



- Hak Cipta Diindungi 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 KINERJA EFISIENSI MESIN BOILER  
TYPE WATER TUBE MENGGUNAKAN METODE INPUT-OUTPUT DAN  
FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS  
(Studi Kasus: PT. Wilmar Nabati Indonesia - Dumai)**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Prodi Teknik Industri*

*Disusun Oleh:*

**RAHMAT HAFIS GHIFARI**  
**12050212313**



**UIN SUSKA RIAU**

**UIN SUSKA RIAU**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU  
2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN JURUSAN**

**ANALISIS KINERJA EFISIENSI MESIN BOILER *TYPE WATER TUBE* MENGGUNAKAN METODE *INPUT-OUTPUT* DAN *FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS (FMEA)***

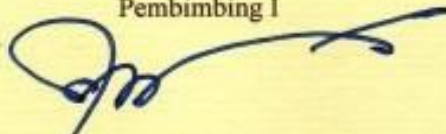
**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**RAHMAT HAFIS GHIFARI**  
**12050212313**

Telah Diperiksa dan Disetujui, Sebagai Tugas Akhir  
pada tanggal, 29 November 2024


Pembimbing I

  
**Nazaruddin S.ST., M.T.**  
**NIP. 199004102020121012**

Pembimbing II

  
**Muhammad Nur S.T., M.Si**  
**NIP. 198205282023211006**

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

  
**Misra Hartati, ST, MT.**  
**NIP. 198205272015032002**

- 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 KINERJA EFISIENSI MESIN BOILER TYPE WATER TUBE MENGGUNAKAN METODE INPUT-OUTPUT DAN FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS (FMEA)

#### TUGAS AKHIR

Oleh:


**RAHMAT HAFIS GHIFARI**

**12050212313**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Dewan 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 29 November 2024

Pekanbaru, 29 November 2024  
Mengesahkan

**Ketua Program Studi**

  
**Misra Hartati, S.T., M.T.**  
NIP. 198205272015032002

  
**Dekan**  
  
**Dr. Hartono, M.Pd**  
NIP. 196403011992031003

#### DEWAN PENGUJI :

**Ketua : Muhammad Ihsan Hamdy, S.T., M.T.**

**Sekretaris I : Nazaruddin, S.ST., M.T.**

**Sekretaris II : Muhammad Nur, S.T., M.Si.**

**Anggota I : Dr. Muhammad Isnaini Hadiyul Umam, S.T., M.T.**

**Anggota II : Suherman, S.T., M.T.**



- 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 HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

© Hak Cipta dan Merek UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta dan Merek 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.

**Hak Cipta Diindungi 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 : 1  
Nomor : -  
Tanggal : 13/12/2024

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmat Hafis Ghifari  
NIM : 12050212313  
Tempat/Tanggal Lahir : Kendari, 13 Desember 2001  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Analisis Kinerja Efisiensi Mesin Boiler *Type Water Tube*  
Menggunakan Metode *Input-Output* Dan *Failure Mode And Effect Analysis*

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, 13 Desember 2024  
Yang membuat pernyataan,



**RAHMAT HAFIS GHIFARI**  
NIM. 12050212313





## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Dengan algoritma syukur yang tak terhingga kepada Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan kepada:*

*Orang tua tercinta, yang selalu menjadi supply chain energi positif, support system tanpa downtime, dan sumber doa yang selalu just in time. Terima kasih sudah menjadi fondasi kekokoh dalam semua process improvement hidup saya, yang selalu berhasil mempercepat siklus kehidupan saya dari concept ke final version.*

*Dosen pembimbing, project manager terbaik yang selalu memberikan feedback tepat sasaran, meskipun kadang membuat saya mengalami mental crash dan debugging berjam-jam. Terima kasih atas bimbingannya yang selalu menghasilkan output terbaik, meski kadang harus melewati error rate tinggi.*

*Diri saya sendiri, operator tahan banting dengan workload tinggi, tanpa menyerah meskipun jadwal sering meleset dan system (semangat) sering mengalami overload. Terima kasih sudah terus berusaha meski iteration saya sering berulang karena faulty decision.*

*Teman-teman tercinta, yang selalu memberikan support dan semangat, serta hadir dengan solusi kreatif di setiap bottleneck. Terima kasih sudah menjadi bagian dari tim dalam project ini, dengan tawa dan candaan yang berhasil mengurangi cost stres dan reduce downtime di setiap sesi life debugging.*

*Senior-senior yang penuh inspirasi, yang telah menjadi role model dalam perjalanan akademik dan kehidupan saya. Terima kasih atas ilmu, saran, dan teladan yang telah diberikan, yang tidak hanya mengajarkan tentang teori, tapi juga tentang bagaimana menjadi resource yang efficient dan cost-effective dalam hidup.*

*Adik-adik yang selalu semangat, yang selalu memberikan push notification semangat dan energi positif. Terima kasih sudah mengingatkan saya untuk terus optimize waktu, berbagi ilmu, dan menjadi continuous improvement dalam hidup ini.*

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 KINERJA EFISIENSI MESIN BOILER *TYPE WATER TUBE MENGGUNAKAN METODE INPUT-OUTPUT DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*

(Studi Kasus : PT. Wilmar Nabati Indonesia - Dumai)

**RAHMAT HAFIS GHIFARI**  
**12050212313**

Tanggal Sidang : 29 November 2024

Tanggal Wisuda : Februari 2025

Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. Hr. Soebrantas KM. 18 No. 15 Pekanbaru

## ABSTRAK

Mesin Boiler merupakan komponen penting dalam pabrik pengolahan minyak kelapa sawit yang digunakan untuk mendukung serangkaian proses produksi pada pabrik. Permasalahan penurunan efisiensi mesin boiler dapat berdampak signifikan terhadap stabilitas operasional dan produksi uap. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi kinerja mesin boiler di PT. Wilmar Nabati Indonesia dengan menggunakan metode *Input-Output* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode *Input-Output* diterapkan untuk menghitung efisiensi kinerja berdasarkan data konsumsi bahan bakar dan aliran produksi uap, sedangkan FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan pada berbagai komponen boiler, serta menentukan nilai tingkat Keparahan, Keseringan, dan Deteksi terkait risiko operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi mesin boiler mengalami penurunan signifikan, dengan beberapa hari mencatat nilai di bawah ambang batas kritis 76,22%. Faktor-faktor seperti kualitas bahan bakar yang buruk, kesalahan pengaturan suhu dan tekanan, serta potensi kerusakan komponen menjadi penyebab utama penurunan tersebut. Untuk mengatasi masalah ini, direkomendasikan audit menyeluruh terhadap sistem boiler, penerapan prosedur pemantauan yang lebih ketat, serta pengembangan rencana pemeliharaan yang lebih baik. Diharapkan, dengan pemahaman lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi, perusahaan dapat meningkatkan kinerja mesin boiler dan mencegah kerusakan lebih lanjut.

**Kata Kunci:** Efisiensi Mesin Boiler, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), Mesin Boiler *Water Tube*, Metode *Input-Output*, Produksi Uap.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

Sae Saad University of Sultan Syarif Kasim 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.

# PERFORMANCE EFFICIENCY ANALYSIS OF WATER TUBE BOILER MACHINE USING INPUT-OUTPUT METHOD AND FAILURE MODE EFFECT AND ANALYSIS

(Case Study: PT. Wilmar Nabati Indonesia - Dumai)

**RAHMAT HAFIS GHIFARI**  
**12050212313**

Date of Final Exam: 29 November 2024  
Date of Graduation Ceremony : February 2025

Department Of Industrial Engineering  
Faculty of Science and Technology  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. Hr. Soebrantas KM. 18 No. 15 Pekanbaru

## **ABSTRACT**

*The boiler machine represents a crucial element within the context of palm oil processing plants, facilitating a range of production processes at the facility. A decline in boiler machine efficiency can have a considerable effect on operational stability and steam production. The objective of this study is to analyze the efficiency of the boiler machine performance at PT Wilmar Nabati Indonesia using two distinct yet complementary approaches: the Input-Output method and the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). The input-output method is employed to calculate the efficiency of boiler machine performance based on fuel consumption data and steam production flow. The FMEA is utilized to identify and evaluate potential failures in various boiler components, as well as determine the severity, recurrence, and detection values related to operational risks. The findings indicated a notable decline in the efficiency of the boiler engine, with some days exhibiting values below the critical threshold of 76.22%. The decline in efficiency was found to be attributable to a number of factors, including poor fuel quality, temperature and pressure setting errors, and potential component damage. In order to address these issues, it is recommended that a comprehensive audit of the boiler system be conducted, that stricter monitoring procedures be implemented, and that a more robust maintenance plan be developed. With a deeper understanding of the factors affecting efficiency, it is hoped that the company will be able to enhance the performance of the boiler machinery and prevent further damage.*

**Keywords:** *Efficiency Machine Boiler, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Input-Output Method, Steam Production, Water Tube Boiler Machines.*





## KATA PENGANTAR



Puji syukur senantiasa penulis haturkan kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan Karu'ia-Nya untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini di PT. Wilmar Nabati Indonesia - Dumai dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“Analisis Kinerja Efisiensi Mesin Boiler Type Water Tube Menggunakan Metode *Input-Output* Dan *Failure Mode And Effect Analysis*.** Shalawat serta salam semoga Allah SWT sampaikan kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam Menyusun Tugas Akhir ini, baik moril maupun materil, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Hairunas Rajab, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Hartono, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Misra Hartati S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Anwardi S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Nazaruddin, S.ST., M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Dr. Muhammad Isnaini Hadiyul Umam, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus orang tua saya di kampus, atas segala bimbingan, perhatian, dan dukungannya selama menempuh pendidikan.
7. Bapak Nazaruddin, S.S.T., M.T., dan Bapak Muhammad Nur S.T., M.Si., selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing dan memberikan petunjuk yang sangat berguna bagi penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini

Hak Cipta Diindungi 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.

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



8. Bapak Dr. Muhammad Isnaini Hadiyul Umam, S.T., M.T., Dan Bapak Suherman, S.T., M.T., Selaku dewan penguji yang telah meluangkan waktunya untuk bisa memberikan sarn dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
10. Teristimewa kepada orang tua penulis Bapak H. Iskandar S.Pd., M.MPd dan Ibu Alm. Hj. Salmawati. Serta saudara penulis Muh. Fhajar Ihsan Anugrah S.T dan Ahmad Ilham Muzakkir. yang selalu memberikan semangat dan doanya kepada penulis untuk selalu berusaha dengan baik dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
11. Teruntuk keluarga Bapak H. Joko Arif Santoso, S.STP, M.Si dan Ibu Nitha Listasari, S.H. serta keponakan tersayang Izzy Rafisqy Artha dan Elzio Adhitama Artha, yang selalu memberikan kebahagiaan, dukungan, serta doa yang berarti selama proses studi di pekanbaru.
12. Kepada Paman Andi Jusman, S.T., atas dukungan dan motivasi yang sangat berarti selama penulis menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
13. Kepada keluarga besar Andi Pamessangi dan Raden Karto Taruno atas dukungan, doa, serta motivasi yang diberikan kepada penulis selama proses penyelesaian perkuliahan ini.
14. Terkhusus Kepada teman saya zil-zil, yang telah mengajarkan dan membantu perhitungan rumus mesin boiler. serta yang selalu mengingatkan *people come and go*, atas bantuan dan nasehatnya penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.
15. Kepada abang dan senior terbaik dikampus, Bang Syahwal, Bang Khabib, Bang Hafiz, Bang Wandu, Bang Iyung, Bang Zandi, Bang Alfin, Bang Yaumil, Bang Arrasyh, dan Bang Mail, yang telah memberikan petunjuk yang sangat berguna dalam mengoptimalkan proses akademik saya, seperti update software yang memperbaiki kinerja sistem.
16. Kepada Teman-teman terbaik Zikri, Farhan, Fahri, Theo, Ucok, Gian, Nainggolan, Ari, Aldo dan Syafarudin, yang selalu memberi semangat, tawa, serta dukungan moral yang sangat dibutuhkan, layaknya support system yang memastikan kelancaran tugas akhir ini.

© 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.

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.

17. Kepada Adik-adik terbaik Fadhel, Fandi, Bobo, Ramadhan, Reffal, Weri, Dzaki, dan Bayu, yang memberikan semangat tanpa henti, seolah menjadi "*energy booster*" di sepanjang perjalanan tugas akhir ini.
18. Terkhusus kepada Dani dan Iqbal, yang telah mengajarkan nilai-nilai agama serta menemani dengan permainan batu domino sebelum sidang berlangsung. Terima kasih telah membantu saya menjaga kestabilan mental, seperti sistem pendingin yang menjaga suhu tetap stabil.
19. Serta rekan-rekan saudara Mahasiswa Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang Namanya tidak dapat disebutkan satu- persatu yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu dengan segala keterbukaan, penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Dan penulis mengharapkan semoga Laporan Tugas Akhir ini berguna bagi kita semua.

Pekanbaru, 29 November 2024  
Penulis

**Rahmat Hafis Ghifari**  
**NIM 12050212313**

UIN SUSKA RIAU



## DAFTAR ISI

### 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.

	Halaman
<b>COVER .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN JURUSAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR RUMUS.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan .....	7
1.4 Manfaat Penelitian .....	7
1.5 Batasan Masalah .....	8
1.6 Posisi Penelitian.....	8
1.7 Sistematika Penulisan .....	10
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Boiler .....	12
2.1.1 Komponen Utama Boiler.....	13
2.1.2 Cara Boiler Beroperasi .....	14
2.1.3 Faktor Penurunan Kinerja Boiler .....	15
2.1.4 Perbandingan Mesin Boiler Lama dan Mesin Boiler Baru .....	16

2.2	Metode <i>Input/Output</i> .....	17
2.2.1	Rumus Metode <i>Input/Output</i> .....	18
2.2.2	Tahapan Metode <i>Input/Output</i> .....	19
2.3	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	19
2.3.1	Prosedur Metode FMEA.....	20
2.3.2	Komponen Metode FMEA.....	20
2.4	Penentuan Nilai RPN.....	23

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Studi Pustaka.....	25
3.2	Identifikasi Masalah.....	26
3.3	Rumusan Masalah.....	26
3.4	Tujuan Penelitian.....	27
3.5	Pengumpulan Data.....	27
3.6	Pengolahan Data.....	27
3.7	Analisa.....	29
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	30

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

4.1	Pengumpulan Data.....	31
4.1.1	Profil Perusahaan.....	31
4.1.2	Data Spesifikasi Mesin Boiler.....	32
4.1.3	Demografi Responden.....	33
4.2	Pengolahan Data.....	33
4.2.1	Perhitungan Efisiensi Kinerja Mesin Boiler.....	33
4.2.1.1	Data <i>Logshift</i> Mesin Boiler.....	33
4.2.1.2	Tabel <i>Enthalpy</i> Uap dan <i>Enthalpy</i> Air.....	35
4.2.1.3	Perhitungan Efisiensi Kinerja Mesin Boiler Metode <i>Input-Output</i> .....	36
4.2.2	Identifikasi Kerusakan <i>Equipment</i> Pada Mesin Boiler.....	39
4.2.2.1	Data <i>Maintanace</i> Mesin Boiler.....	39
4.2.2.2	Kuesioner FMEA.....	41

Hak Cipta Diindungi 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 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.

4.2.2.3 Perhitungan Kuesioner FMEA..... 44

4.2.2.4 Perhitungan dan Penentuan Level RPN Mesin Boiler ..... 47

**BAB V ANALISA**

5.1 Analisa Efisiensi Kinerja Mesin Boiler ..... 49

5.2 Analisa Kerusakan *Equipment* Pada Mesin Boiler ..... 50

5.2.1 Analisa *Saverity* FMEA..... 50

5.2.2 Analisa *Occurance* FMEA ..... 52

5.2.3 Analisa *Detection* FMEA ..... 53

5.2.4 Analisa *Risk Priority Number* Mesin Boiler ..... 54

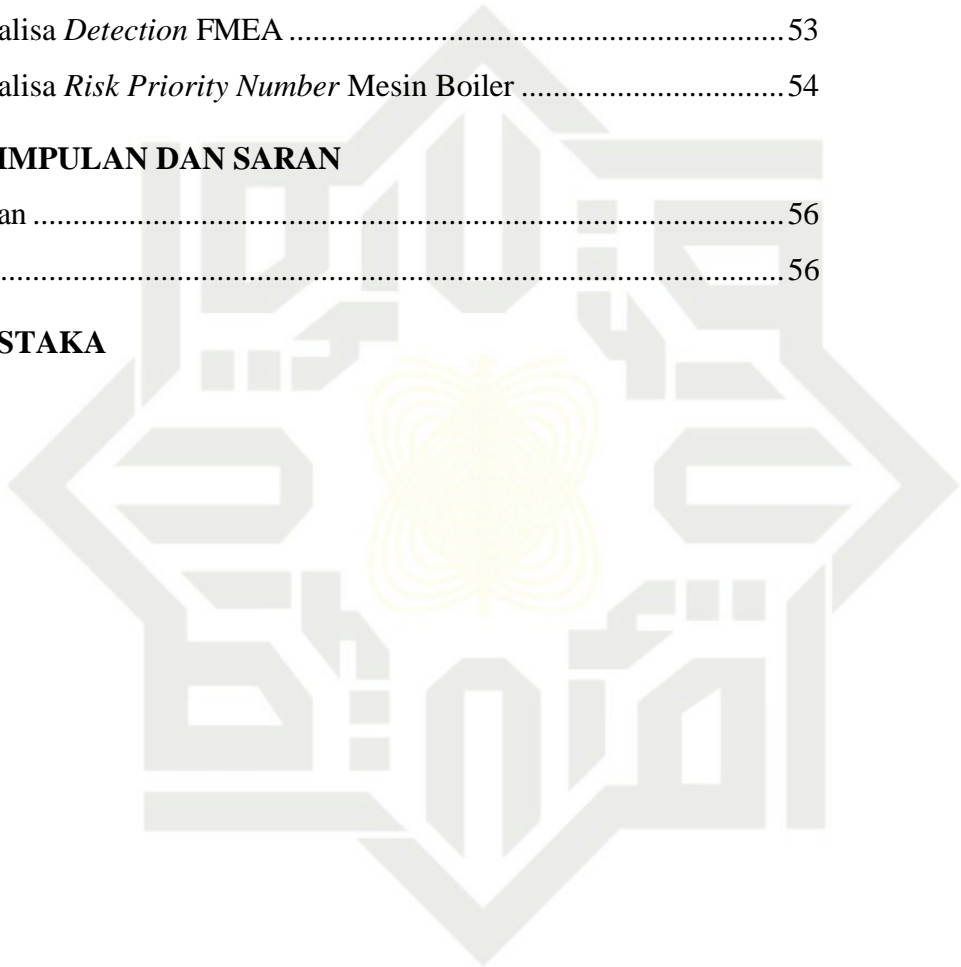
**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan ..... 56

6.2 Saran ..... 56

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**





## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR</b>	<b>HALAMAN</b>
3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	25
4.1 Logo Perusahaan .....	31
4.2 <i>Water Tube Boiler</i> .....	32
4.3 <i>Enthalpy</i> Uap .....	35
4.4 <i>Enthalpy</i> Air.....	35
5.1 Grafik Efisiensi Mesin Boiler 30 Hari .....	49
5.2 Grafik <i>Saverity</i> .....	51
5.3 Grafik <i>Occurance</i> .....	52
5.4 Grafik <i>Detection</i> .....	53
5.5 Grafik Risk Priority Number .....	54

### Hak Cipta Diindungi 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 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 TABEL

		<b>Halaman</b>
1.1	Data Harian Mesin Boiler .....	2
1.2	Kerusakan <i>Equipment</i> Mesin Boiler .....	4
1.3	Posisi Penelitian .....	8
2.1	Skala <i>Saverity</i> .....	20
2.2	Skala <i>Occurance</i> .....	21
2.3	Skala <i>Detection</i> .....	22
2.4	Nilai RPN.....	24
4.1	Demografi Respondend .....	33
4.2	<i>Logshift</i> Mesin Boiler .....	34
4.3	Data <i>Enthalpy</i> Uap h3 dan <i>Enthalpy</i> Air h1 .....	36
4.4	Hasil Perhitungan Efisiensi Boiler Periode Februari-Maret 2023 .....	38
4.5	Hasil Data Kerusakan <i>Equipment</i> Mesin Boiler .....	39
4.6	Kuesioner FMEA .....	43
4.7	Perhitungan <i>Saverity</i> Kerusakan <i>Equipment</i> Mesin Boiler.....	44
4.8	Perhitungan <i>Occurance</i> Kerusakan <i>Equipment</i> Mesin Boiler .....	45
4.9	Perhitungan <i>Detection</i> Kerusakan <i>Equipment</i> Mesin Boiler .....	46
4.10	Perhitungan RPN Kerusakan <i>Equipment</i> Mesin Boiler.....	48

## DAFTAR RUMUS

RUMUS	HALAMAN
2.1 Efisiensi Boiler ( $\eta\beta$ ).....	18
2.2 <i>Risk Priority Number</i> (RPN).....	23



UIN SUSKA RIAU

### Hak Cipta Diindungi 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 LAMPIRAN

### LAMPIRAN

### HALAMAN

A	Biografi Penulis .....	A-1
---	------------------------	-----



UIN SUSKA RIAU

#### Hak Cipta Diindungi 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 I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mesin Boiler memiliki peran krusial dalam berbagai sektor industri di Indonesia. Fungsi mesin boiler yaitu untuk menghasilkan energi panas yang esensial untuk beragam keperluan, termasuk proses produksi, pemanasan, dan pembangkit listrik di pabrik. Dalam beberapa tahun belakangan, permintaan akan mesin boiler di Indonesia, terutama dalam sektor industri minyak kelapa sawit, telah meningkat pesat. Pertumbuhan ini dipicu oleh kebutuhan yang semakin besar akan energi panas dalam proses produksi. Dengan semakin meningkatnya penggunaan mesin boiler di dunia industri akan berdampak pada peningkatan resiko bahaya. Dilansir dari kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral tahun 2021, perlu dilakukan penanganan terkait peningkatan resiko bahaya secara aman, efektif, efisien dan menyeluruh melalui pengoperasian dan pemeriksaan teknis terhadap mesin boiler. Hal ini didasarkan oleh undang-undang No.1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja boiler dan peraturan internasional uap tahun 1930 (*stoom Ordonnantie*) serta Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 01 tahun 1988 tentang Kualifikasi dan Syarat-Syarat Operator Pesawat Uap serta SNI (Standar Nasional Indonesia) 7079 tahun 2012 tentang Spesifikasi Boiler .

Mesin boiler yang umumnya sering digunakan pada pabrik pengolahan minyak kelapa sawit (PMKS) yaitu jenis mesin boiler *water tube* (pipa air). Mesin boiler *water tube* beroperasi secara terus-menerus, 24 jam sehari dalam dua minggu, agar menghasilkan uap. Uap yang dihasilkan dari pemanasan air dalam pipa-pipa mesin boiler dimanfaatkan untuk proses produksi dengan konsumsi Cangkang dan serabut kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan bakar, sedangkan air berperan sebagai media yang akan menjadi uap panas. Masalah umum dalam sistem kinerja mesin boiler seringkali terkait dengan kualitas temperatur air yang masuk, dan jenis bahan bakar yang digunakan, yang mampu menurunkan efisiensi kinerja mesin boiler dan mengakibatkan kerusakan seperti kebocoran, korosi, penumpukan kerak, dan bahkan pecahnya pipa-pipa mesin boiler.

#### Hak Cipta Diindungi 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 Diindungi 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.

Adanya permasalahan-permasalahan tersebut, pengukuran kinerja mesin boiler menjadi salah satu hal penting untuk diteliti dikarenakan sering mengalami masalah sehingga diperlukan analisis dan manajemen resiko yang lebih intensif untuk menjaga kinerjanya agar selalu bisa bekerja sesuai dengan yang diinginkan (Fadli, dkk. 2020).

PT. Wilmar Nabati Indonesia Group Unit Dumai – Pelintung merupakan salah satu pabrik yang menggunakan mesin boiler dalam produksinya. Perusahaan ini berlokasi di Jalan Pulau Sumatera, Pelintung Kota Dumai. Dimana pada perusahaan ini banyak terdapat mesin-mesin untuk menunjang proses produksinya, salah satu mesin yang terpenting dalam perusahaan tersebut yaitu mesin boiler. Mesin boiler merupakan mesin utama untuk menggerakkan seluruh proses dipabrik tersebut. Dikarenakan mesin boiler merupakan mesin yang sangat penting dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit pada perusahaan tersebut, maka PT. Wilmar Nabati Indonesia Group Unit Dumai – Pelintung perlu mempertimbangkan adanya perhitungan kinerja dari mesin boiler serta faktor-faktor apa saja yang bisa menurunkan kinerja mesin boiler, guna untuk kelancaran seluruh proses produksi pada pabrik tersebut.

Dari data harian yang di peroleh dari data *logshift* pada stasiun boiler PT. Wilmar Nabati Group Unit Dumai – Pelintung untuk menghitung efisiensi kinerja mesin boiler meliputi; *steam pressure, feed water temperature, outlet steam temperature* dan *steam flow*.

Tabel 1.1 Data Harian Mesin Boiler Periode 02 Februari – 02 Maret 2023

Hari	Steam Pressure (Max 45 Bar)	Steam Temperature Max 257(c°)	Steam Flow (Ton/jam)	Feed Water Temperatur (100-105c°)	Konsumsi Bahan Bakar (Ton/hari)
1	20	219	29	103	90
2	19	198	27	102	75
3	21	214	27	103	80
4	20	212	27	104	76
5	25	223	25	103	77
6	19	209	27	102	77
7	18	210	24	101	70

(Sumber: PT. Wilmar Nabati Indonesia, 2023)



Tabel 1.1 Data Harian Mesin Boiler Periode 02 Februari – 02 Maret 2023 (Lanjutan)

Hari	Steam Pressure (Max 45 Bar)	Steam Temperature Max 257(c°)	Steam Flow (Ton/jam)	Feed Water Temperatur (100-105c°)	Konsumsi Bahan Bakar (Ton/hari)
8	20	218	27	103	87
9	22	217	29	104	90
10	17	200	28	101	107
11	20	207	27	104	101
12	25	219	28	104	80
13	23	212	28	102	90
14	22	201	27	101	80
15	21	208	26	102	77
16	27	227	28	103	92
17	29	233	29	102	96
18	31	242	29	104	100
19	32	237	31	105	108
20	29	227	25	103	95
21	24	214	26	103	110
22	27	221	27	103	93
23	29	231	29	104	96
24	29	223	28	101	87
25	26	222	27	101	77
26	28	230	28	103	92
27	29	231	28	103	95
28	30	233	31	105	103
29	31	230	32	104	97
30	30	230	30	104	99

(Sumber: PT.Wilmar Nabati Indonesia, 2023)

Analisis data menunjukkan tekanan uap bervariasi antara 17 hingga 32 bar, dengan kenaikan signifikan setelah 20 Februari akibat perubahan pengaturan operasional mesin boiler. Ketidakstabilan tekanan ini berpotensi mengganggu kualitas dan kuantitas produksi uap serta operasi sistem yang memerlukan tekanan konsisten. Suhu air umpan sebagian besar konsisten pada 80-85°C, dengan variasi yang dipengaruhi oleh perubahan suhu air masuk atau pengaturan operasional,

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.

memengaruhi efisiensi pemanasan. Aliran uap menunjukkan variasi tanpa pola jelas, yang mungkin disebabkan oleh efisiensi pembakaran atau kontrol konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar bervariasi antara 69 hingga 108 Ton/hari, dengan kenaikan signifikan setelah 20 Februari, dipengaruhi oleh beban kerja atau efisiensi pembakaran. Variasi ini dapat mengurangi efisiensi energi. Analisis ini menunjukkan tidak adanya pola operasional tertentu dan kurangnya pemahaman yang baik tentang proses pengoperasian mesin boiler, yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan.

Data kerusakan equipment boiler pada PT. Wilmar Nabati Group Unit Dumai–Pelintung selama periode 2 Februari 2023 hingga 2 Maret 2023 menunjukkan berbagai masalah yang teridentifikasi melalui observasi. Analisis ini mencakup jenis kerusakan dan frekuensi kejadian terhadap operasi keseluruhan. Temuan ini memberikan wawasan penting untuk meningkatkan pemeliharaan dan manajemen operasional, guna memastikan efisiensi mesin boiler yang optimal.

Tabel 1.2 Kerusakan *Equipment* Mesin Boiler Periode 02 Februari – 02 Maret 2023

No	Jenis Kerusakan	Frekuensi
1	Pipa Boiler Bocor	7 kali
2	Conveyor Bahan Bakar	2 kali
3	Blower Fuel Fan Getar	1 kali
4	Blok Bearing Shift ID fan rusak	1 kali
5	Kran Blow down rusak	1 kali
6	Bearing as fuel fan pecah	1 kali
7	Ducting Blower ID fan rusak	1 kali
8	Bearing Elmot Idf getar	1 kali
9	Conveyor Distribusi Tersumbat	1 kali
10	Corong bahan bakar boiler tersumbat	2 kali
11	plat inlet Pendulum Boiler	1 kali

(Sumber: PT. Wilmar Nabati Indonesia, 2023)

Dalam hal ini Jika efisiensi mesin boiler terganggu oleh kerusakan dan penurunan kinerjanya, memungkinkan akan diperlukan lebih banyak konsumsi bahan bakar dan terganggunya jadwal proses produksi pada suatu pabrik serta akan

- Hak Cipta Diindungi 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.

merusak beberapa *equipment* dari mesin boiler. Jumlah total kerugian akan bervariasi tergantung pada skala dan jenis operasi perusahaan. kerugian dalam suatu pabrik yang menggunakan mesin boiler dapat mencapai jutaan hingga ratusan juta rupiah, terutama jika mesin boiler yang rusak memiliki peran kunci dalam produksi perusahaan.

Oleh sebab itu, tujuan Evaluasi kerusakan mesin boiler perlu dilakukan dengan cara menganalisa kinerja efisiensi mesin boiler dengan menggunakan metode *Input-Output* lalu dilakukan pendekatan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengetahui tingkat resiko kegagalan yang terjadi pada setiap *equipment* mesin Boiler agar mendapatkan efisiensi kinerja mesin boiler yang lebih baik juga faktor-faktor penyebab penurunan efisiensi kinerja mesin boiler sebelum dilakukan identifikasi kegagalan dan kerusakan, serta memberikan usulan perbaikan sistem kinerja mesin boiler.

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu Metode *input-output*, dimana pada metode ini pendekatan analitis yang digunakan untuk memahami dan mengoptimalkan kinerja mesin boiler. Tahapannya melibatkan pengidentifikasian masukan seperti tekanan uap, suhu air umpan, aliran uap, dan konsumsi bahan bakar. Guna memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana faktor-faktor tertentu memengaruhi kinerja mesin boiler, serta rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan memaksimalkan produksi uap. kemudian dilanjutkan dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Dimana pendekatan sistematis yang dilakukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengurangi risiko potensial kegagalan dalam operasi mesin boiler. Tahapannya melibatkan identifikasi semua kemungkinan kegagalan, dan mengevaluasi dampak dari setiap kegagalan tersebut, serta menilai kemungkinan terjadinya kegagalan. Selanjutnya, dilakukan penilaian risiko dengan mengalikan tingkat keparahan dan kemungkinan kegagalan. Output dari metode ini adalah pemahaman yang lebih baik tentang potensi risiko kegagalan yang terkait dengan berbagai aspek operasional mesin boiler, serta rekomendasi untuk menerapkan tindakan pencegahan atau perbaikan guna mengurangi risiko dan meningkatkan keandalan dan kinerja keseluruhan mesin boiler.

#### Hak Cipta Diindungi 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 Diindungi 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.

Dari hasil penelitian sebelumnya oleh Syahwal, dkk., 2022 dengan tujuan untuk mengenali unjuk kinerja mesin boiler dengan metode *input-output* dapat disimpulkan, hasil yang diperoleh merujuk pada hubungan antara variasi tekanan dengan efisiensi mesin boiler yang cenderung relative naik turun tidak konstan, Kemudian penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Fadli, dkk., 2020 dengan tujuan untuk menganalisa Sistem Keandalan mesin Boiler menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat disimpulkan bahwa, Hasil yang diperoleh menunjukkan analisis pada boiler mengalami penurunan kinerja selama masa operasi. Penurunan nilai kinerja tersebut dipengaruhi oleh kerusakan peralatan. Sedangkan pada analisis menggunakan metode FMEA kegagalan yang terjadi pada komponen mesin boiler memiliki tingkat *saverity*, *occurence*, dan *detection* yang berbeda-beda sesuai dengan penyebab dan dampak yang ditimbulkan.

Pada penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa, penelitian tersebut hanya untuk memperoleh hasil kinerja serta efisiensi mesin boiler guna mengenali unjuk kinerja mesin tersebut dengan menggunakan data 5 hari kerja mesin boiler. Lalu pada penelitian berikutnya berfokus pada analisa kerusakan *equipment* mesin boiler dan untuk mengetahui tingkat kegagalan *equipment* mesin boiler tanpa adanya analisa mengenai efisiensi kinerja boiler sebelumnya. Sedangkan Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran efisiensi kinerja mesin boiler terlebih dahulu dengan data 30 hari kerja mesin boiler menggunakan metode *input-output* sebelum dilakukan analisa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada boiler guna memberikan pemahaman yang kuat tentang kondisi aktual kinerja boiler sebelum dilakukan identifikasi kegagalan dan dampaknya.

Penelitian mengenai analisis kinerja efisiensi mesin boiler *water tube* diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi industri yang menggunakan mesin boiler dalam operasionalnya. Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai dampak kerusakan mesin boiler terhadap proses produksi, maka perusahaan dapat melakukan tindakan pencegahan yang lebih baik, meningkatkan efisiensi kinerja boiler dan meningkatkan keberlangsungan operasionalnya. Dan juga, dapat

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.

memberikan kontribusi positif bagi industri yang bergantung pada boiler dalam proses produksinya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas maka yang menjadi pokok Permasalahan yang diangkat adalah “Bagaimana cara memberikan usulan perbaikan sistem kinerja mesin boiler *Water Tube* untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi mesin boiler, serta bagaimana cara mengoptimalkan sistem untuk mengurangi resiko kegagalan dan kerusakan mesin boiler?”

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Untuk mengukur efisiensi kinerja mesin boiler *Water Tube* di PT.Wilmar Nabati Indonesia Unit Dumai-Pelintung
2. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan, kerusakan, dan penurunan kinerja pada mesin boiler *Water Tube* di PT.Wilmar Nabati Indonesia Unit Dumai-Pelintung
3. Untuk memberikan usulan perbaikan pada kinerja mesin boiler *Water Tube* di PT.Wilmar Nabati Indonesia Unit Dumai-Pelintung

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti  
Dapat menambah wawasan pengetahuan dan kemampuan dalam memecahkan permasalahan kinerja efisiensi boiler dengan menggunakan metode *input-output* sebelum dilakukan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA).
2. Bagi Perusahaan  
Sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan sistem kinerja mesin boiler guna mengurangi resiko kegagalan yang dapat menimbulkan penurunan efisiensi kinerja.

**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.

3. Bagi Akademisi  
Sebagai bahan referensi yang dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya yang menerapkan ilmu pengetahuan dan metode yang serupa.

**Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan di PT.Wilmar Nabati Indonesia dengan unit mesin yang diteliti yaitu mesin boiler
2. Penelitian dilakukan dengan menganalisa data operasional mesin boiler pada pabrik dari periode 02 februari 2023 – 02 maret 2023 dengan menghitung efisiensi *Water Tube* mesin boiler dari data yang ada dilapangan.
3. Berdasarkan dari komposisi bahan bakar yang digunakan maka nilai kalor pembakaran rendah (LHV) tidak berubah = 20289,472 kj/kg dengan menggunakan bahan bakar cangkang dan serabut kelapa sawit.
4. Metode analisa *Water Tube* mesin boiler yang digunakan adalah metode secara langsung dengan menggunakan aplikasi *Steam Tab Companion* untuk menentukan nilai enthalpy uap dan suhu.

**1.6 Posisi Penelitian**

Posisi penelitian dalam konteks ini merujuk pada kedudukan penelitian, berikut adalah posisi penelitian:

Tabel 1.3 Posisi Penelitian

No	Judul dan Penulis	Permasalahan	Metode	Hasil
1	Analisa Sistem Instrumentasi dan Keandalan Boiler dengan Metode <i>Fault Tree ANALYSIS</i> (FTA) dan Metode <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA) (Fadli,dkk.2020)	keterlambatan air ke steam drum, menyebabkan suhu mesin boiler menjadi terlalu tinggi selama operasionalnya. Sehingga dapat memungkinkan boiler meledak.	<i>Fault Tree ANALYSIS</i> (FTA) dan Metode <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA)	penurunan keandalan boiler selama masa operasionalnya. Hal ini disebabkan oleh jumlah kerusakan peralatan yang signifikan.



Tabel 1.3 Posisi Penelitian (Lanjutan)

No	Judul dan Penulis	Permasalahan	Metode	Hasil
2	Penentuan efisiensi Boiler Dengan Menggunakan Metode Langsung di PT X Lumajang (Aprilia & hardjono, 2021)	Permasalahan keterbatasan instrumentasi, seperti tidak adanya data mengenai <i>steam flow</i> pada stasiun boiler. Hal ini menyulitkan untuk mengetahui efisiensi kinerja Boiler secara pasti.	Metode <i>Input-Output</i>	Dari hasil penelitian disarankan untuk melengkapi setiap stasiun dengan berbagai alat instrumentasi, seperti <i>steam flow</i> , alat pengukur suhu, dan <i>flowmeter</i> , sebagai evaluasi terhadap kinerja mesin boiler
3	Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Pada Boiler Dengan Variasi Komposisi Fiber dan Cangkang Kelapa Sawit di PT.Domias Agointiprima (Azmia, dkk., 2021)	Kurangnya pemahaman tentang penyediaan jumlah bahan bakar kedalam boiler	Metode <i>Input-Output</i>	Hasil dari penelitian ini yaitu konsumsi bahan bakar para ruang pembakaran yang optimal untuk mengefisienkan kinerja boiler
4	<i>Application Of The Fmea Method To Know The Factors Causing Weld Defects In The Boiler Fabrication Process</i> (Wirani, dkk. 2021)	Ditemukan cekungan internal, serpihan, dan keretakan. Hal ini mengakibatkan penurunan efisiensi boiler.	<i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA)	Meningkatkan proses Fabrikasi boiler dengan melibatkan potensi kegagalan selama proses fabrikasi, untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi <i>steam</i> boiler.

Hak Cipta Diindungi 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.

Tabel 1.3 Posisi Penelitian (Lanjutan)

No	Judul dan Penulis	Permasalahan	Metode	Hasil
5	Integrasi FMEA dan <i>New Seven Tools</i> Untuk optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Boiler (Wirawan & Mufliha, 2022)	Gagalnya operasi boiler seperti kebocoran pipa, dan <i>superheater</i> . mengakibatkan pemborosan dalam penggunaan bahan bakar.	<i>Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan New Seven Tools</i>	Dari hasil analisa didapatkan 2 faktor eksternal dan internal yang mempengaruhi efisiensi boiler yaitu, kelembapan bahan bakar dan beberapa komponen boiler yang rusak.
6	Analisa Kinerja Efisiensi Mesin Boiler <i>Water Tube</i> Dengan Metode <i>Input-Output</i> dan <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (Rahmat Hafis Ghifari, 2024)	Tidak adanya perhitungan efisiensi kinerja boiler serta penggunaan mesin boiler diluar standar, 24 jam dalam 2 minggu sehingga menyebabkan beberapa kerusakan peralatan mesin boiler dan menurunkan kinerjanya.	<i>Input-Output</i> dan <i>Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)</i>	Meningkatkan efisiensi kinerja mesin boiler dengan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab penurunan kinerja mesin boiler. Serta memberikan usulan perbaikan terhadap sistem kinerja mesin boiler

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penelitian, batasan masalah, posisi penelitian dan sistematika penulisan laporan.

### BAB II LANDASAN TEORI

Pada Bab ini menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian sebagai pendukung dan landasan yang digunakan dalam serangkaian proses penelitian seperti literatur dan perhitungan dengan

Hak Cipta Diindungi 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 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.

metode yang digunakan. Bab ini juga berisi tentang pengertian boiler serta spesifikasi dan rumus efisiensi perhitungan boiler.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menguraikan tahapan dalam proses penelitian, dimulai dari awal hingga akhir, mulai dari pengumpulan data yang berkaitan dengan proses penelitian. Data yang diperoleh kemudian akan digunakan dalam proses pengolahan data hingga akhir, yang direpresentasikan dalam bentuk *Flow Chart*.

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

Pada bab ini berisikan data yang telah dikumpulkan dan diolah mengenai mesin boiler serta efisiensi kinerja boiler. Data yang diperoleh tersebut kemudian akan digunakan pada tahap pengolahan data hingga mencapai tujuan akhir penelitian.

### **BAB V ANALISA**

Pada bab ini memuat analisis hasil pengolahan data yang telah dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi kinerja mesin boiler serta analisa kegagalan operasional boiler di PT. Wilmar Nabati Indonesia.

### **BAB VI PENUTUP**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian. Serta saran dari penulis untuk refrensi penelitan selanjutnya sekaligus saran yang ditujukan untuk perbaikan operasinal mesin boiler pada perusahaan.



## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Boiler

Boiler atau sering disebut sebagai ketel uap, merupakan sebuah mesin yang memiliki peran utama sebagai tempat untuk memanaskan air atau cairan lainnya. Proses pemanasan ini dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan uap yang nantinya akan digunakan dalam mendukung berbagai proses produksi. Melalui pemanasan air yang terdapat di dalam wadah mesin boiler menggunakan bahan bakar, energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar tersebut diubah menjadi bentuk energi lainnya, yaitu uap atau steam. Proses ini memungkinkan penggunaan uap untuk berbagai aplikasi dalam industri, seperti penggerak mesin, pemanasan, dan proses produksi lainnya (Syahwal, dkk., 2022).

Dalam konteks pabrik pengolahan minyak kelapa sawit mesin boiler berperan penting dalam proses industri dengan fungsi utama sebagai produsen uap panas yang kemudian digunakan sebagai sumber energi. Uap yang dihasilkan oleh boiler ini memiliki peran yang vital dalam menggerakkan sejumlah mesin-mesin industri, seperti mesin produksi dan pompa, serta memfasilitasi berbagai proses manufaktur yang melibatkan penggunaan energi panas. Dalam konteks ini, boiler bukan sekadar merupakan elemen pasif, tetapi memainkan peran yang strategis dalam menopang produktivitas dan efisiensi operasional dalam berbagai sektor industri. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang kinerja dan pengoptimalan operasional boiler menjadi sangat penting dalam konteks penelitian dan pengembangan industri yang berkelanjutan (Dhani, dkk., 2021).

Menurut (Sahahab dan Amna, 2023), Mesin boiler dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu boiler pipa api (*Fire Tube Boiler*) dan boiler pipa air (*Water Tube Boiler*). Pada boiler pipa api, gas panas mengalir melalui serangkaian pipa di dalam wadah, sedangkan air umpan boiler berada di dalam *shell* untuk diubah menjadi uap. Biasanya, boiler pipa api digunakan untuk menghasilkan uap dengan kapasitas rendah. Di sisi lain, boiler pipa air adalah jenis boiler yang menghasilkan uap dengan tekanan dan kapasitas yang lebih besar. Dalam konteks industri, pemilihan jenis boiler yang tepat menjadi penting untuk memenuhi kebutuhan

Hak Cipta Diindungi 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.

spesifik, baik dari segi kapasitas maupun tekanan yang dibutuhkan dalam proses produksi. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang perbedaan antara kedua jenis boiler ini sangatlah penting bagi para praktisi dan perancang sistem pemanasan industri.

Boiler pipa api biasanya digunakan untuk menghasilkan uap dengan kapasitas yang relatif kecil, sekitar 12 ton per jam, dan beroperasi pada tekanan uap yang rendah hingga sedang, kisaran sekitar 18 Kg/cm<sup>2</sup> atau sekitar 250 psi. Sebaliknya, boiler pipa air memiliki kapasitas dan tekanan kerja yang lebih besar. Boiler pipa air memiliki tekanan kerja di atas 18 Kg/cm<sup>2</sup> atau sekitar lebih dari 250 psi dan kapasitas produksi uap yang melebihi 12 Ton/Jam. Perbedaan ini memungkinkan boiler pipa air untuk menangani beban kerja yang lebih berat dan lebih cocok untuk aplikasi di mana kebutuhan produksi uap dalam jumlah besar diperlukan. (Sahahab dan Amna, 2023).

### 2.1.1 Komponen Utama Boiler

Menurut (Dhani, dkk., 2021) ada beberapa Komponen utama pada boiler diantaranya sebagai berikut:

1. Drum Ketel berperan sebagai pemisah uap dan pemurni, sementara itu juga drum ketel berperan sebagai tempat pencampuran air untuk mencapai homogenitas.
2. *Superheater* adalah perangkat yang digunakan untuk meningkatkan suhu *steam* yang telah terpisah di dalam drum uap, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem.
3. *Economizer* berperan dalam memanaskan air umpan pada tahap awal sebelum uap dialirkan ke *superheater* atau pipa keluaran uap, dan air yang dipanaskan kemudian dialirkan melalui blowdown.
4. *Evaporator* adalah bagian sistem yang bertugas meningkatkan suhu air hingga mencapai titik didih, dimana terjadi transisi fase dari bentuk cair menjadi gas (uap).

#### Hak Cipta Diindungi 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.

### 2.1.2 Cara Boiler Beroperasi

Menurut (Haikal dan Setiawan, 2023). Ketel uap, yang sering disebut sebagai mesin boiler, merupakan sebuah bejana uap tertutup yang memiliki desain khusus untuk mentransfer panas dari sumbernya ke air dengan tujuan menghasilkan uap. Boiler ini dirancang untuk beroperasi secara terus-menerus selama 24 jam sehari dalam periode dua minggu. Karena operasi yang berlangsung tanpa henti ini, Perhitungan efisiensi menjadi aspek yang sangat penting dalam penggunaannya. Pentingnya menghitung efisiensi boiler tidak hanya berkaitan dengan pengoptimalan kinerja, tetapi juga untuk memastikan bahwa penggunaan sumber daya energi dilakukan dengan cara yang paling efektif dan ekonomis. Evaluasi efisiensi boiler membantu dalam mengidentifikasi potensi area perbaikan, sehingga bisa meningkatkan kinerja operasional dan mengurangi biaya operasional serta dampak lingkungan yang terkait dengan penggunaan bahan bakar.

Proses operasi boiler memegang peran krusial dalam beragam sektor industri, termasuk pembangkit listrik, di mana uap yang dihasilkan olehnya dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin demi menghasilkan listrik. Efisiensi boiler menjadi faktor penting guna memastikan bahwa uap yang dihasilkan memenuhi standar kualitas dan jumlah yang dibutuhkan untuk menjalankan turbin dengan efisien (Haikal dan Setiawan, 2023)

Penggunaan mesin boiler merupakan proses kompleks yang melibatkan perpindahan panas dari sumber ruang bakar ke pipa-pipa yang mengalirkan air, yang pada akhirnya menghasilkan uap. Proses ini tidak hanya memerlukan desain teknis yang tepat tetapi juga pemahaman mendalam mengenai dinamika perpindahan panas. Efisiensi boiler sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor kritis. Salah satu faktor utama adalah dari bahan bakar yang digunakan. Selain itu, efisiensi juga tergantung pada jumlah panas yang berhasil diserap oleh boiler. Ini melibatkan efektivitas kontak antara panas yang dihasilkan di ruang bakar dan permukaan pipa yang mengalirkan air. Namun, tidak semua panas dari pembakaran bahan bakar dapat dikonversi menjadi uap karena beberapa panas hilang selama proses. Kerugian ini dapat berupa kerugian panas melalui gas buang, kerugian radiasi, dan konveksi yang tidak sempurna. Dengan demikian, untuk mencapai

Hak Cipta Diindungi 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.

Statute of the University of Sultanarif 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.

efisiensi maksimum, perlu ada manajemen yang tepat terhadap nilai kalor bahan bakar, optimalisasi penyerapan panas oleh boiler, dan minimisasi kerugian panas selama proses pembakaran. (Nasution dan Napid, 2022).

### 2.1.3 Faktor Penurunan Kinerja Boiler

Menurut (Priyanto dan Wilastari, 2022). Ada beberapa kategori faktor yang dapat menyebabkan penurunan kinerja boiler, yaitu:

1. Kondisi Pengoperasian
  - Pengoperasian pada suhu di bawah kisaran optimal, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
  - Pengoperasian dengan ketinggian air yang rendah, mengakibatkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
2. Pemeliharaan dan Perbaikan
  - Kegagalan dalam melakukan perawatan dan perbaikan rutin, mengakibatkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
  - Pembersihan yang tidak memadai, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
3. Kualitas dan Kuantitas Bahan Bakar
  - Penggunaan bahan bakar berkualitas rendah, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
  - Pasokan bahan bakar yang tidak mencukupi, mengakibatkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
4. Faktor Ekonomi
  - Biaya pengoperasian yang tinggi, mengakibatkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
  - Kemerostan ekonomi, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
5. Faktor Lingkungan
  - Suhu lingkungan yang tinggi, mengakibatkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.

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.

- Kelembapan tinggi, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.

6. Faktor Manusia

- Pelatihan operator boiler yang kurang memadai, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
- Kesalahan manusia, mengakibatkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.

7. Usia dan Keausan

- Usia boiler yang tua, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
- Keausan pada boiler, mengakibatkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.

8. Korosi dan Kerak

- Korosi pada boiler, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.
- Kerak pada boiler, mengakibatkan penurunan efisiensi dan peningkatan kehilangan panas.

9. Faktor Lainnya

- Faktor lain seperti jenis boiler, jenis bahan bakar, dan tekanan operasi juga dapat mempengaruhi efisiensi boiler.

Dengan demikian, kinerja boiler dipengaruhi oleh berbagai faktor ini, sehingga penting untuk mempertimbangkannya dalam evaluasi dan pemeliharaan untuk memastikan efisiensi dan keandalan yang optimal.

#### 2.1.4 Perbandingan Mesin Boiler Lama Dan Mesin Boiler Baru

Pada Mesin Boiler lama umumnya menggunakan teknologi konvensional, seperti mesin boiler tipe *firetube* (tabung api) atau *watertube* (tabung air), serta memanfaatkan bahan bakar seperti serat dan cangkang kelapa sawit atau gas. Sebaliknya, boiler baru memanfaatkan teknologi yang lebih canggih, seperti boiler bertekanan tinggi dan efisiensi tinggi, serta menggunakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan, seperti biomassa atau solar (Prawitasari, 2022).

#### Hak Cipta Diindungi 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.

Efisiensi dari boiler terbaru mencapai 77,63% menggunakan metode langsung, sedangkan efisiensi boiler lama tercatat sebesar 76,22% menggunakan metode langsung. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan efisiensi yang signifikan antara kedua metode pengukuran tersebut (Wiratno, 2023).

## 2.2 Metode *Input/Output*

Metode perhitungan efisiensi mesin boiler dengan menggunakan pendekatan *input-output* melibatkan proses yang mendalam untuk menghitung efisiensi secara langsung dengan mempertimbangkan panas yang dihasilkan oleh mesin boiler. Pendekatan ini menerapkan prinsip-prinsip termodinamika dalam menentukan efisiensi boiler yang akurat. Dalam proses ini, evaluasi dilakukan terhadap panas yang dihasilkan oleh boiler, dengan memperhitungkan parameter masukan seperti konsumsi bahan bakar. Sementara itu, parameter keluaran juga dianalisis, termasuk tekanan, suhu dari uap dan air setelah melewati boiler. Dengan pendekatan yang sistematis ini, efisiensi boiler dapat dihitung secara akurat, memungkinkan para peneliti untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kinerja dan efisiensi boiler dalam berbagai kondisi operasional (Aprilia, 2021).

Metode *input-output* telah menjadi landasan yang penting dalam evaluasi efisiensi boiler di berbagai sektor industri. Mulai dari pembangkit listrik yang menggunakan uap hingga proses-proses industri yang membutuhkan sumber panas, metode ini telah digunakan secara luas. Pendekatan ini terutama diterapkan dalam perhitungan langsung, di mana fokus utamanya adalah pada perbandingan antara energi yang masuk, yang umumnya berasal dari bahan bakar, dengan energi yang dihasilkan dalam bentuk uap. Analisis efisiensi boiler melalui metode ini memungkinkan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang kinerja boiler dalam konteks spesifik. Metode *input-output* telah terbukti sebagai alat yang berguna dalam memahami dan meningkatkan efisiensi boiler, serta mengidentifikasi area-area yang memerlukan perhatian lebih lanjut untuk peningkatan kinerja. (Azmi, dkk., 2023).



Menurut (Syawal, dkk., 2022), metode langsung untuk analisis efisiensi boiler dijelaskan sebagai pendekatan evaluatif yang memfokuskan pada pengukuran langsung terhadap parameter-parameter yang berhubungan dengan proses pembakaran dan perpindahan panas dalam sistem boiler. Metode ini memanfaatkan data operasional yang tercatat dalam *log sheet* boiler sebagai dasar perhitungannya. Dengan demikian, efisiensi boiler dapat dihitung secara langsung dari data yang tersedia, menghilangkan kebutuhan untuk analisis laboratorium yang rumit dan kompleks. Hal ini memberikan keuntungan dalam hal kecepatan dan kemudahan dalam memperoleh hasil evaluasi efisiensi, karena tidak memerlukan peralatan laboratorium tambahan atau prosedur analitis yang memakan waktu. Selain itu, metode langsung ini memungkinkan operator untuk melakukan pemantauan efisiensi secara real-time dan segera mengidentifikasi serta mengatasi masalah yang mungkin timbul selama operasi, sehingga dapat meningkatkan kinerja dan keandalan sistem boiler secara keseluruhan.

### 2.2.1 Rumus Metode *Input/Output*

Metode pengujian boiler, yang umumnya dikenal sebagai metode langsung atau metode *Input-Output*, melibatkan pendekatan yang memerlukan evaluasi langsung terhadap keluaran (*steam*) dan panas masuk (*input* bahan bakar) guna menilai efisiensi. Efisiensi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang telah ditetapkan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kinerja boiler dalam berbagai kondisi operasional. Rumus yang digunakan dalam menghitung efisiensi boiler adalah sebagai berikut (Azmia, dkk., 2023):

$$\text{Efisiensi Boiler } (\eta) = \frac{\text{Panas Masuk}}{\text{Panas Pembentukan Uap}}$$

$$\text{Efisiensi Boiler } (\eta) = \frac{W_s \times (h_3 - h_1) \times 24 \text{ jam/hari}}{W_f \times \text{LHV}} \dots(2.1)$$

Keterangan:  $W_s$  = Kapasitas produksi Uap (kg uap/s)  
 $W_f$  = Konsumsi bahan bakar (Kg/s)  
 $h_3$  = Entalpi uap (kj/kg)  
 $h_1$  = Entalpi air umpan/pengisi ketel (kj/kg)  
 $\text{LHV}$  = Nilai kalor rendah (kj/kg)

#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

## 2.2.2 Tahapan Metode *Input/Output*

Menurut (Syahwal, dkk., 2022) pada perhitungan efisiensi mesin boiler dengan metode *input/output* ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan, yaitu:

1. Penggunaan *software Steam Tab Companion* untuk mendapatkan nilai entalpi spesifik uap pada kondisi tekanan dan suhu yang diukur.
2. Perhitungan energi *input* dari bahan bakar, dimana energi masukan (kJ/jam) = Kuantitas bahan bakar (kg/jam) × Nilai kalor bahan bakar (kJ/kg).
3. Perhitungan energi *output* dari uap pada kondisi tekanan dan suhu tertentu, dimana Energi keluaran (kJ/jam) = Kuantitas uap (kg/jam) × (Entalpi uap - Entalpi air umpan).
4. Perhitungan efisiensi mesin boiler, dimana Efisiensi boiler (%) = (Energi keluaran dari uap / Energi masukan dari bahan bakar) × 100%.
5. Analisis data efisiensi kinerja mesin boiler, dimana pada tahap ini membandingkan efisiensi yang dihitung dengan standar industri atau data historis untuk menilai kinerja mesin boiler.
6. Melakukan Tindakan perbaikan berdasarkan hasil analisis, buat rekomendasi perbaikan seperti optimasi pembakaran, perbaikan peralatan mesin boiler, atau peningkatan pemeliharaan.

## 2.3 *Failure Mode Effects Analysis (FMEA)*

*Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* merupakan suatu metode yang terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengurutkan potensi kegagalan dalam suatu proses atau sistem. Pendekatan ini telah menjadi populer dan umum digunakan di berbagai industri, termasuk bidang teknik, dan manufaktur. Tujuan utama dari FMEA adalah untuk menilai risiko kegagalan yang mungkin terjadi dalam suatu sistem atau proses, serta untuk mengidentifikasi peluang perbaikan yang dapat mengurangi atau menghilangkan risiko tersebut. Dengan menganalisis berbagai mode kegagalan yang potensial dan dampaknya terhadap sistem, FMEA membantu dalam mengembangkan strategi mitigasi risiko yang efektif dan meningkatkan kinerja keseluruhan suatu sistem atau proses (Ridho dan Nirmala, 2022).

Hak Cipta Diindungi 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 Diindungi 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.

Dalam konteks mesin boiler, FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kemungkinan mode kegagalan berbagai komponen, seperti pipa air, katup umpan, dan berbagai peralatan dalam mesin boiler. Proses analisis ini mencakup penilaian terhadap penyebab potensial kegagalan, dampak yang mungkin terjadi, dan tingkat keparahannya. Tingkat keparahannya sering diukur menggunakan *Risk Priority Number* (RPN), sebuah nilai numerik yang mencerminkan probabilitas serta dampak dari kegagalan tersebut (Kautsar dan Saputra, 2022).

### 2.3.1 Prosedur Metode FMEA

Menurut (Risalahudin & Rukmi, 2021) beberapa uraian prosedur dalam metode *Failure Mode Effect Analysis* yaitu:

1. Identifikasi proses kerja
2. Identifikasi *failure mode* (jenis cacat)
3. Identifikasi *failure effect* (efek kegagalan)
4. Identifikasi *cause of failure* (akibat kegagalan)
5. Identifikasi *current control* (mode deteksi)
6. Menentukan nilai rating *severity*

### 2.3.2 Komponen Metode FMEA

Menurut (Sukania & Wijaya, 2022) beberapa komponen metode FMEA sebelum dilakukan perhitungan RPN, diantaranya:

1. *Saverity* (Keparahan)

*Saverity* menyatakan tingkat keparahan dari kecacatan yang ditimbulkan oleh kegagalan. Skala yang digunakan biasanya mulai dari 1 (paling rendah) hingga 10 (paling tinggi). Tingkat keparahan ini menunjukkan seberapa serius efek kegagalan yang terjadi.

Tabel 2.1 Skala *Saverity*

<i>Rank</i>	<i>Effect</i>	<i>Saverity</i>
10	Berbahaya tanpa peringatan	Keagalan sistem yang menghaikan efek sangat berbahaya



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.

Tabel 2.1 Skala *Saverity* (Lanjutan)

<b>Rank</b>	<b>Effect</b>	<b>Saverity</b>
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan system yang menghasilkan efek berbahaya
8	Sangat tinggi	System tidak bekerja
7	Tinggi	System bekerja tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh
6	Sedang	System bekerja dan aman tetapi mengalami penurunan performa sehingga mempengaruhi output
5	Rendah	Mengalami penurunan kerja secara bertahap
4	Sangat rendah	Efek kecil pada performa sistem
3	Kecil	Sedikit berpengaruh pada kinerja system
2	Sangat kecil	Efek yang diabaikan pada system
1	Tidak ada efek	Tidak ada efek

(Sukania & Wijaya, 2022)

2. *Occurence* (Frekuensi Kejadian)

*Occurence* menyatakan probabilitas terjadinya kegagalan. Skala yang digunakan biasanya mulai dari 1 (paling rendah) hingga 10 (paling tinggi). Tingkat keterjadian ini menunjukkan seberapa sering kegagalan dapat terjadi.

Tabel 2.2 Skala *Occurence*

<b>Rank</b>	<b>Effect</b>	<b>Occurance</b>
10-9	Sangat tinggi	Sering terjadi kegagalan
8-7	Tinggi	Kegagalan berulang
6-4	Sedang	Jarang terjadi gagal
3-2	Rendah	Sangat kecil terjadi kegagalan
1	Hampir tidak ada efek	Hampir tidak terjadi kegagalan

(Sukania & Wijaya, 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 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.

3. *Detection* (Deteksi)

*Detection* menyatakan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum kegagalan tersebut terjadi. Skala yang digunakan biasanya mulai dari 1 (paling rendah) hingga 10 (paling tinggi). Tingkat deteksi ini menunjukkan seberapa efektif sistem pengawasan dapat mendeteksi kegagalan sebelum terjadi.

Tabel 2.3 Skala *Detection*

<i>Rank</i>	<i>Effect</i>	<i>Detection</i>
10	Tidak pasti	Pengecekan akan tidak mampu untuk mendeteksi penyebab kegagalan
9	Sangat kecil	Pengecekan memiliki kemungkinan “ <i>very remote</i> ” untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
8	Kecil	Pengecekan memiliki kemungkinan “ <i>remote</i> ” untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
7	Sangat rendah	Pengecekan memiliki kemungkinan sangat rendah untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
6	Rendah	Pengecekan memiliki kemungkinan rendah untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
5	Sedang	Pengecekan memiliki kemampuan sedang untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
4	Menengah	Pengecekan memiliki kemampuan cukup untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
3	Tinggi	Pengecekan memiliki kemampuan cukup tinggi untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi 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.

Tabel 2.3 Skala *Detection* (Lanjutan)

<b>Rank</b>	<b>Effect</b>	<b>Detection</b>
2	Sangat tinggi	Pengecekan memiliki kemampuan sangat tinggi untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
1	Hampir pasti	Pengecekan akan selalu bisa mendeteksi penyebab kerusakan

(Sumber: Sukania & Wijaya, 2022)

## 2.4 Penentuan Nilai RPN

RPN (*Risk Priority Number*) adalah sebuah pendekatan yang digunakan dalam penelitian untuk menilai tingkat risiko kegagalan suatu sistem atau komponen di dalamnya. Penghitungan nilai RPN melibatkan perkalian dari tiga kriteria penting, yakni tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*). Semakin tinggi nilai RPN yang dihasilkan, semakin rendah keandalan komponen tersebut dalam sistem. Oleh karena itu, RPN digunakan untuk mengidentifikasi dan menetapkan prioritas perbaikan yang diperlukan guna mengurangi risiko kegagalan. Dalam perhitungan nilai RPN menggunakan rumus sebagai berikut (Sukania & Wijaya, 2022):

$$\text{RPN} = S \times O \times D \quad \dots(2.2)$$

Keterangan :

- RPN = *Risk priority Number*  
 O = *Occurency*  
 S = *Severity*  
 D = *Detection*

Dalam proses analisis menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), salah satu langkah penting yang dilakukan adalah menetapkan tingkat prioritas terhadap berbagai mode kegagalan yang teridentifikasi. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan prioritas tersebut adalah dengan menghitung *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat risiko dari masing-masing mode kegagalan,



sehingga memungkinkan penentuan skala prioritas perbaikan yang sesuai. Skala level RPN biasanya digunakan sebagai panduan dalam menilai tingkat prioritas perbaikan, yang dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan. Dengan adanya skala level RPN, Analisa dapat dengan lebih terperinci mengevaluasi dan memprioritaskan langkah-langkah perbaikan yang diperlukan, sesuai dengan tingkat risiko yang terkait dengan setiap mode kegagalan. Tabel *Risk Priority Number* (RPN) dengan tingkatan level yang dimulai dari sangat rendah hingga sangat tinggi.

Tabel 2.4 Tabel Nilai RPN

Level Resiko	Skala Nilai RPN
Sangat Tinggi	201-250
Tinggi	151-200
Sedang	101-150
Rendah	50-100
Sangat Rendah	1-50

(Sumber: Sukania & Wijaya, 2022)

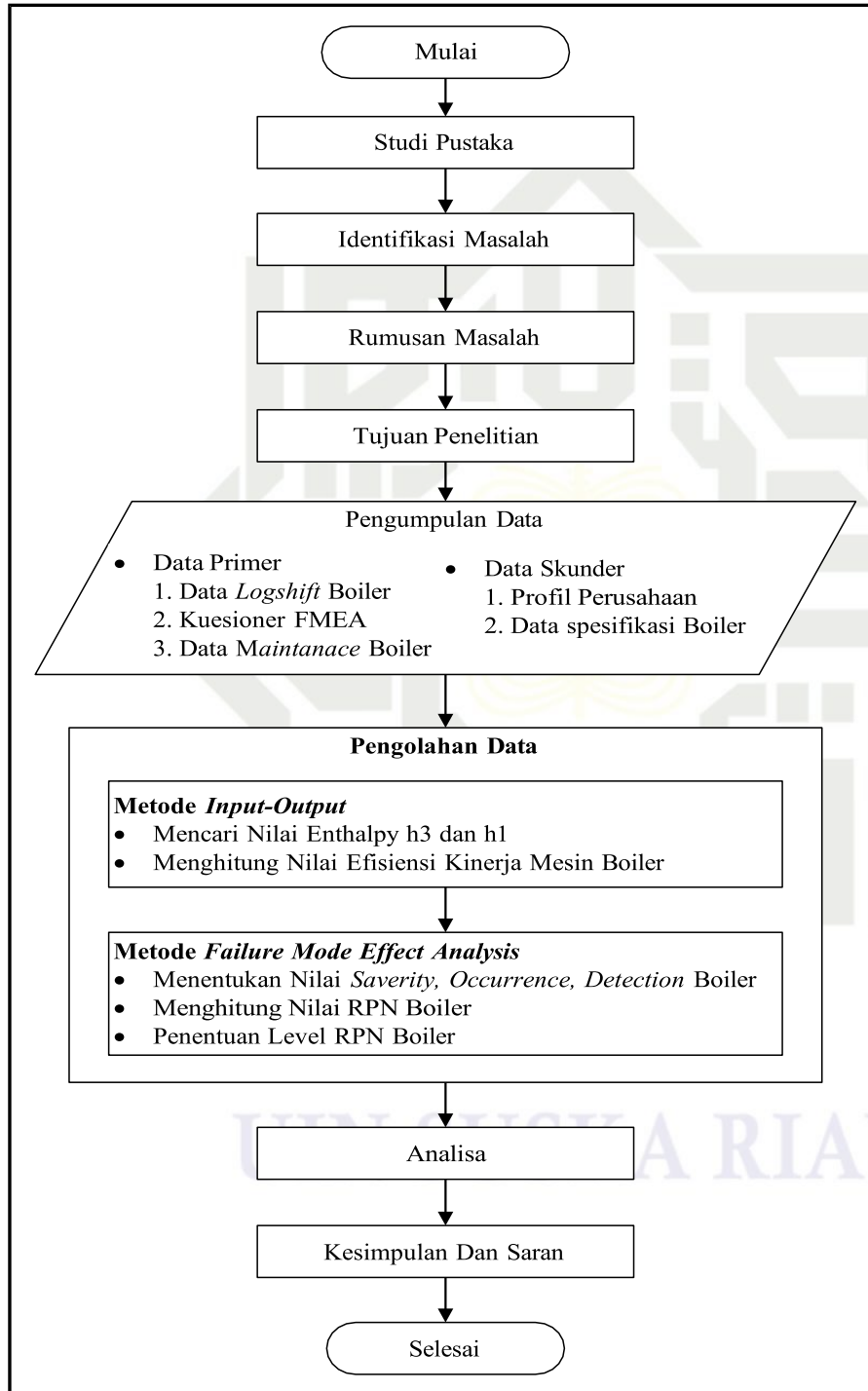
Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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 III METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penulis dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar

31 *Flowchart* Metodologi Penelitian berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

- Hak Cipta Diindungi 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 Diindungi 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.

### 3.1 Studi Pustaka

Pada studi pustaka ini akan menggali teori-teori dasar serta konsep yang telah ditemukan dari para peneliti. Dalam studi pustaka penelitian ini yaitu membahas tentang Analisis Kinerja Mesin Boiler *Water Tube* dengan menggunakan metode *input-output* dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Teori mengenai pembahasan tersebut yaitu bersumber dari buku dan jurnal penelitian. Salah satu referensi studi pustaka ini yaitu dari penelitian yang dilakukan oleh oleh Syahwal, dkk., 2022 dengan tujuan untuk mengenali unjuk kinerja boiler dengan metode *input-output* dan Fadli, dkk., 2020 dengan tujuan untuk menganalisa Sistem Keandalan Boiler menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

### 3.2 Identifikasi Masalah

Sebelum melakukan pengolahan data baik dalam bentuk primer ataupun sekunder, dalam penelitian tahap yang harus dilakukan pertama kali yaitu melakukan identifikasi permasalahan. Objek yang di observasi dalam melakukan penelitian adalah Mesin Boiler pada PT.Wilmar Nabati Unit Group Dumai-Pelintung. Identifikasi masalah yang telah ditemukan pada Mesin Boiler adalah kurangnya prosedur pengoperasian dan pemahaman terkait efisiensi kinerja boiler serta banyaknya kerusakan yang terjadi pada beberapa *equipment* boiler seperti tidak adanya penilaian efisiensi mesin boiler, Pipa boiler yang bocor, Munculnya beberapa *hotspot*, kerusakan *ID Fan* dan pemaksaan mesin boiler yang bekerja 24 jam dalam sebulan. Dari identifikasi masalah tersebut telah mempengaruhi unjuk kerja mesin boiler sehingga mengalami penurunan dan kerusakan pada beberapa *equipment* Boiler.

### 3.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dibuat untuk memaparkan permasalahan yang ada pada objek penelitian dan mengidentifikasi sebuah permasalahan dengan memiliki batasan. Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu Bagaimana cara memberikan usulan perbaikan sistem kinerja mesin boiler *Water Tube* untuk meningkatkan



kinerja dan efisiensi boiler, serta bagaimana cara mengoptimalkan sistem untuk mengurangi kegagalan dan kerusakan boiler.

### 3.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yaitu bertujuan untuk mengetahui solusi yang tepat dalam suatu permasalahan yang telah diidentifikasi pada saat melakukan observasi awal penelitian. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisa efisiensi kinerja boiler sebelum dilakukan indentifikasi kegagalan atau kerusakan pada boiler, serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan, kerusakan, dan penurunan kinerja pada mesin boiler *Water Tube* sehingga dapat memberikan usulan perbaikan sistem kinerja mesin boiler.

### 3.5 Pengumpulan Data

Pada pengumpulan data ini yakni berisi data yang akan digunakan dalam proses pengolahan data yang akan diolah dan dilakukan penelitian. Informasi data yang didapatkan merupakan data yang akurat, serta dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Pengumpulan data pada penelitian ini yaitu menggunakan data primer dan sekunder. Data primer yaitu data yang didapatkan dari data *Logshift* mesin boiler, data *maintenace* mesin boiler dan responden yang mengisi pertanyaan-pertanyaan dari kuesioner FMEA yang telah dibuat. Data sekunder pada penelitian ini yang berasal dari objek penelitian, yaitu profil perusahaan, dan data spesifikasi mesin boiler.

### 3.6 Pengolahan Data

Langkah selanjutnya setelah melakukan pengumpulan data yaitu pengolahan data. Pengolahan data menjelaskan tentang proses dan tahapan yang dilakukan dalam penyelesaian suatu permasalahan. pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan hasil agar mencapai tujuan yang telah ditentukan sebelumnya, yang kemudian dianalisa dan disimpulkan hasilnya. Pada penelitian ini pengolahan data yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *input-output* dan metode *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)*. Metode *input-output* merupakan perhitungan efisiensi boiler dengan menggunakan *software Steam Tab Companion*

#### 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 Diindungi 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.

dimana variabel yang digunakan dalam metode ini melibatkan konsumsi bahan bakar, tekan suhu uap, aliran uap, dan suhu air umpan pada mesin boiler. Kemudian pada metode *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) merupakan metode untuk mengenali, mengevaluasi, dan mengurutkan potensi kegagalan dalam mesin boiler dengan melibatkan 3 variabel pada *equipment* boiler yaitu *severity*, *occurance*, dan *detection*. Lalu dilanjutkan dengan menghitung tingkat resiko kegagalan pada mesin boiler.

Langkah-langkah dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah:

#### 1. Menghitung Nilai Efisiensi Kinerja Boiler

Dalam menghitung nilai efisiensi kinerja boiler dapat dihitung menggunakan metode langsung. Dimana data mengenai konsumsi bahan bakar (*input*) dibagi dengan data aliran produksi uap (*Output*) yang diambil dari data *logshift* harian boiler untuk menentukan efisiensi kinerja boiler perharinya sebelum Menentukan Nilai *Saverity*, *Occurrence*, *Detection* Boiler.

#### 2. Menentukan Nilai *Saverity*, *Occurrence*, *Detection* Boiler

Dalam menentukan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* dalam konteks boiler pada bagian dari analisis risiko penelitian ini, dilakukan dengan cara menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Dimana penggunaan metode FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan dari beberapa *equipment* boiler yang didapat dari data *maintanace* boiler lalu dilakukan wawancara serta penyebaran kuesioner terhadap karyawan dalam stasiun boiler dan dilakukan penguatan untuk mendukung akurasi data dalam penelitian ini dengan cara wawancara dan penyebaran kuesioner terhadap konsultan/tenaga ahli boiler pada perusahaan tersebut. Berikut adalah tahapan tentang masing-masing elemen dari metode FMEA:

- a. *Saverity* atau tingkat keparahan, pada tahap ini mengidentifikasi tingkat keparahan yang ditimbulkan oleh penurunan efisiensi kinerja boiler terhadap beberapa *equipment* boiler. Skala yang digunakan dalam tahap ini mulai dari 1 (paling rendah) hingga 10 (paling tinggi).

#### 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.

- b. *Occurance* yaitu frekuensi kejadian atau tingkat keseringan terjadinya kegagalan, pada tahap ini menjelaskan mengenai seberapa seringnya terjadi kegagalan, dimana pada tahap ini skala yang digunakan 1 (paling rendah) hingga 10 (paling tinggi).
- c. *Detection* yaitu kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum kegagalan tersebut terjadi dengan skala yang digunakan mulai dari 1 (paling rendah) hingga 10 (paling tinggi).

#### 3. Menghitung Nilai RPN Boiler

Nilai RPN (*Risk Priority Number*) dihitung dengan mengalikan nilai dari ketiga kriteria (*Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*) dengan menggunakan rumus  $RPN = S \times O \times D$ . dimana semakin tinggi nilai RPN, maka semakin rendah tingkat keandalan komponen pada boiler.

#### 4. Penentuan Level RPN Boiler

Penentuan level RPN (*Risk Priority Number*) boiler dilakukan setelah melakukan perhitungan nilai RPN. Dimana pada tingkatan level nilai RPN sendiri dimulai dari tingkatan: sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

### 3.7 Analisa

Analisa yang dibuat bertujuan untuk menjelaskan secara detail dan jelas, dengan menggunakan bahasa yang dapat dipahami pada semua hal selama berlangsungnya proses penelitian terhadap mesin boiler. Dalam Analisa penelitian ini berisi pemaparan dari proses penelitian, mulai dari pengolahan data hingga mencapai hasil akhir. analisa yang dilakukan pada penelitian ini yaitu hasil dari pengolahan data metode *Input-Output* yang diantaranya hasil dari pengukuran dan perhitungan kinerja efisiensi boiler selama 30 hari. Dan analisa dari metode FMEA mulai dari penentuan tingkat *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* hingga perhitungan dan penentuan nilai RPN (*Risk Priority Number*) terhadap beberapa *equipment* boiler.



### 3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisi tentang inti dari penelitian ini berupa pemaparan hasil yang berasal dari proses pengolahan data, yang ditunjukkan dari tujuan hasil penelitian dalam penyelesaian permasalahan berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan. Hasil kesimpulan dari penelitian ini adalah hasil dari Analisa efisiensi kinerja boiler sebelum dilakukan indentifikasi kegagalan atau kerusakan pada boiler, serta identifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan, kerusakan, dan penurunan kinerja pada boiler *Water Tube* agar mesin boiler tetap bekerja secara optimal. Saran dalam penelitian memberikan usulan perbaikan sistem kinerja mesin boiler, serta hal-hal yang perlu diperbaiki agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik dan sesuai dengan harapan dan tujuan yang diinginkan.

#### Hak Cipta Diindungi 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 VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian Analisis efisiensi kinerja mesin boiler di PT Wilmar Nabati Indonesia dalam periode 02 Februari hingga 02 Maret 2023 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi mesin boiler mengalami beberapa hari penurunan di bawah ambang batas kritis 76,22%. Puncak efisiensi tertinggi tercatat pada hari kedua dengan angka 99%, dan pada hari ke-21 efisiensi turun hingga 66%.
2. Faktor-faktor penyebab kegagalan, kerusakan, dan penurunan kinerja pada mesin boiler *Water Tube* disebabkan oleh Kebocoran pipa dan kerusakan pada *Fan*.
3. Usulan perbaikan pada kinerja mesin boiler *Water Tube* di PT. Wilmar Nabati Indonesia Unit Dumai-Pelintung diambil dari kuesioner metode FMEA, dengan fokus utama pada pelumasan dan inspeksi komponen kritis seperti pipa dan *fan* secara berkala atau sekali dalam 2 minggu.

### 6.2 Saran

Saran yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar peneliti mengarahkan fokus pada pengembangan teknologi sensor deteksi dini yang lebih maju. Peningkatan dalam teknologi ini akan memungkinkan deteksi kerusakan pada tahap awal, mengurangi ketergantungan pada inspeksi manual dan meningkatkan akurasi dalam identifikasi masalah. Selain itu, mengintegrasikan penelitian ini dengan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dapat memberikan wawasan lebih mendalam tentang penurunan kinerja mesin boiler dan membantu dalam mengidentifikasi kegagalan komponen dengan lebih baik.
2. Bagi perusahaan, penting untuk memastikan kualitas bahan bakar yang digunakan dan mengatur proses pembakaran dengan optimal. Kualitas bahan bakar yang baik serta pengaturan pembakaran yang tepat akan mendukung efisiensi pembakaran yang lebih tinggi, serta mengurangi risiko kerusakan pada

komponen boiler, dan meningkatkan kestabilan operasional. Langkah- langkah ini akan berkontribusi pada pencegahan penurunan efisiensi yang signifikan.

3 Untuk akademisi, diharapkan dapat melakukan kajian mendalam mengenai metodologi dan teknologi yang digunakan dalam analisis efisiensi serta deteksi kerusakan pada sistem boiler. Penelitian yang dilakukan dapat membantu memperbaiki atau mengembangkan metode yang lebih efektif dan meningkatkan penerapan hasil penelitian dalam praktik nyata.



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.



## DAFTAR PUSTAKA

- Boiler, F. M. E. A. (2021). Analisa Sistem Instrumentasi Dan Keandalan boiler dengan metode fault tree analysis (FTA) Dan Metode Failure Mode and effect analysis (FMEA). *Jurnal EL Sains P-ISSN*, 2527, 6336.
- Aprilia, D., & Hardjono, H. (2021). Penentuan Efisiensi Boiler Dengan Menggunakan Metode Langsung Di Pt X Lumajang. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 421-426.
- Azmia, P. N., Mirnandaulia, M., Fernandez, B. R., Marbun, N. V. M., Tarigan, E. R., & Hikmawan, O. (2023). PERHITUNGAN KEBUTUHAN BAHAN BAKAR PADA BOILER DENGAN VARIASI KOMPOSISI FIBER DAN CANGKANG KELAPA SAWIT DI PT. DOMAS AGROINTI PRIMA. *Jurnal Agroindustri, Agribisnis, dan Agroteknologi*, 2(2), 14-19.
- Wirani, A. P., Janwar, M., & Wajdi, M. S. (2021). Application of The FMEA Method to Know The Factors Causing Weld Defects in The Boiler Fabrication Process. *International Journal of Social and Management Studies*, 2(2), 106-114.
- Sugiharto, A. (2020). Perhitungan Efisiensi Boiler Dengan Metode Secara Langsung pada Boiler Pipa Api. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 10(2), 51-57.
- Wirawan, E., & Muflihah, N. (2022). INTEGRASI FMEA DAN NEW SEVEN TOOLS UNTUK OPTIMALISASI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR BOILER. *Jurnal Penelitian Bidang Inovasi & Pengelolaan Industri*, 2(1), 25-37.
- Syahwal, A., Saputra, M., & Supardi, J. (2022). ANALISA KINERJA BOILER TYPE N-750 TAKUMA MENGGUNAKAN METODE BERBASIS KOMPUTASI. *Jurnal Mahasiswa Mesin*, 1(2), 29-38.
- Atiningsih, N. K. A. (2021). *Pengelolaan lingkungan dan pengolahan limbah pada industri pertanian dan pangan [sumber elektronik]: Menuju upaya pengolahan limbah (zero waste)*. BUTTERFLY MAMOLI PRESS.
- Dhani, M. R., Santoso, M. Y., & Salsabila, G. J. (2021, November). PENENTUAN KOMPONEN KRITIS FURNACE DAN HEAT EXCHANGER PADA CRUDE DESTILLATION UNIT MENGGUNAKAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 7, No. 1, pp. 165-173).

### 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 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.

- Shahab, A., & Amna, S. (2023). Efficiency Analysis Of Fire Tube Boiler Type At Refinery Utility Unit Center For Oil And Gas Human Resources Developme. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(7), 3109-3118.
- Abdurraziq, M. H., & Reza Setiawan, M. T. (2023). Analisis Pengaruh Uap Boiler Pipa Api Kapasitas 6 Ton Pada Proses Produksi V-Belt di PT Bando Indonesia. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(2), 134-145.
- Nasution, M., & Napid, S. (2022). Aplikasi Boiler Sebagai Pembangkit Uap Dalam Menentukan Efisiensi. *Buletin Utama Teknik*, 17(3), 314-319.
- Priyanto, P., & Wilastari, S. (2022). Faktor-Faktor Penyebab Menurunnya Kinerja Boiler Di Pt Papertech Indonesia. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 24(1), 60-66.
- Mohammad, G., Sulistyawati, D. R., & Kausar, A. (2024). Analisis Kapabilitas Proses Mesin Tenon dan Mortise Produk Bangku Kebun. *Metode: Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 67-81.
- Ridho, H., & Nirmala, A. (2023). Analisis Risiko Kegagalan Mesin Cetak Tiga Dimensi Berbasis Fused Deposition Modelling pada UMKM Jasa 3D-Printing di Surabaya. *Sewagati*, 7(6), 848-854.
- RISALAHUDIN, I., & RUKMI, H. S. (2021). Perbaikan Kualitas Produk Seragam Sekolah Di Konveksi Putra Mandiri Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). *e-Proceeding FTI*.
- Sukania, I. W., & Wijaya, C. (2022). Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi Menggunakan Metode FMEA di PT. X. *Jurnal Energi dan Manufaktur Vol*, 15(2), 103-111.
- Parwitasari, F. B. (2022). *ANALISIS PENGARUH PERFORMANCE LOW TEMPERATURE ECONOMIZER TERHADAP EFISIENSI BOILER 1000 MW DAN BIAYA PRODUKSI PLTU DI SERANG* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta).
- Winarto, S. (2023). PERBANDINGAN EFISIENSI PADA BOILER II TWA PPSDM MIGAS MENGGUNAKAN METODE LANGSUNG DAN TIDAK LANGSUNG PERIODE BULAN MARET 2023: COMPARISON OF EFFICIENCY IN BOILER II TWA PPSDM OIL AND GAS USING DIRECT AND INDIRECT METHODS FOR THE MONTH OF MARCH 2023. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 5(2), 167-174.



Hak Cipta Diindungi 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.

## BIOGRAFI PENULIS



Rahmat Hafis Ghifari lahir di Kendari, Sulawesi Tenggara pada tanggal 13 Desember 2001. Merupakan anak dari Bapak H. Iskandar S.Pd., M.MPd dan Ibu Alm. Hj Salmawati. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Adapun perjalanan penulis dalam jenjang menuntut Ilmu Pengetahuan, sebagai berikut:

Tahun 2007	Memasuki Sekolah Dasar Negeri 01 Ngapa, dan tamat pendidikan di SDN 1 Ngapa pada tahun 2013.
Tahun 2013	Memasuki Madrasah Tsanawiyah di Pondok Pesantren AL- Mawaddah Warahmah Kolaka sampai tahun 2014, dan tamat pendidikan di SMPN 1 Wundulako pada tahun 2017.
Tahun 2017	Memasuki Madrasah Aliyah Negeri 1 Kolaka, dan tamat pendidikan MAN 1 Kolaka pada tahun 2020.
Tahun 2020	Terdaftar sebagai Mahasiswa Universitas Islam Negeri (UIN) Sultan Syarif Kasim Riau, Jurusan Teknik Industri.
Tahun 2020	Memasuki Balai Pelatihan Kerja, Program menggambar konstruksi bangunan dan lulus pada tahun 2020.
Nomor Handphone	0813-7162-9823
E-Mail	<a href="mailto:rahmathafisghifari@gmail.com">rahmathafisghifari@gmail.com</a>