



**ANALISIS KEANDALAN INSTRUMENTASI SISTEM *STERILIZER*
MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)*
PADA PKS PT. SUBUR ARUM MAKMUR 1**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Elektro



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

KHUSNUL FIKRI
12050510484

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic 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.



LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS KEANDALAN INSTRUMENTASI SISTEM *STERILIZER*
MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)*
PADA PKS PT. SUBUR ARUM MAKMUR 1**

TUGAS AKHIR

Oleh:

KHUSNUL FIKRI
12050510484

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, Pada tanggal 17 Oktober 2024

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing

Aulia Ulfah, S.T., M.Eng.
NIP. 19850618 201503 1 003

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



LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KEANDALAN INSTRUMENTASI SISTEM *STERILIZER*
MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)
PADA PKS PT. SUBUR ARUM MAKMUR 1**

TUGAS AKHIR

Oleh:

KHUSNUL FIKRI
12050510484

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 17 Oktober 2024

Pekanbaru, 17 Oktober 2024

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dy. Hartono, M.Pd.

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.

NIP. 19640301 199203 1 003

NIP. 19722102 200604 2 001

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Sutoyo, S.T., M.T.

Sekretaris : Aulia Ullah, S.T., M.Eng.

Anggota 1 : Dian Mursyitah, S.T., M.T.

Anggota 2 : Ahmad Faizal, S.T., M.T.

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

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

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 peminjaman.

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

UIN SUSKA RIAU



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, Kamis 17 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Khusnul Fikri

Nim. 12050510484

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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



LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Alhamdulillahirabbil' alamin...

Sujud syukurku kusembahkan padaMu Tuhanku, Tuhan Yang Maha Agung nan Maha tinggi, Maha Adil dan Maha Penayang. Atas kasih sayang-Mu memberiku kekuatan, dan membekaliku dengan ilmu, atas karunia dan kemudahan yang telah Engkau limpahkan pula. Akhirnya Tugas Akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan.

Shalawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kehadiran Rasulullah Muhammad SAW, yang telah membimbing umatnya menjadi manusia-manusia yang beradab, berfikir dan berilmu pengetahuan.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kusayangi:

Ibunda Tercinta,

Terimakasih ibu atas segala perjuangan tak kenal lelahmu. Terimakasih untuk selalu mendoakanku, Terimakasih untuk motivasi dan semangat yang diberikan padaku.

Terimakasih untuk semua pengorbananmu ibu. Maafkan aku ibu sampai hari ini aku masih menjadi beban keluarga dan masih menyusahkanmu ibu.

Ayahanda Tercinta,

Terimakasih ayah atas segala perjuangan dan pengorbanan yang tak kenal lelah.

Terimakasih untuk motivasi dan semangat yang telah diberikan kepadaku. Terimakasih untuk segala do'a yang dipanjatkan terhadap segala usahaku dalam mencapai cita-citaku.

Maafkan aku yang sampai hari ini masih menyusahkan Ayah.

Kepada Saudaraku,

Karya sederhana ini sebagai bukti aku serius akan keinginanku untuk melanjutkan pendidikanku, aku berhasil sampai titik ini tidak lepas dari campur tanganmu, keraguan dan kekhawatiranmu selama ini terjawab sudah. Aku berhasil menyelesaikan pendidikan ku. Terimakasih untuk kepercayaan, segala dukungan dan do'a.

Kepada Temanku

Hidup terlalu berat untuk kujalani sendiri tanpa campur tangan Tuhan dan orang lain. Terimakasih banyak kuucapkan kepada teman-teman seperjuangan yang selalu ada dan selalu memberikan semangat serta motivasi, kepada teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Tiada kata yang dapat terucap selain terimakasih dan do'a terbaik yang dapat kusampaikan.

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 KEANDALAN INSTRUMENTASI SISTEM *STERILIZER* MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA) PADA PKS PT. SUBUR ARUM MAKMUR 1

KHUSNUL FIKRI
12050510484

Tanggal sidang : 17 Oktober 2024

Prodi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Instrumentasi sistem *sterilizer* rentan mengalami kegagalan yang dapat menyebabkan *downtime*. Kegagalan pada instrumentasi sistem *sterilizer* dapat mengganggu operasional pabrik kelapa sawit dan menurunkan kualitas produk. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis keandalan sistem menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi faktor-faktor kegagalan dan memberikan rekomendasi perbaikan. Metode FTA digunakan untuk menganalisis komponen – komponen kritis dalam instrumentasi sistem *sterilizer* dan menghitung probabilitas kegagalan dari setiap komponen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan perbaikan pada komponen *solenoid valve* dan panel kontrol, keandalan sistem dapat ditingkatkan, sementara biaya pemeliharaan berpotensi menurun. Rekomendasi yang dihasilkan berpotensi meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi *downtime* serta mengoptimalkan pemeliharaan komponen-komponen kritis sistem *sterilizer*. Analisis juga mengidentifikasi akar penyebab kegagalan dengan menganalisis hubungan antar komponen kritis menggunakan FTA.

Kata Kunci: *Fault Tree Analysis*, Keandalan Instrumentasi sistem, *Sterilizer*.

- 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 memberikan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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

© hak cipta milik UIN Suska Riau

**RELIABILITY ANALYSIS OF STERILIZER SYSTEM
INSTRUMENTATION USING FAULT TREE ANALYSIS (FTA)
METHOD AT PKS PT. SUBUR ARUM MAKMUR 1**

KHUSNUL FIKRI

12050510484

Court date: 17 October 2024

*Electrical Engineering Study Program
Faculty of Science and Technology
Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

The sterilizer system instrumentation is prone to failures that can lead to downtime. Failures in the sterilizer system instrumentation can disrupt the operations of palm oil mills and reduce product quality. The objective of this research is to analyze the reliability of the system using Fault Tree Analysis (FTA) to identify failure factors and provide improvement recommendations. The FTA method is used to analyze critical components in the sterilizer system instrumentation and calculate the probability of failure for each component. The results indicate that improvements to the solenoid valve and control panel can enhance system reliability, while maintenance costs may decrease. The recommendations generated have the potential to increase operational efficiency by reducing downtime and optimizing the maintenance of critical components in the sterilizer system. The analysis also identifies the root causes of failures by examining the relationships between critical components using FTA.

Keywords: *Fault Tree Analysis, instrumentation system reliability, Sterilizer.*



KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan hidayah-Nya, Shalawat dan salam juga penulis haturkan kepada baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat didunia yang patut di contoh dan diteladani bagi kita semua. Atas Ridha Allah SWT penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Keandalan Instrumentasi sistem *Sterilizer* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) Pada PKS PT. Subur Arum Makmur 1”.

Laporan Tugas Akhir ini di susun berguna untuk memenuhi salah satu syarat untuk meperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis menyadari bahwa pada penulisan Laporan Tugas Akhir ini mendapatkan banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang terkait dan pastinya sudah berpengalaman pada bidangnya sehingga pada kesempatan ini, penulis akan menyampaikan ucapan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu, memotivasi dan memberikan semangat kepada penulis.

Oleh sebab itu, sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan, kekuatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan laporan ini.
2. Ibunda dan Ayahanda tercinta, yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil serta do'a yang tiada hentinya kepada penulis.
3. Irvan Taufiq selaku saudara kandung yang telah memberikan semangat dan dorongan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Khairunnas, M.Ag. selaku rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Dr. Hartono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
6. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau 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.

7. Bapak Sutoyo, S.T., M.T. selaku sekretaris Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
8. Bapak Aulia Ullah, S.T., M.Eng. selaku pembimbing Tugas Akhir.
9. Dewan Penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan kritik dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
10. Bapak dan Ibu dosen Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan arahan ilmu kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Bapak Rejeki Situmorang selaku *Asistant maintenance* sekaligus menjadi pembimbing lapangan dan juga kepada Bapak Arif yang telah banyak memberikan pengetahuan dan informasi mengenai unit *sterilizer*.
12. Teman-teman Satu Atap dan teman keluarga SPK yang selalu memberikan dukungan dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
13. Teman-teman Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau angkatan 2020. Semoga sukses dimasa mendatang dan berguna bagi bangsa, negara dan agama.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri.

Pekanbaru, Oktober 2024

Penulis

Khusnul Fikri

Nim. 12050510484



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-7
1.3 Tujuan Penelitian	I-7
1.4 Batasan Masalah	I-7
1.5 Manfaat Penelitian	I-8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Instrumentasi sistem <i>Sterilizer</i>	II-4
2.2.1 Definisi <i>Sterilizer</i> dan Fungsinya	II-4
2.2.2 Komponen Utama dalam Instrumentasi <i>Sterilizer</i>	II-5
2.3 Keandalan	II-10
2.3.1 Laju Kegagalan	II-12
2.3.2 Distribusi Eksponensial	II-13
2.4 Ketersediaan (<i>Availability</i>).....	II-15
2.5 Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	II-17
2.6 Tujuan dan Manfaat Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	II-20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1 Alur Penelitian	III-1
3.2 Identifikasi Masalah	III-3
3.3 Studi Literatur	III-3
3.4 Pengumpulan Data	III-3



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.

3.5	Pengolahan Data	III-5
3.6	Analisa Data.....	III-6
3.6.1	Analisis Kualitatif FTA	III-7
3.6.2	Analisis Kuantitatif FTA	III-7
3.6.3	Prioritas Perbaikan.....	III-8
3.6.4	Evaluasi Dampak Operasional	III-8
3.6.5	Pengembangan Rekomendasi.....	III-9
3.6.6	Pengujian Hipotesis	III-9
3.6.7	Validasi Model	III-10
3.6.8	Identifikasi Pelajaran yang Dipetik	III-10
3.7	Perancangan FTA.....	III-11
3.8	Validasi Hasil Penelitian	III-11
3.9	Pengujian Hipotesis.....	III-12
3.10	Hasil dan Rekomendasi	III-13
3.11	Kesimpulan dan Saran.....	III-13
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....		IV-1
4.1	Kegagalan Pada Instrumentasi <i>Sterilizer</i> Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	IV-1
4.2	Identifikasi Peristiwa Dasar	IV-3
4.3	Penyusunan Diagram FTA Komponen Instrumentasi <i>Sterilizer</i>	IV-5
4.4	Penyusunan Algoritma Mocus.....	IV-15
4.5	Rekomendasi Perbaikan Untuk Meningkatkan Keandalan Instrumentasi <i>Sterilizer</i>	IV-29
4.6	Implementasi dan Monitoring.....	IV-30
BAB V KESIMPULAN.....		V-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sterilizer	II-4
Gambar 2.2	Pressure Gauge	II-5
Gambar 2.3	Programmable Logic Controller	II-6
Gambar 2.4	Solenoid Valve	II-7
Gambar 2.5	Panel Kontrol Utama	II-8
Gambar 2.6	Safety Valve	II-9
Gambar 2.7	Actuator Valve	II-10
Gambar 2.8	Kurva Kegagalan	II-13
Gambar 2.9	Model Keandalan Sistem Seri	II-15
Gambar 2.10	Model Keandalan Paralel	II-15
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian	III-2
Gambar 4.1	FTA Pada Pressure Gauge	IV-6
Gambar 4.2	FTA Pada Safety Valve	IV-7
Gambar 4.3	FTA Pada Actuator Valve	IV-9
Gambar 4.4	FTA Pada Solenoid Valve	IV-10
Gambar 4.5	FTA Pada Panel Kontrol	IV-12
Gambar 4.6	FTA Pada PLC.....	IV-13
Gambar 4.7	FTA Minimal Cut Set Pada Pressure Gauge	IV-15
Gambar 4.8	FTA Minimal Cut Set Pada Safety Valve	IV-17
Gambar 4.9	FTA Minimal Cut Set Pada Actuator Valve	IV-19
Gambar 4.10	FTA Minimal Cut Set Pada Solenoid Valve	IV-22
Gambar 4.11	FTA Minimal Cut Set Pada Panel Kontrol.....	IV-25
Gambar 4.12	FTA Minimal Cut Set Pada PLC	IV-27

- © Hak Cipta dan Hak Moral: 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

Tabel 2.1	Simbol <i>Fault Tree</i>	II-19
Tabel 4.1	Histori Jumlah Kegagalan Instrumentasi <i>Sterilizer</i> Periode 2021-2023 . .	IV-2
Tabel 4.2	Peristiwa Dasar Terjadinya Kerusakan Instrumentasi <i>Sterilizer</i>	IV-3
Tabel 4.3	Keterangan FTA <i>Pressure Gauge</i>	IV-6
Tabel 4.4	Keterangan FTA <i>Safety Valve</i>	IV-8
Tabel 4.5	Keterangan FTA <i>Actuator Valve</i>	IV-9
Tabel 4.6	Keterangan FTA <i>Solenoid Valve</i>	IV-11
Tabel 4.7	Keterangan FTA Panel Kontrol	IV-12
Tabel 4.8	Keterangan FTA PLC.....	IV-14
Tabel 4.9	Algoritma <i>Mocus Pressure Gauge</i>	IV-15
Tabel 4.10	Keterangan Minimal <i>Cut Set Pressure Gauge</i>	IV-16
Tabel 4.11	Prioritas Perbaikan Pada <i>Pressure Gauge</i>	IV-16
Tabel 4.12	Algoritma <i>Mocus Safety Valve</i>	IV-17
Tabel 4.13	Keterangan Minimal <i>Cut Set Safety Valve</i>	IV-18
Tabel 4.14	Prioritas Perbaikan Pada <i>Safety Valve</i>	IV-18
Tabel 4.15	Algoritma <i>Mocus Actuator Valve</i>	IV-20
Tabel 4.16	Keterangan Minimal <i>Cut Set Actuator Valve</i>	IV-20
Tabel 4.17	Prioritas Perbaikan Pada <i>Actuator Valve</i>	IV-21
Tabel 4.18	Algoritma <i>Mocus Solenoid Valve</i>	IV-22
Tabel 4.19	Keterangan Minimal <i>Cut Set Solenoid Valve</i>	IV-23
Tabel 4.20	Prioritas Perbaikan Pada <i>Solenoid Valve</i>	IV-23
Tabel 4.21	Algoritma <i>Mocus Panel Kontrol</i>	IV-25
Tabel 4.22	Keterangan Minimal <i>Cut Set Panel Kontrol</i>	IV-26
Tabel 4.23	Prioritas Perbaikan Pada Panel Kontrol	IV-26
Tabel 4.24	Algoritma <i>Mocus PLC</i>	IV-27
Tabel 4.25	Keterangan Minimal <i>Cut Set PLC</i>	IV-28
Tabel 4.26	Priotitas Perbaikan Pada PLC	IV-28

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



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin ketatnya persaingan dalam industri global, perusahaan-perusahaan perlu meningkatkan efisiensi operasional mereka untuk bertahan dan berkembang. Keberhasilan operasi perusahaan sering kali bergantung pada kesiapan mesin produksi. Ketersediaan fasilitas mesin yang andal dan memadai menjadi faktor kunci dalam memengaruhi proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS), yang merupakan bahan baku utama dalam produksi kelapa sawit [1]. Dalam industri saat ini, kualitas produk sangat menentukan tingkat persaingan. Peningkatan hasil produksi yang terus-menerus memerlukan kelancaran proses produksi. Salah satu hal yang mendukung kelancaran proses produksi adalah keandalan dan ketersediaan mesin yang digunakan. Kegagalan mesin secara tiba-tiba dapat mengganggu rencana proses produksi yang telah ditentukan. Untuk meningkatkan kemampuan produksi yang baik, diperlukan pengetahuan teknis dalam mengoperasikan alat-alat yang berada di pabrik dengan tujuan agar tidak mengabaikan mutu dari proses produksi yang dihasilkan [1].

PT. Subur Arum Makmur 1 merupakan salah satu perusahaan FR Group yang berlokasi di Danau Lancang, Kecamatan Tapung Hulu, Kabupaten Kampar, Riau. Perusahaan ini bergerak di bidang perkebunan kelapa sawit dan menyediakan produksi tandan buah sawit segar untuk pembuatan minyak goreng. Perusahaan ini memiliki beberapa stasiun yang sangat penting dalam proses pengolahan, salah satunya adalah *sterilizer*. Proses pengolahan sawit dilakukan secara kontinu, dimana hasil pengolahan sebelumnya dilanjutkan ke tahap berikutnya tanpa dapat mengubahnya, melainkan hanya melanjutkannya. Oleh karena itu, kesalahan yang terjadi pada tahap awal dapat berdampak negatif pada hasil proses selanjutnya.

Dalam sistem pengolahan kelapa sawit, salah satu tahapan awalnya adalah proses rebusan (*sterilizer*) yang dilakukan di stasiun rebusan. *Sterilizer*, atau ketel rebusan, merupakan bejana uap yang digunakan untuk merebus tandan buah segar (TBS) dengan tujuan menjaga tekanan dalam perebusan agar tidak melebihi tekanan kerja yang diizinkan [2]. Fungsi *sterilizer* juga melibatkan penghilangan mikroorganisme dan enzim yang terdapat dalam tandan buah kelapa sawit sebelum proses ekstraksi minyak kelapa sawit, sehingga kualitas minyak yang dihasilkan dapat terjamin. Proses sterilisasi ini menggunakan uap panas di dalam *sterilizer* [3]. Mutu dan jumlah hasil olahan dari sebuah



pabrik kelapa sawit, terutama ditentukan oleh keberhasilan proses rebusan yang dilakukan oleh *sterilizer*. Selama proses rebusan, penting untuk memastikan bahwa tekanan uap yang diterima oleh *sterilizer* sesuai, sehingga panas dari uap tersebut dapat meresap ke dalam daging buah dan menghasilkan minyak berkualitas, serta kondisi *sterilizer* tetap baik [3]. Oleh karena itu, proses merebus buah harus dilakukan sesuai dengan ketentuan yang berlaku agar menghasilkan hasil yang optimal.

Kegagalan dalam sistem *sterilizer* dapat berdampak signifikan pada keseluruhan proses produksi dan hasil akhir di industri kelapa sawit [4]. Ketidakberhasilan dalam sistem *sterilizer* memiliki dampak serius terhadap kualitas minyak, penurunan kapasitas produksi, dan konsekuensi terhadap lingkungan. Apabila *sterilizer* tidak berfungsi secara optimal, buah kelapa sawit mungkin tidak tersterilisasi dengan sempurna. Hal ini dapat mengakibatkan kontaminasi mikroba yang berpotensi mempengaruhi kualitas minyak kelapa sawit. Kualitas minyak yang rendah dapat mengurangi nilai jual produk akhir dan memberikan dampak negatif terhadap kepuasan pelanggan [5]. Kegagalan *sterilizer* juga dapat menyebabkan penurunan kapasitas produksi, karena buah kelapa sawit harus diolah kembali atau proses produksi harus dihentikan untuk perbaikan [5]. Hal ini dapat menyebabkan penundaan dalam pengiriman dan meningkatkan biaya produksi. Selain itu, jika buah kelapa sawit tidak tersterilisasi dengan baik, limbah yang dihasilkan dari proses produksi dapat mengandung mikroba dan zat berbahaya, berpotensi memberikan dampak negatif pada lingkungan sekitar pabrik kelapa sawit [4].

Instrumentasi memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung kelancaran proses sterilisasi dengan tujuan memastikan sterilisasi yang efektif, aman, dan pengawasan kualitas produk yang optimal [1]. Beberapa instrumen dan kontrol yang digunakan dalam *sterilizer* melibatkan *pressure gauge*, *solenoid valve*, *actuator valve*, *safety valve*, *programmable logic control* (PLC), dan panel kontrol. Masing-masing instrumen dan kontrol pada *Sterilizer* memiliki fungsi yang berbeda untuk mendukung kelancaran proses sterilisasi. Jika salah satu dari instrumen atau kontrol tersebut mengalami kegagalan, maka *Sterilizer* tidak akan beroperasi dengan baik.

Industri pabrik kelapa sawit menghadapi beberapa tantangan terkait dengan instrumentasi sistem *Sterilizer*, termasuk kurangnya akses terhadap teknologi terkini dan pelatihan yang memadai untuk pengoperasian serta pemeliharaan instrumentasi sistem *sterilizer* [6]. Selain itu, terdapat kesulitan dalam pemecahan masalah teknis dan perawatan



yang memadai di tingkat lokal. Keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* juga dapat menjadi masalah, terutama jika keamanan siber kurang diperhatikan [6].

Melalui studi pendahuluan yang dilakukan di PKS PT. Subur Arum Makmur 1, telah teridentifikasi bahwa instrumentasi sistem *sterilizer* merupakan komponen kritikal dalam proses pengolahan kelapa sawit, namun sering mengalami kegagalan. Masalah yang ditemukan beragam, mulai dari kerusakan mekanik hingga kegagalan komponen elektronik seperti *pressure gauge*, *solenoid valve*, PLC, *safety valve*, *actuator valve* dan panel kontrol. Kegagalan ini tidak hanya mempengaruhi efisiensi operasi tetapi juga berdampak pada keselamatan dan kualitas produk. Kesulitan dalam mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kegagalan ini menunjukkan kebutuhan mendesak akan suatu metode investigasi yang lebih sistematis dan efektif.

Kegagalan dari komponen instrumentasi *sterilizer* dalam rentang waktu satu tahun tercatat sebanyak 25 kali, dengan *pressure gauge* mengalami kegagalan sebanyak 5 kali, *solenoid valve* sebanyak 6 kali, PLC sebanyak 4 kali, *safety valve* sebanyak 3 kali, *actuator valve* sebanyak 5 kali dan panel kontrol sebanyak 7 kali. Kegagalan pada *pressure gauge* mencakup pembacaan yang tidak akurat, yang jika terjadi secara berulang dapat menyebabkan pengiriman sinyal yang salah ke peralatan pengendali atau aktuator, berpotensi merusak peralatan atau komponen lainnya dalam sistem *sterilizer*. Sementara kegagalan pada *solenoid valve*, seperti ketidakterhubungan dengan PLC, dapat menyebabkan *downtime* produksi yang tidak diinginkan, berakibat pada penurunan produksi, kerugian keuangan, dan risiko lainnya. Kegagalan pada *safety valve* yang tidak berfungsi, hal ini sangat diharamkan karena dapat membahayakan keselamatan kerja. Kegagalan tersebut tidak hanya memberikan dampak negatif terhadap efisiensi operasional pabrik, tetapi juga dapat mengancam kualitas produk akhir dan kelangsungan proses produksi. Oleh karena itu, menjaga keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* sangat penting agar produk yang dihasilkan dapat optimal dan memuaskan.

Penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk memberikan solusi terhadap permasalahan yang telah diidentifikasi. Melalui pendekatan *top-down*, FTA akan digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kegagalan sistem, serta mengembangkan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan keandalan. FTA, yang telah terbukti efektif dalam berbagai industri, menjanjikan pemecahan masalah yang komprehensif di Pabrik Kelapa Sawit. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menangani masalah kegagalan yang spesifik, tetapi juga untuk meningkatkan



pemahaman umum tentang keandalan instrumentasi sistem *sterilizer*. Hal ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan strategi pemeliharaan yang lebih baik dan pada akhirnya, meningkatkan keseluruhan efisiensi operasional dan keandalan di industri pengolahan kelapa sawit.

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang berkontribusi terhadap terjadinya kegagalan [7]. Pendekatan FTA bersifat *top-down*, dimulai dengan asumsi kegagalan pada peristiwa puncak (*Top Event*) dan merinci sebab-sebabnya hingga mencapai akar penyebab kegagalan (*root cause*). FTA menggunakan gerbang logika, seperti gerbang AND dan gerbang OR, untuk menggambarkan kondisi atau peristiwa yang memicu kegagalan, baik secara tunggal maupun melalui kombinasi kondisi. *Fault Tree* merupakan representasi grafis yang mengilustrasikan komponen sistem (*basic event*) dan hubungan logis antara *basic event* dan peristiwa puncak [8].

FTA adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut *undersired event* terjadi pada sistem. Dengan menggunakan metode ini dapat diketahui kegagalan – kegagalan yang menjadi penyebab terjadinya *undersired event* dan probabilitas terjadinya *undersired event* tersebut [9]. Penerapan metode FTA pada instrumentasi sistem *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1, dengan tujuan agar tidak terjadinya peningkatan jumlah kegagalan dengan cara menganalisa kegagalan yang terjadi untuk mengetahui penyebab utama kegagalan. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kegagalan pada instrumentasi sistem *sterilizer* dilapangan.

Keandalan merupakan peluang dari suatu alat atau sistem agar dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah ditetapkan pada alat atau sistem tersebut, pada kondisi dan lingkungan tertentu dalam periode waktu yang telah ditentukan [10]. Namun kondisi yang terjadi di lapangan tingkat keandalan instrumentasi dari *sterilizer* di PKS PT Subur Arum Makmur 1 masih sering terjadi kerusakan yang tidak terduga sehingga dapat menyebabkan terhambatnya proses produksi. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu tindakan untuk mengurangi terjadinya kegagalan pada instrumentasi *sterilizer* tersebut.

Dalam tinjauan literatur yang dilakukan, terlihat bahwa penelitian terdahulu dalam konteks instrumentasi sistem, Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan suatu metode yang bermanfaat untuk menganalisis akar penyebab kegagalan, terutama pada contoh kasus mesin *rotary plywood* yang mengalami kerusakan. Dampak kerusakan ini sangat signifikan, mempengaruhi proses selanjutnya,



bahkan mengganggu kualitas produk *plywood* serta menghentikan produksi di perusahaan. Dari hasil penelitian dengan FTA, ditemukan bahwa metode ini mampu mengidentifikasi sumber kerusakan pada komponen mesin tersebut. Dengan pemahaman ini, sistem dapat dipelihara dengan baik, dan risiko kerusakan yang lebih serius dapat diminimalkan [11]. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang bagaimana FTA dapat digunakan dalam industri untuk menjaga keandalan sistem dan mencegah kerugian yang disebabkan oleh kegagalan mesin.

Penelitian selanjutnya, dengan menerapkan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menganalisis keandalan sistem instrumen pada *Cooling Water System* Unit 1 dan *Fuel Oil Supply* Unit 3. Hasil penelitian tersebut mencakup rekomendasi perawatan untuk komponen sistem pendingin dan suplai bahan bakar, identifikasi peristiwa terpenting pada masing-masing sistem, dan perhitungan tingkat keandalan komponen. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem pendingin memiliki tingkat keandalan sebesar 99,97%, sementara sistem suplai bahan bakar memiliki tingkat keandalan sebesar 99,56% [12]. Dengan nilai-nilai tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa komponen-komponen tersebut masih beroperasi dengan baik dan andal. Hal ini membuktikan pentingnya analisis keandalan dalam menjaga kinerja sistem instrumen dalam fasilitas industri.

Penelitian selanjutnya menjalankan penelitian dengan fokus pada mengevaluasi keandalan instrumentasi sistem dalam *boiler*. Alat-alat instrumentasi ini berperan dalam mendeteksi, mengukur, dan mengendalikan berbagai aspek sistem. Penelitian tersebut menerapkan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan pada setiap komponen boiler. Melalui analisis FTA, data kerusakan digunakan untuk membuat *fault tree*, yang mengungkapkan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penurunan keandalan instrumentasi sistem *boiler*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan pada peralatan atau komponen dasar berperan penting dalam menurunkan keandalan sistem tersebut. Hal ini menyoroti urgensi pemeliharaan dan perawatan yang cermat pada komponen-komponen kunci dalam instrumentasi sistem *boiler* untuk menjaga keandalan operasional [13]. Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga dalam upaya menjaga kinerja dan keandalan instrumentasi sistem *boiler* dalam berbagai aplikasi industri.

Dengan merujuk pada keberhasilan ini, Penelitian ini akan menyajikan analisis mendalam mengenai faktor risiko yang dapat menyebabkan kegagalan instrumentasi sistem *sterilizer*, mengisi kesenjangan pengetahuan dengan memberikan wawasan lebih



lanjut pada aspek-aspek yang mungkin belum sepenuhnya dipahami sebelumnya. Melalui penerapan metode FTA, penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang cara meningkatkan keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* dengan mengidentifikasi titik kelemahan dan penyebab kegagalan. Hasil penelitian ini juga dapat memberikan panduan untuk mengoptimalkan performa instrumentasi sistem *sterilizer*, berpotensi meningkatkan efisiensi operasional pabrik kelapa sawit, menyelesaikan masalah praktis, dan mengurangi biaya. Selain itu, penelitian ini dapat diterapkan di industri kelapa sawit lainnya atau sektor industri dengan instrumentasi sistem serupa, karena metode FTA yang digunakan dapat diadaptasi untuk menganalisis keandalan sistem dalam berbagai konteks industri. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis untuk masalah keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* di industri kelapa sawit, tetapi juga memiliki potensi untuk memberikan kontribusi lebih luas dalam meningkatkan keandalan sistem serupa di sektor industri lainnya.

Sterilizer di pabrik pengolahan kelapa sawit memegang peran krusial dalam menjamin kualitas dan keamanan produk minyak kelapa sawit. Mengingat pentingnya ini, keandalan dari komponen instrumentasi *sterilizer* menjadi prioritas, sebab penanganan yang efektif terhadap keandalan ini esensial untuk meminimalisir kerusakan dan mempertahankan efisiensi operasional sistem. Sebagai jawaban atas tantangan ini, metode *Fault Tree Analysis* (FTA) teridentifikasi sebagai alat analitis yang efektif untuk menggali penyebab utama kegagalan dalam sistem, berdasarkan studi latar belakang yang telah diulas. Kepentingan inilah yang mendorong penulis untuk mengadakan penelitian mengenai kerusakan instrumentasi pada *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1, memanfaatkan metode FTA, yang diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam dan solusi praktis untuk meningkatkan keandalan sistem. Judul penelitian ini adalah “**Analisis Keandalan Instrumentasi Sistem Sterilizer Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Pada PKS PT. Subur Arum Makmur 1 Senama Nenek**”, yang mencerminkan fokus dan tujuan penelitian ini dalam konteks industri kelapa sawit.

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.



1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, adapun perumusan masalah yang ingin diselesaikan pada tugas akhir ini adalah :

1. Apa saja faktor utama yang mempengaruhi kegagalan instrumentasi sistem *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1, serta bagaimana *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mitigasi risiko tersebut ?
2. Apa solusi yang dapat dihasilkan untuk meminimalisir terjadinya kegagalan pada instrumentasi sistem *sterilizer* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah terjadi, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1 menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), dengan tujuan untuk mengidentifikasi titik – titik kelemahan dan faktor – faktor utama yang berkontribusi pada kegagalan sistem.
2. Mengidentifikasi berbagai potensi kegagalan dalam instrumentasi sistem *sterilizer* dan mengklasifikasikan risiko kegagalan tersebut berdasarkan tingkat keparahan dan frekuensi, sehingga dapat ditentukan prioritas intervensi.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan data kerusakan *sterilizer* pada tahun 2021 sampai dengan tahun 2023 yang data tersebut didapat dari PKS PT. Subur Arum Makmur 1.
2. Penelitian ini lebih spesifik terhadap komponen dari instrumentasi *sterilizer* yang sering mengalami kerusakan, yang data kerusakan didapat dari PKS PT. Subur Arum Makmur 1.
3. Penelitian ini lebih berfokus pada kegagalan yang berkaitan dengan operasional sehari – hari dibandingkan dengan kegagalan yang bersifat infrastrukturnal.
4. Tidak adanya pembahasan tentang desain dari instrumentasi sistem *sterilizer*.

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.



1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan di peroleh dalam penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan pemahaman tentang keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* dalam industri pengolahan minyak kelapa sawit.
2. Meningkatkan pemahaman mendalam tentang mekanisme dan penyebab kegagalan dalam instrumentasi sistem *sterilizer*.
3. Memberikan kontribusi praktis dan nilai signifikan dalam konteks akademis terhadap keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* di industri pengolahan minyak kelapa sawit.
4. Memberikan panduan kepada PKS PT. Subur Arum Makmur 1 untuk mengidentifikasi potensi risiko yang dapat mengganggu operasi *sterilizer*.
5. Memberikan manfaat jangka panjang yang signifikan termasuk peningkatan efisiensi operasional, pengurangan *down time*, dan peningkatan keselamatan kerja di PKS PT. Subur Arum Makmur 1. Meningkatkan kesadaran dan pengetahuan personel terkait pentingnya pemeliharaan *preventif* dan manajemen risiko.
6. Dapat menjadi referensi untuk adopsi praktik terbaik dalam operasional dan pemeliharaan sistem *sterilizer*, tidak hanya di PKS PT. Subur Arum Makmur 1 tetapi juga bagi perusahaan lain dalam industri yang serupa.
7. Hasil analisis dapat digunakan sebagai pendukung dalam pengambilan keputusan strategis ditingkat manajemen untuk investasi dalam teknologi atau prosedur 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.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, sejumlah studi sebelumnya yang berkaitan dengan isu keandalan telah diidentifikasi. Penelitian ini melibatkan analisis literatur, yang mencakup pencarian teori dan referensi relevan terhadap masalah yang akan dipecahkan. Informasi tersebut diperoleh melalui jurnal, buku, paper, dan berbagai sumber yang terkait dengan penelitian ini. Dengan menggali sumber-sumber tersebut, penelitian ini dapat memperkaya pemahaman tentang topik keandalan dan memberikan landasan yang kuat untuk penelitian selanjutnya. Melalui studi literatur, peneliti dapat mengidentifikasi pandangan yang berbeda dan mengevaluasi metodologi penelitian sebelumnya. Selain itu, studi literatur juga dapat membantu dalam membangun kerangka konseptual yang kokoh untuk penelitian ini. Dengan demikian, penelitian ini didasarkan pada dasar ilmiah yang kuat yang diperoleh dari literatur yang relevan.

Penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Analisis Keandalan Sistem Instrumentasi Pada Mesin *Rotary Plywood* Di PT. Asia Forestama Raya Pekanbaru Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA).” Pada penelitian ini, metode *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah suatu metode yang bermanfaat untuk menganalisis akar penyebab kegagalan, khususnya pada contoh kasus mesin *rotary plywood* yang mengalami kerusakan. Dampak kerusakan ini sangat signifikan, mempengaruhi proses selanjutnya dan bahkan mengganggu kualitas produk plywood serta menghentikan produksi di perusahaan. Dari hasil penelitian dengan FTA, hasil dari penelitian tersebut adalah mampu mengidentifikasi sumber kerusakan pada komponen mesin tersebut. Dengan pemahaman ini, sistem dapat dipelihara dengan baik, dan risiko kerusakan yang lebih serius dapat diminimalkan [11].

Penelitian terkait dengan judul penelitian “Analisis Keandalan Instrumentasi Pada *Cooling Water System* Unit 1 Dan *Fuel Oil Supply* Unit 3 Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) (Studi Kasus PT PLN PLTD/G Teluk Lembu Pekanbaru).” Penelitian ini menerapkan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menganalisis keandalan sistem instrumen pada *Cooling Water System* Unit 1 dan *Fuel Oil Supply* Unit 3. Hasil penelitian tersebut mencakup rekomendasi perawatan untuk komponen sistem pendingin dan suplai



bahan bakar, identifikasi peristiwa terpenting pada masing-masing sistem, dan perhitungan tingkat keandalan komponen. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem pendingin memiliki tingkat keandalan sebesar 99,97%, sementara sistem suplai bahan bakar memiliki tingkat keandalan sebesar 99,56% [12]. Dengan nilai-nilai tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa komponen-komponen tersebut masih beroperasi dengan baik dan andal. Ini membuktikan pentingnya analisis keandalan dalam menjaga kinerja sistem instrumen dalam fasilitas industri.

Penelitian terkait lainnya dengan judul penelitian “Analisis Keandalan Instrumentasi sistem Boiler Dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) Dan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) (Studi Kasus PT. Perkebunan Nusantara V PKS Sei Pagar).” Pada penelitian ini, penerapan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan pada setiap komponen *boiler*. Melalui analisis FTA, data kerusakan digunakan untuk membuat *fault tree*, yang mengungkapkan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penurunan keandalan instrumentasi sistem boiler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan pada peralatan atau komponen dasar berperan penting dalam menurunkan keandalan sistem tersebut. Ini menyoroti urgensi pemeliharaan dan perawatan yang cermat pada komponen-komponen kunci dalam instrumentasi sistem *boiler* untuk menjaga keandalan operasional [13]. Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga dalam upaya menjaga kinerja dan keandalan instrumentasi sistem *boiler* dalam berbagai aplikasi industri.

Penelitian terkait lainnya dengan "Analisa *Defect* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) Berdasarkan Data *Ground Finding Sheet* (GFS) PT. GMF AEROASIA." Proses pembuatan *fault tree* (pohon kesalahan) dimulai dengan identifikasi penyebab kesalahan atau kegagalan pada setiap komponen hingga *basic event* dapat diidentifikasi. Hasil penelitian menggunakan metode FTA ini mengungkapkan adanya 15 *basic event* yang bertanggung jawab atas kecacatan pada komponen kabin pesawat, berdasarkan data kecacatan yang tercatat. Penerapan FTA membantu dalam mengidentifikasi penyebab utama kecacatan pada komponen kabin pesawat. Dengan pemahaman ini, langkah-langkah perbaikan dapat diarahkan dengan lebih terfokus pada aspek utama yang mempengaruhi kerusakan [14]. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mengatasi kecacatan pada komponen kabin pesawat, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas dan keandalan produk serta efisiensi dalam industri perawatan pesawat.



Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan metode FTA, namun tidak fokus pada instrumentasi sistem *sterilizer* pabrik kelapa sawit. Dalam penelitian ini, FTA digunakan secara eksplisit, memungkinkan identifikasi dan analisis mendalam terhadap potensi kegagalan pada instrumentasi sistem *sterilizer* di pabrik kelapa sawit. Penelitian sebelumnya kurang mempertimbangkan konteks industri kelapa sawit, sedangkan penelitian ini secara tegas memusatkan perhatian pada pabrik kelapa sawit, termasuk aspek pengelolaan limbah, dampak lingkungan, dan aspek sosial. Selain itu, penelitian ini memperkaya teori keandalan sistem dengan mengintegrasikan konsep dalam konteks spesifik pabrik kelapa sawit, mencakup pemahaman mendalam terhadap operasi, proses produksi, dan tantangan unik instrumentasi *sterilizer*. Berbeda dengan tujuan penelitian sebelumnya yang umum, penelitian ini memiliki tujuan khusus untuk meningkatkan keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* di pabrik kelapa sawit, mempertimbangkan tantangan lingkungan industri tersebut. Dengan fokus eksplisit pada pabrik kelapa sawit, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam mengisi kesenjangan pengetahuan dan kekhususan industri, berpotensi mendukung pengembangan dan peningkatan instrumentasi sistem *sterilizer* secara relevan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, terbukti bahwa metode *Fault Tree Analysis* (FTA) efektif dalam mengidentifikasi akar penyebab kerusakan dalam sistem atau peralatan. Oleh karena itu, penulis merasa tertarik untuk mengembangkan penelitian yang memanfaatkan metode FTA dalam konteks analisis keandalan. Penelitian yang penulis lakukan memiliki ciri khas tersendiri, yakni menerapkan metode FTA dalam menganalisis keandalan instrumentasi sistem pada *sterilizer*. Pendekatan ini membawa manfaat signifikan karena dapat membantu dalam memahami faktor-faktor yang dapat mengurangi keandalan instrumentasi sistem *sterilizer*. Dengan demikian, penelitian ini mampu memberikan wawasan baru yang berharga dan kontribusi positif terhadap upaya menjaga kinerja dan keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* dalam berbagai konteks industri. Dengan menggunakan metode FTA, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah keandalan yang mungkin muncul dalam operasi instrumentasi sistem *sterilizer*, dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam proses produksi.

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.



2.2 Instrumentasi sistem *Sterilizer*

2.2.1 Definisi *Sterilizer* dan Fungsinya

Dalam sistem pengolahan kelapa sawit, salah satu proses awalnya adalah proses rebusan (*sterilizer*) yang dilakukan pada stasiun rebusan. *sterilizer* (ketel rebusan) merupakan bejana uap yang digunakan untuk merebus tandan buah segar (TBS) yang bertujuan untuk menjaga tekanan dalam perebusan agar tidak melebihi tekanan kerja yang diizinkan. *Sterilizer* juga berfungsi untuk menghilangkan mikroorganisme dan enzim yang ada dalam tandan buah kelapa sawit sebelum proses ekstraksi minyak kelapa sawit untuk memastikan kualitas minyak yang dihasilkan. Proses sterilisasi ini melibatkan penggunaan uap panas di dalam *sterilizer* [3]. Baik buruknya mutu dan jumlah hasil olahan suatu pabrik kelapa sawit terutama ditentukan oleh keberhasilan dari rebusan yang dilaksanakan oleh *sterilizer* tersebut. Selama perebusan diharapkan tekanan uap yang akan diterima oleh *sterilizer* harus sesuai sehingga panas dari uap tersebut dapat menembus daging buah dan dapat menghasilkan mutu minyak dan kondisi *sterilizer* yang baik [3]. Oleh karena itu dalam merebus buah harus sesuai dengan ketentuan yang ada agar mendapatkan hasil yang optimal.



Gambar 2.1 *Sterilizer*

Berdasarkan jenisnya, *sterilizer* yang sering digunakan pada industri diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu :

1. *Sterilizer vertikal*

Sterilizer vertikal berbentuk silinder memiliki kapasitas muatan sebesar 10-15 ton tandan buah segar (TBS). Proses pengisian buah dilakukan melalui pintu atas,



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sementara buah yang telah melalui proses sterilisasi dapat dikeluarkan melalui pintu pengejaraan di salah satu sisi bagian depan bawah. Bagian dalam *sterilizer* dilengkapi dengan sebuah plat berlubang yang dipasang secara miring ke arah pintu, mempermudah proses pengeluaran kontennya.

2. *Sterilizer horizontal*

Sterilizer horizontal berbentuk silinder dipasang secara *horizontal* dengan panjang yang disesuaikan. Terdapat dua jenis pintu pada *sterilizer horizontal*, yakni model dengan satu pintu dan model dengan dua pintu. *Sterilizer* ini diisi dengan tandan buah segar (TBS) yang ditempatkan dalam lori. Lori ini memiliki kapasitas antara 7,5 ton dan 8 ton TBS. *Sterilizer horizontal* dapat memuat 8-10 lori dalam satu proses perebusan, dengan kapasitas satu rebusan mencapai 60 ton TBS.

2.2.2 Komponen Utama Dalam Instrumentasi sistem *Sterilizer*

Instrumentasi sistem *sterilizer* pada pabrik kelapa sawit memiliki beberapa komponen utama yang bekerja bersama – sama untuk memastikan proses sterilisasi berjalan dengan baik. Berikut adalah beberapa komponen utama dalam instrumentasi sistem *sterilizer* pabrik kelapa sawit di PKS PT. Subur Arum Makmur 1 :

1. *Pressure Gauge*

Pressure gauge digunakan dalam *sterilizer* PKS untuk memantau dan mengontrol tekanan dalam proses sterilisasi, yang merupakan tahap penting dalam pengolahan minyak kelapa sawit. Fungsi utamanya adalah untuk memonitor tekanan uap agar suhu dalam *sterilizer* mencapai level yang diperlukan, mengontrol proses sterilisasi sesuai standar keselamatan pangan, mendeteksi masalah pada sistem sterilisasi untuk mencegah kegagalan peralatan, mengoptimalkan penggunaan energi, dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi dan standar industri. Sebagai komponen kunci dalam instrumentasi sistem *sterilizer* PKS, *pressure gauge* membantu menjaga efisiensi, keamanan, dan kualitas produk yang dihasilkan.

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.



Gambar 2.2 Pressure Gauge

2. Programmable logic controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat elektronik yang diterapkan untuk mengendalikan serta mengotomatisasi proses industri. Ketika diterapkan dalam *sterilizer* pabrik kelapa sawit, PLC memiliki peran penting dalam mengatur beragam fungsi dan operasi *sterilizer*. Fungsinya mencakup pengelolaan secara otomatis berbagai tahapan dalam proses sterilisasi tandan buah segar (TBS), termasuk pengaturan suhu, tekanan, dan durasi sterilisasi guna memastikan kelancaran dan efisiensi proses tersebut. Sebagai pusat pengendalian, PLC berfungsi mengintegrasikan data dari berbagai sensor seperti sensor tekanan, suhu, dan sensor lainnya. Selain itu, PLC juga bertanggung jawab atas pengendalian aktuator seperti *solenoid valve*, motor, dan komponen mekanis lainnya.



Gambar 2.3 Programmable logic controller (PLC)

3. Solenoid valve

Solenoid valve yang terdapat dalam *sterilizer* pabrik kelapa sawit merupakan komponen penting yang berfungsi mengendalikan pergerakan fluida, seperti uap atau air panas, yang diperlukan dalam proses sterilisasi kelapa sawit. *Solenoid valve* berperan sebagai perangkat pengatur aliran fluida yang dapat secara otomatis diaktifkan atau dinonaktifkan. Dalam *sterilizer*, peranan utama *solenoid valve* adalah mengatur aliran uap atau air panas yang diperlukan untuk menjalankan proses sterilisasi. Keberadaan *solenoid valve* pada *sterilizer* pabrik kelapa sawit memiliki signifikansi yang besar dalam memastikan bahwa proses sterilisasi berjalan dengan efisien, aman, dan menghasilkan produk kelapa sawit yang memiliki kualitas tinggi.



Gambar 2.4 Solenoid valve

4. Panel kontrol utama *Sterilizer*

Pusat pengendalian utama *sterilizer* di pabrik kelapa sawit adalah titik fokus yang mengintegrasikan berbagai fungsi dan parameter operasional *sterilizer*. Desain panel ini bertujuan memberikan pengawasan dan pengendalian yang akurat dan efisien terhadap seluruh proses sterilisasi, dengan tujuan memastikan bahwa kondisi operasional *sterilizer* dapat dipantau dan disesuaikan dengan optimal.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

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



Gambar 2.5 Panel kontrol utama

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.

5. *Safety valve*

Safety valve adalah salah satu alat instrumentasi penting yang digunakan dalam *sterilizer* pada pabrik kelapa sawit . Fungsinya adalah untuk melindungi sistem dari tekanan berlebih yang dapat membahayakan keselamatan dan integritas peralatan. Dalam konteks *sterilizer*, *safety valve* berperan sebagai penyeimbang tekanan yang secara otomatis melepaskan tekanan berlebih dari sistem sterilisasi jika tekanan tersebut melebihi batas yang telah ditetapkan. Hal ini sangat penting karena proses sterilisasi melibatkan penggunaan uap yang bisa menghasilkan tekanan tinggi, dan tekanan yang berlebihan dapat menyebabkan kegagalan peralatan atau bahkan kecelakaan. Dengan demikian, *safety valve* membantu menjaga keamanan operasional dalam lingkungan kerja PKS dengan memastikan bahwa tekanan dalam sistem sterilisasi tetap dalam kisaran yang aman dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

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.



Gambar 2.6 Safety valve

6. **Actuator valve**

Actuator valve, sebagai elemen vital dalam instrumentasi sistem *sterilizer* di pabrik kelapa sawit, berperan penting dalam mengatur aliran fluida atau tekanan. *Actuator valve* memainkan peran kunci dalam menjaga kontrol suhu dan tekanan yang optimal, mengatur aliran untuk memastikan paparan buah kelapa sawit secara merata, serta menyediakan fitur keamanan untuk mencegah kebocoran atau gangguan dalam operasi *sterilizer*. Dengan integrasi pada sistem kontrol otomatis, *actuator valve* memastikan responsivitas dan konsistensi dalam proses sterilisasi, mendukung kinerja optimal dalam produksi minyak kelapa sawit.



Gambar 2.7 Actuator valve



2.3 Keandalan

Keandalan (*reliability*) dapat didefinisikan sebagai probabilitas, bahwa sebuah komponen atau sistem dapat menjalankan fungsi yang diperlukan untuk waktu tertentu saat digunakan dalam kondisi operasi yang direncanakan [15]. Analisis keandalan melibatkan pertimbangan apakah suatu sistem layak atau tidak untuk menjalankan fungsinya. Keandalan, atau reliabilitas, dapat dijelaskan sebagai peluang bahwa suatu komponen akan berhasil menjalankan fungsi tertentu dalam suatu kondisi operasional dan periode waktu tertentu. Keandalan merupakan parameter penting dalam mengevaluasi keberhasilan sistem pemeliharaan dan digunakan untuk menetapkan jadwal perawatan. Konsep keandalan memiliki kegunaan yang signifikan di berbagai industri, seperti dalam menentukan kapan peralatan dan komponen mesin perlu diganti [10]. Keandalan secara umum diaplikasikan terhadap 4 kelompok utama, yaitu:

1. Komponen dan sistem (*component and system*)
2. Struktur (*structural*)
3. Manusia (*human*)
4. Perangkat lunak (*software*)

Secara umum terdapat dua metode yang digunakan untuk mengkaji keandalan terhadap suatu sistem, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif yaitu metode yang berbasis dari pengalaman dari orang atau personal yang terlibat pada sistem tersebut. Sedangkan metode kuantitatif yaitu metode yang melalui perhitungan matematis terhadap sistem yang akan dikaji [9].

Bentuk analisa keandalan kualitatif dan kuantitatif sebagai berikut:

1. Analisa kualitatif
 - a. *Fault Tree Analysis* (FTA)
 - b. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
 - c. *Failure Mode and Effect Critically Analysis* (FMECA)
 - d. *Reliability Centered Maintenance* (RCM)
 - e. *Logic Tree Analysis* (LTA)
2. Analisa kuantitatif
 - a. Metode *Cut Set*
 - b. Metode *Tie Set*
 - c. Rantai Markov (*Markov Chain*)
 - d. Proses Markov (Markov proces)



- 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.

- e. Perhitungan langsung pada sistem-sistem sederhana
- f. Pendekatan dengan probabilitas kondisional

Adapun tujuan utama dilakukan-nya studi keandalan ialah sebagai sumber informasi dalam mengambil keputusan. Keandalan memiliki jangkauan yang sangat luas, area yang dapat memanfaatkan teknologi keandalan diantaranya sebagai berikut:

- a. Analisa risiko dan keselamatan (*risk analysis/safety*)

Analisa keandalan merupakan analisa yang dilakukan untuk menghindari risiko dan menjaga keselamatan, hampir sebagian besar analisa keandalan bertujuan untuk studi risiko dan keandalan. Pada umumnya analisa risiko dibuat dengan menerapkan dua metode, yaitu *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA) yang dilakukan dengan teknik keandalan seperti dampak kegagalan dan analisa modus, sedangkan yang kedua adalah *Fault Tree Analysis* (FTA) menerapkan teknik keandalan dengan analisa pohon kegagalan. Selain metode tersebut, terdapat metode lain yang bisa digunakan, antara lain *Criticality Analysis*, *Hazard and Operability* dan *Cause Consequence Analysis*.

- b. Proteksi lingkungan (*Environmental protection*)

Studi keandalan juga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki desain dan keteraturan operasional pada sistem lingkungan, seperti sistem pembersih air atau gas.

- c. Kualitas (*Quality*)

Konsep dari kualitas dan keandalan merupakan konsep yang tak dapat dipisahkan, keandalan merupakan hal yang dianggap sebagai karakteristik dari kualitas. Maka dari itu setiap sistem-sistem yang saling terhubung dan saling melengkapi dalam suatu sistem besar memiliki manajemen keandalan dan jaminan kualitas.

- d. Optimasi operasi dan perawatan (*Optimization of maintenance and operation*)

Untuk mencegah terjadi-nya kegagalan pada sistem atau mengembalikan fungsi sistem setelah terjadi-nya kegagalan maka hal yang harus dilakukan ialah perawatan.

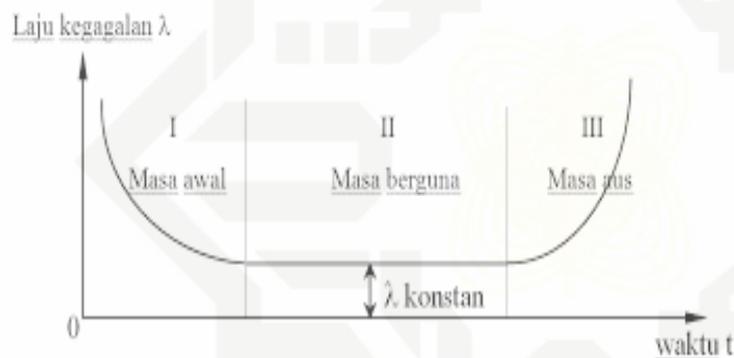
- e. Desain rekayasa (*engineering design*)

Kualitas dari suatu produk teknik adalah hal yang merupakan salah satu karakteristik dari keandalan. Maka dari itu jaminan keandalan merupakan hal yang paling penting dalam proses mendesain suatu produk atau sistem.

2.3.1 Laju Kegagalan

Laju kegagalan merujuk pada jumlah kegagalan dalam suatu periode waktu tertentu, atau dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah kegagalan yang terjadi selama interval waktu yang ditentukan. Untuk menganalisis keandalan suatu sistem, alat, atau komponen, penting untuk memperhatikan laju kegagalan (*failure rate*) dari setiap komponen saat terjadi kegagalan selama operasional.

Kegagalan suatu alat atau komponen dapat mengalami tiga fase kegagalan, dan pengamatan terhadap karakteristik jenis kegagalan perlu dilakukan pada alat atau komponen untuk menetapkan langkah-langkah pencegahan terhadap kegagalan yang mungkin lebih besar. Tiga fase kegagalan tersebut melibatkan masa awal (*burn-in*), masa berguna (*useful life*), dan masa aus (*wear-out*). Kurva yang muncul dari tiga fase kegagalan ini membentuk suatu pola yang sering disebut sebagai kurva bak mandi (*bathtub curve*) [16].



Gambar 2.8 Kurva Kegagalan [8]

Pada gambar 2.7, tergambar keandalan suatu alat atau komponen dalam konteks laju kegagalan seiring berjalannya waktu penggunaan alat. Saat berada pada masa awal (*burn-in*) di mana alat pertama kali beroperasi, laju kerusakan alat mengalami penurunan sejalan dengan waktu. Penurunan laju kegagalan terjadi karena adanya kegagalan dini pada alat. Selama masa berguna (*useful life*), laju kerusakan cenderung tetap atau konstan, dan kegagalan pada periode ini umumnya disebabkan oleh beban yang melebihi kapasitas alat atau komponen, atau faktor penyebab lainnya. Fase ketiga, yaitu masa aus (*wear-out*), menunjukkan peningkatan bertahap dalam laju kerusakan seiring berjalannya waktu. Kegagalan pada fase ini disebabkan oleh kondisi alat yang mengalami penurunan kualitas atau penuaan, korosi, gesekan, dan faktor penyebab lainnya.



2.3.2 Distribusi Eksponensial

Waktu kejadian kerusakan pada setiap peralatan dianggap sebagai variabel acak. Sebelum mengestimasi probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan, penting untuk memahami secara statistik distribusi kerusakan peralatan tersebut. Distribusi kerusakan ini bergantung pada interval waktu terjadinya kerusakan. Distribusi eksponensial digunakan sebagai model untuk menggambarkan laju kerusakan yang konstan pada sistem yang beroperasi secara kontinue [16]. Distribusi eksponensial secara luas diterapkan dalam bidang keandalan dan perawatan karena kemudahannya dalam penggunaan untuk berbagai jenis analisis serta memiliki laju kegagalan yang konstan selama masa pakai. Distribusi ini bergantung pada nilai λ , yang menunjukkan laju kegagalan (konstan). Fungsi-fungsi dari distribusi eksponensial mencakup [16]:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

Fungsi ini mencerminkan bahwa kerusakan berlangsung secara berkelanjutan (continuous). Penilaian kerusakan dilakukan dengan menggunakan data variabel seperti tinggi, jarak, dan waktu.

$$f(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

Fungsi ini menyatakan probabilitas kerusakan

$$f(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.2)$$

3. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.3)$$

Nilai $e = 2.718$

Keterangan:

$R(t)$: Fungsi Keandalan

$e^{-\lambda t}$: Eksponensial

λ : laju kerusakan

t : Jarak waktu perbaikan alat menuju kerusakan kembali (jam)

e : 2,718 ...



4. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \lambda \tag{2.4}$$

Dimana $\lambda = \frac{N}{T}$

Keterangan :

- $h(t)$: Tingkat kegagalan pada waktu t
- λ : Tingkat kegagalan atau laju kegagalan
- N : Jumlah kegagalan
- T : Total waktu operasional

Pemodelan keandalan sistem terbagi dalam dua jenis yaitu [9]:

1. Pemodelan sistem seri, yaitu dimana sistem dapat melaksanakan fungsinya atau beroperasi jika semua dalam sistem tersebut beroperasi, jika salah satu komponen mengalami kerusakan maka secara keseluruhan sistem mengalami kerusakan. Sistem seri dapat digambarkan sebagai berikut:

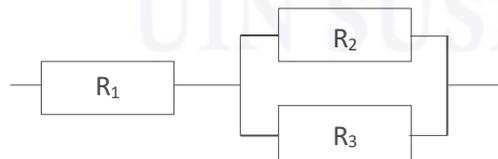


Gambar 2.9 Model Keandalan Sistem Seri [9]

Jika keandalan masing-masing komponen adalah $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, maka keandalan sistem seri adalah

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n \tag{2.5}$$

2. Pemodelan sistem paralel, yaitu dimana sistem dapat melaksanakan fungsinya jika minimal satu komponen atau penyusunannya beroperasi, sistem paralel gagal bila seluruh komponennya gagal. Sistem seri dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.10 Model Keandalan Paralel [9]

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



Jika keandalan masing-masing komponen adalah $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, maka keandalan sistem paralel adalah

$$R_p = 1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_2) \times (1 - R_3) \times \dots \times (1 - R_n)] \quad (2.7)$$

Ada beberapa istilah yang berhubungan dengan keandalan sistem, yaitu [8]:

1. Komponen, merupakan bagian dari suatu sistem.
2. *Failure* (kegagalan), merupakan suatu kerusakan perangkat atau sistem sehingga tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
3. *Failure rate* (laju kerusakan), menunjukkan jumlah kegagalan atau kerusakan selama waktu pakai.
4. *Mean time between failure* (MTBF), adalah nilai rata-rata waktu diantara dua kejadian kegagalan untuk suatu komponen atau sistem, mempunyai satuan jam atau tahun.
5. *Mean time to failure* (MTTF), adalah nilai rata-rata waktu sistem untuk menuju kegagalan.
6. *Mean time to repair* (MTTR), adalah nilai rata-rata waktu untuk perbaikan suatu element dalam suatu sistem untuk kembali beroperasi.
7. Keandalan adalah peluang bahwa perangkat dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan setelah waktu yang ditentukan.
8. *Avilability* (ketersediaan), adalah kemampuan suatu sistem dapat beroperasi sebagai mana mestinya pada suatu saat atau waktu yang ditentukan.
9. *Unavailability* (ketidaktersediaan), adalah probabilitas sistem tidak dapat beroperasi. Mempunyai satuan menit per tahun.
10. *Down time system* (DTS), merupakan waktu rata-rata suatu sistem tidak melakukan fungsinya seperti yang diinginkan.

2.4 Ketersediaan (*Availability*)

Availability adalah kemampuan suatu sistem dapat beroperasi sebagaimana mestinya pada suatu saat atau waktu yang ditentukan. Analisa rekayasa ketersediaan merupakan suatu metodologi yang dapat membantu para peneliti dalam memperbaiki produktivitas dari sebuah *plant*.

Dalam menentukan ketersediaan didapatkan dari dua faktor yaitu, *mean time to repair* (MTTR) atau waktu rata – rata mengerjakan perbaikan dan *mean time between*



failure (MTBF) atau rata – rata waktu beroperasinya komponen tanpa mengalami kerusakan. Berikut persamaan yang digunakan dalam menentukan *availability* :

1. Persamaan laju kegagalan

$$\lambda = \frac{N}{T} \tag{2.8}$$

Keterangan :

λ : Tingkat kegagalan atau laju kegagalan

N : Jumlah kegagalan

T : Total waktu operasional

2. Persamaan MTBF (*mean time between failure*)

$$MTBF = \frac{T}{N} \tag{2.9}$$

Keterangan :

MTBF : Rata – rata waktu beroperasinya komponen tanpa mengalami kerusakan

T : Total waktu operasional

N : Jumlah kerusakan

3. Persamaan MTTR (*mean time to repair*)

$$MTTR = \frac{T_{repair}}{N} \tag{2.10}$$

Keterangan :

MTTR : Waktu rata – rata melakukan perbaikan

T_{repair} : Total waktu perbaikan

N : Jumlah kerusakan

4. Persamaan ketersediaan (*Availability*)

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \tag{2.11}$$

Keterangan :

A : *Availability*

MTBF : Rata – rata waktu beroperasinya komponen tanpa mengalami kerusakan

MTTR : Waktu rata – rata melakukan perbaikan

Nilai dari *availability* adalah 0% sampai dengan 99,9% semakin tinggi nilai *availability* suatu komponen maka semakin tinggi kualitas komponen atau sistem tersebut. Nilai standar *availability* untuk industri adalah 90% atau lebih [8].

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 dimiliki UIN Suska Riau. Diteliti dan diterbitkan oleh Prof. Dr. H. Syarif Kasim Riau.



2.5 Metode (FTA) *Fault Tree Analysis*

FTA adalah suatu teknik untuk mengidentifikasi kegagalan suatu sistem dengan memanfaatkan pohon kegagalan (*fault tree*). Pendekatan yang diterapkan oleh FTA adalah metode yang berfokus pada fungsi, yang dikenal sebagai pendekatan *top down* karena analisis dimulai dari level tertinggi dan kemudian ditelusuri ke level yang lebih rendah. Proses analisis dimulai dengan mengidentifikasi mode kegagalan fungsional pada level tertinggi dari suatu sistem atau subsistem. Untuk menentukan penyebab kegagalan suatu sistem atau potensi kejadian, FTA dapat digunakan. Dalam membangun FTA, sebuah peristiwa utama harus ditentukan terlebih dahulu sebelum mengidentifikasi kemungkinan penyebab kejadian tersebut [8].

Pohon kegagalan (*fault tree*) menggambarkan kondisi komponen-komponen sistem (*basic event*) dan hubungan antara *basic event* dengan peristiwa utama. Untuk menyatakan hubungan antara peristiwa, simbol grafis yang dikenal sebagai gerbang logika (*logic gate*) digunakan. Secara umum, FTA dapat dibuat melalui empat langkah, yaitu mendefinisikan batasan kondisi dari sistem, membangun pohon kegagalan, mengidentifikasi set potong minimal, menganalisis *fault tree* secara kualitatif, dan menganalisis *fault tree* secara kuantitatif.

1. Pendefinisian masalah kondisi batas dari suatu system

Langkah awal dalam mendefinisikan FTA terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah menetapkan dua hal, yakni menentukan peristiwa kritis yang akan dianalisis dan menetapkan kondisi batas untuk dianalisis pada tahap kedua. Peristiwa kritis yang menjadi fokus analisis disebut sebagai peristiwa utama atau *top event*. Dalam menganalisis *top event*, penting untuk mendefinisikannya dengan jelas, sehingga deskripsi *top event* dapat memberikan jawaban terhadap pertanyaan apa (*what*), kapan (*when*), dan di mana (*where*).

2. Pengkontruksian *fault tree*

Pembangunan *fault tree* dimulai dari *top event*, oleh karena itu, pengenalan penyebab *top event* perlu dilakukan secara cermat dalam *fault tree*. Untuk menghubungkan penyebab kegagalan ke *top event*, digunakan suatu gerbang logika, dan penyebab pertama di bawah *top event* harus diatur dengan terstruktur. Level pertama di bawah *top event* dikenal sebagai *top structure*, yang diambil dari kegagalan fungsi utama suatu sistem. Proses analisis dalam konstruksi dilakukan secara bertahap, dengan *fault tree* dikembangkan melalui berbagai level hingga mencapai resolusi yang telah

ditentukan. Ada beberapa peraturan yang harus dipatuhi dalam pembangunan *fault tree*, beberapa di antaranya adalah sebagai berikut:

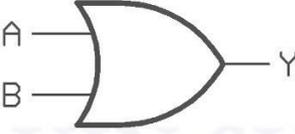
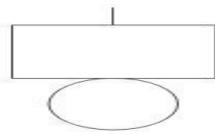
a. Deskripsi *fault tree*

Penting untuk dengan cermat mendefinisikan setiap *basic event* secara detail.

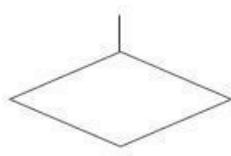
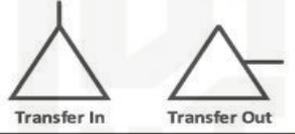
b. Evaluasi *basic event*

Setiap kegagalan komponen yang terjadi dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu *primary failure*, *secondary failure*, dan *command failure*. *Basic event* yang umum pada *fault tree* adalah *primary failure*, yang merupakan komponen yang menjadi pemicu kegagalan. Setelah melakukan penyelidikan lebih lanjut terhadap *primary failure* atau penyebab utama, kemungkinan akan ditemukan *intermediate event* dalam bentuk *secondary failure* dan *command fault*. Struktur pohon digunakan untuk menggambarkan hubungan antara komponen-komponen ini, dengan memanfaatkan simbol-simbol yang dijelaskan dalam tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Simbol *fault tree* [9].

Nama	Simbol	Deskripsi
Logic Gates	<p>AND-Gate</p> 	AND-Gate menunjukkan output Y akan terjadi bila input A dan B terjadi secara serentak.
	<p>OR-Gate</p> 	OR-Gate menunjukkan output Y akan terjadi jika sembarang input terjadi.
	<p>Basic Event</p> 	<i>Basic event</i> merupakan kegagalan yang tidak memerlukan penelitian lebih lanjut.

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.

<p><i>Input event</i></p>	<p><i>Undeveloped Event</i></p> 	<p><i>Undeveloped event</i> merupakan kegagalan yang tidak dapat diteliti karena tidak tersedianya informasi.</p>
<p><i>Description of state</i></p>	<p><i>Comment rectangle</i></p> 	<p>Digunakan sebagai informasi kerusakan.</p>
<p><i>Transfer symbol</i></p>	<p><i>Transfer symbol</i></p> 	<p>merupakan kejadian yang sama atau merujuk antara <i>transfer In</i> dan <i>Out</i>.</p>

3. Mengidentifikasi minimal *cut set*

Cut set merupakan sekelompok elemen yang apabila mengalami kegagalan dapat mengakibatkan kegagalan pada sistem, sementara minimal *cut set* merujuk pada kegagalan sistem yang disebabkan oleh kegagalan seluruh elemen dalam sistem tersebut. Dengan menggunakan konsep minimal *cut set*, minimalnya satu elemen pada setiap *cut set* harus beroperasi agar sistem dapat berfungsi [15]. Dalam istilah *fault tree*, *cut set* dapat dijelaskan sebagai peristiwa dasar yang, jika terjadi secara bersamaan, akan mengakibatkan terjadinya *top event* atau *cut set* minimal, yang merupakan kombinasi terkecil dari peristiwa dasar. Jumlah peristiwa dasar yang berbeda dalam suatu *cut set* minimal disebut sebagai orde *cut set*. Pada *fault tree* yang sederhana, mungkin untuk memperoleh *cut set* minimal tanpa menggunakan algoritma, tetapi pada *fault tree* yang lebih kompleks, diperlukan suatu algoritma untuk menemukan *cut set* minimal. Salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk mendapatkan *cut set* minimal dalam *fault tree* adalah MOCUS (*method for obtaining cut set*) [8].

4. Analisa kualitatif *fault tree*

Analisis kualitatif pada *fault tree* dilaksanakan dengan mempertimbangkan *cut set* minimal. Tingkat kekritisitas suatu *cut set* tergantung pada jumlah peristiwa dasar dalam

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.



cut set tersebut, umumnya *cut set* dengan orde satu dianggap lebih kritis daripada *cut set* dengan orde dua atau lebih. Jika *fault tree* memiliki *cut set* orde satu, *top event* dapat terjadi beberapa waktu setelah peristiwa dasar. Sebaliknya, jika *fault tree* memiliki *cut set* orde dua atau lebih, *top event* hanya akan terjadi jika semua peristiwa terjadi secara serentak. Tingkat kekritisannya dari berbagai *cut set* diurutkan berdasarkan faktor peristiwa dasar sebagai berikut:

- a. Kesalahan dari manusia atau operator (*human error*).
- b. Kegagalan peralatan/komponen yang aktif (*active equipment failure*).
- c. Kegagalan peralatan/komponen yang pasif (*passive equipment failure*).

Dari urutan *Basic event* yang disusun di atas, dapat disimpulkan bahwa kesalahan manusia lebih sering terjadi daripada kegagalan peralatan atau komponen yang aktif. Selain itu, peralatan atau komponen aktif cenderung lebih rentan terhadap kegagalan dibandingkan dengan peralatan atau komponen pasif.

2.6 Tujuan dan Manfaat Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Metode FTA digunakan dengan tujuan untuk menganalisis dan memahami penyebab – penyebab kegagalan dalam suatu sistem. Berikut adalah beberapa tujuan dan manfaat utama dari metode FTA.

1. Tujuan metode *fault tree analysis* (FTA)

Adapun tujuan dari metode FTA adalah sebagai berikut :

- a. FTA digunakan untuk mendeteksi kombinasi antara kesalahan peralatan dan kesalahan manusia yang mengakibatkan terjadinya kejadian yang tidak diinginkan atau kecelakaan.
- b. FTA juga berguna dalam meramalkan peristiwa yang tidak diinginkan tersebut, sehingga langkah-langkah koreksi dapat diambil untuk meningkatkan tingkat keamanan.

2. Manfaat metode *fault tree analysis* (FTA)

Adapun manfaat dari metode FTA adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan faktor – faktor yang menimbulkan penyebab kegagalan.
- b. Menemukan tahapan kejadian yang menjadi penyebab kegagalan.
- c. Menganalisa kemungkinan sumber-sumber risiko sebelum kegagalan timbul.
- d. Melakukan investigasi suatu kegagalan.



© 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.



UIN SUSKA RIAU



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

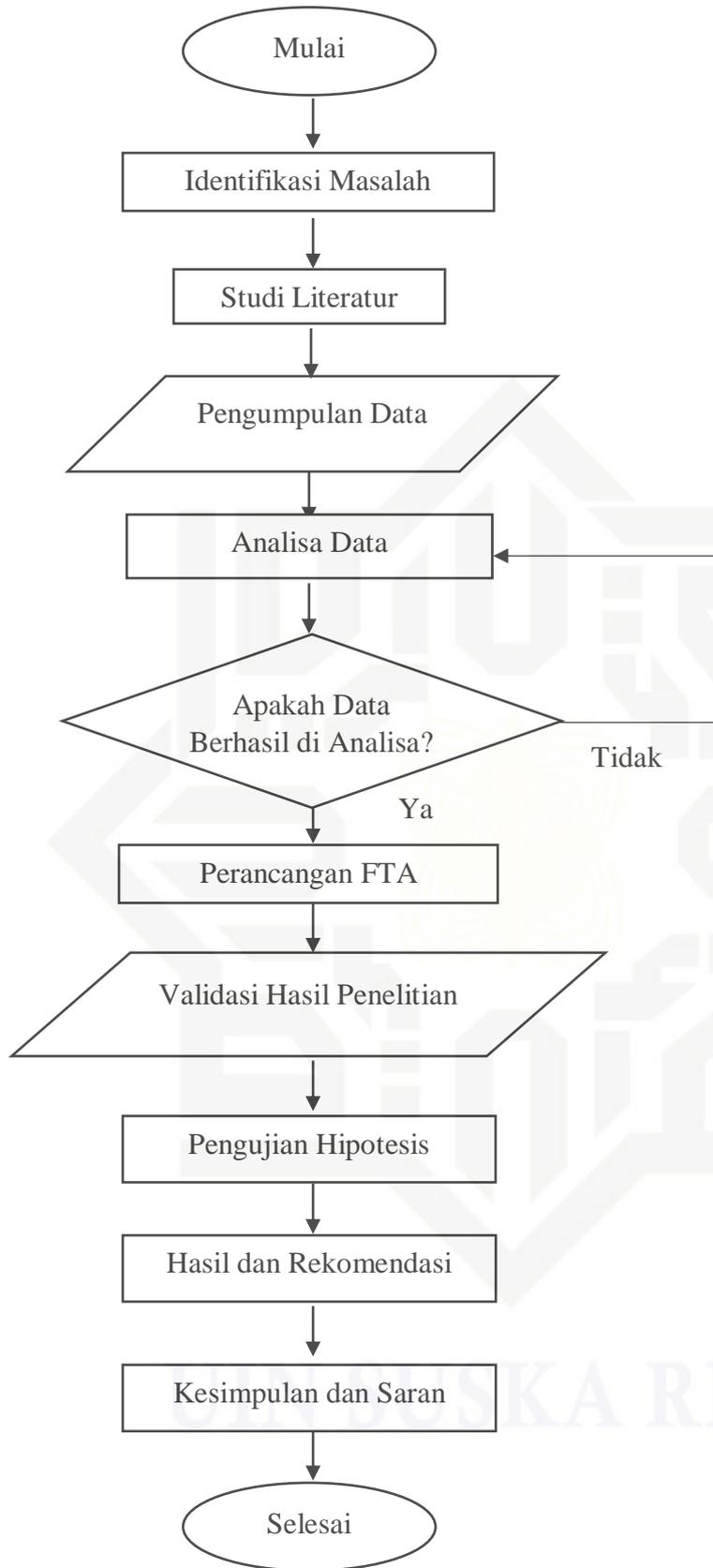
3.1 Alur Penelitian

Penelitian yang diajukan oleh penulis ini merupakan penelitian kualitatif. Jenis penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan pada alat atau komponen instrumentasi secara mendalam, sehingga dapat mengontrol laju kerusakan agar tetap stabil atau tidak berlangsung terlalu cepat berdasarkan analisis data dan keandalan. Meskipun penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk memahami keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1, akan tetapi untuk meningkatkan analisis, elemen kuantitatif dimasukkan. Dilakukan perhitungan probabilitas kegagalan pada setiap cabang pohon kegagalan dalam *Fault Tree Analysis* (FTA) dengan data seperti frekuensi kegagalan dan waktu pemeliharaan. Ini memungkinkan evaluasi risiko yang sistematis dan wawasan tentang area-area rentan terhadap kegagalan. Dilakukan juga evaluasi dampak finansial dari kegagalan sistem dengan mempertimbangkan biaya downtime, kerusakan peralatan, dan kerugian produksi. Integrasi elemen kuantitatif ini memberikan analisis yang terukur dan rekomendasi yang lebih tepat untuk meningkatkan keandalan sistem di PKS PT. Subur Arum Makmur 1. Proses penelitian ini melibatkan beberapa tahapan yang perlu dilalui guna memecahkan masalah dan mencapai hasil yang diharapkan. Tahapan-tahapan tersebut diilustrasikan dalam bentuk diagram alir, seperti yang tergambar pada Gambar 3.1 berikut ini :

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.



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian



3.2 Identifikasi Masalah

Pada tahap identifikasi masalah, langkah awal yang diambil adalah melakukan pengamatan awal di PKS PT. Subur Arum Makmur 1 guna menilai situasi dan permasalahan yang terjadi. Setelah itu, dilakukan pengamatan pada instrumentasi mesin *sterilizer* serta pengumpulan data mengenai kerusakan dan kegagalan yang pernah terjadi pada instrumentasi sistem *sterilizer*. Topik yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah mengidentifikasi penyebab-penyebab kerusakan pada instrumentasi sistem *sterilizer*.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai langkah pertama dalam penelitian, dengan tujuan menjadi panduan yang membantu dalam pemahaman dan penyelidikan lebih lanjut. Proses ini melibatkan pengumpulan beragam materi yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti serta tujuan dari penelitian tersebut. Materi yang akan diambil sebagai referensi dalam penelitian ini mencakup berbagai sumber, seperti buku, jurnal, skripsi, wawancara dengan ahli terkait, dan data mengenai kerusakan yang terkait dengan instrumentasi sistem *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1. Dengan memanfaatkan beragam sumber ini, diharapkan penelitian dapat dilakukan dengan lebih terarah dan mendalam, serta dapat memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap permasalahan yang sedang diteliti.

3.4 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilaksanakan untuk memperoleh bahan informasi yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian serta mencapai sasaran yang telah ditetapkan. Dalam menyelesaikan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya, diperlukan data dan informasi yang bersumber dari PKS PT. Subur Arum Makmur 1. Data dan informasi ini juga diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Metode pengumpulan data seperti observasi, wawancara, dan analisis dokumen digunakan untuk memperkuat analisis. Observasi langsung pada operasi instrumentasi sistem *sterilizer* memungkinkan pemahaman tentang lingkungan operasional dan respons terhadap kegagalan. Wawancara dengan operator dan analisis dokumen seperti laporan pemeliharaan memberikan data tentang frekuensi kegagalan dan praktik pemeliharaan. Ini penting untuk mengidentifikasi pola kegagalan sistem. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan gambaran keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1 dan langkah-langkah perbaikan yang diperlukan. Proses pengumpulan data



bertujuan untuk mendapatkan data dan informasi yang diperlukan dalam rangka pelaksanaan penelitian ini. Berikut ini adalah data – data yang dibutuhkan untuk dapat menghasilkan diagram *fault tree analysis* (FTA):

1. Data historis kegagalan, meliputi catatan tentang insiden-insiden kegagalan yang terjadi pada sistem, seperti frekuensi, waktu, dan durasi kegagalan, serta dampaknya terhadap operasi. Data ini bermanfaat dalam mengidentifikasi pola dan tren kegagalan yang sering terjadi.
2. Data operasional, data ini mencakup informasi tentang kondisi operasional sistem pada saat kegagalan terjadi, termasuk parameter operasional, kondisi lingkungan, dan pengaturan sistem. Data ini sangat penting dalam memahami konteks di mana kegagalan terjadi.
3. Spesifikasi teknis sistem, mencakup detail tentang desain sistem, yang meliputi diagram alur proses, spesifikasi peralatan, dan deskripsi teknis komponen sistem. Informasi ini penting untuk pemahaman operasional sistem dan identifikasi potensi titik kegagalan.
4. Data pemeliharaan dan perawatan, data ini mencakup catatan kegiatan pemeliharaan yang telah dilakukan, termasuk jadwal pemeliharaan, jenis tindakan pemeliharaan, dan catatan perbaikan. Informasi ini berguna untuk mengevaluasi efektivitas aktivitas pemeliharaan dalam mencegah kegagalan.
5. Standar operasional dan kepatuhan, mencakup informasi tentang standar industri yang berlaku serta sejauh mana sistem mematuhi standar tersebut, termasuk regulasi keselamatan, standar kualitas, dan praktik terbaik dalam industri.
6. Masukan dari operator dan teknisi, meliputi wawasan dari individu yang berinteraksi langsung dengan sistem, termasuk pengalaman mereka dengan kegagalan sistem dan pemahaman mereka tentang penyebab kegagalan.
7. Analisis Kausalitas adalah data yang membantu mengidentifikasi hubungan sebab akibat antara berbagai faktor yang mungkin berkontribusi terhadap kegagalan. Ini bisa mencakup studi kasus, penelitian sebelumnya, atau analisis insiden.
8. Data kuantitatif tentang risiko, data ini mencakup informasi tentang probabilitas kegagalan dari komponen individu atau operasi, serta dampak potensial dari kegagalan tersebut terhadap keseluruhan sistem. Informasi ini digunakan untuk menghitung risiko dan menetapkan prioritas dalam analisis FTA.

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.



3.5 Pengolahan Data

Pada tahapan ini, pengolahan data dilaksanakan dengan merujuk pada data-data yang telah terhimpun sebelumnya selama proses penelitian. Data-data ini diperoleh dari hasil pengumpulan yang telah dilakukan sebelumnya. Setelah data-data tersebut terhimpun, dilakukan proses pengolahan menggunakan metode FTA. Berikut ini adalah langkah-langkah bagaimana data yang sudah didapat diolah menjadi FTA:

1. Identifikasi *Top Event*

Top event (kegagalan sistem) yang akan dianalisis adalah kegagalan pada instrumentasi sistem *sterilizer* di industri pengolahan kelapa sawit. Contoh kegagalan yang mungkin terjadi adalah kegagalan dalam mempertahankan suhu dan tekanan yang tepat.

2. Identifikasi Analisis Kualitatif *Basic Events*

Diperlukan identifikasi seluruh peristiwa dasar (*basic events*) yang mungkin menjadi penyebab *top event*. Proses ini melibatkan pengumpulan data historis kegagalan, data operasional, serta spesifikasi teknis sistem, dan informasi lainnya guna memahami faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan kegagalan sistem. Setiap peristiwa dasar harus diidentifikasi berdasarkan jenisnya, seperti kesalahan perangkat keras, kesalahan manusia, atau kegagalan perangkat lunak.

3. Struktur Logika dan Minimal *Cut Sets*

Gunakan struktur logika FTA untuk menghubungkan *basic events* dengan *top event*. Struktur ini biasanya diwakili dalam bentuk pohon dengan gate logis seperti AND dan OR. Minimal cut sets adalah kombinasi minimal dari *basic events* yang jika terjadi bersamaan akan menyebabkan *top event*. Identifikasi ini membantu menentukan area kritis yang memerlukan perhatian.

4. Analisis Kuantitatif

Lakukan perhitungan probabilitas kegagalan untuk setiap *basic event* berdasarkan data historis. Kemudian, gunakan struktur logika FTA untuk menghitung probabilitas dari *top event*. Ini akan memberi gambaran tentang seberapa andal sistem dan area mana yang memerlukan perbaikan untuk mengurangi risiko kegagalan.

5. Prioritas Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif dan kualitatif, prioritaskan perbaikan pada komponen atau proses yang paling berkontribusi terhadap risiko kegagalan sistem.



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.

3.6

Analisa Data

Pada tahap ini, data-data mengenai kerusakan yang telah diperoleh dari PKS PT. Subur Arum Makmur 1 dianalisis untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan pada instrumentasi sistem *sterilizer* dari periode tahun 2021-2023. Langkah-langkah yang diambil dalam analisis meliputi penentuan kejadian utama dari mesin *sterilizer* serta pengetahuan tentang penyebab kejadian utama tersebut. Melalui analisis data, peneliti memeriksa pola kegagalan sebelumnya, tren, dan faktor-faktor penyebab kegagalan sistem, serta mengidentifikasi potensi kegagalan, mengevaluasi risiko, dan mendukung penilaian keandalan sistem. Informasi yang diperoleh dari analisis data menjadi landasan untuk merancang *fault tree* yang akurat dan relevan. Dengan demikian, analisis data merupakan tahap awal yang krusial dalam memastikan keberhasilan analisis keandalan sistem dan pembangunan *fault tree* yang efektif dalam konteks pabrik kelapa sawit tersebut. Evaluasi *cut sets*, yang melibatkan identifikasi semua kombinasi peristiwa dasar yang dapat menyebabkan kegagalan sistem, dilakukan untuk menentukan probabilitas kegagalan sistem berdasarkan *cut sets* yang diidentifikasi, serta mengevaluasi potensi dampak setiap *cut set* terhadap keandalan sistem dan memprioritaskan *cut sets* yang paling kritis. Penggunaan software analisis, seperti TopEvent FTA dapat membantu mempermudah proses analisis dengan memasukkan data yang dikumpulkan ke dalam

Ini mungkin termasuk penggantian komponen yang sering gagal, peningkatan prosedur pemeliharaan, atau penerapan solusi teknologi baru.

6. Rekomendasi dan Perbaikan

Kembangkan rekomendasi yang spesifik dan praktis berdasarkan analisis untuk meningkatkan keandalan sistem. Ini bisa berupa tindakan teknis maupun prosedural.

7. Validasi Model

Bandingkan hasil analisis FTA dengan data kegagalan historis dan masukan dari ahli untuk memvalidasi keakuratan model. Ini bisa dilakukan melalui studi kasus, simulasi, atau validasi ahli industri.

8. Dokumentasi dan Review

Dokumentasikan seluruh proses dan hasil FTA, dan lakukan review bersama tim proyek dan *stakeholder*. Ini termasuk mengidentifikasi pelajaran yang dipetik dan bagaimana penerapan rekomendasi dapat mencegah kegagalan di masa depan.



perangkat lunak dan menggunakan fitur-fitur analisis yang disediakan untuk membangun *fault tree* dan mengevaluasi keandalan sistem.

3.6.1 Analisis Kualitatif FTA

Analisis Kualitatif FTA (*Fault Tree Analysis*) merupakan sebuah proses yang dilakukan dengan fokus yang sangat mendalam pada identifikasi dan evaluasi setiap jalur potensial kegagalan yang mungkin terjadi dan dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan pada sistem (*top event*). Proses ini melibatkan tahapan yang komprehensif dalam mengidentifikasi semua peristiwa-peristiwa dasar (*basic event*) yang memiliki potensi untuk menjadi penyebab terjadinya kegagalan sistem. Selain itu, metode ini juga menggunakan pendekatan minimal *cut sets* untuk menentukan kombinasi kegagalan yang paling kritis yang dapat menyebabkan terjadinya *top event* tersebut. Dengan melakukan analisis ini secara teliti, dimungkinkan untuk mengidentifikasi dengan jelas faktor-faktor yang paling signifikan dalam kontribusinya terhadap risiko kegagalan sistem. Melalui pendekatan yang sistematis dan terperinci seperti Analisis Kualitatif FTA, perusahaan dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai potensi risiko yang terkait dengan sistem mereka dan dengan demikian, dapat mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan yang dapat mengganggu kelancaran operasi perusahaan.

3.6.2 Analisis Kuantitatif FTA

Analisis Kuantitatif FTA (*Fault Tree Analysis*) merupakan suatu proses yang dilaksanakan dengan mengadopsi pendekatan matematis yang cermat, di mana probabilitas dari terjadinya *top event* dihitung berdasarkan probabilitas dari masing-masing peristiwa dasar (*basic event*) serta struktur logika dari FTA itu sendiri. Proses ini melibatkan tahapan yang teliti dalam menghitung probabilitas kegagalan untuk setiap komponen atau peristiwa dasar dengan menggunakan data historis kegagalan yang telah terjadi sebelumnya. Probabilitas ini kemudian digunakan untuk melakukan estimasi terhadap probabilitas dari terjadinya *top event* yang diinginkan. Dengan demikian, melalui analisis ini, sebuah gambaran yang lebih komprehensif tentang tingkat keandalan sistem dapat diperoleh, memungkinkan identifikasi terhadap area-area yang memerlukan perbaikan atau peningkatan untuk mengurangi risiko kegagalan. Melalui pendekatan yang matematis dan terperinci ini, perusahaan dapat melakukan evaluasi yang lebih objektif terhadap kinerja



sistem mereka dan mengambil tindakan yang tepat guna meningkatkan kehandalan serta mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan yang dapat mengganggu operasional perusahaan secara keseluruhan.

3.6.3 Prioritas Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif, langkah Prioritas perbaikan dilaksanakan dengan tujuan mengidentifikasi komponen atau proses mana yang memerlukan perhatian lebih atau perbaikan untuk menurunkan risiko kegagalan sistem. Dengan demikian, upaya ini ditujukan untuk meningkatkan kehandalan sistem secara keseluruhan. Analisis tersebut membantu dalam menetapkan prioritas tindakan yang diperlukan guna memperbaiki performa sistem dan mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan di masa depan.

3.6.4 Evaluasi Dampak Operasional

Evaluasi Dampak Operasional merupakan sebuah proses yang ditujukan untuk mendalami secara menyeluruh bagaimana kegagalan sistem memiliki pengaruh terhadap segala aspek operasional yang terjadi di lingkungan kerja PKS PT. Subur Arum Makmur

1. Tujuan utama dari evaluasi ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan sistem terhadap keseluruhan operasi perusahaan, yang mencakup aspek-aspek seperti efisiensi produksi, keselamatan kerja, dan mutu dari produk yang dihasilkan. Dengan melakukan evaluasi yang teliti terhadap setiap proses operasional, perusahaan dapat mengidentifikasi dengan lebih tepat di mana letak kelemahan sistem yang dapat menyebabkan gangguan atau hambatan dalam operasi sehari-hari. Selain itu, evaluasi ini juga berfungsi sebagai landasan bagi perusahaan untuk mengambil langkah-langkah perbaikan yang diperlukan guna memperbaiki efisiensi, meningkatkan standar keselamatan kerja, serta meningkatkan mutu dari produk yang dihasilkan. Dengan demikian, evaluasi dampak operasional merupakan suatu langkah yang krusial dalam rangka menjaga kelancaran dan keberlangsungan operasional Pabrik Kelapa Sawit.

- 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.



3.6.5 Pengembangan Rekomendasi

Pengembangan Rekomendasi merupakan suatu tahapan yang dilakukan dengan mengacu pada hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya, dengan tujuan menghasilkan rekomendasi-rekomendasi yang tidak hanya spesifik tetapi juga praktis, yang bertujuan untuk meningkatkan tingkat keandalan dari sistem yang bersangkutan. Proses ini melibatkan penyusunan rekomendasi yang dapat diterapkan secara konkret dalam konteks operasional perusahaan. Rekomendasi tersebut dapat mencakup berbagai aspek, mulai dari perubahan pada desain sistem, perbaikan pada prosedur pemeliharaan yang ada, hingga implementasi teknologi-teknologi baru yang mungkin lebih canggih dan efisien. Dengan demikian, pengembangan rekomendasi ini tidak hanya didasarkan pada analisis yang telah dilakukan sebelumnya, tetapi juga melibatkan pemahaman yang mendalam mengenai kebutuhan dan konteks spesifik dari sistem yang sedang dievaluasi. Melalui proses ini, diharapkan perusahaan dapat mengidentifikasi solusi-solusi yang tepat dan berdaya guna untuk meningkatkan kinerja dan kehandalan sistem secara keseluruhan, serta memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pencapaian tujuan-tujuan operasional yang diinginkan.

3.6.6 Pengujian Hipotesis

Apabila dianggap perlu, Pengujian Hipotesis dilaksanakan guna melakukan verifikasi terhadap hubungan yang ada antara faktor-faktor penyebab kegagalan yang telah diidentifikasi dengan kegagalan yang terjadi pada sistem secara aktual. Langkah ini bertujuan untuk membantu dalam proses konfirmasi atas tingkat efektivitas dari rekomendasi-rekomendasi yang telah disusun sebelumnya. Melalui pengujian hipotesis ini, diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai sejauh mana hubungan antara faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi terjadinya kegagalan sistem. Dengan demikian, proses pengujian hipotesis ini juga dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penilaian atas kesesuaian dan keterandalan dari rekomendasi yang telah dibuat sebelumnya. Selain itu, pengujian hipotesis juga dapat berperan sebagai langkah pengendalian kualitas yang dapat membantu dalam memastikan bahwa setiap rekomendasi yang diusulkan dapat diandalkan dan memberikan hasil yang diharapkan dalam upaya meningkatkan kinerja dan keandalan sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengujian hipotesis merupakan langkah yang krusial dalam rangka memastikan keberhasilan dari implementasi rekomendasi-rekomendasi yang telah disusun.



3.6.7 Validasi Model

Validasi Model adalah suatu proses yang dilakukan dengan cara membandingkan hasil analisis FTA dengan data kegagalan yang tercatat dalam sejarah untuk memastikan keakuratan model yang digunakan. Proses ini memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan bahwa model FTA yang dibuat dapat secara akurat mencerminkan kondisi nyata dari sistem yang sedang dievaluasi. Dengan melakukan validasi ini, perusahaan dapat memperoleh keyakinan yang lebih besar terhadap keandalan dan keakuratan dari model yang digunakan dalam menganalisis potensi risiko kegagalan sistem. Selain itu, validasi model juga dapat membantu dalam mengidentifikasi adanya potensi perbedaan atau ketidaksesuaian antara model yang dibuat dan situasi nyata yang terjadi, sehingga memungkinkan perusahaan untuk melakukan penyesuaian atau peningkatan yang diperlukan. Melalui pendekatan yang sistematis dan terperinci seperti validasi model, perusahaan dapat memastikan bahwa analisis yang dilakukan berdasarkan model FTA dapat memberikan hasil yang akurat dan dapat dipercaya, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam upaya mengelola risiko kegagalan sistem secara efektif.

3.6.8 Identifikasi Pelajaran yang Dipetik

Identifikasi pelajaran yang dipetik merupakan tahapan yang dilakukan dengan cara menganalisis secara cermat berbagai kejadian kegagalan maupun hampir kegagalan yang terjadi dalam riwayat masa lalu. Tujuannya adalah untuk menggali berbagai pelajaran berharga yang dapat diambil dari pengalaman tersebut, sehingga langkah-langkah pencegahan dapat diterapkan untuk mencegah terjadinya kegagalan serupa di masa mendatang. Proses identifikasi ini melibatkan evaluasi yang mendalam terhadap setiap insiden kegagalan atau hampir kegagalan yang tercatat, untuk memahami akar penyebabnya dan mengeksplorasi berbagai faktor yang berkontribusi terhadap kejadian tersebut. Dengan menganalisis berbagai kasus yang telah terjadi, perusahaan dapat memperoleh wawasan yang lebih dalam mengenai pola-pola yang mungkin terjadi serta kelemahan-kelemahan yang perlu diperbaiki dalam sistem atau proses operasional mereka. Selain itu, identifikasi pelajaran dari kegagalan masa lalu juga dapat memberikan landasan yang kokoh untuk mengembangkan strategi pencegahan yang lebih efektif dan proaktif, sehingga risiko kegagalan di masa depan dapat diminimalkan seoptimal mungkin. Dengan



memperhatikan pengalaman masa lalu, perusahaan dapat meningkatkan kapabilitasnya dalam menghadapi tantangan dan mengelola risiko dengan lebih baik di masa mendatang.

3.7 Perancangan FTA

Setelah dilakukan analisis terhadap penyebab kerusakan berdasarkan data yang diperoleh, langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah merancang analisis pohon kegagalan atau FTA. Metode ini berguna untuk mengidentifikasi serta menetapkan komponen-komponen dalam sistem yang menjadi prioritas dalam proses perawatan. Dengan merujuk pada data yang ada, terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui dalam merancang FTA. Tahap-tahap tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan tujuan penggunaan metode FTA, dimana tujuan penggunaan FTA dalam penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan pada instrumentasi sistem *sterilizer*.
2. Menentukan kejadian utama, kejadian perantara, dan kejadian dasar, dimulai dari mengidentifikasi kerusakan utama pada alat, kemudian menghubungkan penyebab-penyebab terkait dengan kerusakan tersebut dan menetapkan akhir dari kerusakan komponen pada instrumentasi sistem *sterilizer* berdasarkan data dan wawancara yang diperoleh dari perusahaan.
3. Membuat pohon kegagalan (*fault tree*) yang dimulai dari kejadian utama (*top event*) hingga kejadian dasar (*down event*). Penyusunan diagram pohon kegagalan menggunakan simbol-simbol gerbang logika sesuai dengan kejadian penyebab kerusakan. Hasil dari pembuatan pohon kegagalan adalah untuk memahami secara menyeluruh rangkaian kejadian yang menyebabkan terjadinya kegagalan tersebut.
4. Menentukan minimal *cut set*, tahap ini digunakan untuk mengidentifikasi akar permasalahan yang menjadi penyebab terjadinya kejadian utama. Penentuan minimal *cut set* dimulai dari level tertinggi (*top event*) hingga level terendah (*down event*), atau disebut juga dengan analisis dari atas ke bawah.

3.8 Validasi Hasil Penelitian

Sebelum menetapkan hasil dan rekomendasi, langkah awal yang dilakukan adalah melakukan validasi hasil penelitian untuk memverifikasi keakuratan dan kesesuaian data dengan metodologi yang telah digunakan, serta memastikan bahwa seluruh data yang digunakan dalam analisis sesuai dengan tujuan penelitian. Setelah itu, melakukan



verifikasi terhadap standar penelitian dalam bidang analisis keandalan sistem dan industri kelapa sawit. Metodologi yang diterapkan dibandingkan dengan praktik terbaik dan standar yang berlaku dalam industri tersebut untuk memastikan keakuratan dan keandalannya. Selanjutnya, melakukan perbandingan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya atau kasus studi lain yang relevan dalam industri kelapa sawit. Langkah ini bertujuan untuk memvalidasi temuan dan memastikan konsistensi dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Terakhir, hasil penelitian diperiksa dan dikonsultasikan dengan ahli dalam bidang analisis keandalan sistem atau industri kelapa sawit. Umpan balik dari para ahli tersebut sangat berharga untuk memvalidasi temuan dan memberikan persetujuan terhadap interpretasi yang telah dilakukan.

3.9 Pengujian Hipotesis

Setelah hasil dinyatakan valid, pengujian hipotesis dapat dilakukan untuk menguji hubungan antara variabel yang telah diidentifikasi dalam analisis data, sehingga dapat menguatkan temuan dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor yang memengaruhi fenomena yang sedang diteliti. Pengujian hipotesis juga berperan dalam pengembangan penjelasan atau teori mengenai fenomena yang diamati, dengan memungkinkan identifikasi faktor-faktor penyebab yang mungkin melatarbelakangi pola atau tren yang teramati dalam data. Selain itu, hasil dari pengujian hipotesis dapat dimanfaatkan untuk menyusun rekomendasi atau saran praktis yang didasarkan pada temuan yang dihasilkan, sehingga membantu dalam merumuskan strategi atau tindakan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan atau mengoptimalkan situasi yang sedang diteliti. Dengan melaksanakan validasi hasil terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian hipotesis, peneliti dapat memastikan bahwa analisis yang dilakukan didasarkan pada data yang kuat dan dapat dipercaya, sehingga meningkatkan kepercayaan terhadap hasil penelitian dan memastikan bahwa temuan yang dihasilkan memiliki dampak yang signifikan.

Dalam konteks penelitian tentang analisis keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* menggunakan metode FTA pada pabrik kelapa sawit, hipotesis bisa menjadi pernyataan tentang apakah metode FTA akan meningkatkan keandalan sistem dibandingkan dengan metode lain yang digunakan. Berikut adalah pengujian hipotesis yang dapat digunakan dalam penelitian ini:



3.10 Hasil dan Rekomendasi

Setelah seluruh tahapan dalam penelitian ini diselesaikan, langkah terakhir adalah penyusunan hasil dan rekomendasi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menilai tingkat keandalan dan faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan instrumentasi sistem *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1. Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan metode FTA pada instrumentasi sistem *sterilizer*, diharapkan dapat memperlambat penurunan kinerja instrumentasi sistem *sterilizer*. Rekomendasi yang dapat diajukan berdasarkan penelitian ini adalah mencegah terjadinya kerusakan yang lebih serius saat kerusakan kecil terjadi pada instrumentasi sistem *sterilizer* dengan memahami penyebab kerusakan pada komponen yang berperan dalam kegagalan, berdasarkan data dan hasil wawancara yang diperoleh dari PKS PT. Subur Arum Makmur 1.

3.11 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisis keandalan yang telah dilakukan terhadap instrumentasi sistem *sterilizer* dengan memanfaatkan metode FTA, kita dapat mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya kegagalan. Dari hasil analisis ini, dapat diberikan rekomendasi atau saran mengenai langkah-langkah antisipatif yang dapat diambil untuk meningkatkan kehandalan alat tersebut. Saran yang disarankan termasuk melakukan perawatan rutin secara terencana guna meminimalkan risiko kegagalan yang mungkin terjadi pada instrumentasi sistem *sterilizer* ini. Dengan demikian, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja alat secara keseluruhan, serta mengurangi gangguan yang disebabkan oleh kegagalan sistem.

Hak Cipta Ditindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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

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



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian analisis keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* mengguna metode *Fault Tree Analysis* (FTA) Pada PT. Subur Arum Makmur 1 maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi komponen – komponen kritis pada instrumentasi sistem *sterilizer* yang paling rentan mengalami kegagalan, yaitu *pressure gauge, solenoid valve, actuator valve, safety valve*, PLC dan panel kontrol utama. Melalui analisis *Fault Tree Analysis* (FTA), ditemukan bahwa *solenoid valve* dan panel kontrol memiliki kontribusi paling besar terhadap kegagalan sistem.
2. Hasil analisis kuantitatif menunjukkan bahwa probabilitas kegagalan keseluruhan sistem dapat dikurangi dengan melakukan perbaikan pada komponen-komponen ini sangat krusial untuk meningkatkan keandalan sistem.
3. Penelitian ini berhasil mencapai tujuan yang ditetapkan, yaitu menganalisis keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* di PKS PT. Subur Arum Makmur 1 dengan menggunakan metode FTA, dan memberikan solusi untuk mengurangi kegagalan operasional melalui pemeliharaan *preventif* dan pelatihan operator.

5.2 Saran

Penggunaan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) pada tugas akhir ini untuk menganalisa keandalan instrumentasi sistem *sterilizer* pada PT. Subur Arum Makmur 1 sudah cukup baik. Adapun saran dari penulis untuk dilanjutkan sebagai penelitian selanjutnya yaitu dengan menggunakan metode lain-nya



DAFTAR PUSTAKA

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

[11]

R. Fadli and W. Puji, "Analisa Instrumentasi sistem dan Keandalan Boiler dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)," vol. 2, 2020.

[12]

L. Masruroh and H. Mardesci, "Proses Perebusan TBS Kelapa Sawit pada Stasiun Sterilizer (Studi Kasus pada PT. Tri Bakti Sarimas PKS 2 Ibul, Riau)," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 10, no. 1, pp. 43–48, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32520/jtp.v10i1.1282>.

[13]

Kristian Boby, "Pengaruh Tekanan Uap Terhadap Perebusan Tandan Buah Segar dan Korosi Dinding Sterilizer PT. Merbau Jaya Indah Raya," Politeknik Negri Medan, 2014.

[14]

A. Latif Mubarak, A. Sofwan, and P. Bismantolo, "Analysis of the Work Performance of the Sterilizer of Crude Palm Oil," vol. 6, no. 1, pp. 39–50, 2022.

[15]

S. Subiyanto, "Pemilihan Teknologi Sterilizer Pada Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 14, no. 2, pp. 160–173, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol14.no2.160-173>.

[16]

W. Amalia, D. Ramadian, and S. N. Hidayat, "Analisis Kerusakan Mesin Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)," vol. 8, no. 2, pp. 369–377, 2022.

[17]

R. Y. Hanif, H. S. Rukmi, and S. Susanty, "Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT. X Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)," vol. 3, no. 3, pp. 137–147, 2015.

[8]

F. Ferdinand et al., "Kajian Keandalan SDH Pada JARLOKAF," *Elektronikandonesia*, no. 44, 2002.

[9]

D. Priyanta, "Keandalan Perawatan," Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2000.

[10]

T. Wulandari, "Analisa Kegagalan Sistem dengan Fault Tree," Laporan Skripsi, Universitas Indonesia, 2011.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutipkan 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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- [11] M. Akmal, "Analisis Keandalan Instrumentasi sistem Pada Mesin Rotary Plywood Di PT. Asia Forestama Raya Pekanbaru Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA)," UIN SUSKA RIAU, 2021.
- [12] D.R. Andika, "Analisis Keandalan Instrumentasi Pada Cooling Water System Unit 1 Dan Fuel Oil Supply Unit 3 Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) (Studi Kasus PT PLN PLTD/G Teluk Lembu Pekanbaru)," UIN SUSKA RIAU, 2018.
- [13] R. Fadli, "Analisis Keandalan Instrumentasi sistem Boiler Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus Pt. Perkebunan Nusantara V Pks Sei Pagar)," UIN SUSKA RIAU, 2017.
- [14] T. Ferdiana and I. Priadythama, "Analisis Defect Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Berdasarkan Data Ground Finding Sheet (GFS) PT. GMF AEROASIA," *Pros. Semin. Nas. Ind. Eng. Conf.*, pp. 1–8, 2015.
- [15] C. E. Ebeling, *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*, Mc Graw-Hill Companius, Inc., 1997.
- [16] M. Imron et al., *Sistem Perawatan Terpadu*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2013

Hak Cipta Didukung Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa merujuk sumber:

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

© 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.

<p>Transkrip Wawancara</p> <p>Analisa Keandalan Sistem Instrumentasi Sterilizer Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) Pada PKS PT SAM 1 Senama Nenek</p>	
Topik Pembahasan	: Analisa Keandalan Sistem Instrumentasi <i>Sterilizer</i> di PKS PT SAM 1 Senama Nenek
Maksud dan Tujuan	: Mengetahui Data Kerusakan
Responded	: Rejeki Situmorang
Jabatan	: Assistant Maintenance
Lokasi	: PKS PT SAM 1 Senama Nenek

Dengan ini dinyatakan bahwa transkrip wawancara ini terlampir benar adanya dan dapat dipertanggung jawabkan dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Tapung Hulu, 20 Mei 2024



REJEKI SITUMORANG
ASSISTANT MAINTENANCE

UIN SUSKA RIAU



Keterangan P = Peneliti, R = Responden

P : Bagaimana pihak pabrik melihat pentingnya keandalan sistem instrumentasi sterilizer dalam operasi harian pabrik kelapa sawit?

R : Mengupayakan seminimal mungkin atau jangan sampai ada kendala pada instrumennya, karena ketika ada kendala itu akan mengakibatkan down time atau break down dan itu akan mengganggu proses produksi. Pabrik kelapa sawit itu tentunya yang namanya break down atau down time itu sama saja dengan tidak continue, jadi pembentukan minyak kedepannya tidak akan sempurna, yang mana seharusnya sterilizer itu membutuhkan sekian menit untuk melakukan perebusan tetapi ketika ada instrumen yang rusak maka akan di ulangi dengan siklus lagi dari awal.

P : Apa apa saja alat instrumentasi Sterilizer yang ada di PKS ini? Dan sebutkan fungsinya!

R : Untuk alatnya itu ada yang namanya valve, yang mana karena dia automatic maka akan menggunakan actuator. Kompresor angin untuk menggerakkan valve melalui actuator kemudian ada yang namanya rotor them sebagai pembaca grafik tekanan, pressure gauge. Khususnya disini valve.

P : Kegagalan apa saja yang pernah terjadi dari setiap alat instrumentasi tersebut?

R : Contoh keagalannya yaitu valve nya tidak bisa dibuka, ketika di on atau off kan tombolnya dia tidak dapat berfungsi, biasanya kendalanya berada di selang pneumatic nya yang bocor, berlipat. Lalu bermasalah pada safety valve yang tidak berfungsi. Hal ini sangat di haramkan karena dapat membahayakan keselamatan kerja. Ketika lebih dari 2,8 bar dan tidak terbuka secara otomatis maka itu sangat membahayakan.

P : Seberapa penting kah alat instrumentasi ini bagi Sterilizer?

R : Sangat penting sekali, karena apabila alatinstrumentasi mengalami kegagalan maka sangat berpengaruh dalam proses perebusannya.

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.

P : Apakah pabrik pernah mengalami masalah keandalan atau kegagalan dalam sistem instrumentasi sterilizer? Jika ya, bisakah Anda memberikan contoh konkretnya?

R : Kegagalan biasanya berpengaruh dengan waktu unit sudah berapa lama, karena kegagalan secara instrument, ketika memberikan sparepart pada unit instrumen sudah pastinya standar. Untuk tekana tinggi memakai JIS (Japan international standart) dan menggunakan JIS 40. Untuk instrumen seperti selenoid itu memakai yang benar benar bersertifikat.

P : Dalam rentang waktu satu tahun, sekitar berapa kali kegagalan dari komponen instrumentasi sterilizer terjadi?

R : Dalam rentang waktu satu tahun, kegagalan instrumentasi sterilizer terjadi sekitar 35 kali, dengan Pressure transducer sebanyak 5 kali, selenoid valve 10 kali, pressure gauge 10 kali, safety valve 5 kali dan actuator valve 5 kali.

P : Bagaimana biasanya pabrik menangani masalah keandalan atau kegagalan dalam sistem instrumentasi sterilizer?

R : Dengan cara unit part nya di sperkan, ketika instrumen ada yang terjadi kegagalan maka pihak pabrik harus bisa memprediksi berapa lama instrumen yang rusak ini dapat di perbaiki. Kalau memperbaiki nya lebih dari 1 jam, maka wajib diganti terlebih dulu dengan yang baru dan yang mengalami kerusakan tadi akan di cek lagi apa kendalanya.

P : Apakah pabrik memiliki prosedur atau protokol tertentu untuk memelihara atau memperbaiki sistem instrumentasi sterilizer?

R : Ya dari pabrik memiliki prosedur tersendiri. Secara manajemen workshop, kalau di perebusan 2 sampai 3 kali rotasi dalam seminggu melakukan preventif maintenance. Sebelum unit beroperasi maka akan di cek terlebih dahulu ada kendala atau tidaknya. Meskipun dari operator mengatakan tidak ada kendala, untuk instrumennya tetap di cek terlebih dahulu. Jadi dalam satu minggu mencapai 2 sampai 3 kali pengecekan.

P : Apakah pihak pabrik telah mengidentifikasi tantangan utama terkait keandalan sistem instrumentasi sterilizer sebelumnya? Jika ya, apa saja dan bagaimana biasanya ditangani?

R : Untuk mengidentifikasinya memalui preventif maintenance. Ketika di cek apa kira kira kendalanya. Jika pada saat pengecekan menemukan sesuatu yang up normal dalam



instrumen tersebut maka mekanik atau seluruh tim akan melaporkan kepada pimpinan dan memprediksi 1 misalnya 1 minggu lagi ini akan diganti.

P : Bagaimana pihak pabrik mengukur atau mengevaluasi keandalan sistem instrumentasi sterilizer secara rutin?

R : Untuk mengukurnya dengan alat bantu kerja seperti pressure gauge dengan menggunakan tekanan-tekanan PSI, sanggup berapa pada saat sebelum beroperasi dan berapa tekanan yang diberikan oleh pneumatic.

P : Apakah pihak pabrik memiliki sistem pemeliharaan atau pemantauan khusus untuk sistem instrumentasi sterilizer? Jika ya, bagaimana sistem tersebut diimplementasikan?

R : Iya dengan cara preventif maintenance

P : Bagaimana pihak pabrik melihat potensi kontribusi metode Fault Tree Analysis (FTA) dalam meningkatkan keandalan sistem instrumentasi sterilizer di pabrik?

R : Sangat membantu kami dilapangan, karena metode tersebut merupakan salah satu membuat sebuah sistem baru atau mengupgrade sistem, dimana mengupayakan semaksimal mungkin dan sangat bermanfaat untuk meminimalisir terjadinya kegagalan dari keandalan instrumentasi sterilizer tersebut.

P : Apa harapan atau ekspektasi pihak pabrik terhadap hasil penelitian ini dalam konteks meningkatkan operasional pabrik kelapa sawit secara keseluruhan?

R : Sudah pasti sangat membantu kelancaran pabrik, dan harapan nya dari sistem atau penelitian yang diterapkan hasilnya dapat memberikan alarm baru dan metode baru untuk meminimalisir kendala dilapangan, menganalisis sebelum terjadinya kendala, dan yang paling utama adalah meningkatkan safety keselamatan kerja dalam bejana bertekanan.

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.

**Peristiwa Dasar Terjadinya Kegagalan Komponen Instrumentasi *Sterilizer*
PT. Subur Arum Makmur 1**

No	Komponen	Penyebab Gangguan	Efek Gangguan
1.	<i>Pressure Gauge</i>	kebuntuan atau kontaminasi	Pembacaan tekanan tidak akurat
		Keausan dan tekanan berlebih	Kerusakan pada alat
		Korosi pada komponen	Mengurangi umur pakai
2.	<i>Safety Valve</i>	Penumpukan kotoran dan minyak	<i>Overpressure</i>
		Korosi pada komponen	Kebocoran tekanan
		Keausan akibat penggunaan yang intensif	Dapat merusak komponen lain
3.	<i>Actuator Valve</i>	Gangguan sinyal atau komunikasi	Gagal merespon perintah control
		Penggunaan intensif beban berlebih	Kerusakan mekanis dan kontrol aliran buruk
		Kelembaban dan kelebihan tegangan	Krusakan elektronik dan ketidakakuratan pengaturan aliran
4.	<i>Solenoid Valve</i>	Kumparan selenoid terbakar atau putus	Aliran uap yang tidak terkontrol dapat berpotensi membahayakan keselamatan
		Kerusakan pada kabel	Peningkatan <i>downtime</i> dan kerugian finansial
		Kotoran dan partikel dalam uap atau cairan	Mempengaruhi efisiensi dan kualitas sterilisasi
5.	Panel Kontrol	Lonjakan tegangan (<i>voltage spikes</i>)	Proses sterilisasi terhenti dan dapat mengurangi efisiensi kapasitas produksi pabrik
		<i>Overloading</i>	<i>Overheating</i> dan kerusakan komponen elektronik

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.

		Interperensi elektromagnetik	Mempengaruhi kinerja panel control
6.	PLC	Kabel rusak atau sambungan yang buruk	Menyebabkan korsleting
		Tegangan listrik tidak stabil	Kerusakan pada modul input/output atau CPU PLC
		Beban listrik melebihi kapasitas PLC	Kerusakan komponen elektronik

© 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.

Tapung Hulu, 12 September 2024



Rejeki Siringotang

Assistant Maintenance

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



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.

KHUSNUL FIKRI, Lahir di Rokan Hilir, Provinsi Riau pada tanggal 02 Februari 2002. Saya merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Wahyudin dan Ibu Prayugiana. Pendidikan formal saya dimulai pada tahun 2008 di SDN 036 Pasir Putih, yang saya selesaikan pada tahun 2014. Selanjutnya, saya melanjutkan studi di SMP Negeri 4 Bagan Sinembah dan lulus pada tahun 2017. Kemudian, saya melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 5 Bagan Sinembah dan lulus pada tahun 2020. Kemudian saya melanjutkan studi perkuliahan di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Program Studi Teknik Elektro dengan Konsentrasi Elektronikan dan Instrumentasi. Penulis melakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Keandalan Instrumentasi Sistem Sterilizer Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis (FTA)* Pada PKS PT. Subur Arum Makmur**