

# **TUGAS AKHIR**

**PENJADWALAN PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN  
TUBE MILL PEMBUATAN PIPA BAJA  
(STUDI KASUS CV. PERJUANGAN STEEL SURABAYA)**



**Disusun Oleh :**

**SATRIA PUTRA SAMUDERA**  
**NBI : 1412000209**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

**2024**

**PENJADWALAN PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN  
TUBE MILL PEMBUAT PIPA BAJA  
(STUDI KASUS CV. PERJUANGAN STEEL SURABAYA)**



Dosen Pembimbing :

Dr. Ir Muslimin Abdulrahim, M.Sc

Disusun Oleh :

SATRIA PUTRA SAMUDERA

1412000209

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

**2024**

**TUGAS AKHIR**

**PENJADWALAN PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN**

**TUBE MILL PEMBUAT PIPA BAJA**

**(STUDI KASUS CV. PERJUANGAN STEEL SURABAYA)**

**Untuk memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1) dalam Ilmu Teknik  
Industri**

**Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik  
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya**

**Oleh : SATRIA PUTRA SAMUDERA  
1412000209**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

**2024**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

---

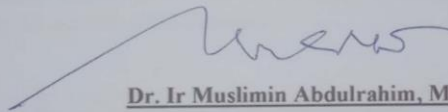
**LEMBAR PENGESAHAN**

Nama : Satria Putra Samudera  
NBI : 1412000209  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Penelitian : Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Mesin Tube  
Mill Pembuat Pipa Baja (Studi Kasus CV. Perjuangan Steel Surabaya)

Laporan Tugas Akhir Ini Telah Disetujui Tanggal 8 Mei 2024

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing



**Dr. Ir Muslimin Abdulrahim, M.Sc**

**NPP : 20410.87.0089**

Mengetahui :




Dekan Fakultas Teknik  
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya



**Dr. Ir. Saifulo, M.Kes., IPU., ASEAN Eng**  
**NPP : 20410.90.0197**

Ketua Program Studi Teknik Industri  
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya



**Herv Murnawan, ST., MT., CSCA**  
**NPP : 20410.94.0378**

## **LEMBAR PENETAPAN PANITIA PENGUJI**

Nama : Satria Putra Samudera  
NIM : 1412000209  
Program Studi : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir :

### **PENJADWALAN PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN TUBE MILL PEMBUAT PIPA BAJA (STUDI KASUS CV. PERJUANGAN STEEL SURABAYA)**

Tugas Akhir ini telah diuji pada: Tanggal 17 Mei 2024

Panitia Penguji Tugas Akhir Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

<b>Ketua</b>	<b>Dr. Ir Muslimin Abdulrahim, M.Sc</b>	<b>NPP: 20410.87.0089</b>
<b>Anggota</b>	<b>Hery Murnawan, ST., MT., CSCA</b>	<b>NPP: 20410.94.0378</b>
	<b>Putu Eka Dewi Karunia Wati, ST., MT., CSCA</b>	<b>NPP: 20410.17.0742</b>

## HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Satria Putra Samudera  
NIM : 1412000209  
Program Studi : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa sebagian maupun secara keseluruhan isi yang terdapat pada Tugas Akhir saya yang berjudul,

### PENJADWALAN PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN TUBE MILL PEMBUAT PIPA BAJA (STUDI KASUS CV. PERJUANGAN STEEL SURABAYA)

Merupakan benar-benar hasil karya tulis yang bersifat intelektual mandiri dan diselesaikan tanpa adanya unsur-unsur yang tidak diizinkan serta bukan merupakan karya intelektual milik orang lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Segala sumber referensi yang saya gunakan sebagai rujukan penulisan Tugas Akhir ini telah tertulis secara detail dan lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak sesuai dengan kebenaran, maka saya bersedia menerima segala bentuk sanksi peraturan yang telah ditetapkan.

Surabaya, 8 Mei 2024



**Satria Putra Samudera**  
NIM : 14120000209



UNIVERSITAS  
17 AGUSTUS 1945  
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN

Jl. Semolowaru 45 Surabaya  
Tlp. 031 593 1800 (ex.311)  
Email: [perpus@untag-sby.ac.id](mailto:perpus@untag-sby.ac.id)

### LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN

#### PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Satria Putra Samudera  
NBI : 1412000209  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Industri  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi/Laporan Penelitian/Makalah

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), atas karya saya yang berjudul:

#### “PENJADWALAN PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN TUBE MILL PEMBUAT PIPA BAJA (STUDI KASUS CV. PERJUANGAN STEEL SURABAYA)”

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum nama saya sebagai penulis.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Pada Tanggal : 15 Juni 2024

Yang menyatakan,



Satria Putra Samudera

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas ridho dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Mesin Tube Mill Pembuat Pipa Baja, Studi Kasus CV Perjuangan Steel Surabaya”. Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana strata (S-1) pada jurusan teknik industri, fakultas teknik di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, pengetahuan, serta dukungan dari banyak pihak yang selama ini membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan hati yang tulus penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat serta karunia pertolongan-Nya selama penulis menyusun skripsi.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi contoh sekaligus panutan bagi penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes., IPU., ASEAN Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Bapak Hery Murnawan, ST., MT., selaku Ketua Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Bapak Dr. Ir Muslimin Abdulrahim, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk membimbing serta mengarahkan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Teristimewa kepada orang tua penulis. Ayahanda Rasmono dan ibu Aris Setyowati, yang telah memberikan motivasi, dukungan penuh secara moral, materil, kasih sayang dan do'a yang begitu besar sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Kedua saudara penulis, Rangga Eka Prasetya dan Aditya Kris Samudera yang telah menjadi motivasi bagi penulis, telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
8. Ana dan sahabat SMA saya (Figo, Jason, Aldy, Thorik) seseorang yang selalu menemani dalam suka maupun duka, mendengarkan keluh kesah penulis, memberi dukungan, motivasi, pengingat, dan menemani penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
9. Seluruh teman dan pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu atas segala doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam proses hingga menyelesaikan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini penulis juga mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak diatas apabila selama melaksanakan penelitian dan menyusun

skripsi banyak kesalahan dan kekurangan yang penulis lakukan karena keterbatasan dan ketidak tahuan penulis. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari kekurangan dan keterbatasan sehingga kritik dan saran sangat diharapkan untuk memperbaiki penulisan ini agar menjadi lebih baik kedepannya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 15 Juni 2024

Penyusun,



Satria Putra Samudera

## ABSTRAK

Mesin produksi merupakan faktor penting dalam perusahaan manufaktur, jika mesin produksi seringkali mengalami kerusakan maka akan berpengaruh terhadap proses produksi. Kerusakan mesin menyebabkan *downtime* sehingga mesin tidak dapat memproduksi. Pada CV. Perjuangan Steel Surabaya terdapat mesin Tube Mill yang memproduksi Pipa Baja. Mesin ini sering mengalami kerusakan yang menyebabkan *downtime*. Mesin ini mempunyai beberapa sub mesin didalamnya, sub mesin yang mempunyai *downtime* tertinggi yaitu mesin Welding table dengan *downtime* selama 1847 menit. Dengan permasalahan ini penelitian ini bertujuan mengetahui komponen kritis penyebab kerusakan welding table dan mengetahui interval pergantian komponen kritis. Dengan menggunakan analisis ABC dapat menentukan komponen kritis pada mesin welding table dan selanjutnya mencari interval perawatan komponen kritis dengan metode age replacement. Sehingga bisa membuat jadwal perawatan berdasarkan waktu *downtime*. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan mendapatkan hasil bahwa komponen yang masuk kategori mesin kritis yaitu *Modul RF Card* dengan interval penggantian setiap 1070 jam atau 59 hari, komponen *Oscillator Board* yaitu setiap 1024 jam atau 56 hari, komponen *Power Supply Board* setiap 1090 jam atau 60 hari. Dari penjadwalan penggantian tersebut dapat diketahui biaya pesediaan selama 6 bulan kedepan yaitu Rp. 28.950.000.

Kata Kunci: Komponen Kritis, Penjadwalan, Interval Perawatan

## **ABSTRACT**

*Production machinery is an important factor in a manufacturing enterprise, if the production machine is often damaged then it will affect the production process. Engine damage caused downtime so the machine could not produce. On the CV. Surabaya Steel Struggle there is a Tube Mill machine that produces Steel Pipe. This machine is often damaged causing downtime. This machine has several submachines in it, the submachine that has the highest downtime is the Welding table machine with a downtime of 1847 minutes. With this application this study aims to identify the critical components that cause the damage of the welding table and to find the intervals of change of critical parts. Using ABC analysis can determine the critically important components of welding tables and then find the treatment intervals for critical elements with age replacement method. So you can make a care schedule based on downtime. Based on the data processing that has been done, the result is that the components that fall into the critical engine category are RF Card modules with replacement intervals every 1070 hours or 59 days, Oscillator Board components are every 1024 hours or 56 days, Power Supply Board component every 1090 hours or 60 days. From the timetable of the replacement can be known the cost of supplies for the next six months, which is Rp. 28.950.000.*

*Keywords: Critical Components, Scheduling, Maintenance Interval*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENETAPAN PANITIA PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS PENELITIAN .....	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.4.1 Batasan .....	5
1.4.2 Asumsi.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Manajemen Perawatan (Maintenance).....	7
2.2 Jenis Perawatan .....	7
2.2.1 Perawatan Pencegahan .....	7
2.2.2 Perawatan Prediksi .....	8
2.2.3 Perawatan Koreksi.....	8
2.2.4 Perawatan Produktif Total.....	8
2.3 Tujuan Pemeliharaan.....	8
2.4 Klasifikasi ABC .....	8

2.5	<i>Fishbone Diagrams</i> .....	10
2.6	<i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> .....	12
2.7	Keandalan dan Kerusakan .....	20
2.8	Distribusi Kerusakan .....	23
2.8.1	Distribusi Normal .....	23
2.8.2	Distribusi Weibull .....	24
2.8.3	Distribusi Lognormal .....	24
2.8.4	Distribusi Eksponensial .....	25
2.9	Age Replacement .....	26
2.10	Penelitian Terdahulu .....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		29
3.1	Flowchart .....	30
3.2	Metode Penelitian .....	32
3.3	Tempat Penelitian .....	35
3.4	Waktu .....	35
3.5	Jadwal Penelitian .....	35
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		36
4.1	Pengumpulan Data .....	36
4.1.1	Penentuan Komponen Kritis Analisis ABC .....	36
4.1.2	Penyebab Komponen Rusak .....	38
4.2	Pengolahan Data .....	40
4.2.1	Perhitungan Time to Repair dan Time to Failure .....	41
4.2.2	Perhitungan Distribusi Waktu Perbaikan (TTR) dan Waktu Kerusakan (TTF) .....	42
4.2.3	Perhitungan <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR) dan <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF) .....	50
4.2.4	Perhitungan Interval Pergantian Komponen .....	55
4.2.5	Analisis Perbandingan .....	58
4.2.6	Analisis Perbandingan Nilai Keandalan .....	59
4.2.7	Usulan Penjadwalan .....	59

4.2.8	Biaya Penjadwalan .....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		62
DAFTAR PUSTAKA .....		63
LAMPIRAN .....		66
BIOGRAFI PENULIS .....		74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Mesin Tube Mill .....	2
Gambar 1. 2 Alur Proses Produksi .....	3
Gambar 2. 1 Fishbone Diagram .....	10
Gambar 3. 1 Flowchart.....	31
Gambar 4. 1 Diagram Pareto Komponen Kritis .....	38
Gambar 4. 2 Fishbone Diagram komponen <i>Modul RF Card</i> .....	39
Gambar 4. 3 Fishbone Diagram komponen <i>Oscillator Board</i> .....	39
Gambar 4. 4 Fishbone Diagram komponen <i>Power Supply Board</i> .....	40
Gambar 4. 5 Hasil Distribusi TTR <i>Modul RF Card</i> .....	43
Gambar 4. 6 Hasil Distribusi TTR <i>Oscillator Board</i> .....	44
Gambar 4. 7 Hasil Distribusi TTR <i>Power Supply Board</i> .....	45
Gambar 4. 8 Hasil Distribusi TTF <i>Modul RF Card</i> .....	47
Gambar 4. 9 Hasil Distribusi TTF <i>Modul RF Card</i> .....	48
Gambar 4. 10 Hasil Distribusi TTF <i>Modul RF Card</i> .....	49
Gambar 4. 11 Distribusi Normal TTR RF Card.....	51
Gambar 4. 12 Distribusi Normal TTF RF Card .....	51
Gambar 4. 13 Distribusi Normal TTR <i>Oscillator Board</i> .....	52
Gambar 4. 14 Distribusi TTF Lognormal <i>Oscillator Board</i> .....	53
Gambar 4. 15 Distribusi Weibull TTR <i>Power Supply Board</i> .....	54
Gambar 4. 16 Distribusi Normal TTF <i>Power Supply Board</i> .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 data kerusakan sub mesin Tube Mill.....	3
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu .....	27
Tabel 3. 1 Data Kerusakan Komponen Mesin welding Table .....	33
Tabel 3. 2 Analisis ABC .....	33
Tabel 3. 3 Perhitungan TTR dan TTF.....	34
Tabel 3. 4 Perhitungan MTTR dan MTTF Komponen Kritis .....	34
Tabel 3. 5 Hasil Perhitungan MTTF dan MTTR.....	34
Tabel 3. 6 Tabel Interval Pergantian .....	34
Tabel 3. 7 Tabel Availability total .....	35
Tabel 3. 8 Jadwal Penelitian.....	35
Tabel 4. 1 Kerusakan Komponen Welding Table .....	36
Tabel 4. 2 Kriteria Komponen Kritis Mesin Welding Table.....	37
Tabel 4. 3 Perhitungan TTR dan TTF Komponen <i>Modul RF Card</i> .....	41
Tabel 4. 4 Perhitungan TTR dan TTF Komponen <i>Oscillator Board</i> .....	41
Tabel 4. 5 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Power Supply .....	41
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan TTR dan TTF.....	42
Tabel 4. 7 Distribusi TTR <i>Modul RF Card</i> .....	45
Tabel 4. 8 Distribusi TTR <i>Oscillator Board</i> .....	46
Tabel 4. 9 Distribusi TTR <i>Power Supply Board</i> .....	46
Tabel 4. 10 Distribusi TTF <i>Modul RF Card</i> .....	49
Tabel 4. 11 Distribusi TTF <i>Oscillator Board</i> .....	50
Tabel 4. 12 Distribusi TTR <i>Power Supply Board</i> .....	50
Tabel 4. 13 Hasil rekapitulasi MTTR dan MTTF Komponen .....	55
Tabel 4. 14 Penentuan Interval pergantian komponen <i>Modul RF Card</i> .....	57
Tabel 4. 15 Penentuan Interval pergantian komponen <i>Oscillator Board</i> .....	58
Tabel 4. 16 Penentuan Interval pergantian komponen <i>Oscillator Board</i> .....	59
Tabel 4. 17 Perbandingan realibility sebelum dan sesudah penjadwalan .....	60
Tabel 4. 18 Usulan Pergantian Komponen Kritis.....	61

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perusahaan manufaktur dalam bidang industri baja merupakan salah satu tanda bagaimana suatu negara mempunyai pertumbuhan ekonomi yang meningkat atau tidak, karena industri baja merupakan indikator penting dalam aktivitas seperti pembangunan infrastruktur, konstruksi, transportasi hingga manufaktur. Produk baja merupakan bahan penting dalam pembangunan di berbagai industri seperti konstruksi hingga teknologi. Oleh karena itu, industri baja sangat penting bagi industri lainnya. Perkembangan teknologi menjadi hal yang penting bagi produsen baja. Penggunaan mesin produksi dengan berteknologi tinggi serta lebih efisien dalam energi dapat mengurangi dampak produksi baja pada lingkungan. Mesin yang berkualitas pada produksi baja mempunyai peran penting dalam meningkatkan kualitas produk serta teknologi automatic yang bermanfaat dalam pembuatan produk agar lebih efisien dan presisi sesuai dengan keinginan perusahaan. Pemilihan mesin yang tepat juga dapat mengurangi waktu produksi sehingga dapat menghasilkan produk yang lebih banyak. Pada era saat ini industri baja sangat dibutuhkan oleh negara-negara maju dan berkembang karena tanpa adanya industri baja maka proses pembangunan infrastruktur dan konstruksi tidak akan berjalan maksimal. Permintaan pada industri baja yang terus meningkat maka perlu inovasi pada mesin agar permintaan selalu terpenuhi, untuk mencapai hasil produksi sesuai standart maka perusahaan selalu mempunyai sistem perbaikan mesin yang intensif, dengan sistem perbaikan mesin yang optimal maka proses produksi akan berjalan lancar karena minimnya kerusakan pada mesin yang menyebabkan terhentinya proses produksi.

Kegiatan produksi juga banyak peluang terjadinya risiko pada mesin seperti kerusakan mesin. Pada bagian perawatan (Maintenance) mesin produksi yang bertanggung jawab dalam melaksanakan maintenance agar menjalankan fungsi perawatan peralatan produksi. Kegiatan perawatan sangat penting untuk mencegah dan mengurangi kerugian yang ditimbulkan. Kerugian dalam berproduksi muncul apabila kurang adanya pemeliharaan dan perawatan yang menyebabkan mesin berhenti, oleh karena itu kepala bagian produksi dan maintenance harus menjaga agar mesin dapat berjalan lancar. Mesin produksi dapat dikatakan optimal jika dalam kegiatan produksi mesin minim terjadi *downtime*. Kerusakan mesin berisiko menyebabkan proses produksi terganggu hingga berhenti sehingga menyebabkan produktivitas perusahaan menurun. *Downtime* pada mesin bisa terjadi karena dua

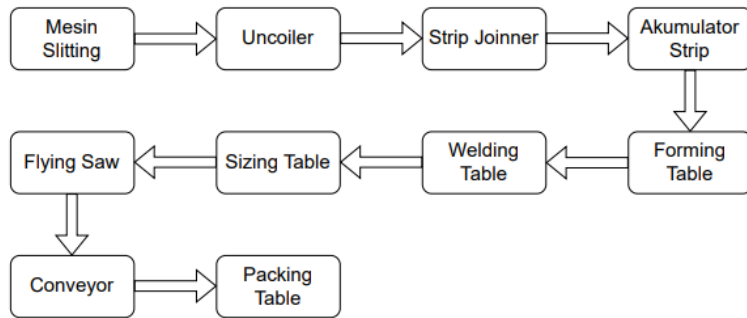
faktor, yaitu kendala elektrik dan kendala mekanikal. Dua faktor tersebut terjadi karena proses produksi yang terus berjalan sehingga menyebabkan komponen yang berhubungan pada mesin menjadi rusak.

Menurut (Deradjad Pranowo, 2019), Jika sistem produksi tidak bisa dijalankan maka masuk dalam kategori kerugian karena *downtime*. Mesin menjadi alat penentu bagaimana kelancaran dalam berproduksi. Maka untuk mencapai proses produksi dapat berjalan dengan baik, perusahaan harus melaksanakan pemeliharaan untuk mesin-mesin. Sistem pemeliharaan mesin merupakan cara yang diperlukan untuk menjaga kondisi suatu mesin agar selalu berjalan normal. Seperti pada CV. Perjuangan Steel Surabaya perusahaan ini bergerak pada industri baja dengan memproduksi C-Channel, Pipa Baja, Pipa Hollow, Hollow Galvaum, Strip Eyzer. Bahan baku yang digunakan yaitu berupa coil dengan berbagai jenis dan kualitas. Berdasarkan hasil observasi awal didalam perusahaan. Permintaan pasar yang semakin banyak membuat CV. Perjuangan steel terus meningkatkan hasil produksi agar dapat memenuhi permintaan. Perusahaan ini mempunyai mesin produksi pipa yang bernama mesin Tube Mill dan memiliki ukuran 3 in Diameter 87-88,5 mm.



Gambar 1. 1 Mesin Tube Mill  
(Sumber: CV. Perjuangan Steel)

Saat melakukan observasi dan wawancara di CV. Perjuangan Steel, peneliti mengamati proses produksi di semua line produksi. berikut merupakan alur dari pembuatan pipa Hollow dan beberapa permasalahan yang terjadi didalam proses produksi CV. Perjuangan steel antara lain:



Gambar 1. 2 Alur Proses Produksi  
(Sumber: CV. Perjuangan Steel)

Dalam setiap mesin produksi mempunyai beberapa sub mesin didalamnya. Pada sub mesin selalu ada permasalahan yang timbul karena kerusakan mesin, baik dari kerusakan elektrikal maupun kerusakan mekanikal. Beberapa masalah kerusakan ini menyebabkan penundaan produksi yang cukup memakan waktu. *Downtime* yang diakibatkan kerusakan mesin sangat berpengaruh buruk terhadap kegiatan produksi perusahaan. Proses produksi akan tertunda dan mempengaruhi hasil produksi. Berikut data kerusakan pada sub mesin Tube Mill.

Tabel 1. 1 data kerusakan sub mesin Tube Mill

Bulan	Sub Mesin								Jumlah (Menit)
	Uncoiler	Strip Joinner	Akumulator	Forming Table	welding Table	Sizing Table	Flying Saw	Conveyor	
Sep-23	124	-	-	272	283	-	52	-	731
Okt-23	-	-	-	-	366	192	-	-	558
Nov-23	-	-	152	-	264	-	36	-	452
Des-23	-	48	-	-	164	-	-	144	356
Jan-24	132	-	-	-	312	124	248	-	816
Feb-24	-	66	316	130	176	-	-	-	688
Mar-24	-	-	124	-	282	-	-	112	518
Jumlah (Menit)	256	114	592	272	1.847	316	336	256	

(Sumber : Data historis maintenance CV. Perjuangan Steel)

Pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa kerusakan terkecil pada bulan Desember dengan 356 menit atau 5,9 jam dan kerusakan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan 816 menit atau 13,6 jam. Pada tabel 1.1 juga menampilkan bahwa kerusakan sub mesin dengan jumlah terendah yaitu sub mesin Strip Joinner dengan nilai 144 menit atau 2,4 jam, serta untuk submesin dengan jumlah terbesar yaitu Welding Table dengan nilai 1847 menit atau sekitar 30,7 jam. Maka dari itu Peneliti akan berfokus

pada mesin Welding Table untuk mengatasi permasalahan *downtime*. *Downtime* yang terjadi pada mesin Welding Table mengakibatkan menurunnya output produksi serta peningkatan biaya perbaikan. Melihat waktu kerusakan yang terjadi pada mesin Welding Table maka seharusnya perlu adanya kegiatan pemeliharaan yang lebih baik agar meminimalisir terjadinya *downtime* yang dapat mengganggu proses produksi serta meminimalisir biaya perawatan.

Perawatan mesin menjadi faktor krusial dalam memastikan kelancaran operasional dan produktivitas. Kegagalan dalam menjaga mesin yang optimal dapat menyebabkan penurunan kinerja, kerugian waktu produksi, dan biaya perbaikan yang tidak terduga. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan strategi perawatan yang efektif dan efisien untuk meminimalkan biaya perawatan. Meskipun perawatan mesin telah menjadi prioritas bagi banyak industri, masih ada tantangan dalam mengalokasikan sumber daya perawatan secara efektif. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan konvensional seringkali kurang efisien dan tidak mampu mengidentifikasi secara akurat komponen-komponen yang paling kritis yang memerlukan perhatian lebih dari yang lain. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru yang lebih terperinci dan terfokus untuk mengatasi masalah ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan Analisis ABC dalam konteks perawatan mesin untuk meningkatkan efisiensi alokasi sumber daya perawatan. Pendekatan ABC yang berbasis aktivitas diharapkan dapat membantu dalam mengidentifikasi komponen-komponen mesin yang paling kritis untuk diprioritaskan dalam perawatan dan membuat penjadwalan perbaikan pada komponen kritis, sehingga meminimalkan *downtime* dan biaya perbaikan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini untuk menyelesaikan permasalahan yang dialami mesin Welding Table yaitu

1. Bagaimana cara menentukan komponen kritis dan akar penyebab kerusakan mesin?
2. Bagaimana penjadwalan perawatan mesin yang lebih optimal?
3. Berapa biaya persediaan komponen?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui masalah yang dialami mesin Welding Table yaitu:

1. Untuk mengetahui komponen kritis dan akar penyebab kerusakan.

2. Untuk mendapatkan penjadwalan perawatan yang lebih optimal.
3. Untuk mengetahui biaya persediaan komponen.

## **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun batasan dan asumsi dalam penelitian ini yaitu:

### **1.4.1 Batasan**

1. Penelitian dilakukan hanya berfokus pada mesin Tube Mill dengan sub Mesin Welding Table dan tidak membahas sub mesin lainnya.
2. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Juni tahun 2024.
3. Data yang digunakan hanya data yang diperoleh dari Mesin Welding Table

### **1.4.2 Asumsi**

1. Peneliti mengasumsikan ketersediaan data yang dapat digunakan selama penelitian.
2. Mengasumsikan adanya keterbatasan yang dapat mempengaruhi keputusan perawatan mesin.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Mahasiswa  
Penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah pengetahuan dengan membandingkan antara teori yang diperoleh dibangku kuliah dengan kenyataan yang ada diperusahaan.
2. Bagi Perusahaan  
Sebagai bahan informasi kepada CV. Perjungan Seel tentang penerapan analisis ABC dalam melakukan perawatan mesin.
3. Bagi Perkembangan IPTEK  
Sebagai acuan atau masukan dalam melakukan penelitian yang sejenis dimasa yang akan datang.

## **1.6 Sistematika Penelitian**

Pada penulisan Tugas Akhir ini sistematika penulisan disusun sebagai berikut :

## **BAB I                    PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan berisi latar belakang kenapa peneliti ini diangkat, selain itu juga berisi permasalahan yang akan diangkat, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulis.

**BAB II LANDASAN TEORI**

Berisi tentang rangkuman hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan. Selain itu juga berisi konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dasar teori yang mendukung kajian yang akan dilakukan dalam penelitian.

**BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini berisi tentang materi, alat, tata cara penelitian dan data apa saja yang akan digunakan dalam mengkaji dan menganalisis sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

**BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Berisi tentang uraian data-data apa saja yang dihasilkan selama penelitian yang selanjutnya diolah menggunakan metode yang telah ditentukan.

**BAB V PEMBAHASAN**

Membahas tentang hasil penelitian yang telah dilakukan pada saat pengolahan data untuk selanjutnya dapat menghasilkan suatu kesimpulan dan saran.

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan hasil penelitian. Selain itu juga terdapat saran atau masukan-masukan yang perlu diberikan, baik terhadap peneliti sendiri maupun peneliti selanjutnya yang dimungkinkan penelitian ini dapat dilanjutkan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Daftar pustaka berisikan tentang sumber-sumber yang digunakan dalam penelitian ini, baik itu berupa jurnal, buku, kutipan-kutipan dari internet ataupun dari sumber-sumber yang lainnya.

**LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Manajemen Perawatan (Maintenance)**

Pertumbuhan teknologi di berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk Indonesia, terus berkembang pesat. Bahkan, banyak peralatan, mesin, dan barang investasi masuk ke Indonesia. Berikutnya, banyak orang yang tidak percaya bahwa perawatan mesin merupakan kegiatan yang penting. Hal ini dikarenakan mudahnya membeli mesin dari luar negeri, tetapi tidak percaya bahwa perawatan mesin merupakan kegiatan yang penting. Perawatan mesin merupakan aktivitas yang berguna untuk menjaga bahwa setiap proses produksi dapat berjalan dengan lancar. Mesin sebagai alat produksi yang dapat digunakan secara terus menerus memiliki potensi keterbatasan, khususnya jika berbahan material seperti logam. Keterbatasan dapat menimbulkan kerusakan dari tingkat ringan hingga berat. Jika suatu mesin mengalami kerusakan secara tiba-tiba merupakan kerusakan yang sangat tidak diharapkan karena dapat berdampak pada jalannya proses produksi. Sehingga untuk mengatasi kerusakan yang tidak terduga maka fasilitas produksi khususnya mesin yang digunakan harus adanya pemeliharaan mesin (maintenance) (Arsyad & Sultan, 2018).

Pemeliharaan fasilitas produksi akan mempengaruhi tingkat ketersediaan, proses jalannya produksi, kualitas produk jadi, biaya produksi, dan keselamatan kerja. Dari banyaknya faktor tersebut, semua sangat berpengaruh terhadap keuntungan perusahaan. Kegiatan pemeliharaan tidak hanya membantu dalam aspek proses produksi guna memenuhi permintaan tepat waktu namun juga mengantisipasi fasilitas agar lebih efektif dan efisien sehingga terhindar dari kerusakan. (Deradjad Pranowo, 2019). Pemeliharaan terbagi dua jenis yaitu pemeliharaan yang direncanakan dan pemeliharaan tidak direncanakan atau darurat. Pemeliharaan tidak terencana yaitu adanya perbaikan yang perlu segera dilakukan agar dapat mencegah berhenti produksi, kerusakan fatal pada mesin dan keselamatan kerja. Pemeliharaan terencana memiliki 2 jenis yaitu pemeliharaan pencegahan dan korektif. (Corder, 1988).

#### **2.2 Jenis Perawatan**

Berikut berbagai jenis perawatan yang sesuai dengan fungsinya:

##### **2.2.1 Perawatan Pencegahan**

Perawatan pencegahan adalah kegiatan perawatan pada selang waktu yang telah ditentukan dengan bertujuan untuk mencegah atau mengurangi pemeliharaan darurat serta meminimalkan biaya perawatan, tetapi juga untuk meningkatkan

ketersediaan dalam memproduksi sehingga output produksi terjaga. (Corder, 1988). Definisi dari perawatan pencegahan adalah:

- a. Mengidentifikasi penyebab terjadinya gangguan produksi terhadap fasilitas pabrik dengan melakukan perawatan periodic
- b. Melakukan perbaikan fasilitas pabrik guna mencegah dan mengatasi kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan fasilitas dalam skala ringan. (Arsyad & Sultan, 2018)

### **2.2.2 Perawatan Prediksi**

Perawatan prediksi yaitu tindakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih berat dengan cara mengidentifikasi dan pengukuran sehingga dapat melakukan tindakan korektif. (Arsyad & Sultan, 2018).

### **2.2.3 Perawatan Koreksi**

Perawatan korektif dilakukan dalam jangka waktu yang pendek guna melakukan perbaikan ringan yang timbul pada saat kegiatan perawatan pencegahan. (Arsyad & Sultan, 2018).

### **2.2.4 Perawatan Produktif Total**

Perawatan produktif total melibatkan seluruh bagian dalam perusahaan yang bertujuan agar proses produksi yang maksimal tanpa adanya hambatan seperti kegagalan, kecelakaan, kualitas menurun. (Arsyad & Sultan, 2018).

## **2.3 Tujuan Pemeliharaan**

Utamanya tujuan pemeliharaan dapat dijelaskan menurut (Corder, 1988) sebagai berikut:

1. Untuk menjaga usia asset yang dimiliki agar asset dapat terus digunakan.
2. Untuk menjamin asset selalu tersedia untuk produksi dan mendapatkan keuntungan investasi asset sebanyak mungkin.
3. Untuk menjaga asset tersedia jika diperlukan saat keadaan darurat.
4. Untuk menjaga keselamatan pengguna asset.

## **2.4 Klasifikasi ABC**

Analisis ABC merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan barang berdasarkan peringkat nilai dari yang tertinggi hingga terendah, yang kemudian dibagi menjadi tiga kelompok besar yang dikenal sebagai kelompok A, B, dan C. Pendekatan ini membagi persediaan menjadi tiga kelas berdasarkan nilai yang dihasilkan oleh setiap barang. Konsep ini didasarkan pada prinsip Pareto, yang mengajarkan bahwa "critical view and trivial many", atau dengan kata lain, penting untuk memfokuskan pengendalian persediaan pada barang yang

bernilai tinggi atau kritikal, daripada yang bernilai rendah atau trivial (Richards, 2014).

Analisis ABC, juga dikenal sebagai klasifikasi Pareto, menjadi salah satu metode yang digunakan untuk menyelesaikan tantangan dalam menetapkan titik optimum, baik jumlah pemesanan maupun titik pesanan, serta berperan penting dalam menentukan prioritas barang-barang. Metode ini memungkinkan manajemen untuk memusatkan perhatian pada jenis barang yang paling penting dalam sebagian besar investasi mereka. Terinspirasi dari Hukum Pareto, yang menyatakan bahwa sebagian kecil grup memiliki dampak terbesar, konsep Analisis ABC berkembang dari kerangka pemikiran ini. (Mukmin, 2017).

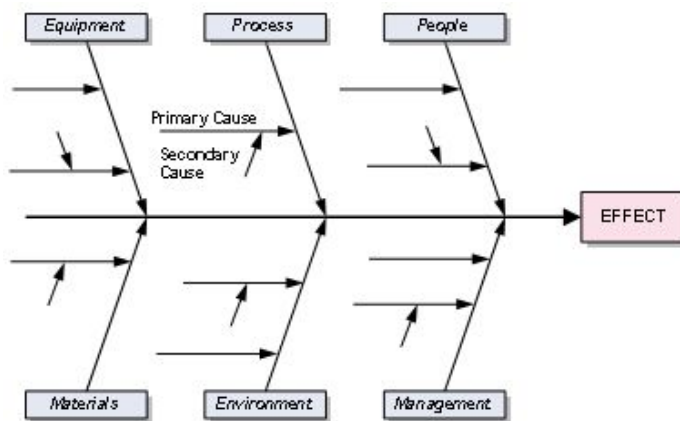
(Richards, 2014) menjelaskan Analisis ABC, barang diklasifikasikan berdasarkan peringkat nilai, dari yang tertinggi hingga terendah, dan kemudian dikelompokkan menjadi kelas-kelas besar yang diprioritaskan, sering dinamai A, B, C, dan seterusnya. Kelas A umumnya memiliki jumlah jenis barang yang sedikit, tetapi memiliki nilai yang sangat tinggi, sesuai dengan persentase kecil tetapi dampak besar yang dinyatakan oleh Hukum Pareto. Misalnya, dalam klasifikasi yang diberikan oleh (Sutarman (2003) dalam Richards, 2014), kelas A terdiri dari barang-barang yang jumlah unitnya berkisar antara 15-20% dari total barang, namun mewakili 75-80% dari total nilai uang. Kelas B dan C mengikuti pola serupa, dengan jumlah unit dan nilai uang yang proporsional terhadap tingkat kepentingan relatif.

Prosedur klasifikasi barang dalam Analisis ABC melibatkan beberapa langkah, termasuk menentukan jumlah unit dan harga per unit untuk setiap tipe barang, menghitung total nilai uang dari setiap tipe barang, menyusun urutan barang berdasarkan nilai uang, dan membentuk kelas-kelas berdasarkan persentase barang dan nilai uang. Hasil dari analisis ini dapat digunakan untuk menggambar kurva Analisis ABC (Pareto chart) atau menetapkan tingkat kepentingan masalah. Menurut (Richards, 2014), klasifikasi ABC dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kelas A, yang terdiri dari barang-barang yang memberikan nilai yang tinggi. Meskipun jumlah persediaan dalam kelompok A hanya sekitar 20%, nilai yang dihasilkan mencapai sebesar 80% dari total nilai persediaan.
2. Kelas B, yang terdiri dari barang-barang yang memberikan nilai sedang. Kelompok persediaan kelas B ini mencakup sekitar 30% dari jumlah persediaan, tetapi menyumbang hanya sekitar 15% dari total nilai.
3. Kelas C, yang terdiri dari barang-barang yang memberikan nilai rendah. Kelompok persediaan kelas C, meskipun jumlahnya mencapai 50% dari total persediaan, hanya menghasilkan sekitar 5% dari total nilai.

## 2.5 Fishbone Diagrams

*Fishbone diagrams* merupakan alat yang dapat membantu dengan analisis akar penyebab. Diagram tulang ikan berasal dari dunia kontrol kualitas dan membantu menunjukkan penyebab peristiwa atau masalah tertentu (Ishikawa (1968) dalam Jonathan O'Brien, (2014). *Fishbone diagrams* Dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa di tahun 60-an, diagram tulang ikan dapat ditarik untuk mempertimbangkan semua penyebab potensial dari masalah tertentu atau memang apa yang akan menyebabkan efek perbaikan dan oleh karena itu apa yang perlu ditangani untuk menghilangkan masalah dan menghasilkan perbaikan. Setiap penyebab biasanya dikelompokkan ke dalam kategori atau tema penyebab utama yang membentuk 'tulang' yang menghubungkan ke tulang punggung.



Gambar 2. 1 Fishbone Diagram  
Sumber: (Okes, 2019)

Menurut (Okes, 2019) ada banyak metodologi untuk melakukan analisis akar permasalahan seperti :

- a. Peristiwa dan analisis faktor penyebab, proses ini banyak digunakan untuk masalah-masalah besar yang hanya terjadi satu kali saja seperti ledakan kilang. Dengan menggunakan bukti yang dikumpulkan dengan cepat dan metodis untuk menetapkan garis waktu kegiatan yang mengarah pada kecelakaan. Setelah garis waktunya ditetapkan, faktor penyebab dan penyebabnya dapat diidentifikasi.
- b. Analisis perubahan, pendekatan ini dapat diterapkan pada situasi di mana kinerja sistem telah berubah secara signifikan. Hal ini mengeksplorasi perubahan yang dilakukan pada orang, peralatan, informasi, dan sebagainya, yang mungkin berkontribusi terhadap perubahan kinerja

- c. Analisis hambatan, teknik ini berfokus pada pengendalian apa yang ada dalam proses untuk mencegah atau mendeteksi masalah, dan pengendalian mana yang mungkin gagal
- d. Pengawasan manajemen dan analisis pohon risiko merupakan salah satu aspek dari pendekatan ini adalah penggunaan diagram pohon untuk melihat apa yang terjadi dan mengapa hal tersebut bisa terjadi. Pemecahan Masalah dan pengambilan keputusan model ini menyediakan empat fase berbeda untuk menyelesaikan masalah:
  - 1) analisis situasi
  - 2) analisis masalah
  - 3) analisis solusi, dan
  - 4) analisis potensi masalah.

Menurut (Okes, 2019) salah satu hambatan terhadap analisis akar permasalahan yang efektif adalah kurangnya pemikiran logis tentang hubungan sebab-akibat. Hambatan lainnya adalah ketergantungan kita pada intuisi atau pengalaman sebelumnya. Kebutuhan untuk memutuskan apakah akan mengejar penyebab masalah sistem telah diidentifikasi. Namun, ini bukan satu-satunya filter yang dibutuhkan organisasi dalam proses tindakan perbaikannya. Mungkin yang paling penting adalah apakah suatu masalah tertentu memerlukan diagnosis. Menurut (Okes, 2019) langkah langkah dalam menyelesaikan masalah dengan metode fishbone adalah:

1. Definisikan masalahnya  
Mengidentifikasi secara jelas apa yang menjadi masalah atau tantangan yang perlu dipecahkan. Ini melibatkan pemahaman tentang perbedaan antara situasi saat ini dan situasi yang diinginkan.
2. Memahami prosesnya  
Menganalisis proses atau sistem yang terlibat dalam masalah tersebut untuk memahami bagaimana hal-hal bekerja dan di mana mungkin terjadi penyimpangan atau hambatan.
3. Identifikasi kemungkinan penyebabnya  
Mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin menjadi penyebab dari masalah tersebut. Ini dapat melibatkan penyelidikan lebih lanjut untuk memahami akar penyebabnya.
4. Mengumpulkan data  
Mengumpulkan informasi dan data terkait masalah untuk mendukung analisis dan pengambilan keputusan. Data ini dapat mencakup data kuantitatif dan kualitatif.

5. Analisis data  
Menganalisis data yang telah dikumpulkan untuk mengidentifikasi pola, tren, atau hubungan antara variabel yang mungkin berkontribusi terhadap masalah.
6. Identifikasi kemungkinan solusi  
Mengembangkan berbagai opsi atau solusi yang mungkin untuk menyelesaikan masalah berdasarkan analisis yang dilakukan.
7. Memilih solusi yang akan diimplementasikan  
Memilih solusi yang dianggap paling efektif atau memenuhi kebutuhan terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.
8. Menerapkan solusi  
Melaksanakan solusi yang dipilih dengan mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk mengimplementasikannya dalam praktik.
9. Evaluasi dampaknya  
Mengevaluasi dampak dari solusi yang telah diimplementasikan untuk memastikan bahwa masalah telah diselesaikan atau bahwa perbaikan telah dicapai.
10. Mendokumentasi perubahan  
Membuat catatan atau dokumentasi tentang langkah-langkah yang telah diambil, solusi yang diimplementasikan, serta hasil evaluasi. Ini penting untuk pembelajaran di masa depan dan untuk referensi selanjutnya.

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

Istilah *maintenance* seringkali digunakan dan diartikan sebagai pemeliharaan atau perawatan. Pemeliharaan atau perawatan ialah konsep kegiatan yang diperlukan guna memelihara kualitas mesin agar berfungsi dengan baik seperti kondisi normalnya. Pemeliharaan ialah bentuk aktivitas yang dilakukan guna memulihkan atau melindungi kondisi mesin agar selalu dapat berfungsi. Pemeliharaan juga merupakan aktivitas penunjang yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan yang kemudian saat dibutuhkan, dapat dimanfaatkan sesuai harapan. Dalam arti lain, kegiatan pemeliharaan ialah segala rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk melindungi mesin dan peralatan pada kondisi operasional dan aman dalam jangka waktu panjang, serta apabila terjadi kerusakan dapat dikendalikan (Ansori & Mustajib (2014) dalam Ignatius Deradjad Pranowo, 2019).

(Ignatius Deradjad Pranowo, 2019) menyatakan bahwa perawatan adalah serangkaian kegiatan terencana yang dilakukan untuk menjaga, memperbaiki, dan memulihkan kondisi mesin agar tetap beroperasi secara efektif dan efisien. Sedangkan (Bloom & Neil, 2005) menjelaskan penjadwalan adalah proses menetapkan jadwal

atau interval waktu untuk melakukan berbagai kegiatan perawatan pada mesin atau peralatan. Tujuan dari penjadwalan perawatan adalah untuk memastikan bahwa aktivitas perawatan dilakukan secara teratur dan efisien, sehingga mesin tetap beroperasi dengan optimal dan risiko kegagalan dapat diminimalkan.

Menurut (Ignatius Deradjad Pranowo, 2019) klasifikasi strategi pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan Penggantian (*Replacement*)  
Penggantian komponen untuk memastikan fungsinya pada kondisi normal.
2. Pemeliharaan Peluang (*Opportunity Maintenance*)  
Pemeliharaan saat mesin dimatikan untuk mencegah waktu menganggur.
3. Pemeliharaan Perbaikan Besar (*Overhaul*)  
Perbaikan menyeluruh untuk memastikan kehandalan sistem.
4. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)  
Pemeliharaan terarah guna mengantisipasi kerusakan dengan berbagai metode, seperti:
  - a. *Routine Maintenance* (Pemeliharaan dasar secara rutin)
  - b. *Periodic Maintenance* (Pemeliharaan berkala dalam jangka waktu tertentu)
  - c. *Running Maintenance* (Pemeliharaan saat mesin beroperasi)
  - d. *Shutdown Maintenance* (Pemeliharaan saat fasilitas dihentikan)
5. Modifikasi Desain (*Design Modification*)  
Pemeliharaan guna memaksimalkan kapasitas atau kinerja peralatan.
6. Pemeliharaan Koreksi (*Breakdown/Corrective Maintenance*)  
Pemeliharaan setelah terjadi kerusakan, termasuk *Mean Time to Repair* (MTTR).
7. Temuan Kesalahan (*Fault Finding*)  
Pemeliharaan untuk menemukan tingkat kerusakan.
8. Pemeliharaan Berbasis Kondisi (*Condition-based Maintenance*)  
Pemeliharaan berdasarkan pemantauan kondisi peralatan, seperti *predictive maintenance*.
9. Pemeliharaan Penghentian (*Shutdown Maintenance*)  
Pemeliharaan saat fasilitas dihentikan untuk meminimalkan *downtime*.

(Bloom & Neil, 2005) mendefinisikan RCM (*Reliability Centered Maintenance*) sebagai sebuah proses untuk mengidentifikasi aktivitas pemeliharaan yang paling efektif dan efisien untuk menjaga keandalan peralatan atau sistem. Metode ini didasarkan pada analisis sistematis terhadap fungsi dan kegagalan potensial dari

peralatan atau sistem tersebut, dengan tujuan untuk mengoptimalkan ketersediaan, keandalan, dan kinerja keseluruhan.

Sedangkan menurut (Jesus R et al., 2017) RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah pendekatan sistematis untuk merancang dan mengelola program pemeliharaan dengan memprioritaskan aktivitas pemeliharaan berdasarkan risiko terhadap tujuan bisnis utama. Pendekatan ini melibatkan analisis menyeluruh terhadap fungsi, mode kegagalan, dan dampak potensial dari setiap komponen sistem, dengan fokus pada mengidentifikasi tindakan pemeliharaan yang paling efektif dalam meningkatkan ketersediaan dan keandalan peralatan.

Model teori yang mendasari dalam penyusunan penelitian adalah RCM (*Reliability Centered Maintenance*), yang menekankan pada pemahaman yang jelas terhadap fungsi-fungsi dari aset yang dianalisis. RCM menyoroti pentingnya memahami apa yang diminta dari aset tersebut sebagai titik awal yang logis untuk merancang strategi pemeliharaan atau manajemen kegagalan. Pentingnya kerja sama antara departemen pemeliharaan dan operasi dalam menentukan konteks operasional aset serta mengidentifikasi semua fungsi primer dan sekunder dari aset tersebut. Proses RCM mengharuskan tim pemeliharaan dan operasi bekerja sama dalam menetapkan kondisi operasional aset serta merumuskan pernyataan fungsi yang jelas dan terukur sesuai dengan standar yang ditetapkan. Dalam model teori RCM, terdapat empat poin penting (Jesus R et al., 2017):

1. Definisi, pencatatan, dan ketersediaan kondisi di mana aset fisik atau sistem diharapkan beroperasi harus ditetapkan.
2. Semua fungsi utama dan sekunder dari aset/sistem harus diidentifikasi.
3. Pernyataan fungsi harus mengandung kata kerja, objek, dan standar kinerja kuantitatif (bila memungkinkan).
4. Standar kinerja yang digunakan dalam pernyataan fungsi harus sesuai dengan tingkat kinerja yang diinginkan oleh pengguna aset dalam konteks operasionalnya saat ini. Kemampuan desain tidak boleh digunakan dalam pernyataan fungsi.

(Jesus R et al., 2017) menjelaskan dalam penerapan RCM pada aset yang sedang beroperasi dengan riwayat kegagalan, analisisnya sebaiknya dilengkapi dengan analisis data kegagalan. Kegagalan tersebut akan memperhatikan tim analisis pada mode kegagalan yang paling mungkin terjadi, yang sebenarnya adalah yang terjadi. Jika kejadian kegagalan secara jelas terdokumentasi dalam perintah kerja pemeliharaan korektif, informasi penting yang mengarah pada pemahaman tentang

sifat setiap kegagalan yang relevan dapat diperoleh. Ini akan memungkinkan pilihan taktik pemeliharaan yang lebih tepat. Indikator penting akan memberi tahu kita tentang situasi saat ini dari setiap aset melalui penggunaan pengukuran kuantitatif seperti *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *Inherent Availability* (Ai).

$$MTBF = \frac{\text{total waktu operasi}}{\text{jumlah kegagalan dalam periode tersebut}}$$

$$MTTR = \frac{\text{Total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan}}{\text{Jumlah kegagalan yang diperbaiki dalam periode tersebut}}$$

$$\text{Availability} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

Data biaya pemeliharaan juga membantu, dan bersama dengan analisis data kegagalan, membentuk dasar untuk perbaikan. RCM-R terdiri dari lima elemen dasar:

1. Integritas data

Kualitas data yang terdapat dalam perintah kerja yang didokumentasikan oleh personel pemeliharaan harus sangat baik. Jika kejadian kegagalan penting tidak terdokumentasi dengan baik, alat-alat keandalan vital menjadi tidak berguna di pabrik. Bacaan meter jam harus diacu untuk kegagalan bersama dengan penyebab kegagalan saat ditemukan. Waktu perbaikan, suku cadang, dan tenaga kerja yang digunakan merupakan bagian dari informasi relevan dari budaya keandalan sejati yang bertujuan untuk meningkatkan waktu operasi peralatan.

2. RCM klasik

Ini adalah proses yang tidak memerlukan justifikasi lebih lanjut mengenai penggunaannya untuk merancang tugas pemeliharaan yang tepat untuk aset kritis. Penting bagi praktisi untuk menerapkannya dengan baik - mereka harus mematuhi metode yang sesuai. Selain itu, kita perlu memastikan bahwa kelompok analisis memiliki pengetahuan mendalam tentang pemeliharaan, terutama teknik pemeliharaan modern. Pekerjaan FMEA yang baik telah menghasilkan rekomendasi pemeliharaan yang buruk karena kurangnya pengetahuan dari anggota tim RCM tentang pemeliharaan berbasis kondisi. Seringkali, hal ini terungkap dalam bentuk banyak tugas restorasi dan penggantian berbasis waktu karena mereka tidak dapat mengidentifikasi dengan benar pendekatan pemeliharaan berbasis kondisi yang sebenarnya lebih cocok.

### 3. Analisis data kegagalan

Analisis Weibull diterapkan ketika data yang terdokumentasi dengan baik tersedia. Analisis tersebut memungkinkan tim untuk mengetahui pola kegagalan aktual daripada harus menebaknya. Terkadang, kami menemukan bahwa tim mengasumsikan pola kegagalan karena keausan ketika pada kenyataannya, suatu item menunjukkan kegagalan acak. Kasus sebaliknya juga mungkin terjadi. Bahkan kami pernah melihat tim mengasumsikan kegagalan prematur terjadi ketika sebenarnya, pola kegagalan karena keausan telah diamati. Pendapat berharga, tetapi angka yang baik tidak menyedapkan.

### 4. Analisis RAM

Waktu operasi dan ketersediaan yang dapat diterima adalah hasil dari kombinasi keandalan dan kemudahan pemeliharaan yang baik. Jadi, analisis data perintah kerja yang baik akan memungkinkan kita untuk menentukan parameter keandalan, kemudahan pemeliharaan, dan ketersediaan secara kuantitatif.

### 5. Peningkatan berkelanjutan

Perubahan adalah satu-satunya hal yang konstan. Anda sering mendengar orang mengatakan ini, dan mereka benar. Proses, permintaan aset, dan metode pemeliharaan, di antara banyak hal lainnya, semua bisa berubah. Juga, modifikasi dan peningkatan mesin bisa terjadi. Kegagalan yang tidak terduga juga bisa terjadi tiba-tiba. Kita perlu menyadari bahwa RCM tidak pernah berakhir dan harus menjadi proses yang hidup. Kegagalan untuk melakukannya adalah inti dari kegagalan program RCM klasik - pekerjaan proyek RCM yang hebat menjadi "kuno" dari waktu ke waktu dan menjadi kurang efektif jika tidak dijaga kesegarannya melalui proses yang hidup.

Menurut (Bloom & Neil, 2005) Langkah langkah dalam implementasi RCM (*Reliability Centered Maintenance*) sebagai berikut:

#### 1. Pilih titik kontak RCM

Untuk mengawali implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM), tahapan awal yang krusial adalah menetapkan satu titik kontak yang akan mengkoordinasikan keseluruhan proses. Titik kontak ini, yang biasa disebut sebagai *Single Point of Contact* (SPOC), harus memiliki keterampilan kepemimpinan yang kuat serta kemampuan komunikasi yang baik. Tugas SPOC ini meliputi pembentukan tim yang terdiri dari perwakilan dari berbagai departemen, seperti pemeliharaan, operasi, teknik, dan profesional lainnya yang terkait. Seleksi anggota tim dapat disesuaikan secara fleksibel sesuai dengan kebutuhan analisis RCM yang spesifik.

2. Tinjau alasan kegagalan program RCM  
Peran kunci SPOC adalah menjelaskan area ini dengan jelas kepada tim, sehingga menghindari risiko terjebak dalam kesalahan yang sama yang telah menghambat keberhasilan program RCM di tempat lain. Dengan pemahaman yang baik, dapat dicegah keterlibatan konsultan yang mahal, yang sering kali memiliki pengetahuan RCM yang kurang daripada yang dimiliki oleh tim internal. Dengan demikian, tim dapat mempertahankan kendali atas proses RCM dan memaksimalkan nilai dari implementasi program.
3. Memahami konsep  
Pentingnya pemahaman konsep-konsep terkait dengan implementasi RCM tidak dapat dipandang sebelah mata dalam memastikan keberhasilan program RCM. Memahami konsep-konsep seperti kegagalan tersembunyi, komponen kritis, analisis kegagalan, serta pentingnya mengidentifikasi kerentanan yang belum terdeteksi merupakan langkah kunci dalam menerapkan RCM dengan efektif. Hanya dengan pemahaman yang mendalam tentang konsep-konsep ini, tim RCM dapat merencanakan strategi pemeliharaan yang tepat, mengurangi risiko kegagalan, dan meningkatkan kinerja dan keandalan peralatan secara keseluruhan.
4. Tentukan kriteria keandalan aset  
Pada tahap ini, penetapan standar keandalan pabrik menjadi sangat penting. Standar ini sering disebut sebagai "standar emas" karena berperan dalam menjaga keandalan fasilitas. Kriteria keandalan aset yang ditetapkan harus menjadi definisi yang jelas dan ringkas dari peristiwa yang tidak diinginkan yang ingin dihindari. Standar ini membentuk dasar logika keseluruhan dari pendekatan RCM. Fokus utamanya adalah melindungi fasilitas dari peristiwa-peristiwa yang tidak diinginkan melalui penerapan strategi pemeliharaan preventif.
5. Buat database peralatan alfanumerik  
Database ini mencakup semua komponen dalam pabrik, di mana nomor identifikasi diskrit diberikan pada tingkat peralatan. Komponen-komponen ini dianalisis dalam Pohon Logika COFA RCM untuk memahami fungsi mereka. Analisis komprehensif dari semua nomor identifikasi peralatan sangat penting, karena ini memungkinkan penghapusan tugas yang melelahkan dan memakan waktu dalam menetapkan batas sistem dan antarmuka. Bagian-bagian seperti bantalan, poros, atau pegas, meskipun bukan komponen dengan nomor identifikasi peralatan, tetap menjadi faktor penting dalam menentukan penyebab-penyebab kegagalan pada tingkat peralatan.

6. Menganalisis setiap fungsi komponen pada COFA Logic Tree  
COFA *Logic Tree* merupakan metode yang menganalisis setiap fungsi komponen untuk konsekuensi kegagalan. Fungsi-fungsi ini menjelaskan alasan mengapa komponen dipasang, dan mempertahankan fungsi-fungsi ini menjadi tujuan utama program pemeliharaan. Fungsi-fungsi tersebut menggambarkan apa yang harus dicapai oleh komponen, dan dalam COFA *Logic Tree*, fungsi-fungsi ini dianalisis untuk mengevaluasi efek kegagalan mereka. COFA *Logic Tree* adalah langkah dalam proses yang mengidentifikasi komponen-komponen kritis berdasarkan konsekuensi kegagalan fungsional mereka. Proses COFA *Logic Tree* juga memberikan panduan melalui Panduan Potensial Kritis dan Panduan Ekonomis Signifikan jika komponen tidak dianggap sebagai kritis.
7. Analisis setiap komponen berfungsi dalam pedoman yang berpotensi kritis  
Jika dalam tahap awal COFA *Logic Tree* didapati bahwa fungsi-fungsi sebuah komponen tidak dianggap langsung kritis, langkah selanjutnya adalah menganalisis fungsi-fungsi tersebut dalam Panduan Potensial Kritis. Analisis dilakukan untuk menentukan apakah kegagalan fungsional, bersamaan dengan kemungkinan kegagalan ganda tambahan, peristiwa pemicu tambahan, atau lama waktu tertentu, dapat mengakibatkan dampak yang kritis pada operasi pabrik. Jika demikian, komponen tersebut diklasifikasikan sebagai komponen potensial yang kritis. Selain itu, dalam panduan ini, juga diidentifikasi komponen komitmen yang memiliki peran penting dalam menjaga keandalan sistem secara keseluruhan.
8. Analisis setiap komponen berfungsi dalam pedoman penting secara ekonomi  
Jika sebuah komponen tidak dianggap kritis, potensial kritis, atau komitmen, langkah selanjutnya adalah menganalisisnya dalam Panduan Ekonomis Signifikan. Tujuannya adalah menentukan apakah kegagalan komponen tersebut menyebabkan masalah ekonomi. Kegagalan komponen secara ekonomis hanya akan menghasilkan biaya tenaga kerja dan/atau bahan, tanpa mengakibatkan dampak kritis atau potensial kritis pada operasi pabrik. Analisis dalam panduan ini membantu dalam menilai dampak finansial dari pemeliharaan atau penggantian komponen.
9. Masukkan seluruh data pada lembar kerja COFA  
Data dimasukkan ke dalam Lembar Kerja COFA yang mencakup berbagai informasi penting terkait dengan setiap komponen. Ini termasuk nomor identifikasi komponen, berbagai fungsi yang dimiliki oleh komponen tersebut, potensi kegagalan fungsional, apakah ada indikasi kegagalan yang terlihat, serta konsekuensi kegagalan yang ditentukan melalui analisis COFA

Logic Tree, Panduan Potensial Kritis, dan Panduan Ekonomis Signifikan. Lembar kerja ini menjadi dasar penting dalam pengembangan strategi pemeliharaan yang efektif dan efisien berdasarkan analisis yang komprehensif dari kondisi dan kebutuhan setiap komponen dalam pabrik.

10. Klasifikasikan setiap komponen

Setiap komponen dalam Lembar Kerja COFA diberi klasifikasi yang sesuai, termasuk kategori kritis, potensial kritis, komitmen, ekonomi, atau jalankan hingga gagal. Klasifikasi ini membantu dalam menetapkan prioritas pemeliharaan dan mengembangkan strategi yang efektif untuk menjaga keandalan dan kinerja operasional pabrik secara keseluruhan, dengan fokus pada pengelolaan risiko, pengoptimalan sumber daya, dan pengurangan *downtime* yang tidak direncanakan.

11. Menganalisis semua yang diklasifikasikan komponen kecuali run-to-failure komponen dalam pemilihan tugas PM pohon logika

Dalam tahap ini, tugas PM ditentukan untuk komponen-komponen yang telah diklasifikasikan untuk dimasukkan dalam program PM, termasuk komponen-komponen kritis, potensial kritis, komitmen, dan ekonomi. Tugas PM ini akan difokuskan pada kondisi, waktu, atau pencarian kegagalan. Tugas pemeliharaan prediktif merupakan subset dari kategori kondisi terarah, yang menjadi pilihan pertama dalam kegiatan pemeliharaan preventif daripada tugas waktu terarah yang invasive seperti perbaikan besar, pemeriksaan internal, dan penggantian. Tugas pencarian kegagalan ditetapkan untuk komponen-komponen potensial kritis di mana kegagalan tersembunyi dapat terjadi.

12. Dokumentasikan semua tugas dan periodisitas pada lembar kerja tugas PM

Semua tugas PM dan periode pelaksanaannya didokumentasikan pada Lembar Kerja Tugas PM. Organisasi selain pemeliharaan, seperti operasi dan rekayasa, juga melakukan aktivitas PM. Poin penting lainnya adalah menetapkan periode PM yang tidak memiliki interval waktu wajib yang ditentukan oleh regulator lebih merupakan seni daripada ilmu.

13. Pengembangan dan pemeliharaan program RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

Langkah-langkah selanjutnya dalam mengembangkan program RCM meliputi analisis instrumen dalam pohon logika instrumen, pengembangan program RCM yang berkelanjutan, penetapan metrik pemantauan dan tren, menetapkan tingkat kinerja yang diharapkan, menilai tingkat kinerja aktual, dan mengembangkan grafik tren. Penting untuk tetap waspada terhadap program Anda, karena keberhasilan tidak boleh membuat kita lengah.

Kestabilan harus dijaga, dan perubahan harus dikelola dengan hati-hati untuk tidak mengganggu keseimbangan yang telah dicapai. Tetap terlibat dan waspada terhadap program RCM Anda akan memastikan keandalan fasilitas tetap terjaga.

Jardine dalam Ignatius Deradjad Pranowo, (2019) mengategorikan pengalihan komponen menjadi masalah deterministik dan probabilistik. Permasalahan deterministik, bila waktu dan dampak aktivitas penggantian komponen diasumsikan telah diketahui secara pasti. Permasalahan probabilistik, bila waktu dan dampak aktivitas penggantian komponen tergantung pada suatu kemungkinan. Metode prosedur penggantian komponen sebelum mencapai kondisi rusak:

- a) Ongkos dari penggantian komponen imbas kerusakan harus lebih besar dari pada ongkos total penggantian komponen guna melaksanakan perlindungan atau dengan tolak ukur lain dimana tarif kerusakan harus lebih besar dari pada tarif *breakdown* bilamana dilaksanakan penggantian pencegahan.
- b) Laju kerusakan dari peralatan harus melonjak bersamaan dengan bertambahnya waktu sebab penggantian sebelum rusak. Pola kerusakan ini tidak berlaku bilamana kerusakan berdistribusi eksponensial negatif dan hiper eksponensial karena laju kerusakan konstan dan menurun terhadap waktu. Jadi, laju kerusakan bertambah sesuai dengan peningkatan komponen yang terjadi pada mesin dan peralatan.

## 2.7 Keandalan dan Kerusakan

Keandalan didefinisikan sebagai peluang komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan normal sebanding dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu. Dalam menyatakan berfungsi tidaknya suatu fasilitas atau peralatan tertentu, dapat ditunjukkan dalam nilai keandalan dari fasilitas atau peralatan tersebut. Keandalan menunjukkan konsep kesuksesan operasi atau kinerja dan ketiadaan kerusakan. Ketidakandalan menunjukkan kebalikannya. Teori keandalan menguraikan faedah interdisiplin, peluang, statistik, dan pemodelan stokastik, dikombinasikan dengan pengetahuan rekayasa ke dalam desain dan pengetahuan ilmu mekanisme kerusakan, guna menganalisis berbagai aspek keandalan (Blischke & Murthy dalam Ignatius Deradjad Pranowo, 2019). Melonjaknya kompetisi bisnis antar perusahaan dan permintaan konsumen yang menginginkan produk dengan kualitas tinggi dan jadwal penyerahan tepat waktu, telah memotivasi kebutuhan peralatan (*equipment*) atau mesin (*machine*) pada tingkat keandalan (*reliability*) yang tinggi. Peralatan dinyatakan memiliki dua kondisi yaitu “baik” dan “rusak” yang merupakan proses probabilistik, sehingga jika keandalan berharga 1 maka sistem bisa dipastikan dalam keadaan baik, dan jika berharga 0 maka

dipastikan bahwa sistem dalam keadaan rusak. Jika keandalan adalah  $R(t)$  maka keandalan berkisar  $0 \leq R(t) \leq 1$ . Keandalan dapat dihitung dengan rumus Ansori & Mustajib dalam Ignatius Deradjad Pranowo, 2019):

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt$$

untuk  $t \rightarrow 0$ ,  $R(t) \rightarrow 1$ , berarti sistem dalam keadaan baik

untuk  $t \rightarrow \infty$ ,  $R(t) \rightarrow 0$ , berarti sistem dalam keadaan rusak

Dimana:

$R(t)$  = Fungsi keandalan

$F(t)$  = Probabilitas kerusakan

$T$  = Lamanya suatu peralatan beroperasi sampai rusak yang merupakan variabel acak

$R(t)$  = P { alat dapat berfungsi } pada saat  $t$

= P {  $T$  } ( mesin dapat berfungsi )

=  $1 - P \{ T > t \} = 1 - F(t)$

Guna menjaga keandalan yang tinggi perlu program pemeliharaan yang baik. Dengan demikian program pemeliharaan yang baik perlu informasi mekanisme kerusakan (failure mechanism) dan pola penggunaan (usage pattern). Pengertian failure di sini dalam arti yang luas dipengaruhi oleh keandalan item (reliability of item). Program pemeliharaan sendiri juga mempengaruhi failure mechanism. Sehingga, semuanya memiliki hubungan yang bersifat bolak-balik.

Keandalan merupakan peluang kinerja dari sistem atau alat guna memenuhi fungsi-fungsi yang diharapkan selama selang waktu tertentu. Sedangkan fungsi keandalan adalah fungsi matematis yang mencerminkan fungsi kerusakan. Variabel utama dalam fungsi keandalan adalah waktu terjadinya kerusakan (*time failure*). Fungsi tersebut dirumuskan sebagai berikut Ignatius Deradjad Pranowo, 2019):

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

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

Probabilitas suatu peralatan mengalami kerusakan sebelum jangka waktu  $t$  disebut sebagai CDF (*Cumulative Distribution Failure*) dengan rumusan:  $F(t)=P(x< t)$

Sehingga dari kedua persamaan diatas dapat dirumuskan bahwa probabilitas keandalan suatu peralatan hingga waktu  $t$  dirumuskan sebagai:  $R(t)=1-F(t)$

$$R(t) = \exp \left[ - \int_0^t \lambda(t) dt \right]$$

Karakteristik kerusakan pada peralatan umumnya tidak sama meskipun dioperasikan pada waktu yang bersamaan, karakteristik yang sama akan memberikan selang waktu terjadinya kerusakan yang berbeda.

### 1. Laju Kerusakan

Laju kerusakan adalah probabilitas banyaknya komponen yang mengalami kerusakan setiap waktu, bila komponen sejenis dioperasikan secara bersama. Laju kerusakan  $\lambda(t)$  dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda(t) = P\{x < t + \Delta t / x > t\}$$

$$\lambda(t) = \frac{P(x < 1 < \frac{\Delta t}{x} > t)}{P(x > 1)}$$

### 2. Karakteristik Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan dibagi menjadi tiga tahap yaitu:

- a. Kegagalan Awal (*early failure*). Kegagalan yang terjadi pada awal pengoperasian suatu item yang ditandai dengan laju kerusakan yang menurun.
- b. Kegagalan Acak (*random failure*). Kegagalan yang terjadi pada item yang berjalan normal ditandai dengan laju kegagalan konstan.
- c. Kegagalan Usang (*wear-out failure*). Kegagalan yang terjadi pada usia kegunaan tertentu yang ditandai dengan laju kerusakan yang semakin meningkat yang menuntut segera dilakukan penggantian sebagian alat atau keseluruhan dengan yang baru.

### 3. Model-Model Kerusakan

Waktu terjadinya kerusakan tiap peralatan merupakan variabel random. Sebelum menghitung nilai probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan perlu diketahui secara statistik distribusi kerusakan peralatan tersebut. Distribusi kerusakan digunakan untuk menentukan kerusakan komponen berdasarkan interval waktu kerusakannya. Berikut ini beberapa distribusi yang umum digunakan dalam menghitung tingkat keandalan peralatan (Ignatius Deradjad Pranowo, 2019) :

- a. *Mean time to failure* (MTTF). Keandalan suatu sistem seringkali dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai sistem atau alat tersebut, yang dinotasikan dengan  $E [T]$  dan sering disebut rata-rata waktu kerusakan atau *mean time to failure*

- (MTTF). MTTF hanya digunakan pada komponen atau alat yang sering sekali mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen atau alat yang masih baru atau baik.
- b. *Mean Time to Repair* (MTTR). MTTR adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau pemeliharaan. MTTR didasarkan atas lamanya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan.
  - c. *Mean Time Between Failure* (MTBF). MTBF (rata-rata waktu antar kerusakan) adalah suatu ukuran seberapa andal suatu produk atau komponen. Karena kebanyakan komponen mempunyai tingkat kerusakan dalam ribuan atau bahkan sepuluh ribu jam antar kerusakan. Sebagai contoh, suatu mesin bubut mungkin mempunyai rata-rata waktu antar kerusakan 300.000 jam. Perhitungan MTBF dapat digunakan sebagai suatu acuan dasar ketika hendak melakukan perancangan suatu produksi baru. MTBF dapat dikembangkan sebagai hasil dari pengujian intensif berdasar pada pengalaman produk nyata (eksperimen sebelumnya), atau yang diramalkan dengan penelitian faktor yang sudah diketahui. Pabrikan boleh menjadikan MTBF sebagai indeks keandalan suatu komponen atau produk dan dalam beberapa hal juga untuk memberikan kepada pelanggan suatu jaminan keandalan.

## 2.8 Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan merupakan sebuah cara untuk mengetahui berapa lama umur pemakaian suatu peralatan. Distribusi kerusakan dapat berkaitan dengan faktor waktu, temperatur dan jarak. Dalam distribusi kerusakan terdapat beberapa model yang umum digunakan menurut (Tupan et al., 2019). berikut model distribusi menurut (Taufik & Septyani, 2016):

### 2.8.1 Distribusi Normal

Pada distribusi normal, parameter yang digunakan yaitu  $\mu$  (nilai tengah) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Secara umum distribusi normal bisa disebut Gaussian Distribution, karena ciri simetris distribusi ini memiliki sebaran yang ditentukan oleh  $\sigma$  di sekitar rata-rata.

Menurut Fungsi distribusi normal sebagai berikut:

- a. Fungsi kepadatan

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

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (3)$$

- d. MTTF

$$\text{MTTF} = \mu \quad (4)$$

- e. MTTR

$$\text{MTTR} = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (5)$$

### 2.8.2 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan distribusi yang digunakan untuk menganalisis keandalan dan statistik dan sering digunakan untuk mengidentifikasi distribusi waktu hingga kegagalan sistem. Distribusi ini memiliki dua parameter yaitu  $\theta$  yang disebut parameter skala (scale parameter) dan  $\beta$  yang disebut dengan parameter bentuk (shape parameter). Kegunaan parameter skala yaitu untuk menjaga bentuk kurva distribusi, sedangkan parameter bentuk untuk mempengaruhi ukuran dari pola data.

Fungsi-fungsi distribusi Weibull sebagai berikut:

- a. Fungsi kepadatan

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (6)$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (7)$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (8)$$

- d. MTTF

$$\text{MTTF} = \theta \Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \quad (9)$$

Nilai  $\Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right)$  didapatkan dari  $\Gamma(x)$  tabel fungsi gamma.

- e. MTTR

$$\text{MTTR} = \theta \Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \quad (10)$$

Nilai  $\Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right)$  didapatkan dari  $\Gamma(x)$  tabel fungsi gamma.

### 2.8.3 Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal merupakan distribusi dari variabel acak yang termasuk dalam nilai logaritma dari variabel yang memiliki distribusi normal. Distribusi ini

memiliki 2 parameter yaitu  $s$  sebagai parameter skala (scale parameter) untuk mengidentifikasi lebar distribusi dan  $t_{med}$  sebagai parameter lokasi (location parameter) yang merupakan posisi median dari suatu distribusi kerusakan.

Fungsi-fungsi distribusi Lognormal sebagai berikut:

- a. Fungsi kepadatan

$$f(t) = \frac{1}{st\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{1}{2} \ln\left(\frac{t}{t_{med}}\right)^2\right]} \quad (11)$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln\frac{t}{t_{med}}\right) \quad (12)$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln\frac{t}{t_{med}}\right) \quad (13)$$

- d. MTTF

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (14)$$

- e. MTTR

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (15)$$

#### 2.8.4 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan distribusi yang umum digunakan untuk mencari model dsitribusi waktu dari dua kejadian dengan menggunakan laju rata-rata. Sidtribusi ini memiliki satu parameter yang disebut parameter laju dengan symbol lamda ( $\lambda$ ).

Fungsi-fungsi distribusi Eksponensial sebagai berikut:

- a. Fungsi kepadatan

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (16)$$

Untuk  $t \geq 0, \lambda > 0$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (17)$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (18)$$

- d. MTTF

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (19)$$

- e. MTTR

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad (20)$$

## 2.9 Age Replacement

Melakukan tindakan penggantian pencegahan adalah untuk menghindari terhentinya mesin akibat kerusakan komponen. Tindakan penggantian pencegahan dapat dilakukan dengan menentukan interval waktu antara tindakan penggantian ( $t_p$ ) yang optimal dari suatu komponen sehingga dicapai minimasi *downtime* yang maksimal. Frekuensi penggantian pencegahan yang meningkat dapat meningkatkan *downtime* karena penggantian, namun ini dapat mengurangi *downtime* karena penggantian kegagalan dan menyeimbangkan waktu terbaik antara penggantian pencegahan dengan *downtime*.

Metode perhitungan yang digunakan adalah metode Age Replacement. Dalam metode Age Replacement tindakan penggantian dilakukan pada saat pengoperasiannya sudah mencapai umur yang ditetapkan yaitu sebesar  $t_p$ . Jika pada selang waktu  $t_p$  terjadi kerusakan, maka dilakukan penggantian komponen sebagai tindakan korektif. Selanjutnya umur tindakan penggantian  $t_p$  dimulai dari awal dengan acuan waktu mulai bekerjanya sistem setelah dilakukan tindakan perawatan korektif. Rumus yang digunakan pada metode ini adalah:

$$D(t_p) = \frac{\text{total ekspektasi downtime per siklus}}{\text{ekspektasi panjang waktu siklus}} \quad (21)$$

Rumus:

Total ekspektasi *downtime* per siklus =  $T_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot (1-R(t_p))$

Ekspektasi panjang waktu siklus =  $(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \cdot (1-R(t_p))$

Selanjutnya akan diperoleh total *downtime* per siklus  $D(t_p)$  sebagai berikut:

$$D(t_p) = \frac{T_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot (1-R(t_p))}{(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \cdot (1-R(t_p))} \quad (22)$$

Keterangan:

$T_f$  = Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen.

$T_p$  = Waktu untuk melakukan penggantian preventif.

$t_p$  = Fungsi kepadatan peluang dari waktu kegagalan komponen.

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

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Metode	Kelebihan	Kekurangan
(Taufik & Septyani, 2016)	Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di Pt Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin	Analisis ABC	Kemampuannya untuk memberikan rekomendasi langsung kepada manajemen perusahaan berdasarkan temuan yang relevan, sehingga dapat meningkatkan nefektivitas pengambilan keputusan.	Memerlukan waktu dan sumber daya yang signifikan untuk mengumpulkan data dan menerapkan strategi perawatan yang disarankan.
(Mukmin, 2017)	Analisis Keandalan Dan Penentuan Persediaan Optimal Suku Cadang Compressor Two Stage For Vessel Iqf Dengan Metode Abc Dan <i>Reliability</i> Di Pt.Kelola Mina Laut	Analisis ABC Dan RCM	Kemampuannya untuk memberikan pemahaman yang jelas tentang pentingnya suku cadang berdasarkan tingkat kontribusinya terhadap penggunaan anggaran, sehingga memungkinkan manajemen untuk mengalokasikan sumber daya secara efisien.	Analisis ABC mungkin memerlukan waktu dan sumber daya yang signifikan untuk mengumpulkan data dan mengidentifikasi kategori, serta mungkin tidak selalu akurat dalam memprediksi kebutuhan inventarisasi di masa mendatang.
(Tupan et al., 2019)	Penentuan Interval Waktu Perawatan	Analisis ABC Dan RCM	Kemampuannya untuk mengukur efektivitas penjadwalan melalui perhitungan interval pergantian komponen.	Penerapan metode membutuhkan data historis yang lama dan tidak adanya perhitungan biaya yang digunakan penjadwalan.

Peneliti	Judul	Metode	Kelebihan	Kekurangan
	Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di Pt PIn (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin			
(Kalsum, 2019)	Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Roaster Dengan Metode Age Replacement Pada Pt.Mars	Analisis ABC Dan RCM	Kemampuannya untuk mengukur efektivitas penjadwalan melalui perhitungan interval pergantian komponen kritis.	Tidak adanya analisis biaya yang dikeluarkan untuk penjadwalan.
(Rambuna, 2018)	Penerapan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) Pada Mesin Produksi Obat-Obatan [XYZ]	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) dengan perhitungan <i>Failure Modes and Effect Analyze</i> (FMEA)	RCM dan FMEA memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah kerusakan mesin secara efektif, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin dalam proses produksi.	Implementasi RCM dan FMEA mungkin memerlukan waktu dan sumber daya yang signifikan untuk mengumpulkan data dan menerapkan strategi perawatan yang disarankan, serta dapat menimbulkan tantangan dalam mengubah kebiasaan atau kebijakan perawatan yang telah ada sebelumnya.

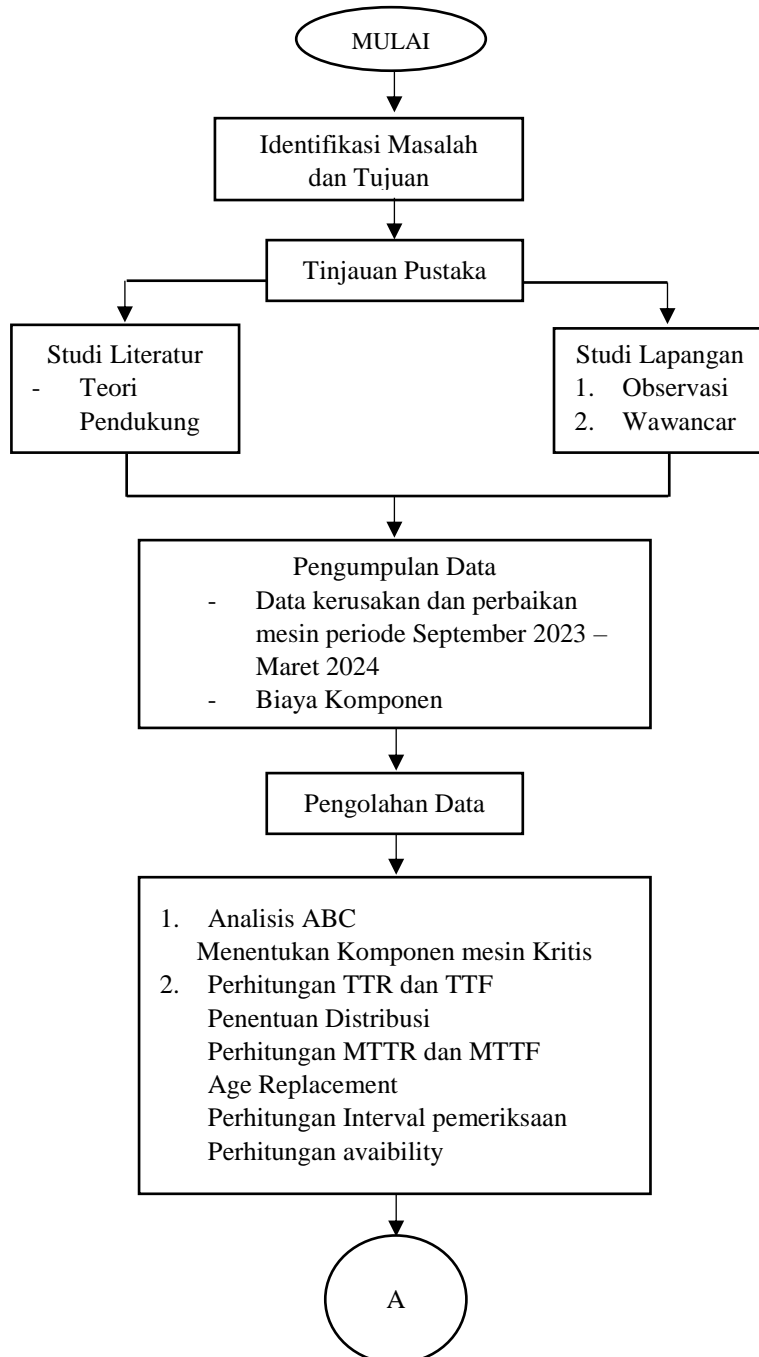
Peneliti	Judul	Metode	Kelebihan	Kekurangan
(Fathurohman & Triyono, 2020)	<i>Reliability centered maintenance: the Implementation in preventive maintenance (case Study in an expedition company)</i>	RCM, FMEA dan LTA	Kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas perawatan dengan fokus pada komponen-komponen yang kritis.	Kompleksitas analisis yang terkait dengan identifikasi mode kegagalan dan kategorisasi tingkat kerusakan komponen. Selain itu, implementasi RCM membutuhkan waktu dan sumber daya yang cukup besar untuk melakukan evaluasi yang teliti terhadap setiap komponen, yang mungkin tidak selalu tersedia dalam semua organisasi.
(Denur et al., 2017)	Penerapan <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> Pada Mesin Ripple Mill	<i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA), Logic Tree Analysis (LTA), dan analisis regresi interval</i>	Pendekatan yang holistik ini memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi berbagai mode kegagalan, menganalisis konsekuensi dari masing-masing mode kegagalan, dan menghitung laju kegagalan dari mesin Ripple Mill. Dengan demikian, perusahaan dapat menerapkan strategi pemeliharaan yang tepat, dalam hal ini Predictive maintenance, untuk meningkatkan keandalan dan kinerja mesin produksi mereka.	Metode ini mungkin memerlukan waktu dan sumber daya yang signifikan untuk mengumpulkan data dan menganalisis hasil, serta dapat membutuhkan keahlian teknis yang tinggi dalam menerapkan analisis regresi interval waktu kerusakan.

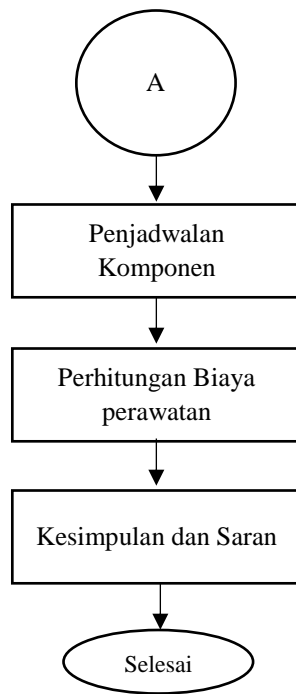
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Flowchart





Gambar 3. 1 *Flowchart*

### 3.2 Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini merupakan alur proses yang dilakukan dalam menentukan pengerjaan dari awal hingga akhir penyelesaian dari penelitian.

#### 1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan langkah pertama dalam penelitian guna mengetahui topik yang akan diangkat dalam penelitian.

##### 1. Observasi

Pada proses ini peneliti melakukan pengamatan lingkungan lapangan kerja secara langsung dan melakukan wawancara dengan pekerja perusahaan seperti HRD, kepala bagian produksi, kepala bagian *maintenance* guna mencapai interpretasi lebih dalam perihal permasalahan dalam penelitian .

##### 2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu pencarian informasi atau teori guna mendukung kegiatan penelitian dengan mempelajari teori dari buku dan jurnal agar bisa membantu menyelesaikan masalah yang diangkat di CV. Perjuangan Steel. Pada penelitian ini membutuhkan teori yang berkaitan tentang manajemen perawatan mesin atau *maintenance*.

#### 2. Identifikasi Masalah

Pada mesin produksi CV. Perjuangan Steel yang berada pada line produksi P9 sering terjadi *downtime* yang mengakibatkan produksi berhenti.

#### 3. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang dihasilkan yaitu:

- Bagaimana cara mengidentifikasi akar penyebab kerusakan mesin?
- Bagaimana penjadwalan perawatan mesin yang lebih optimal?
- Bagaimana menghitung biaya perawatan mesin?

#### 4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan mesin.
- Untuk mendapatkan penjadwalan perawatan yang lebih optimal.
- Untuk menghitung biaya perawatan.

#### 5. Pengumpulan Data

##### - Data Primer

Pengumpulan data primer dengan dihimpun secara langsung pada objek penelitian terkait. Penghimpunan data dilakukan oleh peneliti menggunakan pendekatan berupa observasi, wawancara dan dokumentasi.

##### - Data Sekunder

1. Proses yang terjadi pada mesin
2. Data Kerusakan Komponen Mesin

Data kerusakan ini diperoleh dari perusahaan yang diambil dari kerusakan komponen mesin yang telah terjadi sebelumnya, seperti data jenis kerusakan, waktu kerusakan, dampak yang terjadi akibat kegagalan.

Tabel 3. 1 Data Kerusakan Komponen Mesin welding Table

No.	Tanggal	Komponen	Kerusakan	Lama <i>Downtime</i> (Menit)

(Sumber : CV. Perjuangan Steel)

## 6. Pengolahan Data

### - Analisis ABC

Analisis ABC berguna untuk menentukan kriteria kritis dengan cara mengelompokkan berdasarkan data frekuensi kerusakan komponen mesin.

Tabel 3. 2 Analisis ABC

No	Komponen	Lama <i>Downtime</i> (Menit)	Presentase	Presentase Kumulatif	Kriteria

### - Fishbone Analisis

Fishbone Analisis digunakan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada komponen kritis dengan digambarkan seperti tulang ikan.

### - Penentuan distribusi data

Pada tahap selanjutnya adalah melakukan identifikasi pola distribusi dari data interval waktu antar kerusakan dan interval waktu antar perbaikan yang telah diperoleh. Lalu menentukan parameter interval waktu antar kerusakan dan interval waktu antar perbaikan dari masing-masing komponen.

Tabel 3. 3 Perhitungan TTR dan TTF

Komponen	No	Tanggal Kerusakan	Waktu Kerusakan	Mesin Berjalan	TTR (jam)	TTF (jam)

- Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Timen to Repair (MTTR)

Tabel 3. 4 Perhitungan MTTR dan MTTF Komponen Kritis

No	<i>Modul RF Card</i>		<i>Oscillator Board</i>		<i>Power Supply Board</i>	
	TTR	TTF	TTR	TTF	TTR	TTF

Tabel 3. 5 Hasil Perhitungan MTTF dan MTTR

Komponen	MTTF (hari)	MTTR (hari)

- Perhitungan keandalan sesuai distribusi terpilih  
Menghitung tingkat keandalan mesin berdasarkan *reliability*, *avaibility* dan *maintainability*
- Analisis interval pergantian komponen  
Menentukan interval pergantian yang telah diteliti sesuai dengan perhitungan

Tabel 3. 6 Tabel Interval Pergantian

Komponen	MTTF	D(t)	Interval Pergantian	Avaibility

Tabel 3. 7 Tabel Availability total

Komponen	Availability [D(n)]	Availability [D(tp)]	Availability total D(n) * D(tp)

- Analisis perbandingan  
Menganalisis perbandingan *reliability* komponen dari sebelum dan sesudah penjadwalan, serta menganalisis biaya yang digunakan maintenance.

### 7. Kesimpulan dan Saran

Bagian akhir yang berisikan uraian pembahasan mengenai penyimpulan hal-hal penting yang terbentuk dari hasil analisis data yang dilakukan. Berdasarkan kesimpulan tersebut akan terbentuk saran bagi peneliti selanjutnya melalui keterbatasan dari penelitian ini dengan topik yang serupa.

### 3.3 Tempat Penelitian

Peneliti melaksanakan penelitian di CV. Perjuangan Steel Surabaya. Perusahaan ini bergerak pada industri baja yang berada di Jl. Margomulyo Indah No. 15D, Surabaya. Perusahaan ini bergerak pada industri baja dengan memproduksi C-Channel, Pipa Baja, Pipa Hollow, Hollow Galvaum, Strip Ezyer. Bahan baku yang digunakan yaitu berupa coil dengan berbagai jenis dan kualitas.

### 3.4 Waktu

Waktu Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Juni 2024.

### 3.5 Jadwal Penelitian

Tabel 3. 8 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni
1	Studi Lapangan						
2	Studi Literatur						
3	Identifikasi Masalah dan Tujuan						
4	Pengumpulan Data						
5	Pengolahan Data						
6	Analisis dan Pembahasan						
7	Kesimpulan dan Saran						

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHSAN

#### 4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi dan wawancara secara langsung pada pekerja serta meninjau secara langsung bagaimana proses produksi pada mesin Tube Mill berjalan. Dari melihat data history kerusakan mesin pada bulan September 2023 hingga Maret 2024 yang diperoleh dari rekapan bagian maintenance, sehingga mendapatkan data sebagai berikut:

1. Data komponen rusak mesin welding table
2. Data waktu antar kerusakan komponen
3. Biaya komponen

##### 4.1.1 Penentuan Komponen Kritis Analisis ABC

Pada mesin Tube Mill memiliki beberapa sub mesin di dalamnya dan pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa sub mesin yang memiliki *downtime* tertinggi yaitu mesin Welding Table sehingga menjadikannya mesin paling kritis. Pada mesin welding table memiliki beberapa komponen didalamnya seperti pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Kerusakan Komponen Welding Table

No.	Tanggal	Komponen	Kerusakan	Lama Downtime (Menit)
1	04-Sep-23	Aquades Tank	kebocoran cairan	58
2	07-Sep-23	<i>Modul RF Card</i>	Konslet	136
3	11-Sep-23	Work Coil	lilitan kawat rusak	30
4	11-Sep-23	<i>Oscillator Board</i>	Oveheat	102
5	13-Sep-23	DC Reactor	Kerusakan pada lilitan	28
6	04-Okt-23	<i>Power Supply Board</i>	kebocoran cairan	116
7	09-Okt-23	Aquades Pump	saluran buntu	42
8	22-Okt-23	<i>Modul RF Card</i>	Konslet	144
9	25-Okt-23	<i>Oscillator Board</i>	Oveheat	98
10	06-Nov-23	Heat Exchanger	seal tersumbat	23
11	17-Nov-23	SCR Resistor	SCR resistor terlalu panas	26
12	21-Nov-23	<i>Power Supply Board</i>	kebocoran cairan	108
13	05-Dec-23	<i>Modul RF Card</i>	Konslet	135
14	07-Dec-23	<i>Oscillator Board</i>	Oveheat	88
15	22-Dec-23	Work Coil	lilitan kawat rusak	28
16	06-Jan-24	<i>Power Supply Board</i>	kebocoran cairan	115

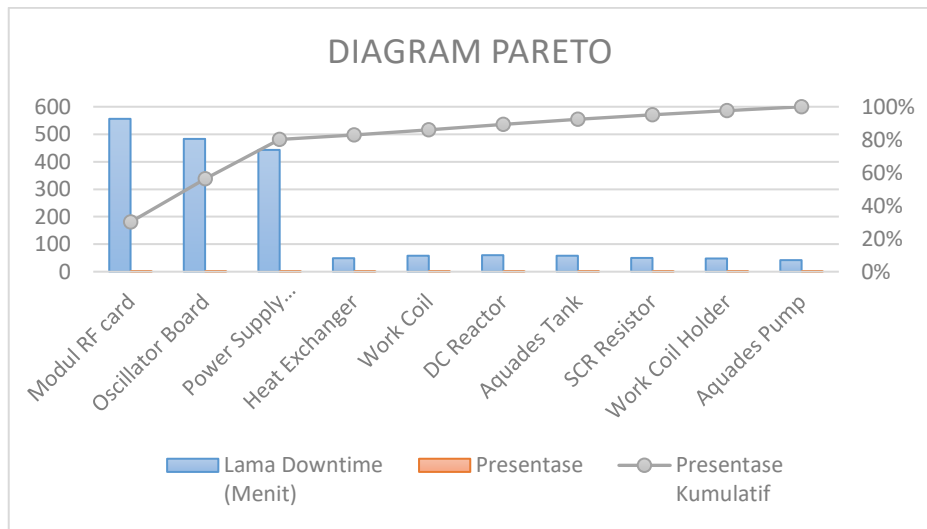
No.	Tanggal	Komponen	Kerusakan	Lama Downtime (Menit)
17	17-Jan-24	<i>Oscillator Board</i>	Oveheat	90
18	22-Jan-24	<i>Modul RF Card</i>	Konslet	141
19	20-Feb-24	<i>Power Supply Board</i>	kebocoran cairan	104
20	28-Feb-24	<i>Oscillator Board</i>	Overheat	105
21	03-Mar-24	DC Reactor	Kerusakan pada lilitan	32
22	27-Mar-24	Work Coil Holder	SCR resistor terlalu panas	48
23	29-Mar-24	SCR Resistor	SCR resistor terlalu panas	24
24	30-Mar-24	Heat Exchanger	seal tersumbat	26
Total				1847

(Sumber: CV. Perjuangan Steel Surabaya)

Untuk menentukan komponen kritis berdasarkan frekuensi *downtime* tertinggi menggunakan konsep analisis ABC. Pada analisis ABC menggunakan prinsip pareto dengan perbandingan 80:20 dengan menggunakan data kerusakan komponen pada tabel 4.1. Hasil penentuan komponen kritis dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kriteria Komponen Kritis Mesin Welding Table

No	Komponen	Lama Downtime (Menit)	Presentase	Presentase Kumulatif	Kriteria
1	<i>Modul RF Card</i>	556	30%	30%	A
2	<i>Oscillator Board</i>	483	26%	56%	A
3	<i>Power Supply Board</i>	443	24%	80%	A
4	Heat Exchanger	49	3%	83%	B
5	Work Coil	58	3%	86%	B
6	DC Reactor	60	3%	89%	B
7	Aquades Tank	58	3%	92%	B
8	SCR Resistor	50	3%	95%	C
9	Work Coil Holder	48	3%	98%	C
10	Aquades Pump	42	2%	100%	C
TOTAL			1847	100%	100%



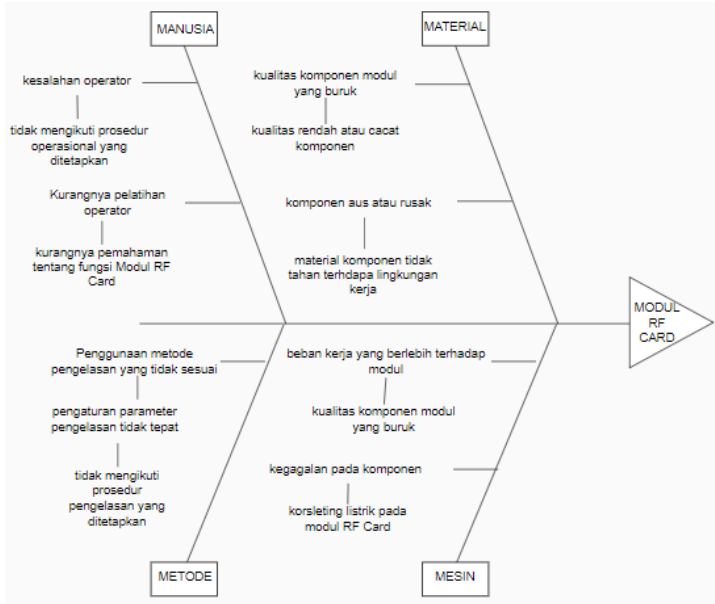
Gambar 4. 1 Diagram Pareto Komponen Kritis

Berdasarkan data pengolahan yang telah dilakukan pada tabel 4.2 maka dapat diketahui komponen yang masuk pada golongan 80% komponen kritis adalah komponen *Modul RF Card*, Komponen *Oscillator Board* dan *Power Supply Board*. Data ini juga digambarkan dalam bentuk diagram pareto seperti pada gambar 4.1. Sehingga pada perhitungan selanjutnya hanya akan menganalisis komponen *Modul RF Card*, Komponen *Oscillator Board* dan Komponen *Power Supply Board*.

#### 4.1.2 Penyebab Komponen Rusak

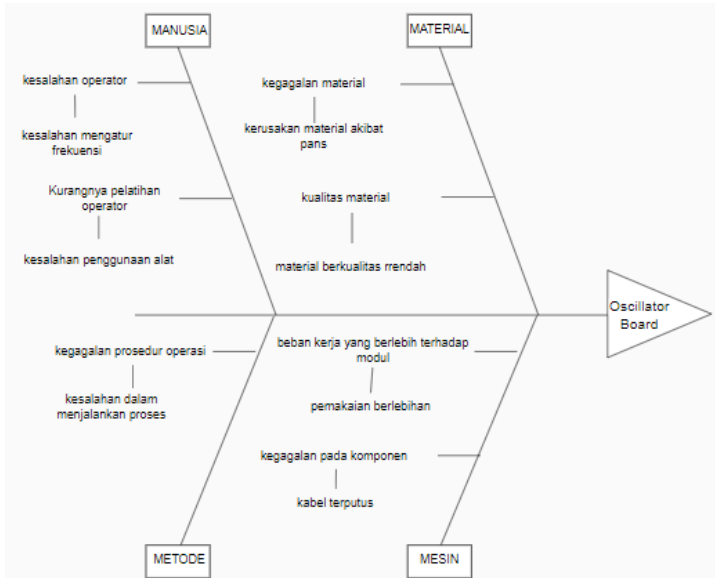
Pada setiap komponen yang masuk dalam kategori kritis seperti komponen *Modul RF Card*, komponen *Oscillator Board* dan komponen *Power Supply Board* pasti memiliki banyak penyebab yang membuat komponen mesin tersebut mengalami kerusakan. Banyak faktor yang menyebabkan komponen mesin rusak, faktor-faktor penyebab kerusakan bisa digambarkan dalam fishbone diagram sehingga dapat mengetahui penyebab terjadinya kerusakan seperti gambar berikut:

1. *Komponen Modul RF Card*



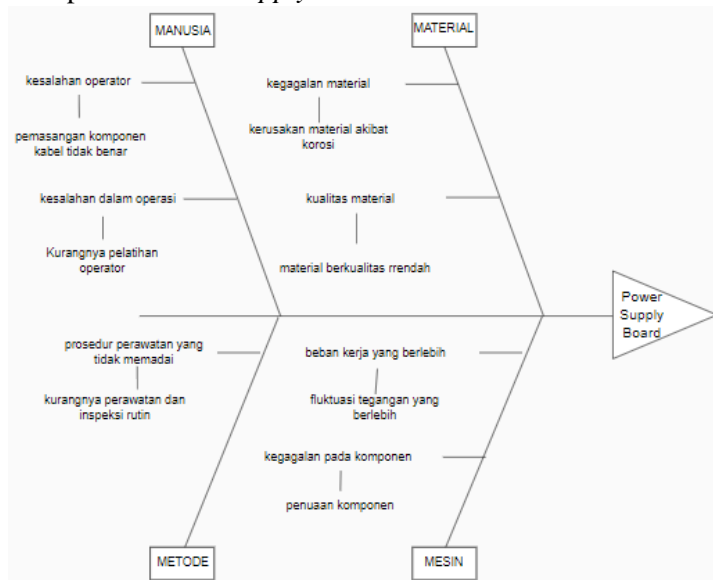
Gambar 4. 2 Fishbone Diagram komponen *Modul RF Card*

2. *Komponen Oscillator Board*



Gambar 4. 3 Fishbone Diagram komponen *Oscillator Board*

### 3. Komponen *Power Supply Board*



Gambar 4. 4 Fishbone Diagram komponen *Power Supply Board*

Fishbone diagram merupakan alat yang bisa digunakan untuk menganalisis penyebab kegagalan pada komponen dengan mencari faktor-faktor penyebab kegagalan pada *Modul RF Card*, *Oscillator Board* dan *Power Supply Board*. Pada *Modul RF Card* potensi kegagalan yang timbul seperti kegagalan kelistrikan. Pada *Oscillator Board*, kegagalan dapat disebabkan oleh kerusakan akibat lingkungan kerja atau beban kerja berlebih sehingga menyebabkan panas pada komponen yang dapat mempengaruhi kinerja *Oscillator*. Sementara pada komponen *Power Supply Board*, gangguan pada sistem kelistrikan seperti tegangan yang tidak stabil dapat menyebabkan kegagalan, serta kelebihan beban kerja. Dengan menganalisis fishbone diagram dapat mengetahui faktor-faktor penyebab kegagalan sehingga dapat mengambil tindakan perbaikan atau pencegahan untuk meningkatkan keandalan kinerja mesin secara menyeluruh.

#### 4.2 Pengolahan Data

Pada tahap ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan guna menghasilkan data TTR dan TTF pada komponen yang masuk dalam kriteria kritis, selanjutnya menentukan distribusi pada masing-masing TTR dan TTF setiap komponen. Dari hasil distribusi yang telah terpilih akan mendapat nilai MTTR dan MTTF sehingga dapat membuat penjadwalan perawatan mesin pada masa depan.

#### 4.2.1 Perhitungan Time to Repair dan Time to Failure

Perhitungan Time to Repair (TTR) dan Time to Failure (TTF) menggunakan data history kerusakan mesin yang telah dikumpulkan dari periode September 2023 hingga Maret 2024 seperti pada tabel 4.1. Berdasarkan data kerusakan tersebut selanjutnya dapat mengitung TTR dan TTF. Time to Repair (TTR) adalah berapa lama waktu yang digunakan oleh teknisi untuk melakukan perbaikan saat mesin terjadi kerusakan. Sedangkan Time to Failure (TTF) merupakan berapa lama waktu sejak mesin dapat berjalan kembali setelah perbaikan hingga mesin mengalami kerusakan lagi. Pada Tabel 4.3 hingga 4.5 menunjukkan data TTR dan TTF pada masing-masing mesin kritis.

Tabel 4. 3 Perhitungan TTR dan TTF Komponen *Modul RF Card*

Komponen	No.	Tanggal Kerusakan	Waktu Kerusakan	Mesin Berjalan	TTR (jam)	TTF (jam)
Modul RF Card	1	07-Sep-23	09.16	11.32	2,27	0
	2	22-Okt-23	10.28	12.52	2,40	1094
	3	05-Des-23	13.11	15.26	2,25	1080
	4	22-Jan-24	09.14	11.35	2,35	1169

Tabel 4. 4 Perhitungan TTR dan TTF Komponen *Oscillator Board*

Komponen	No.	Tanggal Kerusakan	Waktu Kerusakan	Mesin Berjalan	TTR (jam)	TTF (jam)
<i>Oscillator Board</i>	1	11-Sep-23	09.53	11.35	1,70	0
	2	25-Okt-23	09.36	11.14	1,63	1078
	3	07-Des-23	11.38	13.06	1,47	1045
	4	17-Jan-24	14.03	15.33	1,50	1009
	5	28-Feb-24	10:20	12.05	1,75	1019

Tabel 4. 5 Perhitungan TTR dan TTF Komponen *Power Supply*

Komponen	No.	Tanggal Kerusakan	Waktu Kerusakan	Mesin Berjalan	TTR (jam)	TTF (jam)
<i>Power Supply Board</i>	1	04-Okt-23	11.37	13.33	1,93	0
	2	21-Nov-23	09.54	11.42	1,80	1163
	3	06-Jan-24	10.26	12.21	1,92	1126
	4	20-Feb-24	13.23	15.07	1,73	1092

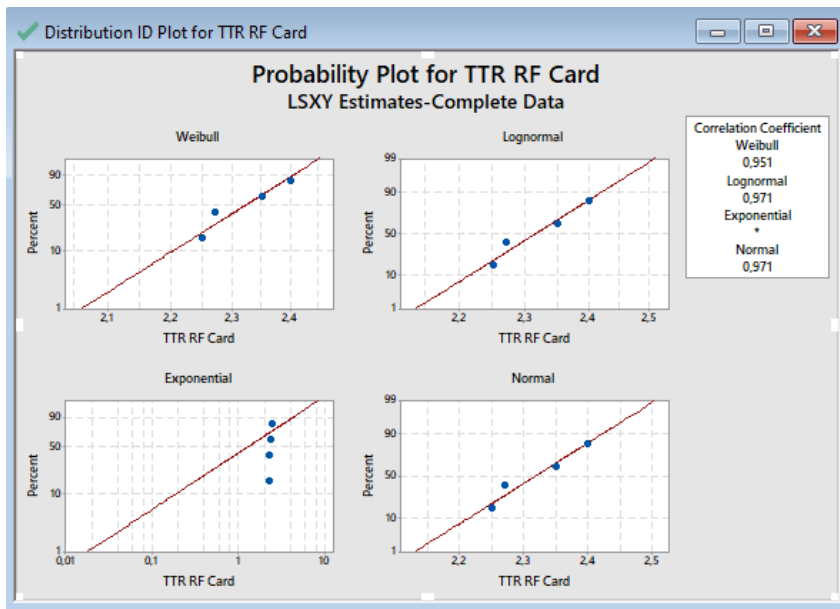
#### 4.2.2 Perhitungan Distribusi Waktu Perbaikan (TTR) dan Waktu Kerusakan (TTF)

Penentuan distribusi yang mewakili data TTF dan TTR dilakukan dengan perhitungan index of fit ( $r$ ) atau koefisien korelasi. Distribusi yang dihitung adalah distribusi Weibull, Eksponensial, Normal dan Lognormal. Koefisien korelasi mempunyai nilai antara 0 hingga +1 untuk menunjukan bagaimana hubungan data antar variable yang menunjukkan kekuatan hubungan linear antara variabel  $x$  dan  $y$ . korelasi dikatakan baik jika hasil distribusi antar variabel mendekati 1 dan data TTF atau TTR dari komponen pada distribusi sangat baik. Data yang digunakan untuk menentukan distribusi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan TTR dan TTF

No	<i>Modul RF Card</i>		<i>Oscillator Board</i>		<i>Power Supply Board</i>	
	TTR	TTF	TTR	TTF	TTR	TTF
1	2,27	0	1,70	0	1,93	0
2	2,40	1094	1,63	1078	1,80	1163
3	2,25	1080	1,47	1045	1,92	1126
4	2,35	1169	1,50	1009	1,73	1092
5	-	-	1,75	1019	-	-
Total	9,27	3343	8,05	4151	7,38	3381

Berikut merupakan hasil identifikasi distribusi TTR dan TTF pada masing-masing komponen kritis dengan menggunakan aplikasi Minitab 18. Apabila nilai P-Value mendekati 1 dan dicari nilai paling besar maka distribusi dikatakan diterima atau penyebaran dapat dikatakan sesuai. Selanjutnya, untuk nilai Andersen Darling (AD) dengan menentukan nilai terkecil, karena semakin kecil nilai AD maka data distribusi tersebut semakin sesuai. Berikut hasil identifikasi distribusi pada masing-masing komponen kritis dengan menggunakan data Time to Repair dan Time to Failure:

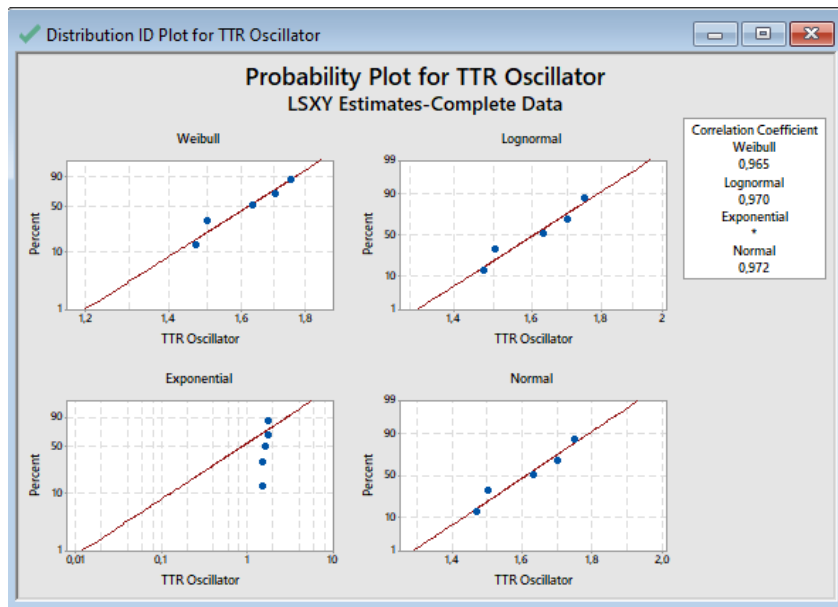


### Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,852	0,951
Lognormal	2,796	0,971
Exponential	4,690	*
Normal	2,795	0,971

Gambar 4. 5 Hasil Distribusi TTR Modul RF Card

Pada gambar 4.5 menunjukkan hasil uji data TTR Modul RF Card menghasilkan nilai distribusi Weibull dengan nilai P-Value 0,951 dan nilai AD 2,852, distribusi Lognormal dengan Nilai P-value 0,971 dan nilai AD 2,796, dsitribusi Exponential dengan nilai P-Value – dan nilai AD 4,690, distribusi Normal dengan nilai P-Value 0,971 dan nilai AD 2,795.

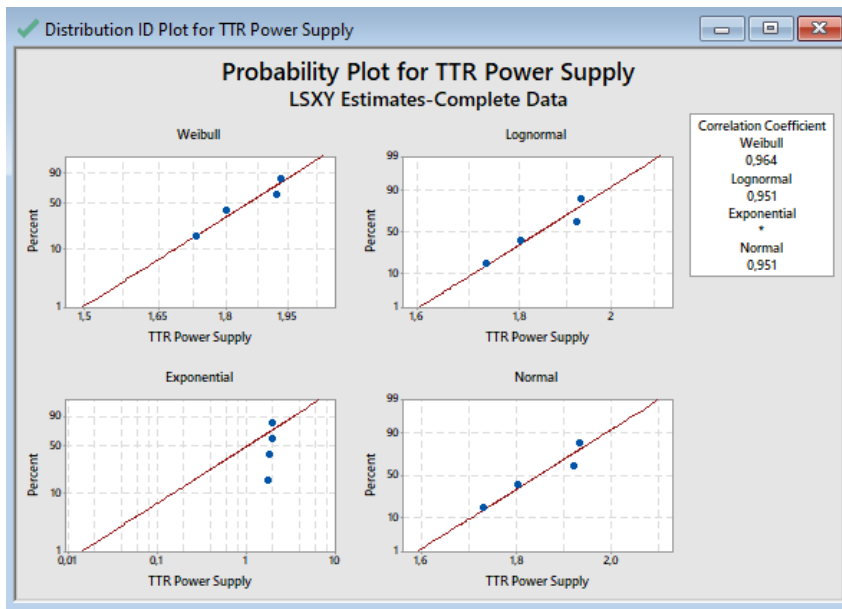


### Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,370	0,965
Lognormal	2,371	0,970
Exponential	4,808	*
Normal	2,363	0,972

Gambar 4. 6 Hasil Distribusi TTR *Oscillator Board*

Pada gambar 4.6 menunjukkan hasil uji data TTR *Oscillator Board* menghasilkan nilai distribusi Weibull dengan nilai P-Value 0,965 dan nilai AD 2,370, distribusi Lognormal dengan Nilai P-value 0,970 dan nilai AD 2,371, dsitribusi Exponential dengan nilai P-Value – dan nilai AD 4,808, distribusi Normal dengan nilai P-Value 0,972 dan nilai AD 2,363.



### Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,874	0,964
Lognormal	2,877	0,951
Exponential	4,619	*
Normal	2,876	0,951

Gambar 4. 7 Hasil Distribusi TTR *Power Supply Board*

Pada gambar 4.7 menunjukkan hasil uji data TTR *Power Supply Board* menghasilkan nilai distribusi Weibull dengan nilai P-Value 0,964 dan nilai AD 2,874, distribusi Lognormal dengan Nilai P-value 0,951 dan nilai AD 2,877, dsitribusi Exponential dengan nilai P-Value – dan nilai AD 4,619, distribusi Normal dengan nilai P-Value 0,951 dan nilai AD 2,876.

Tabel 4. 7 Distribusi TTR *Modul RF Card*

Komponen	Distribusi	Nilai AD	P-Value	Keterangan
<i>Modul RF Card</i>	Weibul	2,852	0,951	
	Log Normal	2,796	0,971	
	Exponensial	4,690	-	
	Normal	2,795	0,971	Terpilih

Pada Komponen *Modul RF Card* menggunakan distribusi normal karena nilai P-Value mendekati nilai 1 yaitu 0,971 dan nilai AD terkecil dengan nilai 2,795.

Tabel 4. 8 Distribusi TTR *Oscillator Board*

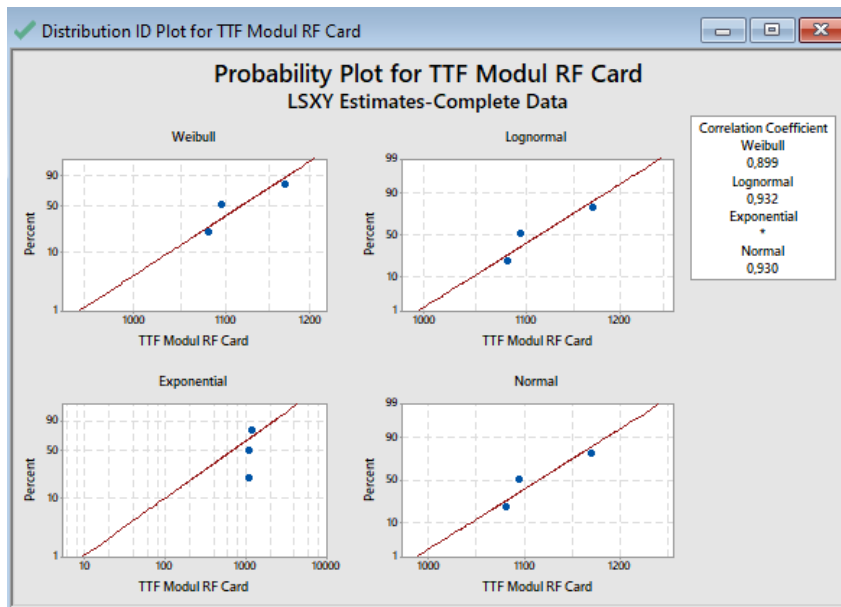
Komponen	Distribusi	Nilai AD	P-Value	Keterangan
<i>Oscillator Board</i>	Weibul	2,370	0,965	
	Log Normal	2,371	0,970	
	Exponensial	4,808	-	
	Normal	2,363	0,972	Terpilih

Pada Komponen *Oscillator Board* menggunakan distribusi normal karena nilai P-Value mendekati nilai 1 yaitu 0,972 dan nilai AD terkecil dengan nilai 2,363.

Tabel 4. 9 Distribusi TTR *Power Supply Board*

Komponen	Distribusi	Nilai AD	P-Value	Keterangan
<i>Power Supply Board</i>	Weibul	2,874	0,964	Terpilih
	Log Normal	2,877	0,951	
	Exponensial	4,619	-	
	Normal	2,876	0,951	

Pada Komponen *Power Supply Board* menggunakan distribusi Weibull karena nilai P-Value mendekati nilai 1 yaitu 0,964 dan nilai AD terkecil dengan nilai 2,874. Setelah mencari parameter distribusi data TTR pada masing-masing komponen, selanjutnya mencari parameter distribusi data TTF. Berikut merupakan distribusi TTF pada masing-masing komponen.

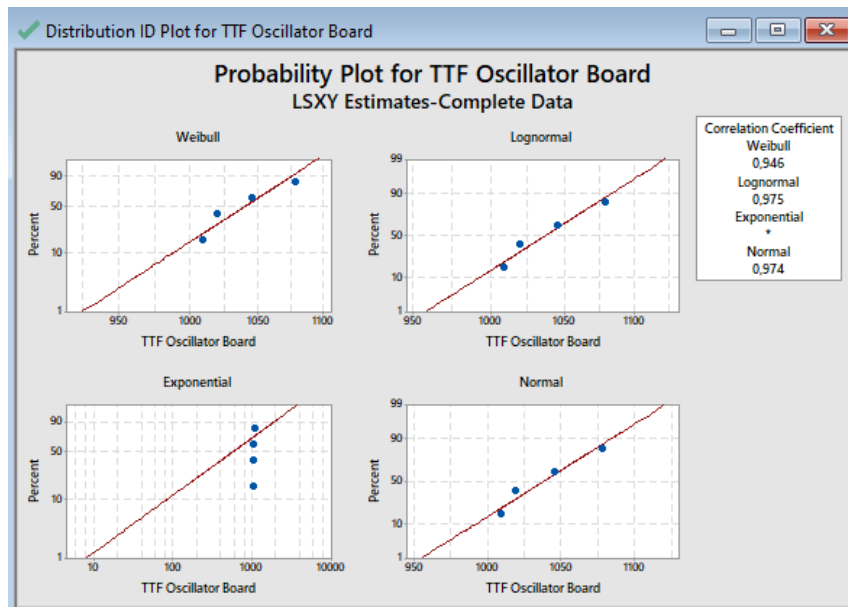


### Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	3,642	0,899
Lognormal	3,514	0,932
Exponential	4,556	*
Normal	3,517	0,930

Gambar 4. 8 Hasil Distribusi TTF Modul RF Card

Pada gambar 4.8 menunjukkan hasil uji data TTF Modul RF Card menghasilkan nilai distribusi Weibull dengan nilai P-Value 0,899 dan nilai AD 3,642, distribusi Lognormal dengan Nilai P-value 0,932 dan nilai AD 3,514, dsitribusi Exponential dengan nilai P-Value – dan nilai AD 4,556, distribusi Normal dengan nilai P-Value 0,930 dan nilai AD 3,517.

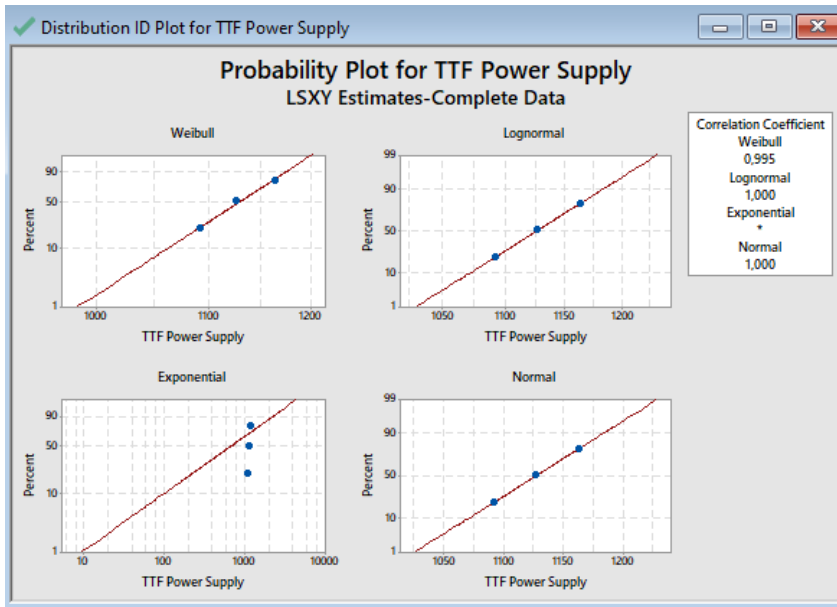


### Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,905	0,946
Lognormal	2,781	0,975
Exponential	4,690	*
Normal	2,784	0,974

Gambar 4. 9 Hasil Distribusi TTF Modul RF Card

Pada gambar 4.9 menunjukkan hasil uji data TTF *Oscillator Board* menghasilkan nilai distribusi Weibull dengan nilai P-Value 0,946 dan nilai AD 2,905, distribusi Lognormal dengan Nilai P-value 0,975 dan nilai AD 2,781, dsitribusi Exponential dengan nilai P-Value – dan nilai AD 4,690, distribusi Normal dengan nilai P-Value 0,974 dan nilai AD 2,784.



**Goodness-of-Fit**

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	3,449	0,995
Lognormal	3,440	1,000
Exponential	4,585	*
Normal	3,439	1,000

Gambar 4. 10 Hasil Distribusi TTF Modul RF Card

Pada gambar 4.10 menunjukkan hasil uji data TTF Power Supply Board menghasilkan nilai distribusi Weibull dengan nilai P-Value 0,995 dan nilai AD 3,449, distribusi Lognormal dengan Nilai P-value 1,000 dan nilai AD 3,440, dsitribusi Exponential dengan nilai P-Value – dan nilai AD 4,585, distribusi Normal dengan nilai P-Value 1,000 dan nilai AD 3,439.

Tabel 4. 10 Distribusi TTF Modul RF Card

Komponen	Dsitribusi	Nilai AD	P-Value	Keterangan
Modul RF Card	Weibul	3,642	0,899	
	Log Normal	3,514	0,932	Terpilih
	Exponensial	4,556	-	
	Normal	3,517	0,930	

Pada Komponen *Modul RF Card* menggunakan distribusi Lognormal karena nilai P-Value mendekati nilai 1 yaitu 0,932 dan nilai AD terkecil dengan nilai 3,514.

Tabel 4. 11 Distribusi TTF *Oscillator Board*

Komponen	Distribusi	Nilai AD	P-Value	Keterangan
<i>Oscillator Board</i>	Weibul	2,905	0,946	
	Log Normal	2,781	0,975	Terpilih
	Exponensial	4,690	-	
	Normal	2,784	0,974	

Pada Komponen *Oscillator Board* menggunakan distribusi Lognormal karena nilai P-Value mendekati nilai 1 yaitu 0,975 dan nilai AD terkecil dengan nilai 2,781.

Tabel 4. 12 Distribusi TTR *Power Supply Board*

Komponen	Distribusi	Nilai AD	P-Value	Keterangan
<i>Power Supply Board</i>	Weibul	3,449	0,995	
	Log Normal	3,440	1,000	
	Exponensial	3,585	-	
	Normal	3,439	1,000	Terpilih

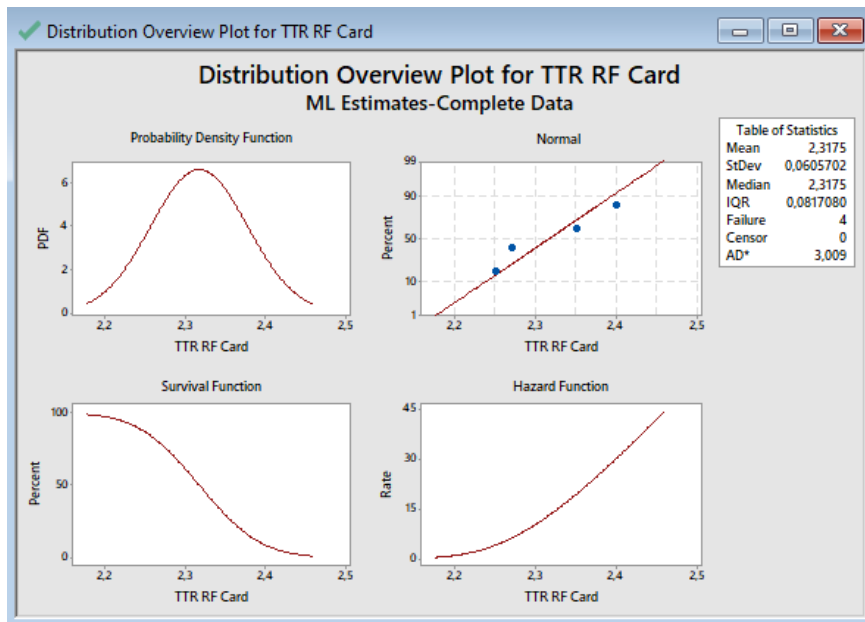
Pada Komponen *Power Supply Board* menggunakan distribusi normal karena nilai P-Value dengan nilai 1,000 dan nilai AD terkecil dengan nilai 3,439.

#### 4.2.3 Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) dan Mean Time to Failure (MTTF)

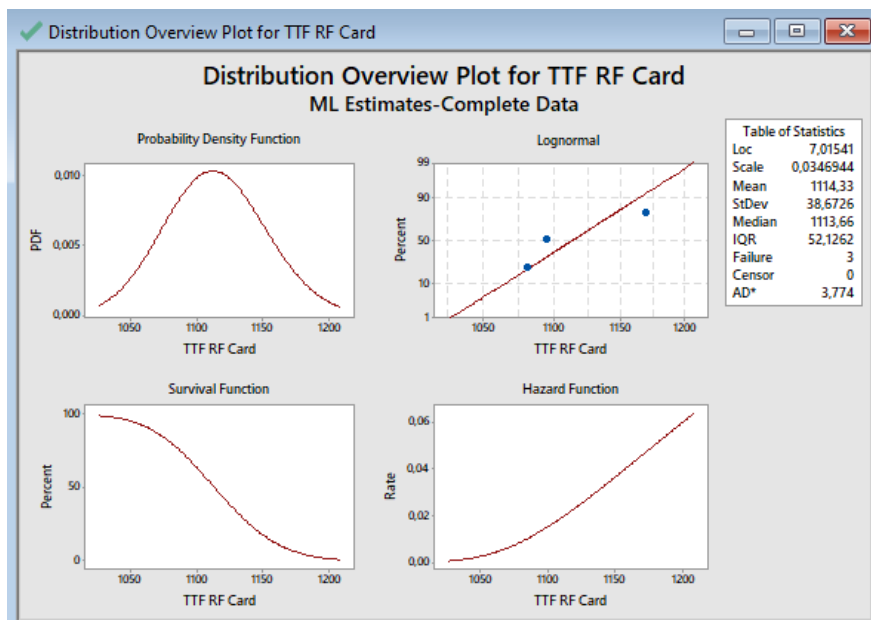
Setelah parameter distribusi TTF dan TTR masing-masing komponen dipilih, selanjutnya mencari parameter Mean pada distribusi TTF dan TTR yang terpilih dengan menggunakan software Minitab 18.

##### 1. Perhitungan MTTR dan MTTF pada komponen *Modul RF Card*

Pada perhitungan MTTR dan MTTF komponen *Modul RF Card* dengan menggunakan software Minitab 18 mendapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:



Gambar 4. 11 Distribusi Normal TTR RF Card

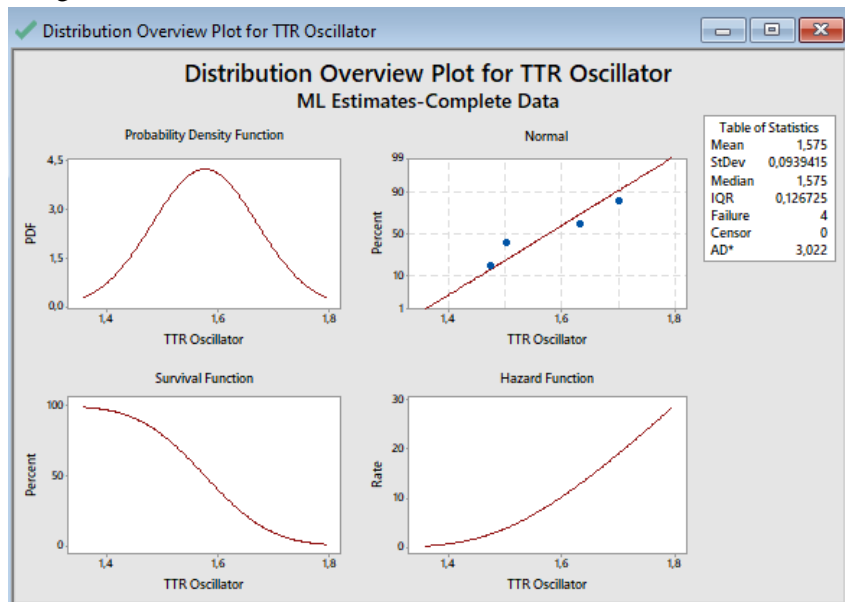


Gambar 4. 12 Distribusi Lognormal TTF RF Card

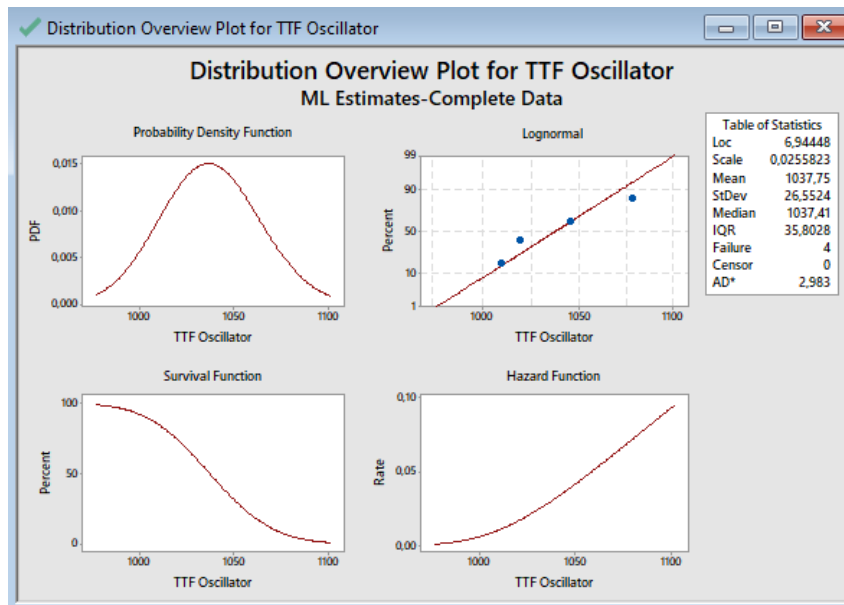
Hasil TTR Normal adalah Mean 2,3175, StDev 0,605702, Median 2,3175  
 Hasil TTF Log normal adalah Mean 1114,33, StDev 38,6726, Median 1113,66, scale 0,0346944

Jadi MTTR = 2,3175 dan MTTF = 1114,33

2. Perhitungan MTTR dan MTTF pada komponen *Oscillator Board*  
 Pada perhitungan MTTR dan MTTF komponen *Oscillator Board* dengan menggunakan software Minitab 18 mendapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:



Gambar 4. 13 Distribusi Normal TTR *Oscillator Board*

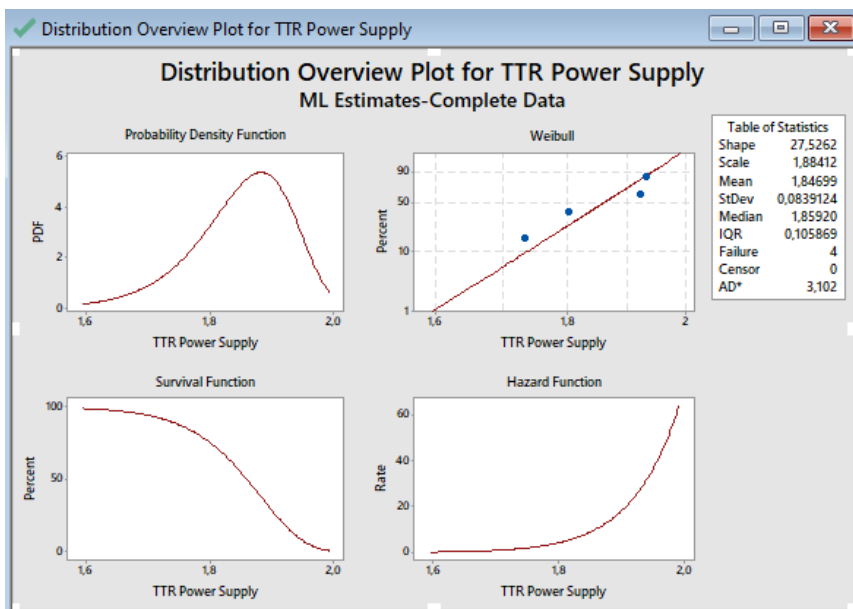


Gambar 4. 14 Distribusi TTF Lognormal *Oscillator Board*

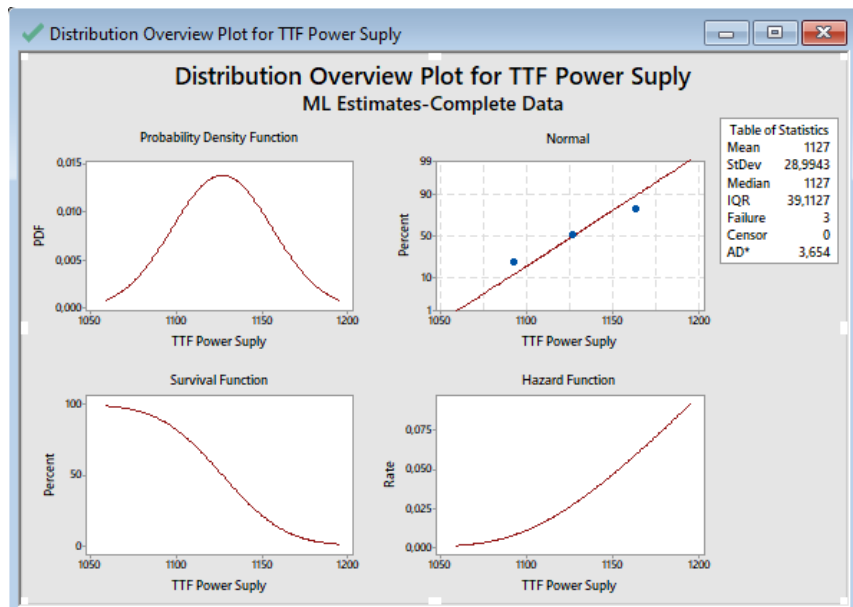
Hasil TTR Normal adalah Mean 1,575, StDev 0,0939415, Median 1,575  
 Hasil TTF Lognormal adalah Mean 1037,75, StDev 26,5524, Median 1037,41, scale 0,0255823

Jadi MTTR = 1,575 dan MTTF = 1037,75

- Perhitungan MTTR dan MTTF pada komponen *Power Supply Board*  
 Pada perhitungan MTTR dan MTTF komponen *Power Supply Board* dengan menggunakan software Minitab 18 mendapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:



Gambar 4. 15 Distribusi Weibull TTR *Power Supply Board*



Gambar 4. 16 Distribusi Normal TTF *Power Supply Board*

Hasil TTR Weibull adalah Mean 1,84699, StDev 0,0839124, Median 1,85920, scale 1,88412

Hasil TTF Normal adalah Mean 1127, StDev 28,9943, Median 1127  
Jadi MTTR = 1,84699 dan MTTF = 1127

Tabel 4. 13 Hasil rekapitulasi MTTR dan MTTF Komponen

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTF (Jam)
<i>Modul RF Card</i>	Lognormal	$s = 0,0346944$	1114,33
		$t_{med} = 1113,66$	
<i>Oscillator Board</i>	Lognormal	$s = 0,0255823$	1037,75
		$t_{med} = 1037,41$	
<i>Power Supply Board</i>	Normal	$\sigma = 28,9943$	1127
		$\mu = 1127$	
Komponen	Distribusi	Parameter	MTTR (Jam)
<i>Modul RF Card</i>	Normal	$\sigma = 0,605702$	2,3175
		$\mu = 2,3175$	
<i>Oscillator Board</i>	Normal	$\sigma = 0,0939415$	1,575
		$\mu = 1037,75$	
<i>Power Supply Board</i>	Weibull	$\theta = 1,88412$	1,84699
		$\beta = 27,5262$	

#### 4.2.4 Perhitungan Interval Pergantian Komponen

Setelah mendapat hasil perhitungan MTTF dan MTTR pada setiap Distribusi masing-masing komponen, selanjutnya melakukan perhitungan interval pergantian komponen untuk meminimasi *downtime* pada setiap komponen dengan menggunakan model perhitungan Age replacement dengan menetapkan pergantian berdasarkan umur komponen. Berikut perhitungan Age Replacement pada masing-masing komponen:

##### 1. Komponen *Modul RF Card*

Dalam perhitungan distribusi *Modul RF Card* merupakan komponen berdistribusi Lognormal, maka perhitungan menggunakan data berdasarkan hasil penentuan distribusi MTTF, berikut data yang akan digunakan:

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{0,0346944} \ln \frac{1070}{1113,66}\right)$$

$$F(t) = \Phi(-1,17315)$$

$$F(t) = 0,1191$$

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

$$R(t) = 1 - 0,1191$$

$$R(t) = 0,88809$$

$$M(t) = \frac{MTTF}{F(tp)}$$

$$M(t) = 1264,99$$

$$D(t_p) = \frac{T_p \cdot R(tp) + T_f \cdot (1-R(tp))}{(t_p + T_p) \cdot R(tp) + (M(tp) + T_f) \cdot (1-R(tp))}$$

$$D(t_p) = 0,42709588$$

$$A(t_p) = 1 - D(tp)$$

$$A(t_p) = 0,57290412$$

Tabel 4.14 Penentuan Interval pergantian komponen *Modul RF Card*

T (Jam)	F(t)	R(tp)	M(tp)	D(tp)	A(tp)	Presentase R(tp)
1020	0,0051	0,9949	1120,042	0,47535629	0,52464371	99%
1030	0,0129	0,9871	1128,893	0,47387209	0,52612791	99%
1040	0,0346	0,9654	1154,268	0,46522874	0,53477126	97%
1050	0,0409	0,9591	1161,85	0,46435839	0,53564161	96%
1060	0,0764	0,9236	1206,507	0,44803539	0,55196461	92%
1070	0,1191	0,8809	1264,99	0,42709588	0,57290412	88%
1080	0,1814	0,8186	1361,263	0,39392735	0,60607265	82%
1090	0,2391	0,7609	1464,489	0,36180375	0,63819625	76%
1100	0,3348	0,6652	1675,18	0,30432919	0,69567081	67%
1110	0,4635	0,5365	2077,036	0,22322529	0,77677471	54%
1114	0,50002	0,49998	2228,749	0,20035265	0,79964735	50%

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.14 bahwa komponen *Modul RF Card* terjadi kenaikan tingkat *reliability* dari awalnya memiliki waktu pergantian selama 1114 jam dengan tingkat *reliability* 50% menjadi 1070 jam dengan tingkat *reliability* sebesar 88%.

## 2. Komponen *Oscillator Board*

Dalam perhitungan distribusi *Oscillator Board* merupakan komponen berdistribusi Lognormal, maka perhitungan menggunakan data berdasarkan hasil penentuan distribusi MTTF, berikut data yang akan digunakan:

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{0,0255823} \ln \frac{1024}{1037,41}\right)$$

$$F(t) = \Phi(-1,17315)$$

$$F(t) = 0,3045$$

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

$$R(t) = 1 - 0,3045$$

$$R(t) = 0,696$$

$$M(t) = \frac{MTTF}{F(tp)}$$

$$M(t) = 1601,049$$

$$D(t_p) = \frac{T_p \cdot R(tp) + T_f \cdot (1 - R(tp))}{(t_p + T_p) \cdot R(tp) + (M(tp) + T_f) \cdot (1 - R(tp))}$$

$$D(t_p) = 0,31877734$$

$$A(t_p) = 1 - D(tp)$$

$$A(t_p) = 0,68122266$$

Tabel 4.15 Penentuan Interval pergantian komponen *Oscillator Board*

t	F(t)	R(tp)	M(tp)	D(tp)	A(tp)	Presentase R(tp)
1021	0,0021	0,9979	1116,675	0,49484378	0,50515622	100%
1022	0,0092	0,9908	1124,677	0,49139324	0,50860676	99%
1023	0,294	0,706	1578,371	0,32494134	0,67505866	71%
1024	0,3045	0,696	1601,049	0,31877734	0,68122266	70%
1025	0,321	0,679	1641,134	0,30809447	0,69190553	68%
1026	0,3289	0,6711	1660,453	0,30321924	0,69678076	67%
1027	0,345	0,655	1701,267	0,29303154	0,70696846	66%
1028	0,35	0,65	1714,354	0,28999678	0,71000322	65%
1029	0,3705	0,6295	1770,183	0,27689537	0,72310463	63%
1030	0,466	0,534	2086,760	0,21510778	0,78489222	53%
1037	0,5	0,5	2075,500	0,20017348	0,79982652	50%

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.15 bahwa komponen *Oscillator Board* terjadi kenaikan tingkat *reliability* dari awalnya memiliki waktu pergantian selama 1037 jam dengan tingkat *reliability* 50% menjadi 1024 jam dengan tingkat *reliability* sebesar 70%.

### 3. Komponen *Power Supply Board*

Dalam perhitungan distribusi *Oscillator Board* merupakan komponen berdistribusi Normal, maka perhitungan menggunakan data berdasarkan hasil penentuan distribusi MTTF, berikut data yang akan digunakan:

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$F(t) = 0,1003$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = 1 - 0,1003$$

$$R(t) = 0,8997$$

$$M(t) = \frac{MTTF}{F(tp)}$$

$$M(t) = 1252,640$$

$$D(tp) = \frac{T_p \cdot R(tp) + T_f \cdot (1-R(tp))}{(tp + T_p) \cdot R(tp) + (M(tp) + T_f) \cdot (1-R(tp))}$$

$$D(tp) = 0,4391944$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(tp) = 0,56080556$$

Tabel 4.16 Penentuan Interval pergantian komponen *Power Supply Board*

t	F(t)	R(tp)	M(tp)	D(tp)	A(tp)	Presentase R(tp)
1060	0,0102	0,9898	1138,614	0,47957125	0,52042875	99%
1070	0,0242	0,9758	1154,950	0,47481777	0,52518223	98%
1080	0,0525	0,9475	1189,446	0,46250097	0,53749903	95%
1090	0,1003	0,8997	1252,640	0,43919444	0,56080556	90%
1100	0,1761	0,8239	1367,884	0,3986571	0,6013429	82%
1110	0,2786	0,7214	1562,240	0,33909074	0,66090926	72%
1120	0,4052	0,5948	1894,755	0,26042316	0,73957684	59%
1127	0,5	0,5	2254,000	0,20032831	0,79967169	50%

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.16 bahwa komponen *Oscillator Board* terjadi kenaikan tingkat *reliability* dari awalnya memiliki waktu pergantian selama 1127 jam dengan tingkat *reliability* 50% menjadi 1090 jam dengan tingkat *reliability* sebesar 90%.

#### 4.2.5 Analisis Perbandingan

Pada tahap ini, setelah mengetahui berapa lama interval pergantian komponen mesin, selanjutnya melakukan analisis perbandingan biaya dan perbandingan nilai keandalan. Pada perbandingan nilai biaya digunakan untuk membandingkan biaya

sebelum dan sesudah melakukan penjadwalan dengan menggunakan data harga komponen, jasa perbaikan, dan data pendukung lainnya. Untuk perbandingan nilai keandalan dengan menggunakan nilai *reliability*, sehingga kita dapat mengetahui apakah keandalan mesin meningkat atau menurun. Berikut perhitungan perbandingannya.

#### 4.2.6 Analisis Perbandingan Nilai Keandalan

Perbandingan nilai keandalan untuk mengetahui apakah penjadwalan komponen kritis berpengaruh terhadap nilai keandalan mesin. Jika nilai keandalan mesin meningkat maka proses operasi mesin dapat bekerja lebih baik dari sebelumnya karena kerusakan yang berakibat *downtime* menjadi berkurang. Berikut merupakan perbandingan nilai keandalan sebelum dan sesudah penjadwalan pada komponen mesin kritis.

Tabel 4.16 Perbandingan realibility sebelum dan sesudah penjadwalan

komponen	Sebelum Penjadwalan		Sesudah Penadwalan		Peningkatan
	t	<i>Reliability</i>	t	Reability	
Modul RF Card	1114	50%	1070	88%	38%
Oscillator Board	1037	50%	1024	70%	20%
Power Supply Board	1127	50%	1090	90%	40%
Rata-rata		50%		82%	32%

Dari hasil perbandingan pada tabel 4.16 diketahui bahwa perbandingan *reliability* penjadwalan sebelum dan sesudah mengalami peningkatan sebesar 32%. Peningkatan terbesar terletak pada komponen Power Supply dengan nilai 40%. Dari hasil tersebut, selanjutnya membuat penjadwalan sesuai dengan interval yang telah ditentukan untuk meningkatkan nilai keandalan mesin dan mengurangi *downtime*.

#### 4.2.7 Usulan Penjadwalan

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.14 hingga tabel 4.16 sehingga dapat dikatakan pergantian komponen *Modul RF Card* dalam interval waktu 1070 jam, komponen *Oscillator Board* 1024 jam dan komponen *Power Supply Board* 1090 jam. Dari hasil perhitungan penggantian komponen jika waktu interval diaplikasikan dalam jumlah hari, dengan jam kerja 18 jam/hari maka mendapat hasil sebagai berikut:

$$1070 \text{ jam} / 18 \text{ jam} = 59,4 \text{ hari} = 59 \text{ hari}$$

$$1024 \text{ jam} / 18 \text{ jam} = 56,8 \text{ hari} = 56 \text{ hari}$$



2. 1 hari = 18 jam
3. 6 bulan = 18 jam x 26 hari x 6 bulan  
= 2808 jam

Jika dalam 6 bulan mesin beroperasi selama 2808 jam, maka jumlah persediaan komponen dalam satu tahun kedepan yaitu:

1. *Modul RF Card* =  $2808 / 1070 = 2,6 = 3$
2. *Oscillator Board* =  $2808 / 1024 = 2,7 = 3$
3. *Power Supply Board* =  $2808 / 1090 = 2,5 = 3$

Biaya yang dikeluarkan untuk membeli persediaan komponen kritis selama 6 bulan yaitu:

*Biaya Pembelian = Jumlah Komponen x Harga per komponen*

1. *Modul RF Card* =  $3 \times \text{Rp. } 3.500.000 = 10.500.000$
  2. *Oscillator Board* =  $3 \times \text{Rp. } 3.000.000 = 9.000.000$
  3. *Power Supply Board* =  $3 \times \text{Rp. } 2.000.000 = \underline{6.000.000} +$   
= Rp. 25.500.000
1. Biaya yang dikeluarkan untuk pemesanan:  
*Biaya Pemesanan = Biaya pengiriman/kg X Jumlah Komponen*  
*Biaya Pemesanan = Rp. 50.000/kg X 9*  
*Biaya Pemesanan = Rp. 450.000*
  2. Biaya yang dikeluarkan untuk penyimpanan komponen tiap 6 bulan yaitu:  
*Biaya Penyimpanan = Biaya Utilitas (Listrik, Air, dll) x 6 bulan*  
*Biaya Penyimpanan = Rp. 500.000 x 6*  
*Biaya Penyimpanan = Rp. 3.000.000*
  3. Jadi biaya penyimpanan komponen per jam yaitu:  
*Biaya Komponen Per jam = Biaya Penyimpanan / Jam Kerja 6 bulan*

*Biaya Komponen Per jam = Rp. 3.000.000 / 2808 jam*

*Biaya Komponen Per jam = Rp. 1.442 per jam*

4. Total biaya persediaan yang dibutuhkan yaitu:  
*Total Biaya Persediaan = Biaya Komponen + Biaya Pemesanan +*  
*Biaya Penyimpanan*  
*Total Biaya Persediaan = Rp. 25.500.000 + Rp. 450.000 + Rp. 3.000.000*  
*Total Biaya Persediaan = Rp. 28.950.000*

Jadi dari penjadwalan interval penggantian komponen kritis selama 6 bulan membutuhkan biaya sebesar Rp. 28.950.000.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Berdasarkan penentuan komponen kritis dengan menggunakan analisis ABC dapat disimpulkan bahwa komponen yang masuk kedalam kriteria kritis yaitu komponen *Modul RF Card* 556 menit dengan presentase 30%, *Oscillator Board* 483 menit dengan presentase 26% dan *Power Suply Board* 443 menit dengan presentase 24%.
2. Perbandingan *reliability* sebelum penjadwalan dan sesudah penjadwalan terjadi kenaikan keandalan sebesar 32%, dari 50% menjadi 82%. Dari hasil perhitungan MTTF didapatkan waktu yang tepat untuk penggantian pada komponen *Modul RF Card* yaitu setiap 1070 jam atau 59 hari, komponen *Oscillator Board* yaitu setiap 1024 jam atau 56 hari, komponen *Power Supply Board* setiap 1090 jam atau 60 hari.
3. Dari hasil perhitungan interval pergantian komponen, maka dapat diketahui biaya total persediaan komponen selama 6 bulan yaitu sebesar Rp. 28.950.000

#### **5.2 Saran**

Dalam penelitian ini penulis menyarankan bahwa perusahaan khususnya pada departemen maintenance untuk lebih memperhatikan penjadwalan perawatan setiap mesin, utamanya untuk mesin-mesin kritis agar dapat mencegah terjadinya kerusakan, serta memberikan pemahaman kepada karyawan mengenai risiko kerusakan yang dimana manusia juga berpengaruh terhadap kerusakan mesin industri, salah satu contohnya seperti menetapkan dan menjalankan jadwal perawatan mesin. Selanjutnya, untuk pengembangan skripsi ini, penulis menyarankan untuk penggunaan metode penelitian ini berada pada ruang lingkup yang lebih luas seperti semua mesin yang ada pada perusahaan, sehingga dapat mengetahui perediaan komponen pengganti yang optimal.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR PUSTAKA

- Bloom, & Neil. (2005a). *Reliability Centered Maintenance (RCM) : Implementation Made Simple*.
- Bloom, & Neil. (2005b). *Reliability Centered Maintenance (RCM) : Implementation Made Simple*.
- Denur, Legisnal Hakim, Indra Hasan, & Syahrul Rahmad. (2017). Penerapan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* Pada Mesin Ripple Mill. *JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI, VOLUME 4*(No 1).
- Fathurohman, F., & Triyono, S. (2020). RCM (*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*): THE IMPLEMENTATION IN PREVENTIVE MAINTENANCE (CASE STUDY IN AN EXPEDITION COMPANY). *EKOMABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis*, 1(02), 197–212.  
<https://doi.org/10.37366/ekomabis.v1i02.29>
- Ignatius Deradjad Pranowo. (2019). *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan*.
- Jesus R, Sifonte, James, V., & Reyes Picknell. (2017). *Reliability Centered Maintenance- Reengineered Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R ®*. Taylor & Francis Group.
- Jonathan O'Brien. (2014). *Supplier relationship management : unlocking the hidden value in your supply base*.
- Okes. (2019). *Root Cause Analysis The Core of Problem Solving and Corrective Action*.  
<http://www.asq.org/quality-press>.
- Rambuna, O. (2018). *Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Mesin Produksi Obat-Obatan [XYZ]*.
- Arsyad, M., & Sultan, A. Z. (2018). *manajemen-perawatan*.
- Corder, A. (1988). Maintenance management. In *Foundry Management and Technology* (Vol. 132, Issue 1).
- Mukmin, M. A. (2017). Analisis Keandalan Dan Penentuan Persediaan Optimal Suku Cadang Compressor Two Stage for Vessel Iqf Dengan Metode Abc Dan *Reliability* Di Pt.Kelola Mina Laut. *MATRIK (Jurnal Manajemen Dan Teknik)*, 17(1), 38.  
<https://doi.org/10.30587/matrik.v17i1.161>
- Taufik, T., & Septyani, S. (2016). Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin Di PT Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal*

*Optimasi Sistem Industri*, 14(2), 238. <https://doi.org/10.25077/josi.v14.n2.p238-258.2015>

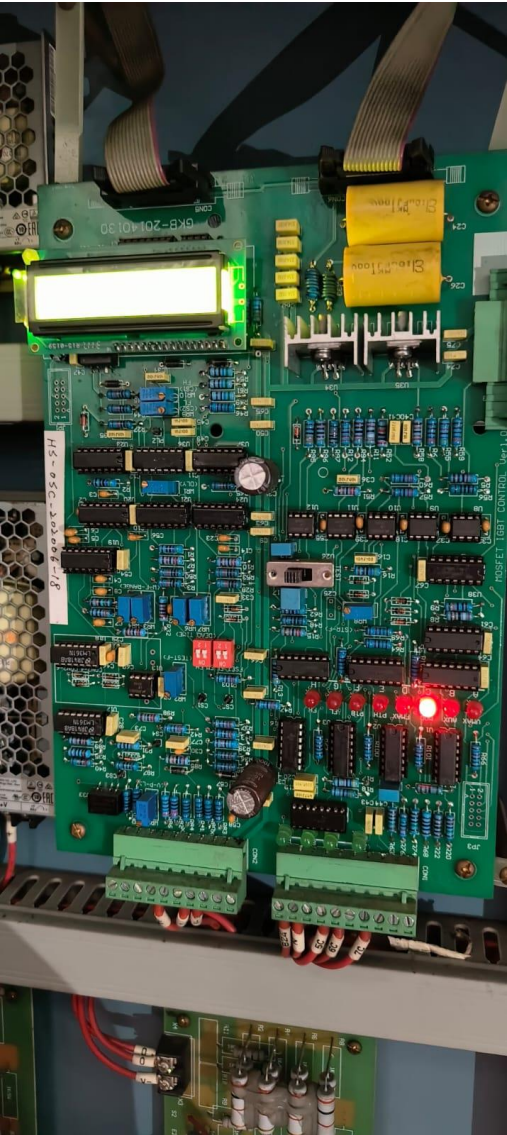
Tupan, J. M., Camerling, B. J., & Amin, M. (2019). PENENTUAN JADWAL PERAWATAN KOMPONEN KRITIS PADA MESIN MTU 12V2000G65 DI PLTD TERSEBAR PT PLN (PERSERO) AREA TUAL (Studi Kasus : PLTD Wonreli). *Arika*, 13(1), 33–48. <https://doi.org/10.30598/arika.2019.13.1.33>

## LAMPIRAN

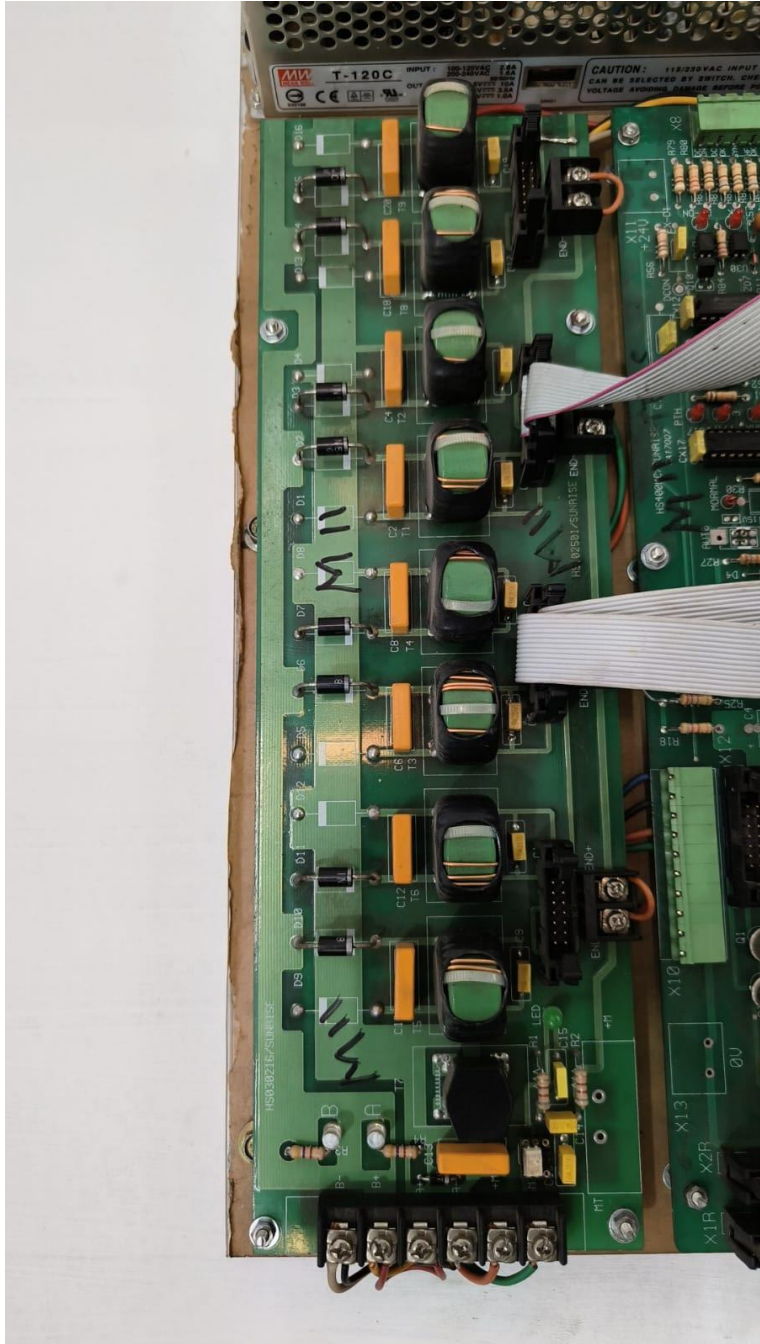
### 1. Modul RF Card



2. Oscillator Board



### 3. Power Supply Board





JURNAL BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
 PRODI TEKNIK INDUSTRI  
 SEMESTER GENAP 2023/2024

Nama : Satria Putra Samudera  
 NBI : 1412000209  
 Judul Penelitian : Manajemen Risiko Pada Perawatan Mesin  
 PG Dalam Pembuatan Pipa Baja Guna Menurunkan Downtime  
 Untuk Meningkatkan Hasil Produksi  
 Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Muslimin Abdurahim, M. Sc



No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing
1.	27/02/24	Topik Penelitian	1. Mengumpulkan literatur pendukung topik. 2. Mengajukan topik	
2.	01/03/24	BAB I	1. Baca skripsi P. 2. Mengetahui materi 3. Merencanakan daftar literatur yg dikutip. 4. Langsung BAB 1-3. 5. Rumusan & Tujuan. 6. Data kapasitas produksi dan permintaan pasar.	
3.	05/03/24	BAB I - III	1. Metode yg digunakan 2. Data yg digunakan di bab 1 3. Literatur ditambah	
4.	06/03/24	BAB I - III	1. Data yg digunakan pada Bab III untuk flowchart. 2. Rumusan & tujuan harus berhubungan dgn latar belakang. 3. Penjelasan untuk fokus pada PG & Pareto 4. Perbaiki Bab III 5. Perbaiki flowchart.	
5.	08/03/24	BAB I - III	1. Pareto chart 2. Rumusan & Tujuan masih blm terukur. 3. Pencari faktor penyebab kegagalan mesin 4. Menanti prioritas 5. Judul + Produktivitas. 6. Rumus Tabel 7. Langkah pada Bab III	
6.	13/03/24	BAB I - III	1. Teori harus banyak dari buku 2. Pengumpulan data pada flowchart. 3. Hasil dari pembahasan pada flowchart 4. Penjelasan Bab III.	
7.	15/03/24	BAB I - III	1. Kuesioner yang akan dibagikan 2. Perbaiki data pada Bab III 3. Pembuatan data SOD dan data yang dipaket dalam bentuk skema tabel	
8.	18/03/24	BAB I - III	1. Sember Tabel 2. membuat ppt 3. Persiapan ujian	





## CV. PERJUANGAN STEEL

Jl.Margomulyo Indah No. 15 D Surabaya 60186, Jawa Timur - INDONESIA  
Telp. 031-7490101, 7490202 (hunting) Fax. 031-7481515, 7480220, 7482220  
Email : psindonesia@perjuangansteel.com Website: www.perjuangansteel.com

### SURAT PERSETUJUAN PENELITIAN TUGAS AKHIR

NO.2415/SPPTA-HRD/III/2024

Dengan ini menerangkan bahwa ,


Nama : SATRIA PUTRA SAMUDERA  
Tempat TGL Lahir : MADIUN , 23 – 09 - 2001  
Alamat : JL.MIRAH DELIMA V/12C/P27 GADUNG – DRIYOREJO , GRESIK  
NBI : 1412000209  
Periode Penelitian : SEMESTER GENAP 2023 / 2024

Data siswa diatas merupakan Mahasiswa UNTAG FAKULTAS TEKNIK yang melaksanakan Penelitian Tugas Akhir diperusahaan CV.Perjuangan Steel dengan kegiatan riset manajemen resiko di mesin pipa P9.

Selama kegiatan Penelitian Tugas Akhir di perusahaan kami , mahasiswa tersebut mencari , mengidentifikasi setiap alur produksi Mesin P9 dengan cara wawancara dengan karyawan , dokumentasi bahan baku , alat , mesin sebagai obyek penelitian.

Demikian surat Persetujuan Penelitian Tugas Akhir yang diajukan pihak UNTAG dengan Nomor Surat : 520/ K/ FT / Akd / III / 2024 ini dibuat sebagai syarat penerimaan mahasiswa melakukan penelitian tugas akhir di CV.Perjuangan Steel.

Surabaya , 1 Maret 2024

  
CV. PERJUANGAN STEEL  
SURABAYA

Rachmad Hidayat S.Sos  
HRD

UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

**REVISI SIDANG SEMINAR PROPOSAL TUGAS AKHIR**

NAMA : Satria Putra Samudera  
 NBI : 1412000209  
 JUDUL : ANALISIS RISIKO PADA PERAWATAN MESIN DALAM PEMBUATAN PIPA BAJA GUNA MENURUNKAN DOWNTIME UNTUK MENINGKATKAN HASIL PRODUKSI (STUDI KASUS CV. PERJUANGAN STEEL SURABAYA)  
 BATAS BIMBINGAN REVISI : 1 Minggu setelah Sidang

NO	URAIAN	BAB	HALAMAN	NO	URAIAN	BAB	HALAMAN
1	Standar Puncak : 12			1	data 1 tahun	1	10
2	Penentuan Waktu penelitian			2	perbaikan tujuan, masalah penelitian terdahulu	2	10
3	Flow chart : timbalan rumus & nya			3	fokus ke manajemen perawatan	3	10
4	7g dicantumkan langsung Pg			4	biaya perawatan	3	10

Telah Direvisi,  
 Dosen Penguji 1,

  
 25/1/2024

Dr. Ir. Zainal Arief, MT

Dosen Penguji 2,

  
 28/1/24

Wiwin Widiasih, ST., MT

Surabaya, 19 Maret 2024

Mengetahui  
 Dosen Pembimbing/Ketua Penguji,



Dr. Ir. Muslimin Abdurrahim, M.Sc

UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

**REVISI SIDANG TUGAS AKHIR**

NAMA : Satria Putra Samudera  
 NBI : 1412000209  
 JUDUL : PENJADWALAN PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN TUBE MILL PEMBUAT PIPA BAJA (STUDI KASUS CV PERJUANGAN STEEL SURABAYA)  
 BATAS BIMBINGAN REVISI : 1 Minggu setelah Sidang

NO	URAIAN	BAB	HALAMAN	NO	URAIAN	BAB	HALAMAN
1	Down time			1	Number Masalah.		
2	faktor resiko			2	fasampuran.		
3	waktu perbaikan			3	Biaya yg dicari		
4	Resedanan part.				itu biaya percedianan atau perawatan?		

Telah Direvisi,  
 Dosen Penguji 1:



Hery Murnawan, ST, MT., CSCA

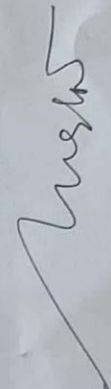
Dosen Penguji 2,



Putu Eka Dewi Karunia Wati, ST., MT., CSCA

Surabaya, 17 Mei 2024

Mengetahui  
 Dosen Pembimbing/Ketua Penguji,



Dr. Ir. Muslimin Abdulrahim, M.Sc

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama **Satria Putra Samudera**. Penulis lahir pada tanggal 23 September 2001 di Kota Madiun. Penulis menempuh pendidikan di SDN Lidah Kulon 1 Surabaya (2008-2014), SMPN 16 Surabaya (2014-2017), SMAN 22 Surabaya (2017-2020). Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan jurusan Teknik Industri. Penulis Berusia 23 tahun. Penulis anak kedua dari tiga bersaudara. Ayah penulis sebagai purnawirawan TNI AL. Penulis dapat dihubungi lewat email dengan alamat email [satriaputrasamudera@gmail.com](mailto:satriaputrasamudera@gmail.com)