 J-041/JJ | 123 | 4880 | 15.80% |
| **3** | *Vertical Lathe Machine* 1500 mm NKK J-015/AJ | 86 | 5295 | 17.14% |
| **4** | *Drilling & Milling Machine* LC-30A J-027/JJ | 92 | 8640 | 27.97% |
| **5** | *Lathe Machine Mashtroy* J-043/JJ | 147 | 9535 | 30.87% |
| **Total** | | **513** | **30890** | **100.00%** |

Berikut merupakan diagram pareto yang berisi mesin - mesin yang digunakan untuk melakukan perbaikan pada BOP di PT. Jaya Manggala Sakti:




Tabel 4. 6 Pareto Mesin

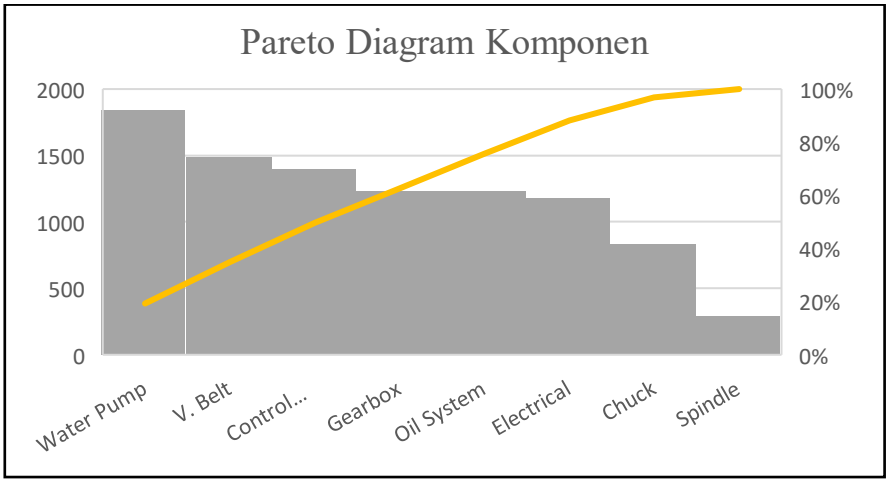
2. Penentuan Komponen Kritis

Berikut merupakan penentuan komponen kritis dan pareto diagram yang memiliki *downtime* terbesar pada proses perbaikan BOP di mesin *Lathe Mashtroy*:

Tabel 4. 7 Penentuan Komponen Kritis

| No | Komponen | Frekuensi Kerusakan | *Downtime* (menit) | % *Downtime* |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Chuck* | 26 | 840 | 8.81% |
| **2** | *Control Panel* | 26 | 1395 | 14.63% |
| **3** | *Electrical* | 5 | 1185 | 12.43% |
| **4** | *Gearbox* | 26 | 1240 | 13.00% |
| **5** | *Oil System* | 27 | 1240 | 13.00% |
| **6** | *Spindle* | 2 | 295 | 3.09% |
| **7** | *V. Belt* | 26 | 1495 | 15.68% |
| **8** | *Waterpump* | 9 | 1845 | 19.35% |
| **Total** | | **147** | **9535** | **100.00%** |

Berikut merupakan diagram pareto yang berisi mesin - mesin yang digunakan untuk melakukan perbaikan pada BOP di PT. Jaya Manggala Sakti:




Gambar 4. 5 Pareto Komponen

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

Langkah selanjutnya adalah menentukan distribusi data antar waktu kerusakan pada komponen *Waterpump* berdasarkan nilai *Index of Fit* terbesar menggunakan perhitungan distribusi Normal, Lognormal, *Weibull*, dan Eksponensial.

Tabel 4. 8 Penentuan Distribusi Data TTF

| No | *Start* | *Finish* | Ti |
|---|---|---|---|
| 1 | 02/06/2017 13:30 | 02/06/2017 16:50 | 0 |
| 2 | 09/08/2017 12:25 | 09/08/2017 15:25 | 97655 |
| 3 | 11/04/2018 11:15 | 11/04/2018 14:15 | 352550 |
| 4 | 04/12/2019 12:25 | 04/12/2019 16:45 | 866770 |
| 5 | 20/08/2020 10:30 | 20/08/2020 15:40 | 374025 |
| 6 | 18/01/2022 13:25 | 18/01/2022 16:25 | 742905 |
| 7 | 18/04/2022 13:30 | 18/04/2022 16:25 | 129425 |
| 8 | 18/07/2022 14:20 | 18/07/2022 16:50 | 130915 |
| 9 | 14/11/2022 13:20 | 14/11/2022 16:50 | 171150 |

Berikut ini merupakan perhitungan dari masing – masing distribusi untuk menentukan data antar waktu kerusakan, antara lain:

1. Distribusi Normal

   Berikut merupakan perhitungan distribusi normal:

   Xi = ti

   = 97655

   $Xi^2$ = $97655^2$

   = 9.536.499.025

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

   = $\frac{(i-0,3)}{(8+0,4)}$ = 0.083

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

   = $zi = \Phi^{-1}[F(0.083)]$ = -1.382

   $Yi^2$ = $-1.382^2$

   = 1.91267

   XiYi = 97655*(-1.382)

   = -135056.291

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai r pada distribusi normal:

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

$$= \frac{(8*(-135056.291)) - (97655*(-1.382))}{\sqrt{((8*9536499025) - (97655)^2)*((8(1.912673) - (-1.382)^2)}}$$

$$= 0.91765$$

Tabel 4. 9 Distribusi Normal TTF

| Distribusi Normal | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **ti** | **Xi= ti** | **Xi2** | **F(ti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 1 | 97655 | 97655 | 9536499025 | 0.083333333 | -1.382994127 | 1.912673 | -135056.291 |
| 2 | 129425 | 129425 | 1.6751E+10 | 0.202380952 | -0.833146866 | 0.694134 | -107830.033 |
| 3 | 130915 | 130915 | 1.7139E+10 | 0.321428571 | -0.463707751 | 0.215025 | -60706.3003 |
| 4 | 171150 | 171150 | 2.9292E+10 | 0.44047619 | -0.149762012 | 0.022429 | -25631.7684 |
| 5 | 352550 | 352550 | 1.2429E+11 | 0.55952381 | 0.149762012 | 0.022429 | 52798.5975 |
| 6 | 374025 | 374025 | 1.3989E+11 | 0.678571429 | 0.463707751 | 0.215025 | 173438.292 |
| 7 | 742905 | 742905 | 5.5191E+11 | 0.797619048 | 0.833146866 | 0.694134 | 618948.973 |
| 8 | 866770 | 866770 | 7.5129E+11 | 0.916666667 | 1.382994127 | 1.912673 | 1198737.82 |
| Total | 2865395 | 2865395 | 1.6401E+12 | 4 | -2.88658E-15 | 5.68852 | 1714699.29 |
| **IOF = r =** | **0.91765** | | | | | | |

2. Distribusi Lognormal

Berikut merupakan perhitungan distribusi lognormal:

Xi = In ti

= 11.4892

$Xi^2$ = $11.4892^2$

= 132.0016

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

= $\frac{(i-0,3)}{(8+0,4)}$ = 0.083

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

= $zi = \Phi^{-1}[F(0.083)]$ = -1.382

$Yi^2$ = $-1.382^2$

= 1.91267

XiYi = 11.4892*(-1.382)

= -15.8895

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai r pada distribusi lognormal:

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

$= \frac{(8*(-15.8895))-(11.4892*(-1.382))}{\sqrt{((8*132.0016)-(11.4892)^2)*((8(1.912673)(-1.382)^2)}}$

= 0.96376

Tabel 4. 10 Distribusi Lognormal TTF

| Distribusi Lognormal | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **ti** | **Xi=ln ti** | **Xi2** | **F(ti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 1 | 97655 | 11.4892 | 132.0016 | 0.083333333 | -1.38299 | 1.912673 | -15.8895 |
| 2 | 129425 | 11.77086 | 138.5531 | 0.202380952 | -0.83315 | 0.694134 | -9.80685 |
| 3 | 130915 | 11.7823 | 138.8227 | 0.321428571 | -0.46371 | 0.215025 | -5.46355 |
| 4 | 171150 | 12.0503 | 145.2096 | 0.44047619 | -0.14976 | 0.022429 | -1.80468 |
| 5 | 352550 | 12.77295 | 163.1482 | 0.55952381 | 0.149762 | 0.022429 | 1.912902 |
| 6 | 374025 | 12.83208 | 164.6622 | 0.678571429 | 0.463708 | 0.215025 | 5.950334 |
| 7 | 742905 | 13.51832 | 182.7451 | 0.797619048 | 0.833147 | 0.694134 | 11.26275 |
| 8 | 866770 | 13.67253 | 186.938 | 0.916666667 | 1.382994 | 1.912673 | 18.90903 |
| Total | 2865395 | 99.89732 | 1252.081 | 4 | -2.9E-15 | 5.68852 | 5.070447 |
| **IOF = r =** | **0.98627** | | | | | | |

3. Distribusi Weibull

Berikut merupakan perhitungan distribusi *weibull*:

Xi = In ti

= 11.4892

$Xi^2$ = $11.4892^2$

= 132.0016

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

$= \frac{(i-0,3)}{(8+0,4)} = 0.083$

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

$= In\ \left[In(\frac{1}{1-0.083})\right]$

= -2.44172

$Yi^2$ $= -2.44172^2$

= 5.96197

XiYi = 11.4892*(5.961979)

= -28.0534

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai r pada distribusi *weibull*:

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

$= \frac{(8*(-28.0534))-(11.4892*(5.961979))}{\sqrt{((8*132.0016)-(11.4892)^2)*((8(-2.44172)-(5.961979)^2)}}$

= 0.933432

Tabel 4. 11 Distribusi *Weibull* TTF

| Distribusi *Weibull* | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **ti** | **Xi=ln ti** | **Xi2** | **F(ti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 1 | 97655 | 11.4892 | 132.0016 | 0.083333333 | -2.44172 | 5.961979 | -28.0534 |
| 2 | 129425 | 11.77086 | 138.5531 | 0.202380952 | -1.48667 | 2.210191 | -17.4994 |
| 3 | 130915 | 11.7823 | 138.8227 | 0.321428571 | -0.94735 | 0.89748 | -11.162 |
| 4 | 171150 | 12.0503 | 145.2096 | 0.44047619 | -0.54357 | 0.295473 | -6.55023 |
| 5 | 352550 | 12.77295 | 163.1482 | 0.55952381 | -0.19857 | 0.039432 | -2.53638 |
| 6 | 374025 | 12.83208 | 164.6622 | 0.678571429 | 0.126615 | 0.016031 | 1.624733 |
| 7 | 742905 | 13.51832 | 182.7451 | 0.797619048 | 0.468505 | 0.219497 | 6.333398 |
| 8 | 866770 | 13.67253 | 186.938 | 0.916666667 | 0.910235 | 0.828528 | 12.44522 |
| Total | 2865395 | 99.88853 | 1252.081 | 4 | -4.11254 | 10.46861 | -45.398 |
| **IOF = r =** | **0.93343** | | | | | | |

4. Distribusi Eksponensial

Berikut merupakan perhitungan distribusi eksponensial:

Xi = ti

= 97655

$Xi^2$ $= 97655^2$

= 9.536.499.025

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

$= \frac{(i-0,3)}{(8+0,4)} = 0.083$

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

$= In\left[\left(\frac{1}{1-0.083}\right)\right]$

$= 0.08701$

$Yi^2 = 0.08701^2$

$= 0.00757$

XiYi = 97655*(0.087011377)

= 8497.096

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai r pada distribusi eksponensial:

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

$$= \frac{\left(8*(8497.096)\right) - (97655*(0.087011377))}{\sqrt{((8*9536499025) - (97655)^2)*((8(0.00757098) - (0.087011377)^2)}}$$

= 0.971119

Tabel 4. 12 Distribusi Eksponensial TTF

| Distribusi Eksponensial | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **ti** | **Xi= ti** | **Xi2** | **F(ti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 1 | 97655 | 97655 | 9536499025 | 0.083333333 | 0.087011377 | 0.00757098 | 8497.096 |
| 2 | 129425 | 129425 | 1.6751E+10 | 0.202380952 | 0.226124179 | 0.051132145 | 29266.12 |
| 3 | 130915 | 130915 | 1.7139E+10 | 0.321428571 | 0.387765531 | 0.150362107 | 50764.32 |
| 4 | 171150 | 171150 | 2.9292E+10 | 0.44047619 | 0.580669197 | 0.337176716 | 99381.53 |
| 5 | 352550 | 352550 | 1.2429E+11 | 0.55952381 | 0.819898886 | 0.672234184 | 289055.4 |
| 6 | 374025 | 374025 | 1.3989E+11 | 0.678571429 | 1.134979933 | 1.288179448 | 424510.9 |
| 7 | 742905 | 742905 | 5.5191E+11 | 0.797619048 | 1.597603455 | 2.552336799 | 1186868 |
| 8 | 866770 | 866770 | 7.5129E+11 | 0.916666667 | 2.48490665 | 6.174761058 | 2153843 |
| Total | 2865395 | 2865395 | 1.6401E+12 | 4 | 7.318959208 | 11.23375344 | 4242185 |
| **IOF = r =** | **0.97111** | | | | | | |

Berikut ini merupakan tabel yang berisi hasil dari perhitungan distribusi, antara lain:

Tabel 4. 13 IOF TTF

| **Distribusi** | ***Index Of Fit*** | |
|---|---|---|
| Eksponensial | 0.97111 | 97.11% |
| Normal | 0.91765 | 91.77% |

| Distribusi | *Index Of Fit* | |
|---|---|---|
| **Lognormal** | **0.98627** | **98.63%** |
| *Weibull* | 0.95595 | 95.60% |

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa distribusi lognormal mendapat nilai terbesar dengan nilai *Index of Fit* sebesar 98.63% yang berarti distribusi lognormal dipilih untuk pengolahan data selanjutnya.

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

Setelah menghitung distribusi data antar waktu kerusakan, maka langkah yang dilakukan selanjutnya adalah menghitung data antar waktu perbaikan pada komponen *Waterpump* berdasarkan nilai *Index of Fit* terbesar menggunakan perhitungan distribusi Normal, Lognormal, *Weibull*, dan Eksponensial.

Tabel 4. 14 Penentuan Distribusi Data TTR

| No | *Start* | *Finish* | dti |
|---|---|---|---|
| 1 | 02/06/2017 13:30 | 02/06/2017 16:50 | 200 |
| 2 | 09/08/2017 12:25 | 09/08/2017 15:25 | 180 |
| 3 | 11/04/2018 11:15 | 11/04/2018 14:15 | 180 |
| 4 | 04/12/2019 12:25 | 04/12/2019 16:45 | 260 |
| 5 | 20/08/2020 10:30 | 20/08/2020 15:40 | 310 |
| 6 | 18/01/2022 13:25 | 18/01/2022 16:25 | 180 |
| 7 | 18/04/2022 13:30 | 18/04/2022 16:25 | 175 |
| 8 | 18/07/2022 14:20 | 18/07/2022 16:50 | 150 |
| 9 | 14/11/2022 13:20 | 14/11/2022 16:50 | 210 |

Berikut ini merupakan perhitungan dari masing – masing distribusi untuk menentukan data antar waktu perbaikan, antara lain:

1. Distribusi Normal

   Berikut merupakan perhitungan distribusi normal:

   Xi = dti

= 150

$Xi^2$ = $150^2$

= 22500

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

= $\frac{(i-0,3)}{(9+0,4)}$ = 0.0745

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

= $zi = \Phi^{-1}[0.0745] = -1.4433$

$Yi^2$ = $-1.4433^2$

= 2.0831

XiYi = 150*(-1.4433)

= -216.4949

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai r pada distribusi normal:

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

= $\frac{(9*(-216.4949))-(150*(-1.4433))}{\sqrt{((9*22500)-(150)^2)*((9(2.0831)-(-1.4433)^2)}}$

= 0.91206

Tabel 4. 15 Distribusi Normal TTR

| Distribusi Normal | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **dti** | **Xi= dti** | **Xi2** | **F(dti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 1 | 150 | 150 | 22500 | 0.0745 | -1.4433 | 2.0831 | -216.4949 |
| 2 | 175 | 175 | 30625 | 0.1809 | -0.9121 | 0.8320 | -159.6221 |
| 3 | 180 | 180 | 32400 | 0.2872 | -0.5615 | 0.3153 | -101.0670 |
| 4 | 180 | 180 | 32400 | 0.3936 | -0.2699 | 0.0728 | -48.5827 |
| 5 | 180 | 180 | 32400 | 0.5000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 6 | 200 | 200 | 40000 | 0.6064 | 0.2699 | 0.0728 | 53.9808 |
| 7 | 210 | 210 | 44100 | 0.7128 | 0.5615 | 0.3153 | 117.9115 |
| 8 | 260 | 260 | 67600 | 0.8191 | 0.9121 | 0.8320 | 237.1529 |
| 9 | 310 | 310 | 96100 | 0.9255 | 1.4433 | 2.0831 | 447.4228 |
| Total | 1845 | 1845 | 398125 | 4.5 | 0 | 6.606399 | 330.701227 |
| **IOF = r =** | **0.91206** | | | | | | |

2. Distribusi Lognormal

Berikut merupakan perhitungan distribusi lognormal:

Xi = In dti

= 5.0106

$Xi^2$ = $5.0106^2$

= 25.1065

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

= $\frac{(i-0,3)}{(9+0,4)}$ = 0.0745

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

= $zi = \Phi^{-1}[0.0745] = -1.4433$

$Yi^2$ = $-1.4433^2$

= 2.0831

XiYi = 5.0106 *(2.0831)

= -7.2318

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai r pada distribusi lognormal:

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

= $\frac{(9*(-7.2318))-(5.0106*(-1.4433))}{\sqrt{((9*25.1065)-(5.0106)^2)*((9(-7.2318)-(-1.4433)^2)}}$

= 0.98411

Tabel 4. 16 Distribusi Lognormal TTR

| Distribusi Lognormal | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **dti** | **Xi=ln dti** | **Xi2** | **F(dti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 1 | 150 | 5.0106 | 25.1065 | 0.0745 | -1.4433 | 2.0831 | -7.2318 |
| 2 | 175 | 5.1648 | 26.6750 | 0.1809 | -0.9121 | 0.8320 | -4.7109 |
| 3 | 180 | 5.1930 | 26.9668 | 0.2872 | -0.5615 | 0.3153 | -2.9158 |
| 4 | 180 | 5.1930 | 26.9668 | 0.3936 | -0.2699 | 0.0728 | -1.4016 |
| 5 | 180 | 5.1930 | 26.9668 | 0.5000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 6 | 200 | 5.2983 | 28.0722 | 0.6064 | 0.2699 | 0.0728 | 1.4300 |
| 7 | 210 | 5.3471 | 28.5916 | 0.7128 | 0.5615 | 0.3153 | 3.0023 |
| 8 | 260 | 5.5607 | 30.9212 | 0.8191 | 0.9121 | 0.8320 | 5.0720 |
| 9 | 310 | 5.7366 | 32.9083 | 0.9255 | 1.4433 | 2.0831 | 8.2796 |
| Total | 1845 | 47.7002 | 253.1751 | 4.5 | 0.0000 | 6.606399 | 1.523842 |
| **IOF = r =** | **0.98411** | | | | | | |

3. Distribusi Weibull

Berikut merupakan perhitungan distribusi *weibull*:

Xi = In dti

= 5.0106

$Xi^2$ = $5.0106^2$

= 25.1065

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

= $\frac{(i-0,3)}{(9+0,4)}$ = 0.0745

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

= $In\ \left[In(\frac{1}{1-0.0745})\right]$

= -2.5589

$Yi^2$ = $-2.5589^2$

= 6.5482

XiYi = 25.1065*(6.5482)

= -12.8219

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai r pada distribusi *weibull*:

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

= $\frac{(9*(-12.8219))-(5.0106*(-2.5589))}{\sqrt{((9*25.1065)-(5.0106)^2)*((9(6.5482)-(-2.5589)^2)}}$

= 0.94075

Tabel 4. 17 Distribusi *Weibull* TTR

| Distribusi *Weibull* | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **dti** | **Xi=ln dti** | **Xi2** | **F(dti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 1 | 150 | 5.0106 | 25.1065 | 0.0745 | -2.5589 | 6.5482 | -12.8219 |
| 2 | 175 | 5.1648 | 26.6750 | 0.1809 | -1.6120 | 2.5985 | -8.3256 |
| 3 | 180 | 5.1930 | 26.9668 | 0.2872 | -1.0829 | 1.1727 | -5.6236 |
| 4 | 180 | 5.1930 | 26.9668 | 0.3936 | -0.6927 | 0.4798 | -3.5970 |
| 5 | 180 | 5.1930 | 26.9668 | 0.5000 | -0.3665 | 0.1343 | -1.9033 |
| 6 | 200 | 5.2983 | 28.0722 | 0.6064 | -0.0700 | 0.0049 | -0.3710 |
| 7 | 210 | 5.3471 | 28.5916 | 0.7128 | 0.2211 | 0.0489 | 1.1823 |
| 8 | 260 | 5.5607 | 30.9212 | 0.8191 | 0.5365 | 0.2879 | 2.9835 |
| 9 | 310 | 5.7366 | 32.9083 | 0.9255 | 0.9545 | 0.9111 | 5.4756 |
| Total | 1845 | 47.7002 | 253.1751 | 4.5 | -4.6709 | 12.1863 | -23.0009 |
| **IOF = r =** | **0.93234** | | | | | | |

4. Distribusi Eksponensial

Berikut merupakan perhitungan distribusi eksponensial:

Xi = dti

= 150

$Xi^2$ = $150^2$

= 22500

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

= $\frac{(i-0,3)}{(9+0,4)}$ = 0.0745

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

= $In\left[\left(\frac{1}{1-0.0745}\right)\right]$

= 0.0774

$Yi^2$ = $0.0774^2$

= 0.0060

XiYi = 22500*(0.0774)

= 11.6080

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai r pada distribusi eksponensial:

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

= $\frac{(9*(11.6080))-(150*(0.0774))}{\sqrt{((9*22500)-(150)^2)*((9(0.0060)-(0.0774)^2)}}$

= 0.98107

Tabel 4. 18 Distribusi Eksponensial TTR

| Distribusi Eksponensial | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **dti** | **Xi= dti** | **Xi2** | **F(dti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 1 | 150 | 150 | 22500 | 0.0745 | 0.0774 | 0.0060 | 11.6080 |
| 2 | 175 | 175 | 30625 | 0.1809 | 0.1995 | 0.0398 | 34.9106 |
| 3 | 180 | 180 | 32400 | 0.2872 | 0.3386 | 0.1147 | 60.9484 |
| 4 | 180 | 180 | 32400 | 0.3936 | 0.5002 | 0.2502 | 90.0438 |
| 5 | 180 | 180 | 32400 | 0.5000 | 0.6931 | 0.4805 | 124.7665 |
| 6 | 200 | 200 | 40000 | 0.6064 | 0.9324 | 0.8693 | 186.4754 |
| 7 | 210 | 210 | 44100 | 0.7128 | 1.2475 | 1.5562 | 261.9662 |

| Distribusi Eksponensial | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **dti** | **Xi= dti** | **Xi2** | **F(dti)** | **Yi** | **Yi2** | **XiYi** |
| 8 | 260 | 260 | 67600 | 0.8191 | 1.7101 | 2.9244 | 444.6212 |
| 9 | 310 | 310 | 96100 | 0.9255 | 2.5974 | 6.7464 | 805.1892 |
| Total | 1845 | 1845 | 398125 | 4.5 | 8.296169739 | 12.98739605 | 2020.529 |
| **IOF = r =** | **0.98107** | | | | | | |

Berikut ini merupakan tabel yang berisi hasil dari perhitungan distribusi, antara lain:

Tabel 4. 19 IOF TTR

| **Distribusi** | **Index Of Fit** | |
|---|---|---|
| Eksponensial | 0.981070889 | 98.11% |
| Normal | 0.912067269 | 91.21% |
| **Lognormal** | **0.984114557** | **98.41%** |
| Weibull | 0.932349061 | 93.23% |

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa distribusi lognormal mendapat nilai terbesar dengan nilai *Index of Fit* sebesar 98.41% yang berarti distribusi lognormal dipilih untuk pengolahan data selanjutnya.

### 4.5.4 Uji *Goodness of Fit Time to Failure*

Selanjutnya dilakukan pengolahan data guna menganalisis kesesuaian distribusi data *Time to Failure*. Proses ini bertujuan untuk menentukan apakah data yang diamati dapat digambarkan secara memadai oleh distribusi tertentu. Uji yang digunakan dalam analisis ini adalah metode *Kolmogorov-Smirnov*, dengan pendekatan distribusi lognormal. Berikut merupakan uji *Goodness of Fit* pada distribusi data waktu antar kerusakan yang terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 20 Uji IOF TTF

| **No** | **ln(ti)** | **[ln (ti) - xbar ln (ti)] 2** | **Zti** | **Fti** | **D1** | **D2** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 11.4892 | 0.9938 | -1.2782 | 0.1006 | 0.1006 | 0.0244 |
| 2 | 11.7709 | 0.5115 | -0.9171 | 0.1796 | 0.0546 | 0.0704 |
| 3 | 11.7823 | 0.4953 | -0.9024 | 0.1834 | -0.0666 | 0.1916 |
| 4 | 12.0503 | 0.1899 | -0.5588 | 0.2882 | -0.0868 | 0.2118 |
| 5 | 12.7729 | 0.0823 | 0.3679 | 0.6435 | 0.1435 | -0.0185 |
| 6 | 12.8321 | 0.1197 | 0.4437 | 0.6714 | 0.0464 | 0.0786 |
| 7 | 13.5183 | 1.0656 | 1.3236 | 0.9072 | 0.1572 | -0.0322 |

| No | ln(ti) | [ln (ti) - xbar ln (ti)] 2 | Zti | Fti | D1 | D2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 13.6725 | 1.4077 | 1.5213 | 0.9359 | 0.0609 | 0.0641 |
| Jumlah | 99.8973 | 4.8657 | | Dn Max | 0.1572 | 0.2118 |

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa Dhitung didapatkan dari nilai terbesar antara D1 dan D2, yaitu Dhitung = 0.2118. Berikut merupakan hipotesis yang digunnakan dalam Uji *Kolmogrov-Smirnov*:

H0 : data mengikuti model distribusi lognormal

H1 : data tidak mengikuti model distribusi lognormal

α : 0.05

Dtabel : Dapat diketahui dari tabel D dengan nilai Dcrit yaitu 8;0.05 = 0.45427

Wilayah kritis Dn < Dcrit maka H0 diterima.

Berdasarkan uji tersebut, maka Dn = 0.2118 < Dcrit = 0.338 H0 diterima.

### 4.5.5 Uji *Goodness of Fit Time to Repair*

Selanjutnya dilakukan pengolahan data guna menganalisis kesesuaian distribusi data *Time to Repair*. Proses ini bertujuan untuk menentukan apakah data yang diamati dapat digambarkan secara memadai oleh distribusi tertentu. Uji yang digunakan dalam analisis ini adalah metode *Kolmogorov-Smirnov*, dengan pendekatan distribusi lognormal. Berikut merupakan uji *Goodness of Fit* pada distribusi data waktu antar kerusakan yang terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 21 Uji IOF TTR

| No | ln(ti) | [ln (ti) - xbar ln (ti) ]2 | Zti | Fti | D1 | D2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.0106 | 0.0835 | -1.3759 | 0.0844 | 0.0844 | 0.0267 |
| 2 | 5.1648 | 0.0182 | -0.6421 | 0.2604 | 0.1493 | -0.0382 |
| 3 | 5.1930 | 0.0114 | -0.5080 | 0.3057 | 0.0835 | 0.0276 |
| 4 | 5.1930 | 0.0114 | -0.5080 | 0.3057 | -0.0276 | 0.1387 |
| 5 | 5.1930 | 0.0114 | -0.5080 | 0.3057 | -0.1387 | 0.2498 |
| 6 | 5.2983 | 0.0000 | -0.0064 | 0.4974 | -0.0581 | 0.1692 |
| 7 | 5.3471 | 0.0023 | 0.2259 | 0.5893 | -0.0773 | 0.1884 |
| 8 | 5.5607 | 0.0681 | 1.2425 | 0.8930 | 0.1152 | -0.0041 |
| 9 | 5.7366 | 0.1909 | 2.0798 | 0.98123 | 0.0923 | 0.0188 |

| No | ln(ti) | [ln (ti) - xbar ln (ti) ]2 | Zti | Fti | D1 | D2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jumlah | 47.7002 | 0.39716 | | Dn Max | 0.1493 | 0.2498 |

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa Dhitung didapatkan dari nilai terbesar antara D1 dan D2, yaitu Dhitung = 0.249821. Berikut merupakan hipotesis yang digunnakan dalam Uji *Kolmogrov-Smirnov*:

H0 : data mengikuti model distribusi lognormal

H1 : data tidak mengikuti model distribusi lognormal

α : 0.05

Dtabel : Dapat diketahu idari tabel D dengan nilai Dcrit yaitu 9;0.05 = 0.43001

Wilayah kritis Dn < Dcrit maka H0 diterima.

Berdasarkan uji tersebut, maka Dn = 0.35547< Dcrit = 0.43001 H0 diterima.

### 4.5.6 Perhitungan Parameter *Time to Failure*

Parameter yang menjadi dasar analisis distribusi data waktu kegagalan adalah Tmed (parameter lokasi) dan s (parameter bentuk). Parameter-parameter ini digunakan untuk memetakan pola distribusi waktu hingga terjadi kegagalan, yang bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik serta perilaku data tersebut secara mendalam. Adapun perhitungan dilakukan dengan pendekatan matematis sebagai berikut:

a. Tmed (Parameter Lokasi)

n = 8

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

$\mu = \frac{99.8973}{8}$

μ = 12.48607

Tmed $= e^{\mu}$

$= e^{99.8973}$

= 264624.27694

b. S (Parameter Bentuk)

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

$$= \sqrt{\frac{4.8657}{8}}$$

$$= 0.77988$$

### 4.5.7 Perhitungan Parameter *Time to Repair*

Parameter yang menjadi dasar analisis distribusi data waktu kegagalan adalah Tmed (parameter lokasi) dan s (parameter bentuk). Parameter-parameter ini digunakan untuk memetakan pola distribusi waktu hingga terjadi kegagalan, yang bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik serta perilaku data tersebut secara mendalam. Adapun perhitungan dilakukan dengan pendekatan matematis sebagai berikut:

a. Tmed (Parameter Lokasi)

n = 9

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

$\mu = \frac{47.002}{9}$

$\mu = 5.29966$

Tmed $= e^{\mu}$

$= e^{47.7002}$

$= 200.26939$

b. S (Parameter Bentuk)

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

$= \sqrt{\frac{0.39716}{9}}$

$= 0.21007$

### 4.5.8 Perhitungan Nilai Tengah *Mean Time to Failure*

MTTF menghitung rata-rata waktu sebelum kegagalan komponen dengan pendekatan distribusi lognormal. Hasil ini membantu memprediksi keandalan dan menentukan interval perawatan. Berikut merupakan perhitungan dari MTTF:

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

$= 264624.27694\ e^{\frac{0.77988^2}{2}}$

= 358675.7887

Berdasarkan perhitungan *Mean Time to Failure* pada komponen *Waterpump*, didapatkan waktu rata – rata sebesar 358675 menit.

### 4.5.9 Perhitungan Nilai Tengah *Mean Time to Repair*

MTTR menghitung rata-rata waktu perbaikan komponen pasca-kegagalan. Nilai ini digunakan untuk mengevaluasi efisiensi perbaikan dan meningkatkan strategi pemeliharaan. Berikut merupakan perhitungan dari MTTR:

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

= $200.26939\ e^{\frac{0.21007^2}{2}}$

= 204.73733

Berdasarkan perhitungan *Mean Time to Repair* pada komponen *Waterpump*, didapatkan waktu rata – rata sebesar 204.737 menit.

### 4.5.10 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan

Pada bagian ini, dilakukan analisis perhitungan interval waktu penggantian pencegahan yang bertujuan untuk meminimalkan *downtime*. Metode yang diterapkan adalah *Age Replacement*, di mana parameter-parameter kunci serta nilai MTTF yang telah dihimpun sebelumnya digunakan sebagai masukan utama. Pemilihan interval waktu antar kerusakan (*tp*) didasarkan pada nilai dengan *downtime* paling minimal. Berikut ini merupakan data-data yang diperlukan dalam menentukan interval waktu penggantian pencegahan secara optimal dengan pendekatan minimasi *downtime*:

1. Data waktu kerusakan berdistribusi Log Normal

   MTTF = 358675.8 menit

   Tmed = 264624.27694

   s = 0.77988
2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

   tf = 204.7373 menit
3. Waktu untuk melakukan penggantian terjadwal atau *preventive*

   tf = 204.7373 menit

Setelah itu melakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan minimasi *downtime* berdasarkan data diatas dengan menggunakan simulasi perhitungan selama 420000 menit atau selama 9.7 bulan berdasarkan batas maksimum umur komponen. Berikut merupakan hasil perhitungan yang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 22 Interval Penggantian Komponen

| **Interval Penggantian Komponen *Waterpump* Dengan Model ARP** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **tp** | **R(tp)** | **F(tp)** | **tp+Tp** | **(MTTF/F(tp))+Tf** | **D(tp)** |
| 1 | 1 | 5.423E-58 | 205.737 | 6.61409E+62 | 0.00057048726346954 |
| 1000 | 1 | 4.252E-13 | 1204.74 | 8.43468E+17 | 0.00056890363575148 |
| 10000 | 0.99999 | 1.333E-05 | 10204.7 | 26909458873 | 0.00055502364377176 |
| 20000 | 0.99954 | 0.000464 | 20204.7 | 773030711.4 | 0.00054038764275455 |
| 30000 | 0.99738 | 0.0026225 | 30204.7 | 136771142 | 0.00052658529906634 |
| 40000 | 0.9923 | 0.0077025 | 40204.7 | 46566330.85 | 0.00051367662791692 |
| 50000 | 0.98368 | 0.0163157 | 50204.7 | 21983720.15 | 0.00050172758967524 |
| 60000 | 0.97147 | 0.0285327 | 60204.7 | 12570886.1 | 0.00049077844801976 |
| 70000 | 0.95592 | 0.0440832 | 70204.7 | 8136540.29 | 0.00048083580902848 |
| 80000 | 0.93748 | 0.0625234 | 80204.7 | 5736867.887 | 0.00047187696024310 |
| 90000 | 0.91665 | 0.0833472 | 90204.7 | 4303595.83 | 0.00046385807339484 |
| 100000 | 0.89395 | 0.1060512 | 100205 | 3382305.831 | 0.00045672221967530 |
| 110000 | 0.86983 | 0.1301686 | 110205 | 2755674.832 | 0.00045040577646362 |
| 120000 | 0.84471 | 0.1552856 | 120205 | 2309986.707 | 0.00044484302873418 |
| 130000 | 0.81896 | 0.181045 | 130205 | 1981346.752 | 0.00043996922775372 |
| 140000 | 0.79285 | 0.2071456 | 140205 | 1731720.113 | 0.00043572247747122 |
| 150000 | 0.76666 | 0.2333375 | 150205 | 1537359.032 | 0.00043204478875431 |
| 160000 | 0.74058 | 0.2594165 | 160205 | 1382829.941 | 0.00042888257100422 |
| 170000 | 0.71478 | 0.2852179 | 170205 | 1257754.679 | 0.00042618675930266 |
| 180000 | 0.68939 | 0.3106112 | 180205 | 1154946.655 | 0.00042391271620734 |
| 190000 | 0.66451 | 0.3354945 | 190205 | 1069300.727 | 0.00042202000269620 |
| 200000 | 0.64021 | 0.3597899 | 200205 | 997108.2959 | 0.00042047208070212 |
| 210000 | 0.61656 | 0.3834396 | 210205 | 935621.486 | 0.00041923598737758 |
| 220000 | 0.5936 | 0.4064023 | 220205 | 882768.1495 | 0.00041828200606828 |
| 230000 | 0.57135 | 0.4286503 | 230205 | 836960.9187 | 0.00041758334886318 |
| 240000 | 0.54983 | 0.4501669 | 240205 | 796966.4545 | 0.00041711585896206 |
| 250000 | 0.52906 | 0.4709445 | 250205 | 761814.1436 | 0.00041685773684416 |
| **260000** | **0.50902** | **0.4909826** | **260205** | **730731.2013** | **0.00041678929155008** |
| 270000 | 0.48971 | 0.5102865 | 270205 | 703095.7933 | 0.00041689271676952 |
| 280000 | 0.47113 | 0.5288659 | 280205 | 678402.6722 | 0.00041715189049463 |
| 290000 | 0.45327 | 0.5467344 | 290205 | 656237.6431 | 0.00041755219650925 |
| 300000 | 0.43609 | 0.5639081 | 300205 | 636258.356 | 0.00041808036577526 |
| 310000 | 0.41959 | 0.5804051 | 310205 | 618179.6881 | 0.00041872433574021 |

| Interval Penggantian Komponen *Waterpump* Dengan Model ARP | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **tp** | **R(tp)** | **F(tp)** | **tp+Tp** | **(MTTF/F(tp))+Tf** | **D(tp)** |
| 320000 | 0.40376 | 0.596245 | 320205 | 601762.5027 | 0.00041947312565632 |
| 330000 | 0.38855 | 0.6114485 | 330205 | 586804.9177 | 0.00042031672612255 |
| 340000 | 0.37396 | 0.6260369 | 340205 | 573135.4627 | 0.00042124600121084 |
| 350000 | 0.35997 | 0.640032 | 350205 | 560607.6684 | 0.00042225260169658 |
| 360000 | 0.34654 | 0.6534554 | 360205 | 549095.7561 | 0.00042332888806976 |
| 370000 | 0.33367 | 0.6663289 | 370205 | 538491.1761 | 0.00042446786215237 |
| 380000 | 0.32133 | 0.6786739 | 380205 | 528699.81 | 0.00042566310628522 |
| 390000 | 0.30949 | 0.6905115 | 390205 | 519639.6929 | 0.00042690872917190 |
| 400000 | 0.29814 | 0.7018623 | 400205 | 511239.1484 | 0.00042819931757968 |
| 410000 | 0.28725 | 0.7127465 | 410205 | 503435.2528 | 0.00042952989319622 |
| 420000 | 0.27682 | 0.7231836 | 420205 | 496172.562 | 0.00043089587402895 |
| Min D(tp) | | | | | 0.00041678929155008 |

Berikut ini merupakan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan minimasi *downtime* pada komponen *Waterpump* menggunakan distribusi lognormal dengan tp = 260000 menit:

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

= 0.49098

b. R(tp) = 1 – (F(tp)

= 1 - 0.49098

= 0.50902

**c.** (tp +Tp) x R(tp) = 260205 * 0.50902

= 132448.7367

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

= 0.00041

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diatas, didapatkan nilai D(tp) yang paling minimum terdapat pada tp = 260000 menit. Sehingga waktu interval untuk penggantian komponen *Waterpump* dengan kriteria minimasi *downtime* terdapat pada menit ke 260000 menit atau sekitar 6 bulan.

### 4.5.11 Perhitungan Interval Waktu Perawatan

Dalam bagian ini, dilakukan analisis komprehensif terhadap perhitungan interval waktu perawatan, yang bertujuan untuk memastikan keandalan dan efisiensi pada komponen *Waterpump*. Pendekatan ini mengintegrasikan berbagai parameter teknis yang telah

dikumpulkan sebelumnya, termasuk nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) sebagai komponen fundamental dalam proses perhitungan. Fokus utama analisis ini adalah menentukan interval perawatan yang ideal guna meminimalkan potensi gangguan operasional sekaligus meningkatkan keberlanjutan sistem. Berikut ini perhitungan yang dilakukan untuk mendukung proses kalkulasi interval waktu perawatan secara optimal:

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 *Waterpump* 2017-2022 = 9 kali
   d. k $= \frac{9}{60\ bulan}$
      $= 0.15$
2. Waktu rata - rata yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan
   a. MTTR = 204.7373 menit
      = 3.41228 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. $\frac{1}{\mu}$ $= \frac{MTTR}{t}$
      $= \frac{3.41}{720}$
      $= 0.00473$
   d. μ = 211.0021
3. Waktu rata - rata yang dibutuhkan untuk melakukan pemeriksaan
   a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan (ti) = 1 jam
   b. T = 720 jam/bulan
   c. $\frac{1}{i}$ $= \frac{ti}{t}$
      $= \frac{1}{720}$
      $= 0.00138$
   d. $i$ = 720
4. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

   n $= \sqrt{\frac{k.i}{\mu}}$
   $= \sqrt{\frac{0.15\ .720}{211.0021}}$

= 0.71543 kali pemeriksaan per bulan

5. Interval waktu pemeriksaan

$\frac{t}{n}$ $= \frac{720}{0.715432}$

= 42 hari

# BAB V
# PEMBAHASAN

## 5.1 Analisis *Functional Block Diagram* (FBD)

Tahap awal dalam penyusunan *Functional Block Diagram* (FBD) bertujuan untuk memetakan secara mendetail hubungan fungsional antar komponen dalam sistem mesin *lathe* yang digunakan untuk perbaikan *Blowout Preventer*. Diagram ini menjadi alat visualisasi yang sangat krusial dalam mengidentifikasi interaksi sistem dan mendeteksi potensi ketidaksesuaian dalam fungsi komponen.

*Spindle* inilah yang menggerakkan *chuck*, penjepit benda kerja agar tetap kokoh selama proses pemesinan. Sementara itu, di sisi berlawanan, *tailstock* menopang benda kerja yang berukuran panjang agar tetap stabil dan tidak goyah saat diputar. Gerakan pemotongan sendiri dikendalikan oleh *lead screw*, yang mengarahkan pergerakan *compound slide* untuk pemotongan dengan sudut tertentu. Di sisi lain, *cross slide* memberikan pergerakan menyamping pada alat potong, sehingga pengaturan diameter pemotongan bisa dilakukan dengan lebih presisi. Pengendalian seluruh sistem dilakukan melalui *control panel*, yang menjadi pusat pengoperasian untuk berbagai bagian penting seperti dynamo, sistem pelumasan (*oil system*), dan pompa pendingin (*Waterpump*). *Oil system* menyediakan pelumas bagi bagian-bagian bergerak seperti *gearbox* dan *spindle*, supaya tidak cepat aus. Sedangkan *Waterpump* bertugas menjaga sirkulasi cairan pendingin agar suhu kerja tetap dalam batas aman. Selain itu, sistem kelistrikan juga punya peran krusial, yaitu mendistribusikan daya ke berbagai komponen yang membutuhkannya agar semua bagian bisa bekerja sebagaimana mestinya.

Dengan demikian, analisis FBD ini tidak hanya menggambarkan susunan fungsional belaka, namun menjadi dasar interpretatif dalam memahami alur kerja mekanikal secara menyeluruh. Pendekatan ini menghadirkan nuansa analitis yang lebih tajam, memberikan pemisahan yang jelas antara fase observasi dan tahap penalaran teknis.

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

Proses *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) difokuskan pada identifikasi modus kegagalan potensial dan dampak yang dihasilkan terhadap keseluruhan sistem mesin. Tujuan utamanya adalah merumuskan langkah mitigasi berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) yang

dihitung melalui tiga parameter utama: tingkat keparahan, probabilitas kejadian, dan kemampuan deteksi.

Berdasarkan tabel FMEA, diketahui bahwa mesin yang mengalami kerusakan adalah mesin *Lathe Mashtroy Kap.10"/30"* dengan *Waterpump* merupakan salah satu komponen mesin *Lathe Mashtroy Kap.10"/30"* yang mengalami kerusakan dengan *downtime* terlama. *Waterpump* sendiri berfungsi untuk memompa air untuk mendinginkan sistem mesin dan menjaga suhu operasi tetap stabil agar tidak *overheating*.

*Failure mode* dari komponen *Waterpump* yaitu tidak dapat memompa air, dengan *failure cause* dari komponen *Waterpump* antara lain terdapat kotoran pada pompa, terjadinya aus serta umur selang yang sudah lama. *Effect of failure* yang diakibatkan dari rusaknya komponen *Waterpump* sendiri adalah dapat merusak komponen lain (mata bor) sehingga proses pengerjaan dapat terhenti.

Untuk tingkat *Severity* pada komponen *Waterpump* dengan kegagalan memompa air berada pada tingkat 7 yang berarti dampak yang ditimbulkan sangat berpengaruh dan mesin tidak dapat beroperasi. Untuk tingkat *Occurancy* pada komponen *Waterpump* dengan kegagalan memompa air berada pada tingkat 4 yang berarti kerusakan mesin sedikit terjadi. Untuk tingkat *Detection* pada komponen *Waterpump* dengan kegagalan memompa air berada pada tingkat 6 yang berarti preventive maintenance memiliki kemungkinan moderate untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan. *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh berdasarkan tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada komponen *Waterpump* memiliki nilai RPN sebesar 168 yang mana komponen *Waterpump* menjadi komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi.

### 5.3 Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA)

Penerapan *Logic Tree Analysis* (LTA) melibatkan pendekatan kualitatif untuk memetakan dampak dari setiap *failure mode* pada mesin *lathe*. Analisis ini bertujuan untuk mengelompokkan kegagalan ke dalam kategori prioritas yang berbeda berdasarkan tingkat keparahan dampaknya.

Berdasarkan tabel LTA, dapat diketahui bahwa *Waterpump* memiliki fungsi penting dalam memompa air untuk mendinginkan sistem mesin. Kegagalan pada *Waterpump*, seperti tidak mampu memompa air, tergolong dalam kategori kritis (B) karena meskipun tidak membahayakan keselamatan, kegagalan ini dapat menyebabkan penghentian operasional mesin

yang jelas terlihat dan berdampak pada kelancaran kerja mesin. Berikut merupakan analisis mode kegagalan pada tabel LTA:

1. *Evident*, (apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?) **YES**
2. *Safety*, (apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?) **NO**
3. *Outage*, (apakah mode kerusakan ini mengakibatkan mesin berhenti? ) **YES**

Berdasarkan keterangan di atas, komponen *Waterpump* termasuk dalam *Category* B (*Outage problem*) karena *failure mode* pada komponen *Waterpump* dapat berdampak pada operasi pabrik dan meningkatkan biaya.

### 5.4 Analisis *Task Selection* (TS)

Pada tahap *Task Selection* (TS), fokus analisis diarahkan untuk menentukan tugas-tugas pemeliharaan yang paling relevan dan efisien dalam menjaga keandalan mesin *lathe*. Setiap tugas dipilih berdasarkan analisis kegagalan sebelumnya dan disesuaikan dengan ketersediaan sumber daya, sehingga pelaksanaan pemeliharaan menjadi optimal.

Berdasarkan analisis kritis, kegagalan *Waterpump* dianggap signifikan di beberapa aspek yang menunjukkan bahwa kegagalan ini dapat berdampak luas terhadap sistem mesin secara keseluruhan. Oleh karena itu, tindakan perawatan yang direkomendasikan adalah *Time Directed* (TD), yang berarti perawatan dilakukan secara berkala untuk meminimalkan risiko kegagalan. Pendekatan ini bertujuan untuk mencegah kegagalan melalui perawatan yang dijadwalkan secara teratur guna memastikan bahwa *Waterpump* tetap berfungsi optimal dan mendukung kelancaran operasional mesin. Berikut merupakan pertanyaan terkait *selection guide* pada *task selection*:

a. Apakah hubungan dengan *age reliability* diketahui ? YES
b. Apakah Tindakan TD bisa digunakan? YES
c. Apakah tindakan CD dapat digunakan ? YES
d. Apakah termasuk dalam mode kerusakan ? YES
e. Apakah tindakan FF dapat digunakan ? YES
f. Apakah diantara tindakan yang dipilih efektif ? YES
g. Dapatkah desain dari modifikasi dapat menghilangkan mode kegagalan dan efeknya?

Berdasarkan pertanyaan terkait *selection guide* diatas, maka metode tindakan yang paling sesuai untuk diterapkan adalah *Time Directed* (TD), yakni pemeliharaan yang dijadwalkan secara rutin untuk memastikan performa komponen tetap terjaga..

### 5.5 Analisis Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

Analisis ini menitikberatkan pada identifikasi komponen - komponen dalam sistem yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kinerja keseluruhan. Proses ini mengacu pada data historis kegagalan dan dampak waktu henti mesin terhadap produksi.

Pada analisis ini terdapat 5 jenis mesin yang di uji yaitu *Radial Drilling*, *Lathe Machine* L-5, *Vertical Lathe Machine*, *Drilling & Milling Machine*, *Lathe Machine Mashtroy.* Berdasarkan kelima mesin tersebut, didapatkan mesin yang memiliki kerusakan dengan *downtime* terbanyak adalah mesin *Lathe Mashtroy* dengan total *downtime* terbesar yaitu sebanyak 9.535 menit atau sebesar 30.87% dari total *downtime* yang sebanyak 30.890 menit, yang di lanjut dengan mesin *Drilling & Milling* dengan *downtime* sebesar 8.640 menit, mesin *Vertical Lathe* dengan *downtime* sebesar 5.295 menit, mesin *Lathe L-5 Jap.2* dengan *downtime* sebesar 4.880 menit, dan terakhir mesin *Radial Drilling NKR* dengan *downtime* sebesar 2.540 menit. Mesin *Lathe Mashtroy* sendiri memiliki 147 frekuensi kerusakan dari 513 total kerusakan. Oleh karena itu, mesin *Lathe Mashtroy* terpilih sebagai mesin yang paling kritis karena memiliki *downtime* terbanyak.

Pada analisis penentuan komponen kritis, diketahui bahwa komponen *Waterpump* memiliki *downtime* terbesar yaitu sebanyak 1.845 menit menit atau sebesar 19.35% dari total *downtime* yang sebanyak 9.535 menit yang di lanjut dengan *chuck* dengan *downtime* sebesar 840 menit, *control panel* dengan *downtime* sebesar 1.395 menit, *electrical* dengan *downtime* sebesar 1.185 menit, *gearbox* dengan *downtime* sebesar 1.240 menit, *oil system* dengan *downtime* sebesar 1.240 menit, *spindle* dengan *downtime* sebesar 295 menit, dan terakhir *v. belt* dengan *downtime* sebesar 1.495 menit. Komponen *Waterpump* sendiri memiliki 9 frekuensi kerusakan dari 147 total kerusakan. Oleh karena itu, komponen *Waterpump* terpilih sebagai komponen yang paling kritis karena memiliki *downtime* terbanyak.

### 5.6 Analisis Distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Pada analisis ini, data terkait distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) dihitung untuk memahami pola kegagalan dan durasi perbaikannya. Data ini memberikan

landasan penting dalam menyusun jadwal pemeliharaan preventif dan memperkirakan kebutuhan waktu perbaikan yang efisien. Distribusi dilakukan dengan menggunakan 4 jenis distribusi antara lain distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi *weibull*, dan distribusi eksponensial yang dilakukan terhadap komponen kritis *Waterpump* pada mesin *Lathe Mashtroy.* Penentuan distribusi menggunakan perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* (LSCF) untuk menentukan *index of fit* terbesar. Berikut ini merupakan hasil perhitungan manual *index of fit* dari distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR):

Tabel 5. 1 Analisis IOF TTF

| **Distribusi** | **Index Of Fit** | |
|---|---|---|
| Eksponensial | 0.97111 | 97.11% |
| Normal | 0.91765 | 91.77% |
| **Lognormal** | **0.98627** | **98.63%** |
| Weibull | 0.95595 | 95.60% |

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan secara manual, distribusi dengan nilai *Index of Fit* tertinggi dapat diidentifikasi. Dari tabel di atas, diketahui bahwa distribusi Lognormal memiliki nilai kesesuaian tertinggi, yaitu sebesar 0,9863 atau setara dengan 98,63%. Hal ini menunjukkan bahwa data *Time to Failure* (TTF) komponen yang diuji cenderung mengikuti distribusi lognormal. Selanjutnya setelah menghitung *Time to Failure* (TTF), langkah selanjutnya adalah menghitung distribusi *Time to Repair* (TTR) yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 5. 2 Analisis IOF TTR

| **Distribusi** | **Index Of Fit** | |
|---|---|---|
| Eksponensial | 0.98107 | 98.11% |
| Normal | 0.91206 | 91.21% |
| **Lognormal** | **0.98411** | **98.41%** |
| Weibull | 0.93234 | 93.23% |

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, tabel menunjukkan bahwa distribusi dengan *Index of Fit* tertinggi adalah distribusi *Eksponensial*, dengan nilai sebesar 0,9811 atau 98,11%. Distribusi ini menunjukkan tingkat kesesuaian tertinggi dalam memodelkan data *Time to Failure* (TTF) komponen *Waterpump* yang dianalisis. Hasil ini memberikan informasi penting dalam menentukan pendekatan perawatan yang lebih efisien dan akurat, di mana distribusi

dengan nilai kesesuaian tertinggi dapat digunakan sebagai dasar untuk memprediksi waktu kegagalan berikutnya dengan lebih presisi.

### 5.7 Analisis Uji Kecocokan *Goodness of Fit*

Uji *Goodness of Fit* digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian data kegagalan dengan distribusi data waktu kerusakan dan data waktu perbaikan. Hasil uji ini menjadi dasar dalam menetapkan model analisis statistik yang paling representatif. Hasil dari uji *index of fit* terbesar adalah uji lognormal, maka uji kecocokan yang akan dilakukan adalah uji *kolmogorov-smirnov.* Uji tersebut didasarkan pada hipotesis nol ($H_0$), yang menyatakan bahwa data mengikuti distribusi lognormal. Apabila nilai statistik uji (Dn) lebih kecil daripada nilai kritis ($D_a$ atau Dcrit), maka $H_0$ diterima dan distribusi lognormal dianggap cocok merepresentasikan data yang dianalisis.

Berdasarkan perhitungan data *time to failure,* Dhitung didapatkan dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka nilai Dn = 0.2118 dan nilai Dcrit = 0.338. Sehingga berdasarkan keputusan Dn < Dcrit, Dn = 0.2118 < Dcrit = 0.338 berarti H0 diterima yang menandakan data *time to failure* berdistribusi lognormal. Sedangkan untuk perhitungan data *time to repair,* Dhitung juga didapatkan dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka nilai Dn = 0.35547 dan nilai Dcrit = 0.43001. Sehingga berdasarkan keputusan Dn < Dcrit, Dn = 0.35547 < Dcrit = 0.43001 berarti H0 diterima yang menandakan data *time to repair* berdistribusi lognormal. Dengan demikian, baik waktu menuju kegagalan maupun waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan memperlihatkan pola yang selaras dengan distribusi lognormal, menjadikannya fondasi valid untuk analisis statistik lanjutan pada studi keandalan sistem.

### 5.8 Analisis Parameter Distribusi (TTF) dan (MTTF)

Analisis ini bertujuan untuk menghitung parameter statistik dari distribusi TTF. Sedangkan *Mean Time to Failure* (MTTF) menjadi indikator penting dalam memahami durasi operasional rata-rata sebelum kegagalan terjadi. Berikut merupakan hasil perhitungan untk menentukan nilai parameter dan *Mean Time to Failure* (MTTF) menggunakan perhitungan manual:

Tabel 5. 3 Analisis Parameter Distribusi TTF

| **TTF** | |
|---|---|
| $t_{med}$ | 264624.27694 |
| s | 0.77988 |
| MTTF | 358675.7887 |

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai $t_{med}$ sebesar 264624.27694, nilai s sebesar 0.77988, dan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) yaitu selama 358676 menit. Penafsiran terhadap hasil ini menjadi pondasi penting dalam perencanaan strategi perawatan preventif, terutama dalam konteks penggunaan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan pendekatan *Age Replacement*. Dengan kata lain, bagian ini tidak hanya berperan sebagai laporan statistik, tetapi juga sebagai bahan pertimbangan untuk pengambilan keputusan teknis yang berorientasi pada efisiensi dan keandalan operasional jangka panjang.

### 5.9 Analisis Parameter Distribusi (TTR) dan (MTTR)

Dalam tahap ini, parameter distribusi *Time to Repair* (TTR) dianalisis untuk menentukan *Mean Time to Repair* (MTTR) sebagai indikator utama efisiensi proses perbaikan. Berikut merupakan hasil perhitungan untk menentukan nilai parameter dan *Mean Time to Repair* (MTTF) menggunakan perhitungan manual:

Tabel 5. 4 Analisis Parameter Distribusi TTR

| **TTR** | |
|---|---|
| $t_{med}$ | 200.26939 |
| s | 0.21007 |
| MTTR | 204.7373397 |

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai $t_{med}$ sebesar 200.26939, nilai s sebesar 0.21007, dan nilai *Mean Time to Repair* (MTTF) yaitu selama 204.737 menit. Angka ini merepresentasikan estimasi waktu rata-rata yang diperlukan dalam pelaksanaan perbaikan, serta menjadi indikator penting dalam merancang sistem pemeliharaan yang responsif dan minim downtime.

### 5.10 Analisis Interval Waktu Penggantian dan Perawatan Komponen

Tahap terakhir ini bertujuan untuk menentukan interval optimal dalam penggantian dan perawatan komponen mesin. Analisis ini mengacu pada pola kerusakan dan derajat keandalan sistem yang diidamkan. Dalam hal ini, pendekatan *Age Replacement* dipilih sebagai metode utama, dilandasi oleh parameter *downtime* terendah sebagai prioritas.

Berdasarkan pengolahan data interval waktu penggantian komponen, nilai D(tp) yang diambil adalah nilai yang terkecil yang didapat pada tp 260.000 menit dengan D(tp) sebesar

0.000041678291. Sehingga didapatkan waktu yang optimal untuk mengganti komponen adalah 260.000 menit atau sekitar 6 bulan. Sedangkan untuk interval pemeriksaan diperoleh dari perhitungan jumlah kerja dibagi dengan frekuensi pemeriksaan yang mendapat hasil sekitar 42 hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pergantian komponen *Waterpump* dapat diganti selama 6 bulan sekali dan pemeriksaan komponen *Waterpump* dapat dilakukan 42 hari sekali. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir adanya kegagalan pada sistem kerja mesin. Langkah ini dirancang bukan hanya sebagai rutinitas pemeliharaan, melainkan sebagai mekanisme pencegah dini terhadap potensi malfungsi sistemik, yang berisiko menurunkan efisiensi kerja mesin secara keseluruhan. Pendekatan berbasis waktu ini mempertegas pentingnya keselarasan antara prediktabilitas kegagalan dan efisiensi tindakan preventif yang tepat.

## 5.11 Keterbatasan dan Kekurangan Metode Analisis

Subbab ini disusun sebagai bentuk batasan dan kekurangan terhadap proses, metode, dan pendekatan analisis yang telah digunakan selama pembahasan. Evaluasi ini mencakup aspek ketepatan hasil, kelengkapan data, keterbatasan prosedural, serta potensi bias yang dapat memengaruhi validitas hasil dan rekomendasi teknis. Tujuannya adalah memberikan gambaran menyeluruh mengenai titik-titik lemah yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan dalam studi lanjutan. Berikut merupakan batasan dan kekurangan yang terdapat pada masing – masing metode:

a. Analisis FBD

   Dalam proses penyusunan FBD, terdapat kendala dalam pengumpulan informasi teknis yang detail dari setiap komponen mesin *lathe*, khususnya terkait data teknis internal seperti toleransi desain atau distribusi aliran daya.

b. Analisis FMEA

   Pendekatan FMEA cukup komprehensif, namun tetap memiliki sisi subjektif. Skor untuk *severity*, *occurrence*, dan *detection* bergantung pada penilaian individu, bukan hasil pengukuran langsung. Hal ini tentu bisa menimbulkan bias. Di sisi lain, metode ini tidak secara langsung mempertimbangkan perubahan kondisi komponen seiring waktu yang bisa memengaruhi validitas dari angka RPN yang diperoleh.

c. Analisis LTA

   LTA sebagai pendekatan kualitatif memberikan pemahaman struktur kegagalan, namun tidak mencantumkan besaran dampak secara numerik. Penilaian kategori (seperti *Outage*

dan *Safety*) bergantung pada persepsi serta pengalaman teknisi. Tidak adanya pembobotan risiko kuantitatif membuat akurasinya terbatas dalam pengambilan keputusan berbasis risiko nyata.

d. Analisis TS

   Pemilihan metode *Time Directed* (TD) dalam *Task Selection* didasarkan pada hasil FMEA dan LTA, namun belum mempertimbangkan biaya implementasi, tingkat kepraktisan pelaksanaan di lapangan, serta kompatibilitas sumber daya manusia.

e. Analisis mesin dan komponen kritis

   Analisis ini bergantung pada data *downtime* dan frekuensi kerusakan dari rekaman manual perusahaan. Terdapat kemungkinan bahwa pencatatan tidak seragam, tidak lengkap, atau tidak menggunakan sistem digital yang terintegrasi.

f. Analisis penentuan interval penggantian dan perawatan

   Penentuan interval penggantian berbasis nilai D(tp) terkecil merupakan pendekatan yang tidak mempertimbangkan fluktuasi beban kerja dan kondisi aktual operasional.

Dengan demikian, penyusunan ini sepenuhnya didasarkan pada pengalaman dan observasi penulis selama proses analisis berlangsung. Artinya, tidak semua metode yang digunakan dalam bab ini memiliki kekurangan yang signifikan. Hanya beberapa pendekatan yang menurut penulis menunjukkan kendala nyata dalam penerapannya, baik dari sisi teknis maupun keterbatasan data yang tersedia. Sebagian metode lainnya berjalan lancar dan tidak menimbulkan hambatan berarti selama penelitian berlangsung, sehingga tidak dicantumkan dalam subbab ini.

# BAB VI
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan menganalisis perencanaan perawatan mesin *Lathe Mashtroy* di PT. Jaya Manggala Sakti dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan metode *Age Replacement*. Berdasarkan pengolahan dan analisis, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan penentuan komponen kritis pada mesin *Lathe Mashtroy* yang memiliki tingkat kerusakan paling tinggi adalah *Waterpump* dengan total kerusakan sebanyak 9 kali dan *downtime* selama 1845 menit. Begitu juga dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang mana berdasarkan hasil perhitungan RPN, komponen *Waterpump* mendapatkan skor RPN sebesar 168. Sedangkan berdasarkan metode *Logic Tree Analysis* (LTA), komponen *Waterpump* termasuk dalam *category* B (*Outage Problem*) yang mana komponen *Waterpump* dapat berdampak pada operasi pabrik dan meningkatkan biaya. Terakhir, berdasarkan metode *Task Selection* (TS), tindakan perawatan yang direkomendasikan pada komponen *Waterpump* adalah *Time Directed* (TD), yang berarti perawatan dilakukan secara berkala untuk meminimalkan risiko kegagalan.
2. Berdasarkan perhitungan interval pemeriksaan pada komponen *Waterpump*, diperoleh waktu selama 42 hari sekali untuk melakukan pemeriksaan atau perawatan pada komponen *Waterpump* untuk mencegah terjadinya kerusakan pada komponen dan mengetahui kondisi pada komponen.
3. Berdasarkan perhitungan interval penggantian komponen *Waterpump* yang telah dihitung menggunakan pendekatan *Age Replacement*, menghasilkan jadwal yang optimal untuk mengganti komponen adalah 260.000 menit atau 181 hari. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir *downtime* pada mesin, sehingga kegiatan perbaikan dapat berjalan dengan lancar.

## 6.1 Saran

Adapun saran atau rekomendasi yang dapat menjadi masukkan kepada perusahaan atau penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Bagi Perusahaan

a. PT. Jaya Manggala Sakti perlu meningkatkan implementasi perawatan preventif secara berkala untuk komponen kritis, terutama pada komponen pada mesin yang memiliki risiko kerusakan tertinggi.
b. Perusahaan disarankan memberikan pelatihan kepada teknisi terkait penerapan metode RCM dan *Age Replacement*. Selain itu, sistem monitoring berbasis *real-time* perlu diterapkan untuk mendeteksi potensi kerusakan lebih dini.
c. Penyediaan suku cadang untuk komponen harus dipastikan dan disesuaikan agar penggantian dapat dilakukan tepat waktu tanpa mengganggu jadwal operasional produksi.

2. Bagi Akademik
   a. Penelitian dapat dilanjutkan dengan mengkombinasikan metode RCM dan *Age Replacement* dengan metode lain seperti *Life Cycle Costing* (LCC), *Artificial Inteligence* (AI), atau metode lain untuk meciptakan strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien.
   b. Pihak akademik disarankan dapat menjalin kerja sama dengan perusahaan, terutama yang bergerak di bidang permesinan dan perawatan guna membuka peluang kerja bagi mahasiswa.
   c. Pihak akademik dapat menjadikan penelitian ini sebagai refrensi dalam pengembangan modul praktikum, terutama yang berkaitan dengan analisis kerusakan, pemilihan strategi perawatan, dan optimasi penjadwalan perawatan.

# DAFTAR PUSTAKA


Abdullah, B., Maitimu, N. E., & Tupan, J. M. (2016). Usulan Perencanaan Perawatan Preventif Berbasis Keandalan Untuk Alat Automatic Tank Gauging (Atg). *Agustus*, *10*(2).

Aini, Z., Yanuar, F., & Studi, P. S. (2019). Penentuan Reliabilitas Dari Sistem Berdistribusi Weibull Dengan Metode Bayes. *Jurnal Matematika Unand*, *Viii*(1), 332–340.

Alrifaey, M., Hong, T. S., As'arry, A., Supeni, E. E., & Ang, C. K. (2020a). Optimization And Selection Of Maintenance Policies In An Electrical Gas Turbine Generator Based On The Hybrid Reliability-Centered Maintenance (Rcm) Model. *Processes*, *8*(6). Https://Doi.Org/10.3390/Pr8060670

Alrifaey, M., Hong, T. S., As'arry, A., Supeni, E. E., & Ang, C. K. (2020b). Optimization And Selection Of Maintenance Policies In An Electrical Gas Turbine Generator Based On The Hybrid Reliability-Centered Maintenance (Rcm) Model. *Processes*, *8*(6). Https://Doi.Org/10.3390/Pr8060670

Andiyanto, S., Sutrisno, A., & Punuhsingon, C. (2022). Penerapan Metode Fmea (Failure Mode And Effect. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, *6*(1).

Armanda, D. D., Jufriyanto, Moh., & Rizqi, A. W. (2023). Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Pt. Xyz. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, *7*(4), 1588–1595. Https://Doi.Org/10.33379/Gtech.V7i4.3298

Bangun, C. S., Jalil, A., Amperajaya, D., & Rasjidin, R. (2022). Preventive Maintenance Scheduling With Age Replacement Method At Cng Station. *Aptisi Transactions On Technopreneurship*, *4*(2), 153–163. Https://Doi.Org/10.34306/Att.V4i2.260

Barlow, R. E., & Proschan, F. (1965). Mathematical Theory Of Reliability. *Society For Industrial And Applied Mathematics*, *17*.

Berri, I., Zennir, Y., Mechhoud, E. A., & Liu, Y. (2024). Integrating Functional Block Diagrams And Systems-Theoretic Process Analysis: A Case Study Of A Nuclear Power Station. *International Journal Of Safety And Security Engineering*, *14*(2), 359–372. Https://Doi.Org/10.18280/Ijsse.140205

Brauer, D. C., & Brauer, G. D. (1987). Reliability-Centered Maintenance. *Ieee Transactions On Reliability*, *R-36*(1), 17–24. Https://Doi.Org/10.1109/Tr.1987.5222285

Chi, C. F., Sigmund, D., & Astardi, M. O. (2020). Classification Scheme For Root Cause And Failure Modes And Effects Analysis (Fmea) Of Passenger Vehicle Recalls. *Reliability Engineering And System Safety*, *200*. Https://Doi.Org/10.1016/J.Ress.2020.106929

Duarte Da Costa Sarmento. (2023). A Comparative Study Of Reliability-Centered Maintenance And New-Based Maintenance Approaches On A Working-Hours Engine: A Case Study. *Innovations In Materials Engineering*, *1*(1), 78–91.

Eriksen, S., Utne, I. B., & Lützen, M. (2021). An Rcm Approach For Assessing Reliability Challenges And Maintenance Needs Of Unmanned Cargo Ships. *Reliability Engineering And System Safety*, *210*. Https://Doi.Org/10.1016/J.Ress.2021.107550

Fernando, V., Hernadewita, H., & Purba, H. H. (2021). Interval Waktu Pemeliharaan Berdasarkan Reliability Centered Maintanance (Rcm) Pada Kinerja Saluran Udara Tegangan Menengah (Sutm) Perusahaan Listrik Negara. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, *5*(2), 110. Https://Doi.Org/10.35194/Jmtsi.V5i2.1459

Gilang Alamsyah, R., & Widiasih, W. (2023). Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Injection Molding Plastik Dengan Metode Age Replacement Pada Pt. Xyz. *Heuristic*, *20*(2), 215–238.

Hakim, L. (2019). Penerapan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Mesin Ripple Mill. *Surya Teknika*, *6*(1), 43–48.

Harnadi Bangun, I., Rahman, A., & Darmawan, Z. (2019). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii Pada Mesin Blowing Om. *Jurnal Teknik Industri*.

Husamuddin, A., Pusporini, P., & Andesta, D. (2020). Analisis Kerusakan Jembatan Timbang Unit 1 Di Pt.Petrokimia Gresik Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis Dan Metode Logic Tree Analysis. *Jurnal Sistem Dan Teknik Industri*, *1*.

Irfan, I., & Ikhsan Hamdy, M. (2019). Simulasi Perbaikan System Maintenance Dengan Pendekatan Konsep Lean Maintenance. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, *12*(1). Https://Doi.Org/10.24843/Jem.2019.V12.I01.P03

Iriani, Y., & Bachtiar, H. (2019). Analysis Of Maintenance Systems In Jet Dyeing Machine Components Using The Age Replacement Method. *Universal Journal Of Mechanical Engineering*, *7*(3), 27–34. Https://Doi.Org/10.13189/Ujme.2019.071304

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

Jiang, S., Liu, Z., & Chen, J. (2023). A Dynamic Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Method For Cnc Machine Tool In Service. *Journal Of Physics: Conference Series*, *2483*(1). Https://Doi.Org/10.1088/1742-6596/2483/1/012047

Junaedi, J., & Aspiranti, T. (2022). Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi Panel Surya Dengan Menggunakan Metode Mtbf, Mttf, Mttr Utnuk Meminimumkan Biaya_Maintenance. *Bandung Conference Series: Business And Management*, *2*(2). Https://Doi.Org/10.29313/Bcsbm.V2i2.4002

Karunia, R., Ferro Ferdinant, P., & Febianti, E. (2017). Usulan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Komponen Kritis Mesin Stone Crusher Menggunakan Model Age Replacement. In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 5, Issue 3).

Mawardi, M., & Misdawati, M. (2023). Penerapan Kecerdasan Buatan Dalam Perawatan Mesin. *All Fields Of Science Journal Liaison Academia And Sosiety*, *3*(4). Https://Doi.Org/10.58939/Afosj-Las.V3i4.682

Munaji, A., Adha Ilhami, M., & Kurniawan, B. (2017). Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin Dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Unit Stand Cpl Di Pt Krakatau Steel. *Teknik Industri Untirta*.

Munawir, H., Mifta Ulfa, R., & Djunaidi Much. (2020). Analisa Risiko Kegagalan Terhadap Downtime Pada Line Crank Case Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis. *Teknik Industri*, 1–8.

Mustofa, J. (2014). Perencanaan Perawatan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Unit Npk Granulasi Ii Di Pt Petrokimia Gresik. *Matrik*, *Xv*(1), 35–41. Https://Doi.Org/10.30587/Matrik.V15i1.Xxx

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

Nauli Siregar, C. T., Kindangen, P., & Debbie Palandeng, I. (2022). Evaluasi Pemeliharaan Mesin Dan Peralatan Produksi Pt. Multi Nabati Sulawesi (Mns) Kota Bitung. *428 Jurnal Emba*, *10*(3), 2303–1174.

Nurcahyo, R., Sarmita, W., Dachyar, M., & Edison. (2017). *Analisis Keandalan Komponen Sistem Proses Pendingin Sekunder Reakor Riset G.A. Siwabessy*.

Pandi, S. D., Santosa, H., & Mulyono, J. (2014). Perancangan Preventive Maintenance Pada Mesin Corrugating Dan Mesin Flexo Di Pt. Surindo Teguh Gemilang. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik* , *13*(1).

Patil, S. S., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., Sharifpur, M., & Praveenkumar, S. (2022a). 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

Patil, S. S., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., Sharifpur, M., & Praveenkumar, S. (2022b). 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

Prihananto, D., & Sahroni, R. (2023). Effectiveness Analysis Of Hydraulic Torque Wrench Machine Using Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) And Logic Tree Analysis Study Case On Heavy Equipment Manufacturing. *Journal Of Applied Engineering And Technological Science*, *5*(1), 474–494.

Rizal, A., Yudhanegara, D., & Putri, P. K. B. (2023). Perencanaan Jadwal Perawatan Pencegahan Mesin Sliting Dengan Metode Rcm (Realibility Centered Maintenance) Di Pt. Xyz. *Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *7*(3). Https://Doi.Org/10.37090/Indstrk.V7i3.1071

Sajaradj, Z., Huda, L. N., & Sinulingga, S. (2019). The Application Of Reliability Centered Maintenance (Rcm) Methods To Design Maintenance System In Manufacturing (Journal Review). *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, *505*(1). Https://Doi.Org/10.1088/1757-899x/505/1/012058

Saputra, J. H., Bashori, H., Kunci, K., Perawatan, :, & Ii, R. (2024). Analisa Perawatan Mesin Protos 1-8 Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Ii (Rcm Ii) Di Pt. Xyz. *Journal Mechanical And Manufacture Technology*, *5*(2).

Shafiee, M., Enjema, E., & Kolios, A. (2019a). An Integrated Fta-Fmea Model For Risk Analysis Of Engineering Systems: A Case Study Of Subsea Blowout Preventers. *Applied Sciences (Switzerland)*, *9*(6). Https://Doi.Org/10.3390/App9061192

Shafiee, M., Enjema, E., & Kolios, A. (2019b). An Integrated Fta-Fmea Model For Risk Analysis Of Engineering Systems: A Case Study Of Subsea Blowout Preventers. *Applied Sciences (Switzerland)*, *9*(6). Https://Doi.Org/10.3390/App9061192

Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023a). Analisis Penerapan Sistem Perawatan Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Cement Mill Type Tube Mill Di Pt Cemindo Gemilang Medan. *Blend Sains Jurnal Teknik*, *2*(1), 72–83. Https://Doi.Org/10.56211/Blendsains.V2i1.199

Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023b). Analisis Penerapan Sistem Perawatan Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Cement Mill Type Tube Mill Di Pt Cemindo Gemilang Medan. *Blend Sains Jurnal Teknik*, *2*(1), 72–83. Https://Doi.Org/10.56211/Blendsains.V2i1.199

Sogalrey, M. A., & Suranta, B. Y. (2024). Evaluasi Blow Out Preventer (Bop) System Pada Kegiatan Work Over / Well Service (Wows) Pada Pt. Besmindo Materi Sewata. *Jurnal Eksplorasi Dan Produksi Migas*, *2*(1). Https://Doi.Org/10.53026/Jepm.V2i1.1382

Suherman, A., & Cahyana, B. J. (2019). *Pengendalian Kualitas Dengan Metode Failure Mode Effect And Analysis* (Vol. 16).

Sunaryo, Japri, Yuhelson, & Hakim, L. (2021). Implementasi Rcm Pada Mesin Diesel Deutz 20 Kva. *Program Studi Teknik Mesin Um Metro*, *10*(1).

Supriyadi, S., Jannah, R. M., & Syarifuddin, R. (2018). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Centrifugal Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Perusahaan Gula Rafinasi. *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, *5*(2). Https://Doi.Org/10.24853/Jisi.5.2.139-147

Suryani, F., Siti Ayu Syarifa, & Azhari, A. (2023). Analisis Preventive Maintenance Komponen Mesin Pulp Dengan Metode Age Replacement. *Journal Of Industrial And Manufacture Engineering*, *7*(1), 115–125. Https://Doi.Org/10.31289/Jime.V7i1.9498

Unaijah, U., & Darwis, S. (2022). Prediksi Sisa Umur Bearing Menggunakan Distribusi Weibull. *Jurnal Riset Statistika*, 73–81. Https://Doi.Org/10.29313/Jrs.Vi.909

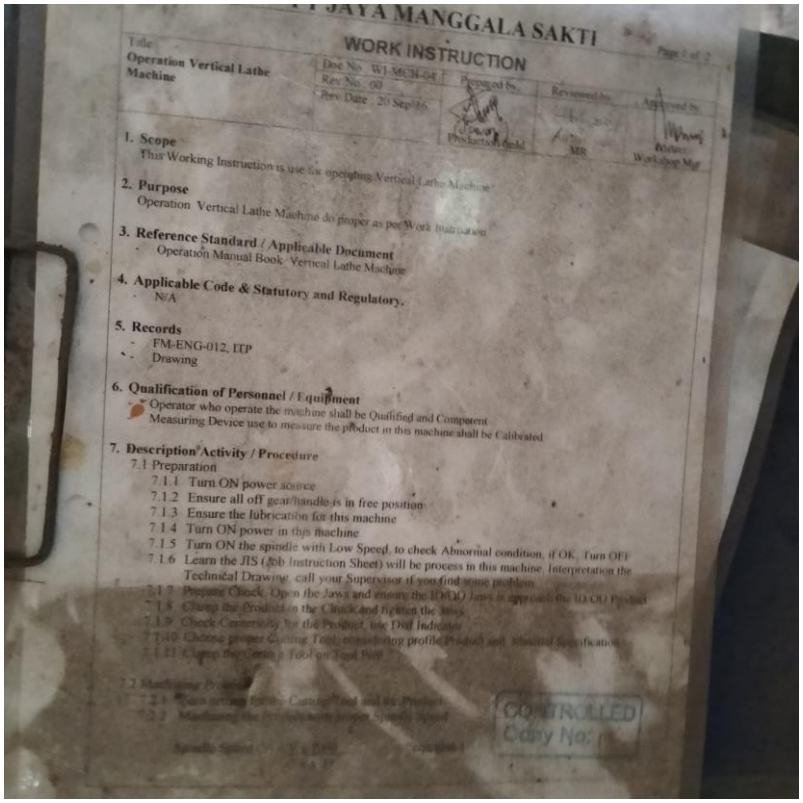
Wibowo, T. J., Syarif Hidayatullah, T., Nalhadi, A., & Teknik, F. (2021a). Analisa Perawatan Pada Mesin Bubut Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (Rcm). *Jurnal Rekayasa Industri (Jri)*, *3*(2).

Wibowo, T. J., Syarif Hidayatullah, T., Nalhadi, A., & Teknik, F. (2021b). Analisa Perawatan Pada Mesin Bubut Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (Rcm). *Jurnal Rekayasa Industri (Jri)*, *3*(2).

Yuan, Y., Wang, J., Shangguan, W., & Cai, B. (2019). Research On Identification Of Maintenance Significant Items In Reliability Centered Maintenance For Train Control System. *Itsc*.

# LAMPIRAN

| *n* | α = 0,20 | α = 0,10 | α = 0,05 | α = 0,02 | α = 0,01 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,900 | 0,950 | 0,975 | 0,990 | 0,995 |
| 2 | 0,684 | 0,776 | 0,842 | 0,900 | 0,929 |
| 3 | 0,565 | 0,636 | 0,708 | 0,785 | 0,829 |
| 4 | 0,493 | 0,565 | 0,624 | 0,689 | 0,734 |
| 5 | 0,447 | 0,509 | 0,563 | 0,627 | 0,669 |
| 6 | 0,410 | 0,468 | 0,519 | 0,577 | 0,617 |
| 7 | 0,381 | 0,436 | 0,483 | 0,538 | 0,576 |
| 8 | 0,359 | 0,410 | 0,454 | 0,507 | 0,542 |
| 9 | 0,339 | 0,387 | 0,430 | 0,480 | 0,513 |
| 10 | 0,323 | 0,369 | 0,409 | 0,457 | 0,486 |
| 11 | 0,308 | 0,352 | 0,391 | 0,437 | 0,468 |
| 12 | 0,296 | 0,338 | 0,375 | 0,419 | 0,449 |
| 13 | 0,285 | 0,325 | 0,361 | 0,404 | 0,432 |
| 14 | 0,275 | 0,314 | 0,349 | 0,390 | 0,418 |
| 15 | 0,266 | 0,304 | 0,338 | 0,377 | 0,404 |
| 16 | 0,258 | 0,295 | 0,327 | 0,366 | 0,392 |
| 17 | 0,250 | 0,286 | 0,318 | 0,355 | 0,381 |
| 18 | 0,244 | 0,279 | 0,309 | 0,346 | 0,371 |
| 19 | 0,237 | 0,271 | 0,301 | 0,337 | 0,361 |
| 20 | 0,232 | 0,265 | 0,294 | 0,329 | 0,352 |
| 21 | 0,226 | 0,259 | 0,287 | 0,321 | 0,344 |
| 22 | 0,221 | 0,253 | 0,281 | 0,314 | 0,337 |
| 23 | 0,216 | 0,247 | 0,275 | 0,307 | 0,330 |
| 24 | 0,212 | 0,242 | 0,269 | 0,301 | 0,323 |
| 25 | 0,208 | 0,238 | 0,264 | 0,295 | 0,317 |
| 26 | 0,204 | 0,233 | 0,259 | 0,290 | 0,311 |
| 27 | 0,200 | 0,229 | 0,254 | 0,284 | 0,305 |
| 28 | 0,197 | 0,225 | 0,250 | 0,279 | 0,300 |
| 29 | 0,193 | 0,221 | 0,246 | 0,275 | 0,295 |
| 30 | 0,190 | 0,218 | 0,242 | 0,270 | 0,290 |
| 35 | 0,177 | 0,202 | 0,224 | 0,251 | 0,269 |
| 40 | 0,165 | 0,189 | 0,210 | 0,235 | 0,252 |
| 45 | 0,156 | 0,179 | 0,198 | 0,222 | 0,238 |
| 50 | 0,148 | 0,170 | 0,188 | 0,211 | 0,226 |
| 55 | 0,142 | 0,162 | 0,180 | 0,201 | 0,216 |
| 60 | 0,136 | 0,155 | 0,172 | 0,193 | 0,207 |
| 65 | 0,131 | 0,149 | 0,166 | 0,185 | 0,199 |
| 70 | 0,126 | 0,144 | 0,160 | 0,179 | 0,192 |
| 75 | 0,122 | 0,139 | 0,154 | 0,173 | 0,185 |
| 80 | 0,118 | 0,135 | 0,150 | 0,167 | 0,179 |
| 85 | 0,114 | 0,131 | 0,145 | 0,162 | 0,174 |
| 90 | 0,111 | 0,127 | 0,141 | 0,158 | 0,169 |
| 95 | 0,108 | 0,124 | 0,137 | 0,154 | 0,165 |
| 100 | 0,106 | 0,121 | 0,134 | 0,150 | 0,161 |



JAYA MANGGALA SAKTI

WORK INSTRUCTION

Title: **Operation Vertical Lathe Machine**

Doc No : WI-MCH-04
Rev No : 00
Rev Date : 20 Sep 16

Prepared by: Production Supervisor

Reviewed by: MR

Approved by: Workshop Mgr

**1. Scope**
This Working Instruction is use for operating Vertical Lathe Machine

**2. Purpose**
Operation Vertical Lathe Machine do proper as per Work Instruction

**3. Reference Standard / Applicable Document**
- Operation Manual Book Vertical Lathe Machine

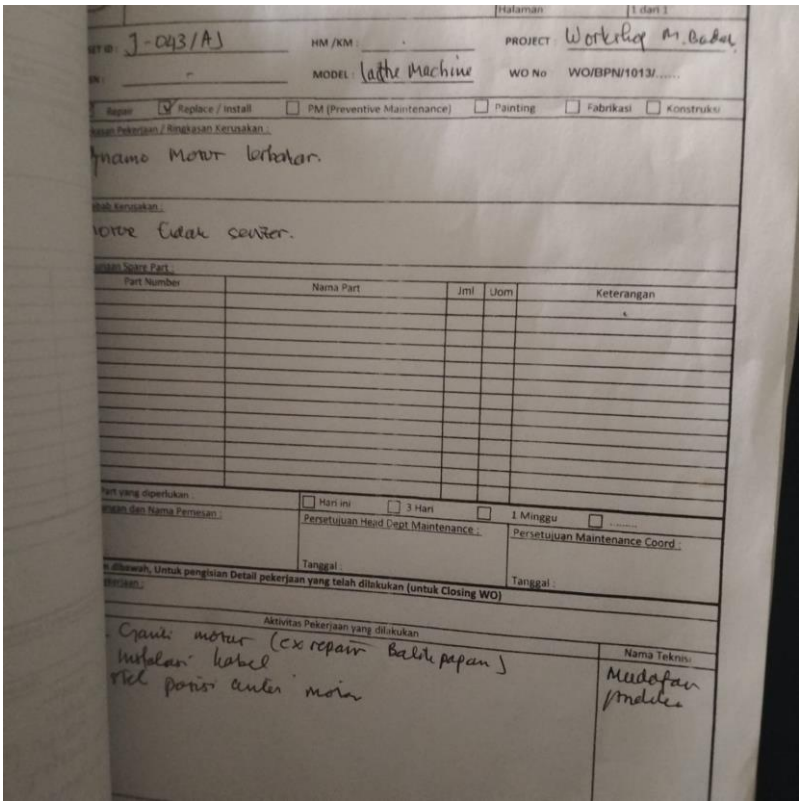
**4. Applicable Code & Statutory and Regulatory.**
- N/A

**5. Records**
- FM-ENG-012, ITP
- Drawing

**6. Qualification of Personnel / Equipment**
- Operator who operate the machine shall be Qualified and Competent
- Measuring Device use to measure the product in this machine shall be Calibrated

**7. Description Activity / Procedure**
7.1 Preparation
7.1.1 Turn ON power source
7.1.2 Ensure all off gear/handle is in free position
7.1.3 Ensure the lubrication for this machine
7.1.4 Turn ON power in this machine
7.1.5 Turn ON the spindle with Low Speed, to check Abnormal condition, if OK, Turn OFF
7.1.6 Learn the JIS (Job Instruction Sheet) will be process in this machine, Interpretation the Technical Drawing, call your Supervisor if you find some problem
7.1.7 Prepare Chuck, Open the Jaws and ensure the 10/00 Jaws is approach the 10/00 Product
7.1.8 Clamp the Product on the Chuck and tighten the Jaws
7.1.9 Check Centericity for the Product, use Dial Indicator
7.1.10 Choose proper Cutting Tools considering profile Product and Material Specification
7.1.11 Clamp the Cutting Tool on Tool Post

CONTROLLED Copy No:



Halaman 1 dari 1

ET ID : J-043/AJ
HM /KM :
PROJECT : Workshop Mr. Babah
MODEL : lathe machine
WO No : WO/BPN/1013/.....

Repair ☑ Replace / Install ☐ PM (Preventive Maintenance) ☐ Painting ☐ Fabrikasi ☐ Konstruksi

Pekerjaan / Ringkasan Kerusakan :
dynamo Motor berkalar.

Penyebab Kerusakan :
Motor kabel sentuh.

Permintaan Spare Part :

| Part Number | Nama Part | Jml | Uom | Keterangan |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Part yang diperlukan : ☐ Hari ini ☐ 3 Hari ☐ 1 Minggu ☐ .....

Persetujuan dan Nama Pemesan :

Persetujuan Head Dept Maintenance :
Tanggal :

Persetujuan Maintenance Coord :
Tanggal :

Jika dibawah, Untuk pengisian Detail pekerjaan yang telah dilakukan (untuk Closing WO)

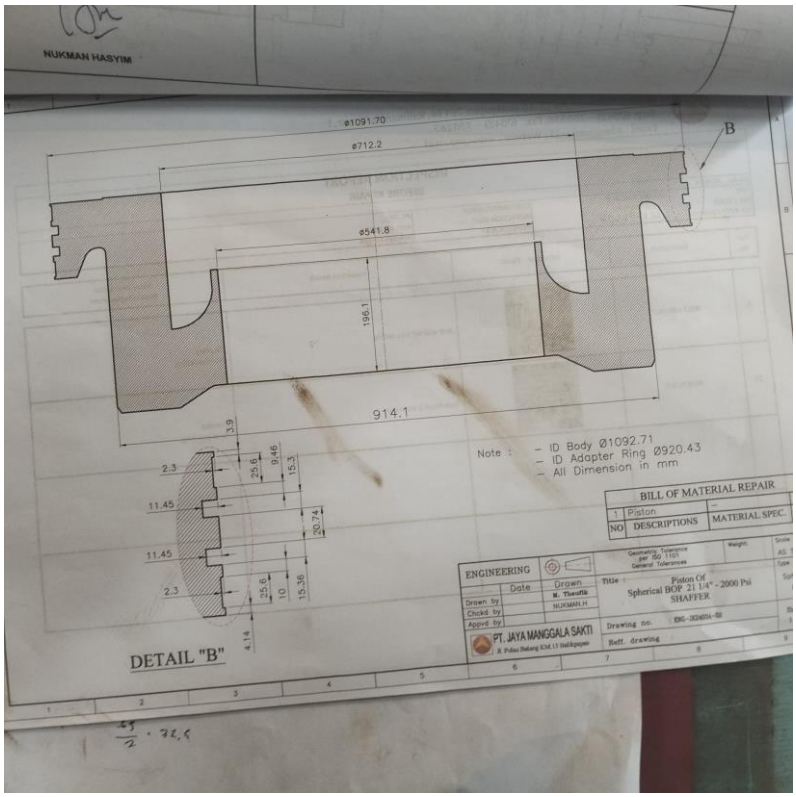
Aktivitas Pekerjaan yang dilakukan

Nama Teknisi

- Ganti motor (ex repair Bobin papan)
- Pelalar kabel
- Set posisi center motor

Mendapan Modules


MASHSTROY


NUKMAN HASYIM
ø1091.70
ø712.2
ø541.8
196.1
914.1
B
Note :
- ID Body Ø1092.71
- ID Adapter Ring Ø920.43
- All Dimension in mm
BILL OF MATERIAL REPAIR
NO DESCRIPTIONS MATERIAL SPEC
1 Piston –
ENGINEERING
Drawn
Date
M. Tsrofik
NUKMAN H
Drawn by
Chcked by
Apprd by
PT. JAYA MANGGALA SAKTI
Title :
Piston Of
Spherical BOP 21 1/4" - 2000 Psi
SHAFFER
Drawing no.
Reff. drawing
DETAIL "B"
3.9
25.6
9.46
15.3
2.3
11.45
30.74
11.45
2.3
25.6
10
15.36
4.14

