



UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# ANALISIS RESIKO KERUSAKAN BOILER

## MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODES ANALYSIS

### EFFECT (FMEA) AND FISHBONE DIAGRAM

(Studi Kasus PTPN IV REGIONAL 3 Sei Galuh)

## PROPOSAL TUGAS AKHIR

*Di ajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memproleh Gelar Sarjana pada  
Program Studi Teknik Industri*

oleh:

**BADRI JUANDA**  
**12050214247**

Pembimbing:

**Dr. Muhammad Isnaini Hadiyul Umam, MT**  
**Nofirza, ST, M. Sc**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM**  
**RIAU PEKANBARU**

**2025**



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSETUJUAN PROGRAM STUDI

### ANALISIS KERUSAKAN BOILER MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODES EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN FISHBONE DIAGRAM

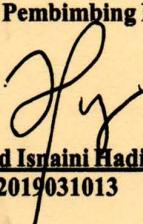
#### TUGAS AKHIR

Oleh:

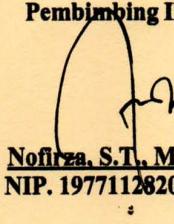
**BADRI JUANDA**  
**12050214247**

Telah Diperiksa dan Disetujui, sebagai Tugas Akhir  
pada Tanggal 14 Juli 2025

Pembimbing I

  
**Dr. Muhammad Ismaili Hadivul Umam, M.T**  
NIP. 199112302019031013

Pembimbing II

  
**Nofirza, S.T., M.Sc**  
NIP. 197711262007012022

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

  
**Misra Hartati, S.T., M.T.**  
NIP. 19820527 2015032 002



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS KERUSAKAN BOILER MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODES EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN FISHBONE DIAGRAM

## TUGAS AKHIR

Oleh:

**BADRI JUANDA**  
12050214247

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji  
sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada Tanggal 14 Juli 2025

Pekanbaru, 14 Juli 2025  
Mengesahkan

Dekan  
  
**Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc**  
NIP. 197701032007102001

Ketua Program Studi  
  
**Misra Martani, S.T., M.T**  
NIP. 19820527 2019032 002

### DEWAN PENGUJI:

Ketua : Melfa Yola, S. T., M. Eng

Sekretaris I : Dr. Muhammad Isnaini Hadiyul Umam, M. T

Sekretaris II : Nofirza, S. T., M. Sc

Anggota I : Nazaruddin, S.ST., M. T

Anggota II : Harpito, S.T., M.T



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak menggunakan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran Surat :  
Nomor :  
Tanggal :

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Badri Juanda  
NIM : 12050214247  
Tempat/Tanggal Lahir : Singgalang, 15 Januari 2001  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Analisis Kerusakan Boiler Menggunakan Metode *Failure Modes Effect Analysis* (Fmea) Dan *Fishbone Diagram*

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian dan pemikiran saya sendiri.
2. Semua kutipan sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu skripsi saya ini, saya nyatakan bebas plagiat.
4. Apabila dikemudian hari ditemukan plagiat pada skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.
5. Dengan demikian surat ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 14 Juli 2025  
Yang membuat Pernyataan,



Badri Juanda  
NIM. 12050214247



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillahirabbil'alamin segala puji dan Syukur saya persembahkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan Rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat dan salam senantiasa dihadiahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, yang telah membawa petunjuk kebenaran bagi umat manusia*

*Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tersayang Ayahanda saya Najuar dan Ibunda Len Sandra yang telah mendukung dan memotivasi dalam penulisan tugas akhir ini. Berkat do'a dan restu keduanya lah saya bisa sampai pada titik ini, saya ucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya*

*Teruntuk dosen pembimbing saya, yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama proses tugas akhir ini saya ucapkan beribu terima kasih. Semoga amal jariyah untuk dosen terkait selalu mengalir aamiin ya rabbal alamiin*

*Teruntuk diri saya sendiri saya ucapkan selamat atas rasa sabar dan usaha yang jalani selama perkuliahaan tidak sia – sia, mudahan nantinya ilmu yang selama di dapat diperkuliah dapat diterapkan di dunia kerja*

*Good Things Take Time*

**BADRI JUANDA**

**UIN SUSKA RIAU**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

## Analisis Kerusakan Boiler Menggunakan *Metode Failure Modes Analysis Effect (FMEA) and Fishbone Diagram*

(Studi Kasus : PTPN IV Regional 3 Sei Galuh)

**BADRI JUANDA**  
**12050214247**

Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains Dan  
Teknikologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif  
Kasim Riau Jl. Soebrantas KM.18 N0. 155  
Pekanbaru

### Abstrack

Pabrik kelapa sawit (PKS) PTPN IV Regional 3 Sei Galuh adalah suatu perusahaan manufaktur dalam pengolahan sawit. maka untuk itu dalam perusahaan ini membutuhkan sumber energi yang sangat besar yang digunakan untuk menggerakan mesin-mesin dan peralata. Boiler merupakan mesin yang berperan penting dalam keberlangsungan kinerja pabrik kelapa sawit yang berfungsi untuk menghasilkan dan menyuplai uap untuk memenuhi kebutuhan proses pabrik dan perumahan karyawan di sekitar pabrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja boiler yang sering mengalami kerusakan serta frekuensi kerusakan yang terjadi dan berdampak pada stagnasi proses produksi di PTPN IV Regional 3 Sei GALUH. Dengan menggunakan metode Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan dengan menggunakan fishbone diagram serta memberikan alternatif solusi dalam mengatasi permasalahan kerusakan boiler yang terjadi. Hasil penelitian diperoleh penyumbang tertinggi down time pada proses produksi di PTPN IV Regional 3 Sei GALUH Yaitu sebesar 144, 09 jam dengan nilai presentase 48 % dan total lama waktu down time 302,09 jam. Berdasarkan analisis fishbone diagram diperoleh 5 faktor penyebab kerusakan pada pipa boiler bocor terdiri dari manusia, metode, mesin, lingkungan dan sistem. Alternatif solusi yang diusulkan berupa perawatan preventif, prediktif dan korektif.

**Kata Kunci:** Stagnasi, Boiler, Fmea, Fishbone Diagram



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

- 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## ***Boiler Damage Analysis Using the Failure Modes Analysis Effect (FMEA) and Fishbone Diagram Methods***

*(Case Study: PTPN IV Regional 3 Sei Galuh)*

**BADRI JUANDA**  
**12050214247**

Industrial Engineering Study Program, Faculty  
of Science and Technology, Sultan Syarif  
Kasim State Islamic University, Riau  
Jl. Soebrantas KM.18 N0. 155 Pekanbaru

### ***Abstract***

*PTPN IV Regional 3 Sei Galuh Palm Oil Mill (PKS) is a manufacturing company in palm oil processing. Therefore, this company requires a very large source of energy that is used to drive machines and equipment. Boilers are machines that play an important role in the sustainability of the performance of palm oil mills that function to produce and supply steam to meet the needs of factory processes and employee housing around the factory. This study aims to evaluate the performance of boilers that often suffer damage and the frequency of damage that occurs and has an impact on the stagnation of the production process at PTPN IV Regional 3 Sei GALUH. By using the Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) method and identifying the factors that cause damage using fishbone diagrams and providing alternative solutions in overcoming boiler damage problems that occur. The results of the study obtained the highest contributor to the down time in the production process at PTPN IV Regional 3 Sei GALUH , which was 144.09 hours with a percentage value of 48% and a total down time of 302.09 hours. Based on the analysis of fishbone diagrams, 5 factors causing damage to leaking boiler pipes were obtained consisting of humans, methods, machines, environment and systems. Alternative solutions proposed are preventive, predictive and corrective treatments.*

***Keywords:*** *Stagnation, Boiler, Fmea, Fishbone Diagram*



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah yang Maha Kuasa Tuhan Semesta Alam atas kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Dalam laporan ini penulis membahas tentang **“Analisis Kerusakan Terhadap Boiler Menggunakan Metode Failure Modes Analysis Effect (FMEA) And Fishbone Diagram.**

Penelitian ini merupakan suatu kesempatan bagi mahasiswa untuk dapat menerapkan ilmu-ilmu yang sudah didapat dalam perkuliahan dan juga sebagai sarana untuk mengetahui dunia kerja dalam kondisinya. Laporan Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk dapat melakukan Tugas Akhir di Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Banyak sekali pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun laporan Penelitian, baik secara moril maupun materil. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala keberkahan, tuntunan, kemudahan, kesehatan, dan keselamatan yang diberikan selama pelaksanaan Penelitian dan penyusunan Laporan Penelitian ini.
2. Kedua Orang Tua dan keluarga, yang selalu memberikan semangat dan dukungan moril serta doa yang tidak hentinya.
3. Ibu Misra Hartati, S. T., M. T., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Nazaruddin , S.T., M.T. Selaku dosen koordinator tugas akhir Penelitian di Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains & Teknologi UIN Suska Riau yang telah memberikan waktu dan membagikan ilmunya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Penelitian ini dengan maksimal.
5. Dr. Muhammad Isnaini Hadiyul Umam, MT. Selaku dosen pembimbing 1 saya, Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains & Teknologi UIN Suska Riau yang telah memberikan waktu dan membagikan ilmunya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Penelitian ini dengan maksimal.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Nofirza, ST, M. Sc. Selaku dosen pembimbing II saya, Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains & Teknologi UIN Suska Riau yang telah memberikan waktu dan membagikan ilmunya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Penelitian ini dengan maksimal.
7. Melki Harnine Harahap. Selaku *Manajer PTPN IV REGIONAL 3 Sei Galuh* Yang telah mengijinkan saya melakukan penelitian di PTPN IV REGIONAL 3 Sei Galuh
8. Juni P.malau Selaku Asisstant Quality Assurance Ptpn dan juga selaku Pembimbing lapangan saya selama penelitian yang telah memberikan serta mengajarkan banyak hal mengenai jobdesk yang ada di PTPN IV REGIONAL 3 Sei Galuh.

Penulisan laporan Praktek kerja Lapangan ini masih banyak kekurangan baik dari segi bentuk, isi, maupun teknik penyajiannya. Untuk itu, diharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak demi perbaikan penulisan laporan Praktek Kerja Lapangan ini kedepannya. Semoga laporan ini dapat berguna bagi diri sendiri dan bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Pekanbaru, 20 Februari 2025

Penulis,

**Badri Juanda**  
NIM. 12050214247

## DAFTAR ISI

## HALAMAN COVER

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR HAK ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRACT .....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTARTABEL .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Penelitian.....	4
1.5 Reverensi Penelitian Terdahulu.....	5
1.6 Sistematika Penelitian.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Boiler .....	9
2.3 Perawatan ( <i>Maintenance</i> ) .....	21
2.4 Total <i>Productive Maintenance</i> .....	25
2.5 <i>Failure Modes Effect Analysis</i> (FMEA) .....	28
2.6 <i>Fishbone Diagram</i> .....	34
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN.....</b>	<b>37</b>
3.1 Studi Pendahuluan.....	38
3.2 Studi <i>Literatur</i> .....	39

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

  1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© Hak cipta milik UIN Suska Riau	
<b>Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang</b>	
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:	
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.	
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.	
3.3 Identifikasi Masalah .....	39
3.4 Rumusan Masalah .....	39
3.5 Pemilihan Metode .....	40
3.6 Pengumpulan Data .....	40
3.7 Pengolahan Data .....	41
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>	<b>43</b>
4.1 Pengumpulan Data .....	43
4.2 Profil Perusahaan .....	43
4.7 Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Pada Boiler .....	53
4.8 Alternatif Solusi Perbaikan Kinerja Mesin Boiler .....	55
<b>BAB V ANALISA .....</b>	<b>59</b>
5.1 Analisa Pengolahan Data .....	59
5.1.1 Analisis Data Kerusakan Boiler Berdasarkan Lama Waktu <i>Downtime</i> ..	59
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>67</b>
6.1 Kesimpulan .....	67
6.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau</b>	

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**DAFTAR TABEL**

<b>Halaman</b>	
2	© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
5	Tab 1.1 Reverensi Penelitian Terdahulu.....
15	Tab 1.2 Data Kerusakan Boiler) Januari – Desember 2024.....
15	Tab 2.1 Perawatan Harian.....
16	Tab 2.2 Pemeliharaan Mingguan.....
17	Tab 2.3. Pemeliharaan Bulanan.....
17	Tab 2.4 Pemeliharaan <i>Quarterly</i> (6 bulanan).....
18	Tab 2.5 Pemeliharaan Tahunan Pada Boiler.....
28	Tab 2.6 Penentuan Level Risiko.....
30	Tab 2.6 Skala Nilai <i>Severity</i> .....
30	Tab 2.7 Skala Nilai <i>Occurrence</i> .....
31	Tab 2.8 Skala Nilai <i>Detection</i> .....

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 <i>Diagram Fishbone</i> .....	34
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	36
Gambar 4. 1 Gambar 4.1 Pareto Chart Data <i>Downtime</i> Stasiun Boiler.....	43
Gambar 4. 2 Nilai <i>Severity, Occurrence, Detection</i> dan RPN.....	50
Gambar 4. 3 <i>Fishbone</i> Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Pipa Boiler Bocor.	52
Gambar 4. 4 <i>Fishbone</i> Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Pompa Fit Bocor.	53
Gambar 4. 5 <i>Fishbone</i> Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Tungku Bakar .....	53
Gambar 4. 6 <i>Fishbone</i> Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Gelas Penduga .....	53
Gambar 4. 7 <i>Fishbone</i> Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Blower Idf.....	54
Gambar 4. 8 <i>Fishbone</i> Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Elmot Idf.....	54

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

## DAFTAR RUMUS

## Halaman

2.1 Perhitungan Nilai RPN.....	28
--------------------------------	----

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran Data Kuesioner Responden Fmea.....	A-1
Daftar Pertanyaan Kuesioner Fmea.....	B-1
Biografi Penulis.....	C-1

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pabrik pengolahan sawit adalah suatu unit produksi yang membutuhkan sumber energi yang sangat besar yang digunakan untuk menggerakan mesin-mesin dan peralatan yang membutuhkan energi dalam jumlah besar. Kebutuhan energi tersebut di penuhi dan dipasok dari boiler (ketel uap) dan generator (genset). Boiler atau ketel uap merupakan mesin yang memiliki peranan penting bagi kelangsungan kinerja dari suatu pabrik kelapa sawit. Sehingga boiler berperan penting dalam proses berjalannya produksi di pabrik pengolahan sawit. Boiler berfungsi untuk menghasilkan dan menyuplai uap untuk memenuhi kebutuhan proses pabrik agar produksi berjalan dengan lancar. Dalam hal ini PTPN IV Sei Galuh yang merupakan perusahaan manufaktur di bidang pengolahan sawit yang telah berdiri pada tahun 1990, juga menyadari pentingnya menjaga atau mengupayakan keberlangsungan perusahaan tidak terganggu dengan mengupayakan semua alat atau mesin tidak mengalami kerusakan.

*Boiler* merupakan tempat penampungan *steam* (uap) bertekanan yang berfungsi untuk memanaskan air dan menghasilkan *steam* (uap) yang akan dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin, kemudian *steam* (uap) hasil keluaran dari turbin akan ditampung pada sebuah bejana yaitu *Back pressure vessel* (BPV). Kemudian nantinya uap sisa dari BPV akan dialirkan ke beberapa stasiun proses produksi yang membutuhkan uap dalam proses produksi yaitu, stasiun *sterilizer*, *digester*, pemurnian dan stasiun pabrik biji. Karena pabrik kelapa sawit membutuhkan *boiler* sebagai sumber penghasil energi yang dibutuhkan, *boiler* mempunyai peran yang penting dalam keberlangsungan produksi di pabrik pengolahan sawit. Apabila terjadi gangguan atau kerusakan pada *boiler* akan memicu terjadinya kegagalan pada pabrik kelapa sawit.

Secara Umum boiler yang digunakan pada pabrik kelapa sawit adalah *steam* boiler. Uap diperoleh dari proses pemanasan air dalam tabung uap, dengan menggunakan fiber dan cangkang sebagai bahan bakar dan air untuk mengontrol

aliran panas pada setiap proses. Permasalahan yang timbul pada sistem boiler disebabkan oleh pengolahan air umpan, bahan bakar, dan suhu yang sangat tinggi. Sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada pipa boiler. Kerusakan yang berhubungan dengan pipa boiler antara lain kebocoran pipa knalpot, korosi, endapan (deposit) pipa, pecah dan robeknya pipa knalpot. Adapun tabel 1.1 dapat dilihat data kerusakan di stasiun boiler: PTPN 1V Regional 3 Sei Galuh

Tabel 1.1 Data Kerusakan Boiler Berdasarkan Lama Waktu *Down time* (Jam) Januari – Desember 2024

Nama Stasiun	Jenis Kerusakan	Down Time(Jam)	Frekuensi	%
Stasiun Boiler	Pipa Boiler Bocor	144,09	23	48
	Pompa <i>Fit Tank</i> Rusak	30,0	5	10
	Tungku bakar Runtuh	15,0	3	5
	Gelas Penduga Bocor	12,0	2	4
	Blower idf terbakar	8,0	1	3
	Blower Primery rusak	6,0	2	2
	Pipa <i>Connector</i> Bocor	10,0	2	3
	Elmot IDF Terbakar	18,0	3	6
	Corong bahan bakar boiler Tersumbat	9,0	3	3
	Elmot SAF Boiler rusak	10	1	3
	Elmot <i>Fuel feeder</i> terbakar	40	1	13
Nilai Total Keseluruhan		302,09	46	100

(Sumber: Data Penelitian, 2025)

Pada tabel 1.1 dapat kita terlihat jumlah kerusakan dan lama waktu perbaikan (Waktu *Down Time*) yang paling tinggi yaitu 48% dengan total *down time* 302,09 jam, pipa boiler yang mengalami kebocoran disebabkan oleh endapan *crus* boiler. Sehingga tidak meratanya panas yang diterima oleh pipa yang mengakibatkan *overheating* dan kebocoran Pipa Boiler. Dampak dari kerusakan tersebut yaitu menurunnya kualitas produksi dan kualitas minyak tidak optimal.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Berdasarkan pengamatan dan wawancara secara langsung kepada karyawan stasiun boiler pencegahan dipabrik masih melakukan secara kuratif. Sehingga Kerusakan yang terjadi di mesin *boiler* disebabkan oleh pecahnya pipa-pipa pada *boiler* dilakukannya perbaikan hanya ketika boiler itu rusak dan tidak melakukan perawatan secara preventif. Hal ini dapat menghambat proses produksi yang berdampak pada penurunan produktivitas karna tidak terperasnya minyak dengan optimal. Berdasarkan data total target produksi rencana kerja dan anggaran perusahaan (RKAP) dan penurunan produksi yang diperoleh oleh PTPN IV Regional III Sei Galuh selama satu periode, total produksi CPO (*Culm Palm Oil*) sebesar 160.645.812 kg/tahun dan total penurunan produksi yaitu sebesar 58.472.015 kg/ tahun. Dengan adanya permasalahan – permasalahan tersebut perlunya dilakukan analisa menggunakan metode *Failure Modes And Analysis Effect* (FMEA) Dan *Fishbone Diagram*. Metode FMEA adalah Metode analisis yang digunakan untuk mengetahui atau mengamati apakah suatu tindak kegagalan (failure) dapat dianalisis atau diukur sehingga dapat diantisipasi, dimitigasi ataupun dicegah baik tingkat kegagalannya ataupun efek negatif yang timbul sebagai faktor output-nya.

FMEA mengidentifikasi dan memprioritaskan kemungkinan kegagalan atau cacat. Dalam penghitungan risiko FMEA menggunakan indikator (RPN), yang didefinisikan sebagai produk keparahan (S), insiden (O), dan deteksi (D) kegagalan. FMEA dipergunakan setelah mendapatkan faktor yang mempengaruhi kegagalan atau kecacatan dengan tujuan didapatkan faktor mana yang memerlukan penanganan lebih lanjut. RPN dihitung dengan cara melakukan pembobotan dengan 3 aspek yaitu *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*, dalam skala 1-10 sehingga akan didapatkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) masing-masing penyebabnya.

Dengan menggunakan metode *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA) And *Fishbone diagram*. Tentunya dapat mengetahui faktor kunci penyebab kerusakan , FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan mengetahui frekuensi kerusakan pada komponen *boiler* dan menganalisa permasalahan dan memunculkan alternatif solusi yang tepat dan sesuai dengan masalah yang terjadi.

Selanjutnya dilakukan analisis *fishbone* diagram bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab akar masalah yang berpotensi menyebabkan kegagalan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat di rumuskan permasalahan yang akan diangkat pada laporan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Apa saja tingkat kerusakan yang harus di prioritaskan dalam perbaikan boiler?
2. Apa saja faktor terjadinya masing – masing kerusakan boiler?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan beberapa tujuan dari pelasanaan Penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi nilai prioritas yang harus diperbaiki terlebih dahulu terhadap bagian boiler yang rusak
2. Untuk mengidentifikasi faktor – faktor penyebab terjadinya kegagalan pada masing – masing jenis kerusakan boiler agar dapat memberikan solusi perbaikan yang sesuai dengan kerusakannya

## 1.4 Batasan Penelitian

Untuk mempermudah dalam pemecahan masalah dan agar laporan ini lebih terarah, mudah dipahami dan topik yang dibahas tidak meluas, maka penelitian membatasi ruang lingkup permasalahan, adapun batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa data *stagnasi* pabrik selama 1 periode dari januari sampai desember 2024 menggunakan metode *Failure Modes Effect Analysis (FMEA)* and *Fishbone Diagram*
2. Penelitian ini tidak memperhitungkan biaya dalam seluruh tahap pelaksanaannya

## 1.5 Hak Cipta

### Reverensi Penelitian Terdahulu

Adapun Penelitian yang digunakan untuk penelitian ini. Sebagai reverensi penelitian dapat kita lihat pada Tabel 1.1 sebagai berikut:

Tabel 1. 1 Reverensi Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan dan Manfaat
1	Agustina Rosa Indah Marpaung, 2017)	Analisis kontribusi kegagalan sterilizer terhadap stagnasi di pabrik kelapa sawit kapasitas 45 ton menggunakan metode Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) (Agustina Rosa Indah Marpaung, 2017)	Penelitian ini membahas penyebab yang mengakibatkan pabrik berhenti mengolah. Menganalisa unit yang berkontribusi untuk mengetahui bagian yang mengalami kerusakan dan jenis kerusakannya. Menggunakan metode FMEA dan Diagram Pareto untuk mengidentifikasi risiko kritis dalam <i>maintenance</i> . Hasil penelitian menunjukkan sterilizer sebagai penyumbang stagnasi tertinggi dengan lama stagnasi 76,72 jam dalam satu tahun.
2	Suherman Andri Panjaitan, 2018	Analisa Boiler Takuma N 600 SA dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Modes And Effect Analysis (FMEA), dan Reliability Block Diagram (RBD) untuk Memetakan Efektivitas Produksi di PT. Perkebunan Nusantara IV-Adolina	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai produktivitas produksi uap menggunakan metode OEE serta mengidentifikasi komponen kritis pada ketel uap menggunakan metode FMEA dan RBD. Hasil penelitian menunjukkan nilai OEE tertinggi pada bulan Januari (71,11%) dan terendah pada bulan Agustus (59,62%). Analisis FMEA menemukan beberapa komponen kritis seperti Gelas Penduga (196), Dust Collector (168), dan Pipa Air (105). Keandalan mesin ketel uap secara real adalah 80,04% pada 50 jam operasi.
	Fahrizal, 2014	Analisa Availability Kinerja Boiler Pada PT. Rohul Sawit Indah	Penelitian ini bertujuan menghitung availability kinerja boiler agar dapat mengurangi komponen yang rusak selama operasi normal dan perawatan tak terencana. Analisis matematis digunakan untuk

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

<b>© Hak Cipta milik UIN Suska Riau</b>	Orpa Yakarimilena, 2019	Analisis Kontribusi Kerusakan Pada Boiler Menggunakan Metode Failure Modes Effect and Fishbone Diagram	mengukur kinerja mesin dengan parameter MTBF, MTTR, dan tingkat kegagalan.
<b>5</b>	Anggy Iswanto, 2020	Analisis Penyebab Kerusakan Pada Boiler Menggunakan Metode Failure Modes Effect (Studi Kasus: Pembangkit Listrik Tenaga Uap)	Penelitian ini menggunakan metode FMEA untuk menentukan prioritas kerusakan boiler dengan mengukur nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN). Hasil analisis menunjukkan tiga kerusakan kritis: tube leak (RPN 405), slagging dan fouling (RPN 270), serta Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC) (RPN 40). Prioritas perbaikan utama adalah tube leak dengan tindakan tube coating dan water canon.
<b>6</b>	Badri Juanda, 2025	Analisis Kerusakan Boiler Menggunakan Metode Failure Modes Effect Analysis (FMEA) and Fishbone Diagram Studi Kasus: PTPN IV Regional 3 Sei Galuh	Berdasarkan hasil penelitian Dengan menggunakan metode Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan dengan menggunakan fishbone diagram serta memberikan alternatif solusi dalam mengatasi permasalahan kerusakan boiler yang terjadi. Hasil penelitian diperoleh penyumbang tertinggi down time pada proses produksi di PTPN IV Regional 3 Sei GALUH Y yaitu sebesar 144, 09 jam dengan nilai presentase 48 % dan total lama waktu down time 302,09 jam. Berdasarkan analisis fishbone diagram diperoleh 5 faktor penyebab kerusakan pada pipa

<b>© Hak cipta milik UIN Suska Riau</b>		<p>boiler bocor terdiri dari manusia, metode, mesin, lingkungan dan sistem. Alternatif solusi yang diusulkan berupa perawatan preventif, prediktif dan korektif.</p>
---	--	--

## 1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan laporan pada Penelitian adalah sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan Penelitian , batasan masalah dan sistematika laporan Penelitian

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori-teori dan metode yang digunakan dalam Penelitian . Teori ini digunakan untuk memberi solusi terhadap permasalahan yang dihadapi

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan sistematika penyusunan laporan tugas akhir ini. Bagian ini berisi tentang rincian tahapan proses yang dilalui dalam penelitian, mulai dari awal sampai penelitian selesai dilakukan.

### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini membahas tentang cara pengumpulan data dan tahapan berlangsung dalam pengolahan data yang digunakan dengan penentuan metode *Failure Modes Effect Analysis (FMEA)* and *Fishbone Diagram*

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB V

### ANALISA

Pada bab ini berisikan tentang analisa hasil dari perhitungan pada pengolahan data serta dijelaskan maksud dan tujuan pengolahan data tersebut.

## BAB VI

### PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian dan saran pemecahan masalah pada penelitian yang diusulkan untuk perusahaan

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang teori – teori pendukung penelitian yang mencakup, boiler, kegagalan proses produksi pabrik pengolahan sawit, perawatan boiler, total *productive Maintenace, failure modes effect analysis*, Diagram *Fish Bone*, referensi dari hasil – hasil penelitian terdahulu, terkait kekurangan dan kelebihan studi atau penelitian terdahulu.

#### **2.1 Boiler**

Boiler merupakan suatu bejana tertutup yang menghasilkan uap panas (*steam*) bertekanan tinggi, yang lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Uap panas ini dihasilkan dari proses pemanasan air sebagai bahan baku utama. Pembakaran yang dilakukan pada bahan bakar merupakan salah satu peran yang membantu proses pemanasan air pada boiler. Boiler biasanya menggunakan bahan bakar cair, padat atau gas. Dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar, dilakukan pembakaran pada ruang bakar didalam boiler, dari pembakaran tersebut energi panas yang dihasilkan akan ditransferkan pada air sehingga terjadi perubahan fase dari air menjadi uap panas (Dian Kurnia, 2023)

##### **2.1.1 Sistem Boiler**

###### **1. Sistem Air Umpan**

Sistem air umpan menyediakan air untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai *valve* disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Berikut ini adalah bagian-bagian dari sistem air umpan :

###### **a. Steam Drum**

*Steam* drum adalah suatu alat yang digunakan untuk menampung air yang berasal dari *economizer* untuk dipanaskan dengan metode siklus air natural yaitu air akan bersirkulasi akibat adanya perbedaan berat jenis (sirkulasi alamiah) dimana air yang temperaturnya lebih rendah akan turun dan air yang temperaturnya tinggi akan naik ke drum sambil melepaskan uapnya untuk dipisahkan antara uap dan airnya pada peralatan *separator* dan *dryer*.

b. *Superheater*

*Superheater* adalah suatu alat yang digunakan untuk memanaskan lanjut uap *saturated* (uap jenuh) sampai dihasilkan uap yang benar-benar kering (*steam super heat*). Adapun maksud dari dibuatkannya uap kering adalah supaya sudu-sudu turbin tidak terkikis oleh butiran-butiran air (sudu turbin rusak).

c. *Reheater*

*Reheater* adalah suatu alat yang digunakan untuk memanaskan (menaikkan) kembali *temperature* uap *super heater* setelah melakukan kerja memutar sudu turbin sisi tekanan tinggi (*turbin high pressure*). Uap *super heat* yang bertekanan  $166 \text{ Kg/cm}^2$  dan bertemperatur  $535^\circ\text{C}$  ini, setelah memutar sudu turbin HP maka tekanannya hanya tinggal  $31 \text{ Kg/cm}^2$  dan temperaturnya  $314^\circ\text{C}$ . Uap bekas turbin HP tersebut telah kehilangan energi panasnya, untuk memperoleh panasnya kembali (temperatur :  $536^\circ\text{C}$  dan tekanan :  $31 \text{ Kg/cm}^2$ ) untuk memutar sudu turbin IP yang kemudian diteruskan ke sudu turbin LP.

d. *Economizer*

*Economizer* adalah alat yang berfungi untuk memanaskan air setelah melewati *High Pressure Heater*. Pemanasan dilakukan dengan memanfaatkan panas dari *flue gas* yang merupakan sisa dari pembakaran dalam *furnace*. Temperatur air yang keluar dari *economizer* harus dibawah temperatur jenuhnya untuk mencegah terjadinya *boiling* dalam *economizer*. Karena perpindahan panas yang terjadi dalam *economizer* merupakan konveksi, maka menaikkan luas permukaan akan mempermudah perpindahan panas ke air. Inilah sebabnya mengapa desain pipa dibuat bertingkat.

e. *Downcomer*

Merupakan saluran air dari *steam drum* ke *header* yang berada dibawah ruang bakar dimana *header*, butir-butir air panas akan dipanaskan melalui pipa-pipa yang tersusun di dinding *furnace*. Aliran tersebut dapat dialirkan secara alami atau paksa (bantuan pompa) tergantung konstruksi *boiler*.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**f. Wall Tube Riser (Pipa-pipa Air)**

*Wall tube* merupakan susunan pipa-pipa yang berada pada sisi dinding sepanjang *furnace*. Bertujuan agar terjadi perpindahan panas dari ruang bakar ke *water*. Dimana dalam *wall tube*, sebagian *water* akan berubah menjadi *steam*. Pipa-pipa air memperoleh air dari *header* bagian bawah ruang bakar. Pipa-pipa *header* tersebut diisi oleh *downcomer* yang mengalirkan air dari *drum*, turun ke bawah melalui bagian luar dari ketel dan mengisi *header* bawah. Karena itu selama adanya pembakaran, air dari pipa-pipa naik ke dalam *drum* melalui *wall tube* dan air yang lebih dingin dari *drum* turun ke bawah melalui *downcomer*, mengisi pipa-pipa air.

**g. Boiler Circulating Pump**

*Boiler Circulating Pump* berfungsi untuk membantu mengalirkan air dari *downcomer* menuju *wall tube*. Pompa ini merupakan jenis sentrifugal yang dirigerakkan oleh motor listrik. Pompa menggunakan *water* sebagai media pendingin.

**2. Sistem udara dan gas**

Air dan gas sistem menyediakan udara sebagai suplai untuk pembakaran serta membuang gas hasil pembakaran.

**a. FD Fan**

*FD Fan* atau yang disebut juga dengan kipas tekan paksa adalah suatu alat yang digunakan untuk memasok udara bakar yang akan digunakan untuk proses pembakaran pada ruang bakar. Kipas ini terdiri dari sebuah *fan* dan digerakkan oleh motor, dan untuk setiap unit biasanya terdiri dari dua buah fan dan termasuk jenis aksial *fan*. *FD Fan* mensupply 50% kebutuhan udara pembakaran.

**b. PA Fan**

*PA Fan* hanya digunakan pada *boiler* yang menggunakan bahan bakar batubara. Berfungsi sebagai penghasil udara primer yang digunakan sebagai pengangkut serbuk batubara dari *Pulverizer/Mill* menuju *Burner* untuk dibakar di *furnace*. *PA Fan* adalah *hot air* yang didapatkan dari udara yang sebelumnya

telah dipanaskan di *air heater*. Berfungsi untuk mengeringkan batubara sehingga lebih mudah terbakar.

c. *Air Heater* (Pemanas Udara)

*Air Heater* adalah alat yang berfungsi untuk pemanas udara *primary* dan *secondary* di *boiler*. *Air heater* merupakan tempat perpindahan panas yang besar didalam jalur udara dan gas buang dari *boiler*. Media pemanas yang digunakan adalah gas buang (*flue gas*) hasil pembakaran di *boiler* sebelum dibuang ke *stack* melalui *Induced Draft Fan*. Gas buang hasil pembakaran di *boiler* masih memiliki panas yang cukup tinggi (sekitas 380°C) sehingga panasnya dapat dimanfaatkan sebagai pemanas udara. Dengan digunakannya gas buang sebagai pemanas di *air heater* maka *efisiensi* unit bertambah baik karena tidak membutuhkan tambahan bahan bakar untuk memanaskan *air heater*. Selain itu juga temperatur gas buang yang dikeluarkan oleh *stack* menjadi rendah.

d. *Gas ReCirculating Fan*

*Gas ReCirculating Fan* adalah alat yang digunakan untuk mengontrol suhu *reheater*. Dilakukan dengan cara menginjeksikan gas panas kedalam udara bakar sehingga udara bakar dan gas panas tersebut bercampur. Adapun dengan pencampuran ini dapat meningkatkan *efisiensi*. Namun dengan penggunaan gas *reCirculating fan* akan menambah biaya pemasangan dan perawatan.

3. Sistem bahan bakar

Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk *boiler*.

### 2.3.2 Komponen Utama Boiler

Adapun Komponen Utama Boiler Menurut (Fahrizal 2014) adalah sebagai berikut:

#### Drum Ketel

Drum ketel berfungsi sebagai reservoir air panas dan tempat pembangkit uap. Di dalam drum ini terdapat campuran antara *steam* dan air jenuh dengan

perbandingan yang seimbang, yaitu sekitar 50% air dan 50% *steam*. Drum ketel dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan pemisahan antara air dan *steam*, di mana air bersuhu rendah akan tenggelam ke dasar sementara air bersuhu tinggi akan na ke atas untuk menguap.

#### *Furnace* (Tungku Pengapian)

*Furnace* adalah bagian di mana bahan bakar dibakar untuk menghasilkan panas. Proses penyerapan panas terjadi melalui tabung yang dialiri air, yang di tempelkan pada dinding tungku. Ruang bakar di dalam *furnace* biasanya terbagi menjadi dua bagian: ruang pertama untuk pemanasan langsung oleh sumber panas, dan ruang kedua untuk menyerap limbah panas dari ruang pertama agar tidak terbuang percuma.

#### 3. *Superheater*

*Superheater* berfungsi untuk mengeringkan *steam* yang dihasilkan dari *boiler*. *Steam* yang keluar dari badan *boiler* seringkali masih mengandung kelembapan, sehingga perlu dipanaskan lebih lanjut menggunakan pemanas tubular hingga mencapai suhu antara 260-350°C agar dapat digunakan secara efektif untuk menggerakkan turbin atau peralatan lainnya.

#### 4. *Airheater*

*Airheater* adalah alat yang memanaskan udara sebelum digunakan untuk membakar bahan bakar. Udara yang masuk ke dalam sistem biasanya memiliki suhu normal, dan setelah melewati *airheater*, suhu udara tersebut meningkat sehingga proses pembakaran dapat berlangsung lebih efisien.

### 2.3.3 Prinsip Kerja Boiler

Boiler pada prinsipnya dibagi menjadi dua yaitu Boiler pipa api (Fire Tube Boiler) dan Boiler pipa air (Water Tube Boiler). Pada Boiler pipa api gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan boiler ada didalam shell untuk dirubah menjadi uap. Boiler pipa api digunakan untuk menghasilkan uap dengan kapasitas kecil sekitar 12 ton/jam dengan tekanan *steam* rendah sampai sedang (s.d 18 Kg/cm<sup>2</sup>F =

atau sekitar 250 psi). Pada Boiler jenis ini nyala api dan gas panas diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar untuk mentransfer panasnya. Gas panas dilewatkan melalui pipa-pipa disekitar dinding luar yang dikelilingi oleh air atau uap yang telah terbentuk (Sugiarto, 2016).

*Boiler* pipa air (*water tube boiler*) merupakan *boiler* yang biasanya digunakan pada pabrik yang membutuhkan energi uap tekanan dan kapasitas yang besar. *Boiler* jenis ini memiliki tekanan kerja diatas 18 Kg/cm<sup>2</sup>F atau sekitar 250 psi dan kapasitas lebih dari 12 ton/jam. *Boiler* jenis pipa air ini merupakan boiler yang memiliki siklus peredaran air yang terjadi didalam pipa-pipa yang dikelilingi oleh nyala api dan gas panas dari luar susunan pipa. Konstruksi pipa – pipa yang dipasang didalam *boiler* dapat berbentuk lurus (*Straight tube*) dan juga berbentuk pipa bengkok (*Bend tube*) tergantung dari jenis *boilernya*.

### 2.3.4 Operasional boiler

Adapun operasional boiler di PTPN IV Regional 3 Sei Galuh adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan Awal: Sebelum memulai operasional, dilakukan pemeriksaan kondisi fisik boiler dan sistem pendukungnya, termasuk pompa air, sistem bahan bakar, dan kontrol otomatis
- b. Pengisian Air: Air diisi ke dalam boiler hingga mencapai level yang ditentukan. Kualitas air juga diperiksa untuk memastikan tidak ada kontaminasi yang dapat merusak sistem.
- c. Pembakaran Bahan Bakar: Bahan bakar (biasanya biomassa atau batubara) dimasukkan ke dalam ruang bakar boiler. Proses pembakaran ini menghasilkan gas panas yang akan memanaskan air dalam boiler.
- d. Produksi Uap: Setelah air dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu (umumnya di atas 100°C), uap mulai terbentuk dan dialirkan ke sistem distribusi untuk digunakan dalam proses produksi.
- e. Pengontrolan Tekanan dan Suhu: Sistem kontrol otomatis memantau tekanan dan suhu uap secara real-time untuk menjaga agar berada dalam

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

batas aman. Jika tekanan terlalu tinggi, katup pengaman akan terbuka untuk mencegah ledakan.

- f. Pembuangan Limbah: Setelah proses selesai, limbah dari pembakaran (seperti abu) dikelola dengan baik sesuai dengan prosedur lingkungan yang berlaku.

#### 2.3.5 Perawatan Boiler (*Maintenance*)

Perawatan boiler adalah suatu kegiatan menjaga dan memelihara boiler serta memperbaiki atau mengganti komponen yang diperlukan agar beroperasi optimal dan mencapai umur mesin yang diharapkan, sehingga dapat menekan biaya kerusakan. Menurut P. Daeng Yudi, tujuan utama perawatan boiler adalah meningkatkan kemampuan produksi, menjaga kualitas produksi, memastikan operasi yang aman, mencapai umur mesin yang sesuai, dan meminimalkan kerusakan komponen (Salsabila Gina Nursyfa, dkk 2024).

Umumnya ada jenis perawatan yang dilakukan pada boiler yaitu sebagai berikut (Sugiharto, 2016):

##### a. Perawatan Pada Saat Boiler Beroperasi

- Memeriksa dan mengontrol seluruh bagian *boiler* setiap hari, mengisi air umpan pada *boiler* sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, karena dengan air umpan (*feed water*) pada *boiler* sesuai dengan syarat yang ditentukan akan mengurangi endapan dan kerak, jika terdapat endapan dan kerak yang terlalu tebal dapat mengganggu proses distribusi energi panas dari dinding pemanas menuju air serta mengurangi efisiensi *boiler*.
- Melakukan pemeriksaan terhadap pompa pengisi air umpan (*Boiler feed water pump*), apakah pompa tersebut bekerja dengan baik atau tidak, serta mengontrol air umpan *boiler* dijaga agar sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan.
- Memeriksa saluran air umpan (*feed water*) dari adanya penyumbatan berupa kotoran dan lain-lain yang akan menghalangi jalannya aliran air umpan (*feed water*).

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Menggunakan bahan bakar yang berkualitas baik, sehingga proses pembakaran yang terbentuk akan berlangsung dengan baik dan sempurna.
  - Menjaga dan mengatur *Safety Valve* (Katup Pengaman) sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Perawatan *boiler* yang dilakukan pada saat *boiler* beroperasi ini digolongkan menjadi perawatan harian, mingguan dan bulanan. Perawatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa *boiler* dapat berjalan dengan aman dan efisien.
- b. Perawatan pada masa *boiler* ( ketel uap) tidak beroperasi.

Perawatan *boiler* ini merupakan perawatan yang dilakukan pada saat *boiler* tidak beroperasi. Perawatan yang biasanya dilakukan berupa *Minor Overhaul* ataupun *Major Overhaul* yang merupakan perawatan tahunan.

 1. Perawatan Berkala pada *Boiler*

Sistem perawatan berkala ini terdiri dari perawatan harian, perawatan mingguan, perawatan bulanan, perawatan tahunan yang dilakukan pada unit *boiler*.

## a. Perawatan Harian

Perawatan harian adalah perawatan yang dilakukan setiap hari pada saat *boiler* beroperasi. Adapun yang dilakukan dapat kita lihat dalam Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perawatan Harian

NO	Peralatan / Komponen yang Diperiksa	Cara Pemeriksaan
1	Air Umpam Boiler	Periksa secara visual jumlah air yang masuk ke dalam <i>boiler</i> dan catat kedalam <i>log sheet</i>
2	<i>Blow Down Valve</i>	Lakukan <i>Blow Down</i> Setiap 2 Jam sekali/sesuai aturan

3	Bahan Bakar	Memeriksa pemakaian bahan bakar.
4	Alat bantu boiler (Appendages, pompa, kompressor dan lain-lain)	Lakukan pemeriksaan secara visual terhadap peralatan bantu boiler dan catat kedalam <i>log sheet</i>
5	Kandungan O <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub>	Memeriksa O <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> yang terkandung dalam gas asap dan catat kedalam <i>log sheet</i>

(Sumber: Sugiharto, 2016)

b. Perawatan Mingguan

Perawatan Mingguan seminggu sekali dalam satu hari saat Perawatan mingguan dilakukan saat boiler beroperasi. Adapun perawatan mingguan dapat kita lihat dalam **Tabel 2.2** adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Pemeliharaan Mingguan

NO	Peralatan / Komponen yang Diperiksa	Cara Pemeriksaan
1	Gelas Penduga ( <i>sight glass</i> )	Membuka Valve pembersih pada gelas penduga.
2	<i>Safety Valve</i> (Katup Pengaman)	Lakukan pengujian <i>Safety Valve</i> (Katup Pengaman) boiler
3	<i>Feed water control levels</i>	Melakukan pengujian <i>Feed water control levels</i>
4	Saluran air umpan boiler	Lakukan pengecekan penyumbatan pada Saluran air umpan boiler

(Sumber: Sugiharto, 2016)

c. Perawatan Bulanan

Perawatan sebulan sekali dalam satu hari saat boiler sedang beroperasi. Adapun perawatan dilakukan dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Tabel 2.3. (Pemeliharaan Bulanan)**

NO	Peralatan / Komponen yang Diperiksa	Cara Pemeriksaan
1	Saringan pompa isap	Periksa saringan isap semua pompa pada unit boiler
2	Alat bantu boiler (Appendages) boiler	Periksa semua Appendages pada boiler apakah perlu ada perbaikan.
3	Pompa	Lakukan pengecekan kepada semua pompa antara lain, pelumasan pada coupling, motor penggerak, dan sistem kelistrikkannya.
4	<i>Header / Steam Accumulator</i>	Lakukan <i>blow down</i> pada <i>Header / Steam Accumulator</i>
5	Cerobong asap	Bersihkan cerobong asap dan keluarkan abu dari dalam boiler

(Sumber: Sugiharto, 2016)

d. Perawatan *Quarterly* (6 bulanan)

Perawatan ini meliputi bagian mesin, kelistrikkannya dan Perawatan yang dilakukan 6 bulan perlengkapan pembakaran. Adapun sekali dengan memeriksa dapat dilihat dalam tabel 2.4 sebagai berikut :

**Tabel 2.4 Pemeliharaan *Quarterly* (6 bulanan)**

NO	Peralatan / Komponen yang Diperiksa	Cara Pemeriksaan
1	Pintu ruang asap	Memeriksa kerapatan pintu ruang asap ( <i>smoke box doors</i> ).
2	<i>Man Hole</i>	Memeriksa kerapatan <i>man hole</i> .
3	<i>Safety Valve</i>	Memeriksa safety valve dan memasang kembali
4	Gelas penduga ( <i>sight glass</i> )	Memeriksa tingkat ketinggian air pada Gelas penduga ( <i>sight glass</i> ) dan memastikan tidak ada kebocoran
5	Peralatan Elektrikal	Periksa semua saklar, tombol, panel dan <i>power connection</i> , dan pastikan semua pada kondisi masih baik dan siap beroperasi.
6	<i>Pressure Controller</i>	Periksa semua panel yang berhubungan dengan <i>Pressure Controller</i>
7	Kipas ( <i>fan</i> )	Periksa getaran Kipas ( <i>fan</i> ) pada semua motor listrik yang beroperasi dan pastikan masih berada pada kondisi normal

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

8	Cerobong asap	Periksa keamanan tinggi rendahnya CO <sub>2</sub> dan semua sambungan/ <i>flanges</i> pada kondisi baik.
9	<i>safety valve flanges</i> dan <i>modulating valve flange</i> .	Memeriksa kerapatan <i>safety valve flanges</i> dan <i>modulating valve flange</i> .

(Sumber: Sugiharto, 2016)

e. Perawatan Tahunan

Perawatan tahunan merupakan perawatan yang dilakukan setiap setahun sekali dan dilakukan pemeriksaan tahunan oleh Departemen Tenaga Kerja untuk memperoleh surat ijin operasi boiler. Adapun langkah-langkah dapat dilihat dalam tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Pemeliharaan Tahunan Pada Boiler

NO	Peralatan / Komponen yang Diperiksa	Cara Pemeriksaan
1	<i>Cleaning Boiler</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lakukan semua prosedur <i>cleaning</i> boiler, mulai dari pembongkaran, pembersihan, hidrostatis Test dan lain – lain.</li> <li>Berkoordinasi dengan Departemen Tenaga Kerja untuk dilakukan pemeriksaan sampai didapatkannya surat ijin operasi.</li> </ul>
2	<i>Minor Overhaul</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lakukan semua prosedur <i>Minor Overhaul</i> boiler sesuai dengan standar yang telah dibuat, mulai dari pembongkaran, pembersihan, penggantian peralatan bila ada dan penyelesaian pekerjaan</li> </ul>
3	<i>Major Overhaul</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lakukan semua prosedur <i>Major Overhaul</i> boiler sesuai dengan standar yang telah dibuat, mulai dari pembongkaran, pembersihan, penggantian peralatan bila ada dan penyelesaian pekerjaan</li> </ul>

(Sumber: Sugiharto, 2016)

Dengan dilakukannya seluruh perawatan Boiler seperti diatas diharapkan keamanan peralatan dan keselamatan operator bisa terjaga. Hal ini akan meningkatkan efisiensi boiler secara umum dan menambah umur (*life time*) pemakaian boiler. Kemudian setelah mengetahui perawatan boiler baik yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
  - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa izin UIN Suska Riau.

sedang beroperasi ataupun yang tidak beroperasi, maka langkah- langkah yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan perawatan seperti di atas antara lain :

1. Peningkatan hasil kerja (*performance*) dari personil/operator, serta proses *Maintenance* yang dilakukan secara menyeluruh.
2. Pemanfaatan suku cadang secara efisien.
3. Pengembangan teknik modifikasi dalam penggantian peralatan yang dilakukan selama proses operasi.

## 2.2 Kegagalan Proses Produksi Sawi

Kegagalan Pabrik adalah suatu keadaan dimana pabrik tidak dapat beroperasi atau melakukan proses produksi. Hal ini disebabkan mesin yang tidak berfungsi dengan baik ditandai dengan adanya stagnasi di Pabrik pengolahan sawit. Jam stagnasi merupakan jumlah jam kerusakan setiap mesin dan kurangnya ketersediaan bahan baku yang akan diolah menyebabkan berhentinya proses pengolahan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Kerusakan mesin karena kurangnya perawatan yang diberikan dan masa pakai mesin sudah melebihi lifetime dari mesin tersebut merupakan penyebab yang paling signifikan terhadap stagnasi pabrik.

Dengan adanya stagnasi pabrik disebabkan oleh tingginya *down time* pada mesin dan peralatan proses produksi di setiap stasiun kerja. *Down time* mesin adalah lama waktu dimana mesin tidak dapat beroperasi untuk menjalankan fungsinya atau lama waktu mesin menganggur. Penyebab terjadinya *down time* suatu unit produksi disebabkan oleh adanya kerusakan sparepart mesin-mesin yang mengganggu kinerja mesin dan kualitas produk sehingga membutuhkan waktu untuk melakukan perbaikan terhadap mesin-mesin yang rusak tersebut. Adanya *down time* pada suatu unit pabrik tentunya memiliki dampak bagi kelangsungan operasional pabrik seperti terhambatnya proses produksi, berkurangnya jam efektif produksi, berkurangnya kapasitas produksi, biaya operasional semakin tinggi, tidak adanya profit bagi perusahaan, pendapatan karyawan berkurang dan lain-lain. Terjadinya *down time* dipengaruhi oleh

beberapa faktor seperti sumber daya manusia, metode, mesin, lingkungan dan sistem (S., 2010).

Boiler (ketel uap) merupakan alat penukar kalor, yang dapat menghasilkan uap dengan mengubah energi panas dari hasil pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Uap yang dihasilkan memiliki tekanan dan temperature yang tinggi sehingga nantinya akan digunakan untuk penggerak utama turbin uap (Salsabila Gina Nursyfa, dkk 2024).

### 2.3 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan adalah suatu kegiatan yang dilakukan industri untuk mempertahankan atau menambah daya dukung mesin selama proses produksi berlangsung. Suatu mesin produksi yang digunakan secara terus-menerus akan mengalami penurunan, karena itu perlu dilakukan perawatan. Perawatan Perawatan yang optimal hendaknya dilakukan secara *continue* da periode agar mesin berfungsi secara maksimal (Yulianti, 2021).

Perawatan (*Maintenance*) merupakan metode yang digunakan untuk menjaga dan memelihara mesin dari gangguan dan kerusakan dari kondisi yang tak menentu. Sistem Perawatan merupakan salah satu kegiatan utama dalam suatu perusahaan dalam merawat fasilitas dan peralatan agar berada dalam kondisi yang siap pakai sesuai dengan kebutuhan. Ada beberapa faktor penyebab kerusakan mesin, yaitu : keausan (*wear out*), korosi (*corrocion*) dan kelelahan (*fatigue*) (Widyasputri, 2010). Tujuan utama dari sistem perawatan untuk menjaga dan menghindarkan mesin atau peralatan dari kerusakan yang berat, supaya tidak diperlukan biaya yang terlalu mahal untuk melakukan perawatan dan waktu yang cukup lama. Prinsip utama dari sistem perawatan terdiri dari dua hal yaitu Menekan atau memperpendek periode kerusakan sampai batas minimum dan menghindari kerusakan tidak terencana. Adapun Jenis-Jenis Perawatan yaitu sebagai berikut:

1. *Planned Maintenance* (Pemeliharaan Terencana)
2. *Unplanned Maintenance* (Pemeliharaan Tidak Terencana)
3. *Autonomous Maintenance* (Pemeliharaan

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Mandiri)

Menurut Sihombing (2018) ada Beberapa tindakan yang harus dilakukan dalam perawatan yaitu sebagai berikut:

1. *Inspection* (Pemeriksaan), merupakan suatu tindakan yang bertujuan untuk mengetahui kesiapan sistem/ mesin dan peralatan apakah mesin dan peralatan atau sistem tersebut berada pada kondisi yang siap digunakan.
2. *Service*, merupakan suatu tindakan yang berfungsi untuk menjaga mesin dan peralatan/ sistem yang pada umumnya telah ditetapkan dalam buku petunjuk penggunaan mesin.
3. *Replacement* (Penggantian Komponen) adalah kegiatan penggantian yang dilakukan terhadap komponen-komponen mesin dan peralatan yang mengalami kerusakan. Tindakan ini dapat dilakukan secara mendadak atau tidak terencana maupun dengan perencanaan pencegahan terlebih dahulu.
4. *Repairement* (Perbaikan) adalah suatu tindakan korektif yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada mesin dan peralatan.
5. *Overhaul* merupakan bentuk tindakan perawatan yang umumnya dilakukan pada akhir periode tertentu.

### 2.3.2 Tujuan Perawatan

Perawatan mesin memiliki beberapa tujuan yang sangat penting dalam konteks industri dan operasional. Adapun tujuan utama dari perawatan mesin adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan Umur Mesin
2. Kemungkinan Kerusakan

Salah satu tujuan utama perawatan mesin adalah untuk memperpanjang umur pakai mesin. Dengan melakukan perawatan secara rutin, komponen mesin dapat berfungsi dengan lebih baik lebih lama, sehingga mengurangi frekuensi penggantian mesin baru.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perawatan yang dilakukan secara berkala dapat membantu mendeteksi masalah sebelum menjadi kerusakan yang serius. Ini termasuk pemeriksaan rutin dan penggantian komponen yang sudah aus.

3. Meningkatkan Efisiensi Operasional

Mesin yang dirawat dengan baik cenderung beroperasi lebih efisien, menghasilkan output yang lebih tinggi dengan konsumsi energi yang lebih rendah. Hal ini berdampak positif pada produktivitas dan biaya operasional.

4. Menjamin Keamanan

Perawatan mesin juga bertujuan untuk memastikan bahwa semua sistem berfungsi dengan aman. Mesin yang tidak terawat dapat menimbulkan risiko kecelakaan kerja bagi operator dan staf lainnya.

5. Mengurangi Biaya Pemeliharaan

Dengan melakukan perawatan preventif, perusahaan dapat mengurangi biaya pemeliharaan jangka panjang karena kerusakan besar bisa dihindari.

6. Mematuhi Standar Regulasi

Banyaknya industri yang mewajibkan untuk mematuhi standar keselamatan dan lingkungan tertentu, sehingga perawatan mesin menjadi penting untuk memenuhi regulasi tersebut.

7. Meningkatkan Kualitas Produk

Mesin yang beroperasi dalam kondisi optimal akan menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik, mengurangi cacat produk dan meningkatkan kepuasan pelanggan.  
jasa.”

### 2.3.2 Konsep Dasar Perawatan (*Maintenance*)

Pemeliharaan adalah kegiatan untuk menunjang operasi produksi suatu perusahaan, baik perusahaan manufaktur maupun perusahaan jasa. Menurut Fahrizal (2014). Pemeliharaan atau perawatan merupakan suatu bentuk kegiatan yang bertujuan agar fasilitas atau asset berupa mesin dan peralatan yang dimiliki selalu berada dalam keadaan yang baik dan selalu siap untuk digunakan. Klasifikasi penerapan teknik pemeliharaan secara garis besar dibagi menjadi empat kelompok

yaitu perawatan reaktif (*breakdown maintenance*), perawatan pencegahan (*preventive maintenance*), perawatan deteksi dini (*predictive maintenance*) dan perawatan proaktif (*proactive maintenance*).

#### 1. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*)

Kegiatan perawatan ini bertujuan untuk menjaga mesin dan peralatan sebelum mesin dan peralatan itu mengalami kerusakan. Pada dasarnya aktivitas yang dilakukan adalah pemeliharaan untuk mencegah timbulnya kerusakan - kerusakan yang tak terduga dan menjadi penyebab kerusakan fasilitas produksi pada saat digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian Kelancaran kerja dari semua mesin dan peralatan produksi yang telah mendapatkan perawatan preventif akan terjamin dan selalu diusahakan dalam kondisi yang siap digunakan dalam kegiatan proses produksi setiap saat. Hal ini membutuhkan adanya jadwal perawatan yang terencana dengan baik.

#### 2. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Tujuan dari perawatan ini yaitu untuk memperbaiki perawatan sebelumnya yang masih menyebabkan kerusakan pada mesin. Pada dasarnya kegiatan perawatan yang dilakukan merupakan perawatan dan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi suatu kerusakan atau kelainan pada mesin dan peralatan. Kegiatan perawatan ini sering disebut sebagai kegiatan reparasi (perbaikan). Perawatan korektif juga dapat diartikan sebagai perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya perawatan preventif maupun telah dilakukan perawatan preventif tapi sampai pada suatu waktu tertentu mesin dan peralatan tersebut tetap rusak. Sehingga dalam hal ini, kegiatan perawatan ini sifatnya hanya menunggu sampai terjadi kerusakan, baru kemudian diperbaiki atau dibetulkan.

#### 3. Perawatan Reaktif (*Reactive Maintenance*)

Perawatan ini merupakan perawatan atau pemeliharaan yang tidak terencana sehingga tidak ada jadwal perawatan atau pemeriksaan yang rinci terhadap mesin dan peralatan serta tidak adanya upaya yang dilakukan untuk mengantisipasi atau mencegah terjadinya kerusakan, mesin diperbaiki hanya bila terjadi kerusakan.

#### 4. Perawatan Deteksi Dini (*Predictive Maintenance*)

Perawatan ini adalah jenis perawatan pengembangan lanjutan dari perawatan pencegahan. Sehingga kegagalan fungsi mesin dapat diketahui lebih awal dengan cara memeriksa serta menetukan kondisi mesin tersebut pada saat beroperasi sehingga dapat mempermudah atau menjadwalkan perbaikan secara efisien dan efektif, juga memungkinkan untuk memperbaiki penyebab kerusakan mesin serta mencegah *problem* yang sama terulang sebelum terjadi kerusakan. Kerugian yang ditimbulkan oleh perawatan deteksi dini adalah upah pekerja dan biaya penggantian suku cadang harus dikeluarkan setiap saat bila diperlukan.

#### 5. Perawatan Proaktif (*Proactive Maintenance* )

Perawatan ini merupakan pengembangan lanjutan dari perawatan deteksi dini, dimana data kegagalan fungsi yang terekam pada mesin dianalisa dan diambil tindakan untuk perbaikan kondisi operasi mesin sehingga dapat memaksimalkan produktifitas, efisiensi dan umur mesin. Pada perawatan proaktif ini walaupun initial cost nya tinggi tapi biaya perawatan dan operasi (*through life cost*) rendah.

### 2.4 Total Productive Maintenance

Total *Productive Maintenance* (TPM) merupakan suatu pendekatan proaktif terhadap pemeliharaan yang berfokus memaksimalkan efisiensi dan efektivitas peralatan. Salah satu tujuan utama TPM adalah meningkatkan keandalan dan kinerja peralatan, yang memiliki dampak langsung pada kualitas dan biaya organisasi. Peralatan memainkan peran kunci dalam daya saing organisasi, karena memiliki dampak langsung pada kualitas, harga, dan waktu pengiriman produk. Kesalahan peralatan, perbaikan, dan cacat kualitas dapat mempengaruhi kualitas, biaya, dan waktu pengiriman produk (Yusrizal, 2022).

Total *Productive Maintenance* dibangun di atas delapan pilar yang didasarkan pada sistem 5 S. Sistem 5S adalah metode organisasi yang didasarkan pada lima kata dalam bahasa Jepang dan artinya: *Seiri* (mengatur), *Seiton* (Kerapihan), *Seiso* (Kebersihan), *Seiketsu* (Standarisasi), *Shitsuke* (Pertahankan).

## 2.4.2 Tujuan Total Productive Maintenance

Tujuan TPM adalah untuk meminimalkan semua kerugian operasional peralatan guna memastikan bahwa efisiensi peralatan secara keseluruhan (OEE) setinggi mungkin. Mengurangi kerugian ini adalah tanggung jawab setiap departemen. Karena itu, TPM adalah sebuah filosofi operasional. Juga dikenal sebagai "6 Kerugian Besar". Adapun filosofi itu adalah sebagai berikut:

1. *Breakdown* : Kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan mesin maupun peralatan produksi.
2. *Setup and Adjustment* : merupakan kerugian yang diakibatkan karena beberapa hal dan diperlukan persiapan peralatan mesin yang digunakan dan perlengkapan kerja.
3. *Small Stop* : kerugian yang terjadi akibat gangguan yang berpengaruh pada mesin, sehingga mesin tidak dapat beroperasi secara optimal.
4. *Slow Running* : merupakan kerugian yang diakibatkan mesin berjalan secara lambat atau tidak sesuai dengan kecepatan yang semestinya.
5. *Start up Defect* : merupakan kerugian yang diakibatkan dari cacat atau kerusakan saat *startup* (saat awal mesin beroperasi)

TPM (*Total Productive Maintenance*) juga memiliki tujuan lain yaitu mempertinggi efektifitas peralatan dan memaksimalkan keluaran peralatan produksi, kualitas, biaya, penyerahan, keselamatan dan moral dengan berusaha mempertahankan dan memelihara kondisi optimal dengan maksud untuk menghindari kerusakan mesin, kerugian kecepatan, kerusakan barang dalam proses. Semua efisiensi termasuk efisiensi ekonomis dicapai dengan meminimalisasi biaya pemeliharaan, memelihara kondisi peralatan yang optimal selama umur pakainya atau dengan kata lain, meminimalisasikan biaya daur hidup peralatan. Sasaran TPM adalah Zero ABCD, yaitu antara lain :

1. *Accident*, maknanya dengan penerapan TPM yang baik maka diharapkan dapat meminimalisasi adanya kecelakaan kerja.

- 2. Hak Cipta**
2. *Breakdown*, maknanya TPM mempunyai sasaran agar tidak terjadi adanya kerusakan (*breakdown*), sebab dengan adanya *breakdown* dapat mengganggu aktivitas proses produksi
3. *Crisis*, maknanya TPM bertujuan untuk mengurangi semua krisis yang terjadi yang jelas-jelas sangat merugikan perusahaan.
4. *Defect*, maknanya TPM juga mempunyai sasaran untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan segala cacat produk yang terjadi sehingga produk yang dinikmati oleh konsumen sangat terjamin kualitasnya.

#### **2.4.2 Konsep dan Prinsip- prinsip Total Productive Maintenance**

Adapun konsep atau prinsip Total productive *maintenance* adalah sebagai berikut (Pratama, 2020):

1. Memaksimalkan efektifitas menyeluruh alat/ mesin.
2. Menerapkan sistem *Preventive Maintenance* yang komprehensif sepanjang umur mesin atau peralatan.
3. Melibatkan seluruh departemen perusahaan
4. Melibatkan semua karyawan dari top manajemen sampai karyawan lapangan
5. Mengembangkan *Preventive Maintenance* melalui manajemen motivasi aktivitas kelompok kecil mandir

Setelah mengetahui konsep dari TPM juga terdapat lima elemen dari konsep TPM. Adapun lima elemen itu adalah sebagai berikut:

1. TPM bertujuan untuk memaksimalkan efektifitas peralatan
2. TPM menetapkan sebuah sistem yang sunguh-sungguh dari pemeliharaan peralatan selama dipakai
3. TPM diimplementasikan oleh banyak departemen dalam sebuah perusahaan
4. TPM melibatkan setiap karyawan, mulai dari *top* manajemen sampai karyawan di *shop floor*
5. TPM adalah sebuah strategi yang agresif fokus pada perbaikan nyata pada fungsi dan desain peralatan produksi.

## 2.5 Failure Modes Effect Analysis (FMEA)

**Failure Modes Effect Analysis** adalah pendekatan sistematis yang memfokuskan perhatian pada identifikasi, evaluasi, dan mitigasi potensi kegagalan dalam suatu proses atau produk. FMEA merupakan alat analisis risiko yang digunakan untuk identifikasi potensi kegagalan dalam suatu proses, produk, atau sistem dan menentukan dampak dari kegagalan tersebut. FMEA membantu tim dalam menentukan prioritas tindakan perbaikan berdasarkan tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi kegagalan (Rifaldi, 2024).

Menurut Stamatidis (2003), FMEA telah digunakan secara luas di berbagai industri, termasuk manufaktur, otomotif, dan kesehatan, untuk meningkatkan keandalan dan keamanan produk. FMEA berfokus pada pencegahan cacat dengan mengidentifikasi dan memitigasi risiko sebelum kegagalan terjadi. Menurut metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) tahapan penilaian dilakukan dengan melaksanakan tahapan sebagai berikut (Rajab, 2024):

1. Mengidentifikasi variabel risiko yang memiliki kemungkinan risiko.
2. Melaksanakan potensi pengaruh kegagalan yang mempunyai risiko pada tiap variabel risiko.
3. Menilai tingkat keparahan (*Severity*) di tiap variabel risiko dengan metode *Severity index*.
4. Menilai tingkat kejadian (*Occurrence*) di tiap variabel risiko dengan metode *Severity index*.
5. Menilai tingkat skala deteksi (*Detection*) di tiap variabel risiko menggunakan metode *Severity index*.
6. Menghitung risiko dominan (RPN) dari masing-masing keparahan, kejadian dan deteksi
7. Mengurutkan risiko dominan yang memerlukan pengendalian Tindakan pengendalian

Metode FMEA memberikan metode perhitungan risiko dengan cara membuat nilai prioritas risiko, *Risk priority number* (RPN) berdasarkan nilai *Severity, occurrence* dan *detection*. Adapun penentuan nilai resiko berdasarkan

Tabel 2.6 Penentuan Level Risiko

TINGKAT RISIKO	LEVEL RESIKO	SKALA NILAI RPN
5	SANGAT TINGGI	$87.5 \leq \Sigma I \leq 100$
4	TINGGI	$62.5 \leq \Sigma I \leq 87.5$
3	CUKUP	$37.5 \leq \Sigma I \leq 62.5$
2	RENDAH	$12.5 \leq \Sigma I \leq 37.5$
1	SANGAT RENDAH	$0.00 \leq \Sigma I \leq 12.5$

(Sumber: Rajab, 2020)

*Risk Priority Number* (RPN) adalah peringkat numerik risiko untuk semua mode kegagalan atau penyebab dari potensi dan terdiri dari produk yang dihitung berdasarkan tiga elemen seperti, tingkat keparahan dampak, kemungkinan penyebab akan terjadi, dan kemungkinan deteksi penyebab. Sehingga nilai RPN dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \quad \dots(1)$$

Keterangan:

S = *Saverity* (tingkat keparahan)

O = *Occurrence* (tingkat kejadian)

D = *Detection* (Deteksi). Menyediakan pendekatan evaluasi alternatif untuk analisis kekritisan. Jumlah prioritas risiko memberikan perkiraan numerik kualitatif risiko.

*FMEA (Failure Modes and Effect Analysis)* adalah sistematis, metode proaktif untuk mengevaluasi proses untuk mengidentifikasi dimana dan bagaimana mungkin gagal dan untuk menilai dampak relatif dari kegagalan yang berbeda. Dalam melakukan analisis FMEA beberapa hal harus diperhatikan, yaitu:

1. Setiap permasalahan berbeda dengan yang lainnya. Tidak semua permasalahan mempunyai tingkat kepentingan yang sama. Tanpa melakukan prioritas permasalahan yang mungkin terjadi, perusahaan sering terjebak kepada permasalahan yang mungkin terjadi saat ini juga tanpa

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

melihat kepentingannya. FMEA dibuat untuk menentukan prioritas dari masalah yang mungkin terjadi. Dengan memprioritaskan permasalahan, maka kita akan dapat lebih efektif dalam menyelesaikan permasalahan tersebut.

2. Tentukan Fungsi dan tujuan dari analisis yang akan dilakukan harus terlebih dahulu. FMEA menganalisis tiap proses dari sisi tujuan dan fungsi. Keadaan kegagalan yang dibuat adalah kegagalan jika proses tidak mencapai tujuan atau tidak berjalan sesuai dengan fungsinya. Untuk itu dibutuhkan identifikasi dari tujuan dan fungsi dari proses yang akan dianalisa.
  3. Orientasinya adalah pencegahan peningkatan yang berkelanjutan harus menjadi motor pelaksanaan FMEA, jika tidak maka analisis yang dilakukan adalah statis. FMEA sebaiknya dilakukan untuk tujuan memperbaiki kinerja dan bukan hanya karena kebutuhan dokumentasi semata. Jadi tujuan pokok dari FMEA adalah untuk mengetahui dan mencegah terjadinya gangguan dengan mengetahui risiko yang mungkin terjadi dan membuat strategi penurunan risiko tersebut. Dalam penggunaan metode FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) ada 3 hal yang membantu menentukan dari gangguan antara lain sebagai berikut (Suherman dan Cahyana (2019)):
1. *Severity* menilai tingkat keseriusan dari efek potensi kegagalan
  2. *Occurrence* menunjukkan frekuensi terjadinya potensi kegagalan
  3. *Detection* menilai kemampuan mendeteksi secara spesifik penyebab dari potensi kegagalan

Dimana skala nilai dari masing-masing parameter dapat dilihat melalui tabel – tabel yang ada dibawah sebagai berikut:

a. *Severity*

*Severity* adalah penilaian terhadap keparahan dari efek yang ditimbulkan. Dalam arti setiap kegagalan yang timbul akan dinilai seberapa besarkah tingkat keparahannya. Terdapat hubungan secara langsung antara efek yang kritis, maka nilai *Severity*. Sebagai contoh, apakah efek yang terjadi adalah efek yang kritis, maka nilai *Severity* pun akan tinggi. Dengan Demikian, apabila efek yang terjadi bukan merupakan efek yang kritis, maka

nilai *Severity* pun akan sangat rendah. Skala yang digunakan mulai dari rating 1-10, yang mana semakin tinggi skala maka semakin parah efek yang ditimbulkan, tabel dapat dilihat pada **Tabel 2.6** sebagai berikut:

(Tabel 2.6 Skala Nilai *Severity*)

Angka	Rating	Keterangan
1	-	Tidak ada pengaruh
2-3	Rendah	Sistem beroperasi namun mengalami sedikit penurunan karena adanya sedikit gangguan
4-6	Sedang	Sistem beroperasi dengan kinerja yang mulai menurun dan terjadi secara signifikan.
7-8	Tinggi	Sistem sudah tidak dapat beroperasi namun masih belum membahayakan keselamatan.
9-10	Sangat tinggi	Berpengaruh pada keselamatan

(Sumber: Syafira, 2022)

b. *Occurrence* (Frekuensi)

*Occurrence* merupakan suatu keadaan seberapa sering kemungkinan penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. *Occurrence* merupakan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi. Skala yang digunakan mulai dari rentang 1-10. Skala 1 menyatakan kekerapan terjadinya risiko sangat rendah sementara skala 10 menyatakan kekerapan terjadinya risiko sangat tinggi, dapat dilihat pada **Tabel 2.7** sebagai berikut:

Tabel 2.7 Skala Nilai *Occurrence*

Angka	Rating	Keterangan
1- 3	Rendah	Jarang terjadi kegagalan
4- 6	Sedang	Sesekali terjadi kegagalan
7- 9	Tinggi	Kegagalan yang berulang
10	Sangat Tinggi	Kegagalan hampir tidak bisa dihindari

(Sumber: Syafira, 2022)

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

 c. *Detection*

Tingkat deteksi dapat ditentukan berdasarkan kemampuan bagaimana mendeteksi/ memprediksi kegagalan sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya kontrol dan prosedur yang mengatur jalannya sistem penanganan operasional dengan menggunakan skala yang dapat dilihat pada **Tabel 2.8** sebagai berikut:

 Tabel 2.8 Skala Nilai *Detection*

Angka	Rating	Keterangan
1	Sangat tinggi	Kemampuan deteksi hampir 100%
2-5	Tinggi	Kemampuan deteksi lebih dari 99.8%
6-8	Sedang	Kemampuan deteksi sekitar 98%
9	Rendah	Kemampuan deteksi lebih dari 90%
10	Sangat rendah	Kemampuan deteksi kurang dari 90%

(Sumber: Syafira, 2022)

 2.5.1 Tujuan *Failure Modes And Effect* (FMEA)

Adapun tujuan FMEA mencakup berbagai macam aspek yaitu sebagai berikut (Dewi, 2022):

1. Mengidentifikasi risiko terlebih dahulu untuk mengambil tindakan pencegahan. Tujuan ini diwujudkan ketika meningkatkan daya saing perusahaan.
2. Risiko minimum mengurangi biaya kegagalan
3. Memberikan kualitas dan keandalan peningkatan
4. Memastikan produk yang dihasilkan memenuhi kebutuhan pelanggan
5. menganalisis sifat produk dari fase desain
6. menemukan penyebab dan efek dari kegagalan
7. menentukan jenis kegagalan dan mengambil tindakan regulasi untuk menghilangkannya.

## 2.5.2 *Process Failure Modes And Effect Analysis (FMEA)*

Proses FMEA merupakan suatu metode sistematik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah terjadinya masalah pada suatu produk dan proses manufaktur. Terdapat banyak variasi didalam rincian FMEA, tetapi semua itu memiliki tujuan. Adapun tujuan untuk mencapainya adalah sebagai berikut :

- a. Mengenal dan memprediksi potensial kegagalan dari produk atau proses yang dapat terjadi.
- b. Memprediksi dan mengevaluasi pengaruh dari kegagalan pada fungsi dalam sistem yang ada.
- c. Menunjukkan prioritas terhadap perbaikan suatu proses atau sub sistem melalui daftar peningkatan proses atau sub sistem yang harus diperbaiki.
- d. Mengidentifikasi dan membangun tidak perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan atau pengaruh pada sistem.
- e. Mendokumentasikan proses secara keseluruhan.

## 2.5.3 *Procedure Failure Modes And Effect (FMEA)*

*Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* merupakan suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan-perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. Dengan menghilangkan mode kegagalan, maka FMEA akan meningkatkan keandalan dari produk sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan yang menggunakan produk tersebut (Nugraha, dkk 2024). Adapun Langkah - langkah dalam membuat FMEA adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi proses atau produk atau jasa
- b. Mendaftarkan masalah-masalah potensial yang dapat muncul, efek dari masalah-masalah potensial tersebut dan penyebabnya. Hindarilah masalah - masalah sepele.

- c. Menilai masalah untuk keparahan (*Severity*), probabilitas kejadian (*occurrence*) dan detektabilitas (*detection*).
- d. Menghitung “*Risk Priority Number*”, atau RPN yang rumusnya adalah dengan mengalikan ketiga variabel dalam poin 3 diatas dan menentukan rencana solusi-solusi prioritas yang harus dilakukan.

## 2.6 Fishbone Diagram

Diagram *fishbone* adalah suatu alat yang digunakan untuk menganalisis, mengidentifikasi, dan menganalisis penyebab dari suatu masalah atau kondisi. Diagram sebab akibat yang juga dikenal sebagai diagram tulang ikan (fishbone diagram), digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab dari suatu masalah. Masalah dipecah menjadi beberapa kategori, seperti manusia, peralatan, material, metode, dan lain-lain (Suherman, 2024).

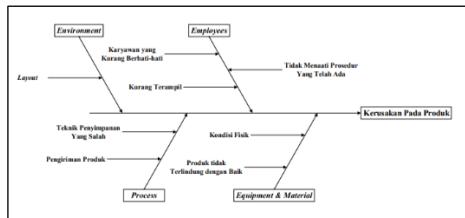
Adapun Langkah-langkah dalam pembuatan diagram *fishbone* adalah sebagai berikut:

1. Buatlah kerangka diagram tulang ikan dengan meletakkan kepala ikan di bagian kanan diagram.
2. Rumuskanlah masalah utama yang ingin diselesaikan. Masalah ini mencerminkan perbedaan antara kondisi saat ini dengan kondisi yang diinginkan.
3. Carilah faktor-faktor utama yang berpengaruh atau berakibat pada permasalahan tersebut.
4. Setelah masalah dan penyebabnya diketahui, barulah diagram tulang ikan dapat digambarkan.

Diagram Fishbone akan menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan dengan berbagai penyebabnya. Efek atau akibat digambarkan sebagai kepala ikan, sedangkan pada tulang tulang ikan diisi oleh sebab-sebab sesuai dengan pendekatan permasalahannya. Adapun contoh diagramnya dapat di lihat di **Gambar 2.1** sebagai berikut(Pontororing, 2019):

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.1 Diagram Fishbone

Dari **Gambar 2.1** memperlihatkan bahwa salah satu dampak aktivitas yang dilakukan oleh karyawan di Divisi Y bersifat negatif yang dampaknya dapat membuat *customer* akan tidak puas dengan pelayanan yang diberikan. Terdapat empat kategori penyebab yang membuat customer tidak puas dengan layanan yang diberikan dari karyawan Divisi Y, yaitu *employees*, *environment*, *process*, dan *equipment* dan *material*. Adapun manfaat dan penjelasan terkait gambar di atas adalah sebagai berikut:

1. Penyebab pertama adalah *employees* (karyawan) di Divisi Y. Penyebab pertama tersebut memiliki tiga sub penyebab, yaitu karyawan yang kurang berhati-hati, kurang terampil, dan tidak menaati prosedur yang ada. Ketiga penyebab tersebut berpengaruh terhadap produk yang disimpan di dalam gudang maupun pada saat pengiriman produk ke customer. Karyawan yang kurang berhati-hati kemungkinan dapat menyebabkan produk rusak pada saat pemindahaan produk. Hal tersebut juga dikarekan karyawan yang masih kurang terampil dan tidak menaati prosedur dalam menjaga kondisi produk.
2. Penyebab yang kedua adalah *environment* yang memiliki satu sub penyebab yaitu *layout*. Layout sebuah gudang bisa saja menyebabkan produk rusak, misalnya kondisi gudang yang tidak rapi sehingga produk juga tidak tertata dengan rapi yangmenyebabkan penumpukan produk di gudang karena terjadi kesalahan pada saat forecasting. Produk yang menumpuk di gudang dapat menyebabkan produk tersebut tidak dapat terawasi. Penyebab yang
3. ketiga adalah *process* yang memiliki dua penyebab, yaitu teknik penyimpanan yang salah dan pengiriman produk. Teknik untuk menyimpan sebuah produk sangat dibutuhkan bagi setiap perusahaan.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Produk yang tidak disimpan dengan baik dan benar dapat menyebabkan produk rusak. Tidak hanya dalam menyimpan produk saja, tetapi dalam mengirim produk harus memiliki teknik peletakan produk yang baik dan benar agar produk bisa sampai ke *customer* tanpa adanya kerusakan.

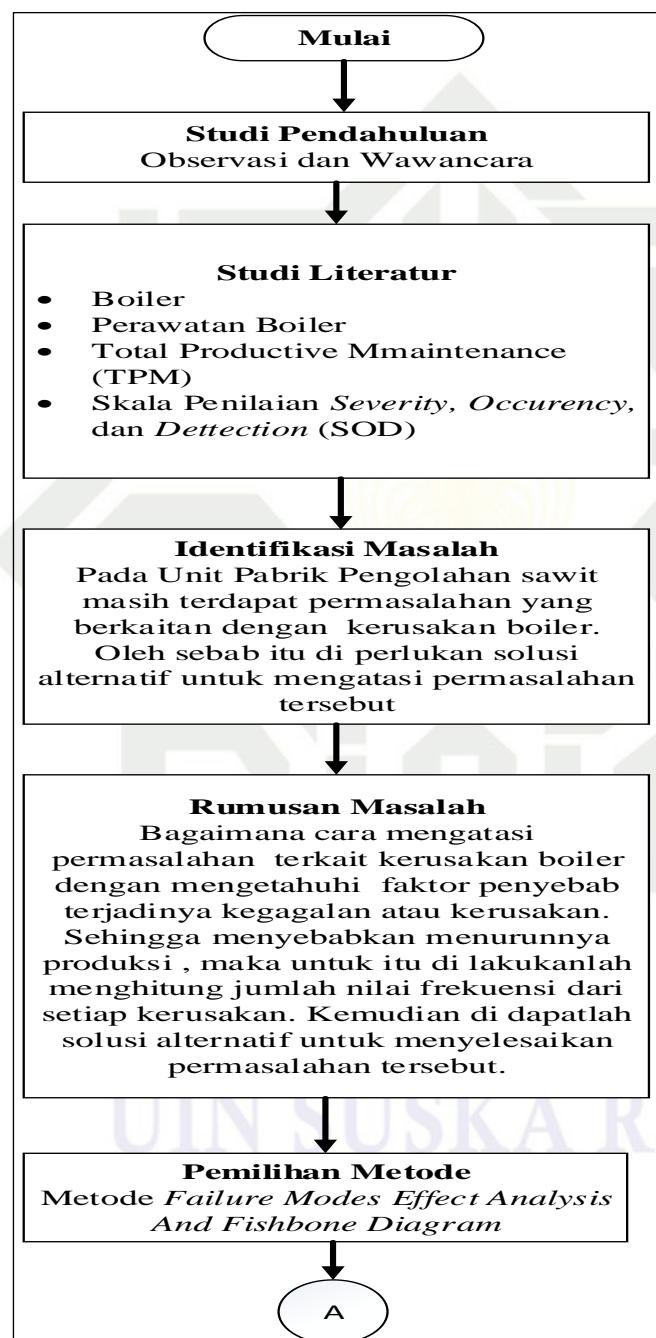
4. Penyebab terakhir adalah *equipment & material* yang memiliki dua penyebab, yaitu kondisi fisik dan produk tidak terlindungi dengan baik. Kondisi fisik produk yang dimaksudkan adalah kondisi fisik produk yang sudah rusak dari tempat produksi dan kerusakan pada produk juga terjadi karena pengemasan yang kurang baik pada saat pengiriman ke PT X.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

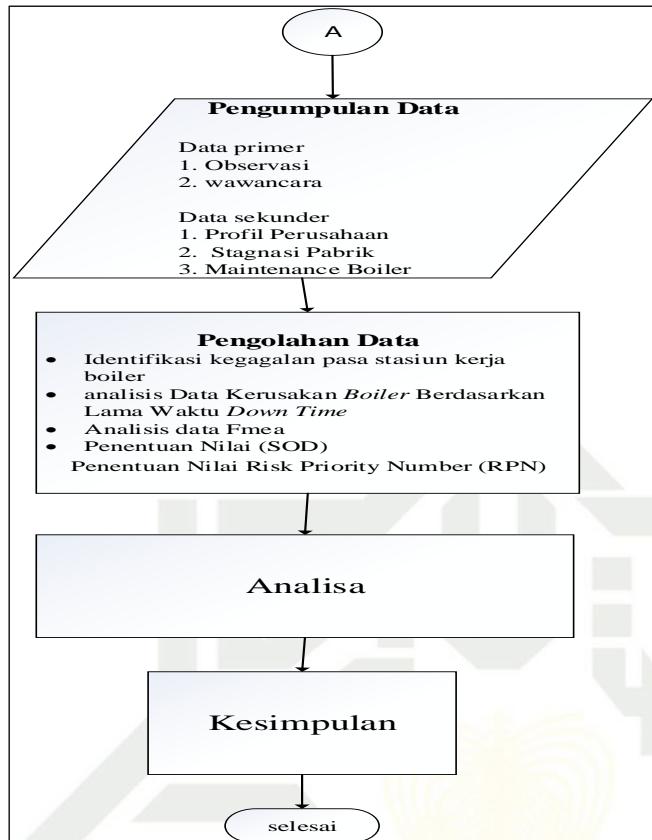
### BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pada Bab metodologi penelitian ini mencakup langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Flowchar Penelitian

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Flowchar Penelitian (Lanjutan)

### 3.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan langkah awal untuk mendapatkan informasi mengenai permasalahan yang terjadi. Untuk itu dilakukan dengan cara observasi atau pengamatan langsung di tempat penelitian. Observasi dilakukan dengan mengunjungi unit pengolahan kelapa sawit dan melakukan wawancara kepada karyawan serta diskusi di lingkungan perusahaan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai pokok bahasan yang akan dipelajari. Langkah ini menjadi langkah acuan untuk mengetahui permasalahan yang akan di evaluasi. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara secara langsung terlihat Pabrik pengolahan sawit sering mengalami permasalahan *stagnasi* (*breakdown*) yang disebabkan oleh kerusakan pada mesin *boiler*. Kerusakan yang terjadi pada mesin *boiler* disebabkan oleh pecahnya pipa-pipa pada *boiler* tersebut. Oleh sebab itu dapat menghambat proses produksi yang berdampak pada penurunan produktivitas.

### 3.2 Studi Literatur

Identifikasi Masalah merupakan kegiatan yang bertujuan untuk memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini dengan mengumpulkan referensi-referensi yang berkaitan dengan kerusakan boiler. Referensi diambil dari buku, jurnal atau penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Referensi yang diperoleh sangat berguna dalam membantu peneliti mengidentifikasi masalah, menentukan metode penyelesaian masalah dan menganalisis hasil penelitian yang telah dilakukan.

### 3.3 Identifikasi Masalah

Studi lapangan dan studi literatur memperjelas aktivitas identifikasi permasalahan. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara pada unit pabrik pengolahan sawit PTPN IV REGIONAL 3 Sei Galuh ditemukan masih ada permasalahan terutama dibagian stasiun boiler yang mengalami stagnasi yang disebabkan oleh pengolahan air umpan, bahan bakar dan udara. tidak memenuhi syarat sehingga dapat menimbulkan kerusakan dan Kerusakan yang berhubungan dengan pipa knalpot antara lain :

1. kebocoran pipa knalpot, korosi, endapan atau deposit pada pipa
2. bengkok atau pecahnya pipa knalpot.

Untuk menyelesaikan permasalahan *boiler* tersebut, maka penelitian yang akan dilakukan adalah menganalisis Kerusakan Boiler Terhadap Kegagalan Proses Produksi di PTPN IV REGIONAL 3 Sei Galuh Menggunakan metode *Failure Modes And Effect Analysis (FMEA)* And *Fishbone diagram*.

### 3.4 Rumusan Masalah

Setelah melakukan identifikasi masalah kemudian dilakukan perumusan masalah agar penelitian dapat diarahkan dan fokus pada permasalahan sehingga dapat menyelesaikan masalah tersebut untuk mendapatkan solusi atau evaluasi terhadap perusahaan dalam pengambilan keputusan. Berdasarkan identifikasi masalah, maka rumusan masalah pada penelitian ini dengan menggunakan metode FMEA untuk mengidentifikasi dan mengetahui frekuensi kerusakan pada

komponen *boiler* dan menganalisa permasalahan dan memunculkan alternatif solusi yang tepat dan sesuai dengan masalah yang terjadi di stasiun Boiler.

### 3.5 Pemilihan Metode

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka digunakan beberapa metode untuk menyelesaikan permasalahan yaitu menggunakan metode FMEA dan *fishbone* diagram untuk mengidentifikasi permasalahan. Sehingga didapatkan solusi alternatif dalam menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan pemeliharaan boiler.

### 3.6 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, akan diuraikan atau dijelaskan bagaimana cara mendapatkan data yang dibutuhkan, sumber data serta data apa saja yang berkaitan dengan kepentingan penelitian yang akan dilakukan, adapun data yang akan diperoleh berupa data primer dan sekunder.

#### 3.6.1 Data Primer Dan Sekunder

Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara observasi atau mengamati objek penelitian secara langsung, wawancara, serta kuisioner berupa pertanyaan terbuka dan semua data yang diperoleh dari pabrik.

##### a. Data Hasil Wawancara

Data jenis kerusakan yang diperoleh kemudian dilakukan justifikasi dengan cara mewawancarai pihak-pihak yang dianggap berpengaruh pada divisi Operasional dan *Ma intenance* di pabrik PTPN IV Regional 3 Sei Galuh mengenai jenis kerusakan yang terjadi selama 1 tahun. Dan bagaimana tanggapan pihak-pihak terkait mengenai kemampuan dalam mendeteksi kegagalan tersebut. Pihak- pihak yang menjadi responden dalam wawancara ini adalah crane teknik, mandor stasiun boiler, dan operator stasiun *boiler*.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**b. Data Sekunder**

Data Sekunder yaitu data yang diperoleh dari sumber penelitian berupa study literatur yang berasal dari buku- buku ilmiah, artikel dan data yang diperoleh dari perusahaan seperti data sejarah perusahaan, struktur organisasi perusahaan, data stagnasi proses produksi pabrik, data *maintenance* dan waktu perbaikan mesin dan peralatan pabrik tersebut. Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan data stagnasi proses produksi pada periode Januari - Desember 2004.

**3.7 Pengolahan Data**

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan pengolahan data sesuai dengan kebutuhan penelitian. Adapun tahapan – tahapan yang dilakukan saat pengolahan data adalah sebagai berikut :

- a. *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA) yang digunakan untuk mengkaji tingkat risiko kegagalan pada komponen mesin boiler yang sering mengalami kerusakan dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut apakah berdampak terhadap sistem proses produksi di pabrik. Data hasil analisis FMEA berupa prioritas resiko yang akan memunculkan beberapa solusi atau strategy yang akan dilakukan analisa untuk menentukan prioritas pemecahan masalah.
- b. Menghitung nilai *Severity, occurrency, Detection*
- c. *Fishbone diagram* yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kunci penyebab kerusakan yang terjadi pada komponen- komponen boiler yang mengalami kerusakan.
- d. Menghitung nilai *Risk Priority Number*

**3.8 Analisis**

Pada tahap ini akan dilakukan analisa terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan yaitu dengan menganalisa kerusakan pada boiler, komponen boiler, *downtime* boiler. Sehingga didapatkan solusisi alternatif terkait permasalahan yang dihadapi.

### 3.9 Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### Penutup

Pada Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang telah dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya dimasa yang akan datang.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau  
UIN SUSKA RIAU

## BAB VI PENUTUP

### Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

Berdasarkan hasil identifikasi tingkat kerusakan menggunakan failure modes effect analysis (FMEA) yang diperoleh ada 6 resiko kritis dengan nilai RPN tertinggi dari 11 resiko yang harus diprioritaskan terlebih dahulu yaitu Pipa Boiler, Pompa Fit Tank, Tungku bakar, Gelas Penduga, Blower idf, Elmot Id, jika tidak dilakukan prioritas perbaikan terhadap 6 komponen ini. Maka, akan sangat berpengaruh terhadap berjalannya produksi di perusahaan .

Berdasarkan faktor – faktor penyebab kerusakan yang di identifikasi menggunakan analisis fishbone diagram mengenai kerusakan pada pipa boiler bocor di PTPN IV Regional 3 Sei Galuh, mengidentifikasi lima faktor penyebab: manusia, metode, mesin, lingkungan, dan sistem. Dari segi manusia yaitu ketidak disiplinan operator dalam pencatatan jurnal harian dan kelalaian dalam melakukan blow down, terjadinya crust boiler akibatnya menyebabkan overheating dan kerusakan pipa boiler. Solusi yang diusulkan meliputi kebijakan punishment, penjadwalan blow down yang teratur. Dalam metode, penjadwalan blow down yang tidak teratur dan pembersihan kerak boiler yang tidak rutin menjadi masalah, dengan solusi berupa jadwal blow down berdasarkan hasil uji lab air. Faktor mesin, *maintenance* yang kurang baik dan penggunaan mesin melebihi batas pakai, diatasi dengan perawatan preventif dan laporan harian. Lingkungan yang lembab, baik dari tanah gambut maupun lantai stasiun boiler, memicu korosi, sehingga perlu perhatian lebih. Terakhir, sistem yang lemah dan kurangnya evaluasi kerusakan memerlukan perbaikan dalam penerapan SOP dan evaluasi masalah.

### Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, penulis memiliki beberapa saran yang terkait penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

## 1. © Hak cipta milik UIN Suska Riau

### State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

#### Bagi Penulis

Dari hasil penelitian yang didapatkan diharapkan dapat memberikan partisipasi berupa ilmu pengetahuan yang telah diperoleh, khususnya di bidang perbaikan atau *maintenance*

#### Bagi Peneliti

Menambahkan metode pendukung pada penelitian berikutnya untuk dapat menentukan solusi alternatif yang lebih baik untuk perusahaan, pada saat ini peneliti hanya menggunakan metode FMEA dan dibantu dengan tools Fishbone diagram

#### Bagi Perusahaan

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan perusahaan dapat mempetimbangkan untuk menginterpretasikan solusi alternatif yang ada pada penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Amandita Putri, T. (2024). Perbaikan Chaingrate pada Boiler.
- Ardyansyah, M. I., & Purnomo, A. (2024). Analisa Perbandingan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dengan Quality Control Circle (QCC). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 1876-1882.
- Eze, M. N., & Eneh, I. I. (2022). Using Failure Occurrence, Severity, Detection, and Risk Priority Number in Developing FMEA Worksheet in a Brewery for Failure Mitigation. *International Journal of Engineering and Environmental Sciences*, (3), 1-9.
- Laila, L., Darma, A. Y., & Karuniawan, A. (2021). Penggunaan Metode Failure Mode And Effect Analysis Untuk Mengidentifikasi Kegagalan Dan Pemilihan Tindakan Perawatan (Kasus Stasiun Klarifikasi Pabrik Kelapa Sawit Langling). *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (Jvti)*, 3(1).
- Marpaung, S. B., Ritonga, D. A. A., & Irwan, A. (2021). Analisa Risk Priority Number (RPN) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Thresher dengan Menggunakan Metode FMEA Di PT. XYZ. *JiTEKH*, 9(2), 74-81. [15.08, 6/1/2025]
- badri: Yoga, T., & Subagyo, H. S. H. (2022). Efektivitas Sistem Angkut Bahan Baku Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Untuk Peningkatan Mutu Buah di Kebun. *Musamus Journal of Agribusiness (Mujagri)*, 4(2), 1-10.
- Muhammad, R. F., & Nurrohkayati, A. S. (2024). PEMELIHARAAN DAN PERAWATAN PADA MOBIL TOYOTA. *National Multidisciplinary Sciences*, 3(1), 353-357. [20.10, 6/1/2025]
- badri: Yusrizal, Y., Rahmawati, M., Febrian, M., Ramadhan, S., Alpiandi, M. K., & Putra, F. E. (2024). Tinjauan Literatur Sistematis tentang Total Productive Maintenance pada Industri. *Journal Scientific of Mandalika (JSM)* e-ISSN 2745-5955| p-ISSN 2809-0543, 5(12), 579-592.
- Muhazir, A., Sinaga, Z., & Illahi, F. (2024). Upaya Meningkatkan Produksi Pada Line Machining Crankcase K-58 Dengan Menggunakan Total Productive Maintenance (TPM) dan Failure Mode and Efect Analysis (FMEA). *Jurnal Optimalisasi*, 10(2), 282-293.
- Nursyfa, S. G., Yuliyani, I., & Muldiani, R. F. (2024). Pengaruh Main Overhaul Pada Boiler Terhadap Kinerja Menggunakan Metode Direct. *Jurnal Surya Teknika*, 11(1), 357-362.
- Panjaitan, A. W. R., Nainggolan, P. D., Sebayang, S., & Pardede, S. (2023). ANALISIS PERFORMANSI WATER TUBE BOILER KAPASITAS 240 TON/JAM DI PLTU SULBAGUT-1 TANJUNG KARANG. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 1(1), 199-205.
- Prabowo, R. F., Hariyono, H., & Rimawan, E. (2020). Total Productive Maintenance (TPM) pada perawatan mesin grinding menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE). *Journal Industrial Servicess*, 5(2), 207-212.

- Pratama, M. A., Kurniawan, F. A., & Irwan, A. (2020). Analisis Penerapan Total Productive *Maintenance* (Tpm) Melalui Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Packer Di Pabrik Semen Pt. Xyz. *JiTEKH*, 8(1), 11-21.
- Rifaldi, M., & Sudarwati, W. (2024). Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Sebagai Usaha untuk Mengurangi Cacat pada Produk Bracket. Prosiding Semnastek.
- Sugiharto, A. (2016). Tinjauan Teknis Pengoperasian Dan Pemeliharaan Boiler. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 6(2).
- Yulianti, D. T., Damayanti, D., & Prastowo, A. T. (2021). Pengembangan Digitalisasi Perawatan Kesehatan Pada Klinik Pratama Sumber Mitra Bandar Lampung. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(2), 32-39.

## LAMPIRAN DATA KUESIONER RESPONDEN FMEA

Berilah **tanda checklist** (✓) pada tempat yang telah disediakan disamping pilihan jawabanyang sesuai dengan keadaan bapa/ibu.

1. Nama : .....

2. Jenis Kelamin : ( ) Pria ( ) Wanita

3. Usia : ..... tahun

4. Jabatan saat ini : .....

5. Pendidikan Terakhir :

( ) SMA/ SMK/ SMP/SD (lingkari yang sesuai) ( ) Diploma 1/2/3 ( ) S1

6. Status Marital : ( ) Sudah Menikah ( ) Belum Menikah

7. Masa Kerja di Perusahaan ini :

( ) Kurang dari 1 tahun ( ) 1-5 tahun ( ) lebih dari 5 tahun : ..... tahun

### Petunjuk Pengisian Kuisioner

1. Kuisioner ini terdiri dari 8 pertanyaan berupa soal essai (uraian) :
2. Bacalah setiap pertanyaan dengan baik dan teliti .
3. Isilah pertanyaan di bawah ini sesuai dengan jawaban yang sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR PERTANYAAN KUESIONER FMEA

© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Apakah Anda memahami cara kerja mesin boiler?
2. Apakah tugas dan tanggung jawab yang Anda terima sesuai dengan kompetensi yang Anda miliki? Apakah
3. Apakah Anda mengetahui cara penanganan mesin boiler?
4. Jika terjadi kerusakan pada boiler, langkah apa yang akan Anda ambil pertama kali?
5. Apakah Anda memahami tindakan preventif dan korektif?
6. Apa saja upaya pemeliharaan atau perawatan yang telah dilakukan?
7. Apa saja jenis kerusakan yang dapat terjadi pada boiler?
8. Apa saja faktor-faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler?

UIN SUSKA RIAU

## BIOGRAFI PENULIS



Tahun 2008	Memasuki Sekolah Dasar Negeri 26 Ganting Singgalang, dan menyelesaikan pendidikan SD pada tahun 2014
Tahun 2014	Memasuki Sekolah Menengah Pertama SMP Nurul Ikhlas, Padang Panjang dan menyelesaikan pendidikan SMP pada tahun
Tahun 2017	Memasuki Sekolah Menengah Atas SMA Nurul Ikhlas, Padang Panjang dan menyelesaikan pendidikan SMA pada tahun 2020 Terdaftar sebagai mahasiswa Universitas Islam Negeri (UIN) Sultan Syarif Kasim Riau, Jurusan Teknik Industri.
Tahun 2020	Terdaftar sebagai mahasiswa Universitas Islam Negeri (UIN) Sultan Syarif Kasim Riau, Jurusan Teknik Industri.
Nomor handphone	082389305896
Instagram	@drii_14
E-Mail	<a href="mailto:badripadang01@gmail.com">badripadang01@gmail.com</a>