



**ANALISIS KEANDALAN INSTRUMENTASI *CONTROL PANEL* PADA  
PUMPING UNIT MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE*  
*AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN METODE *FAILURE*  
*MODE AND EFFECT CRITICALLY ANALYSIS (FMECA)*  
DI PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA DURI**

**TUGAS AKHIR**

Dijadikan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi  
Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

**ALIF MIR'ATUL ANSYARI**  
**12150511427**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU  
2025**

- 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.



- 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 *CONTROL PANEL* PADA  
*PUMPING UNIT* MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE*  
*AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN METODE *FAILURE*  
*MODE AND EFFECT CRITICALLY ANALYSIS* (FMECA)  
DI PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA DURI**

### TUGAS AKHIR

Oleh :

**ALIF MIR'ATUL ANSYARI**  
**12150511427**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro  
di Pekanbaru, pada tanggal 10 Juli 2025

Ketua Program Studi Teknik Elektro

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

Pembimbing

**Putut Son Maria, S.ST., M.T.**  
**NIP. 19750314 202321 1 001**





- 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 *CONTROL PANEL* PADA *PUMPING UNIT* MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE* *AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN METODE *FAILURE* *MODE AND EFFECT CRITICALLY ANALYSIS (FMECA)* DI PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA DURI

#### TUGAS AKHIR

Oleh :

**ALIF MIR'ATUL ANSYARI**  
**12150511427**

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 10 Juli 2025

Pekanbaru, 10 Juli 2025

Mengesahkan,



**Dr. Yuslenita Muda, M.Sc.**  
**NIP. 19770103 200710 2 001**

Ketua Program Studi Teknik Elektro

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

#### DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Fitri Amillia, S.T., M.T.  
Sekretaris : Putut Son Maria, S.ST., M.T.  
Anggota 1 : Jufrizel, S.T., M.T.  
Anggota 2 : Dr. Dian Mursyitah, S.T., M.T.



## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

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

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

## LEMBAR PERNYATAAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Alif Mir'atul Ansyari  
NIM : 12150511427  
Tempat/Tanggal Lahir : Duri/26 Juni 2003  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Prodi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi :

**Analisis Keandalan Instrumentasi Control Panel Pada Pumping Unit  
Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) Dan  
Metode *Failure Mode And Effect Critically Analysis* (FMECA)  
Di PT. Bukaka Teknik Utama Duri**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulis Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 18 Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



**Alif Mir'atul Ansyari**  
**NIM.12150511427**





## LEMBAR PERSEMBAHAN



**Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang**

*Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan akhirat, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki keduanya, maka wajib baginya berilmu.*

*(HR Tirmidzi)*

**Terima kasih Ya Allah...**

Segala puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan kasih sayang-Nya yang tiada henti. Berkat izin dan kehendak-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Allah SWT adalah Dzat Yang Maha Membolak-balikkan hati. Semoga penulis senantiasa diteguhkan dalam keimanan dan kebaikan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan umat, pembawa risalah yang mulia, serta pembangun peradaban yang luhur dan berakhlak.

**Orang Tua Tercinta**

Dengan penuh rasa hormat dan cinta, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ayah dan Ibu tercinta atas segala doa, dukungan, dan kasih sayang yang terus-menerus. Tanpa kehadiran, pengorbanan, dan peran penting dari Ayah dan Ibu, pencapaian ini tidak akan mungkin terwujud. Karya ini penulis persembahkan sebagai wujud rasa syukur dan penghargaan yang mendalam. Semoga menjadi langkah awal yang membawa kebahagiaan dan kebanggaan bagi Ayah dan Ibu.

**Dosen Pembimbing**

Bapak Putut Son Maria, S.ST., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan, arahan, dan motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Berkat ilmu, kesabaran, dan perhatian bapak, tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah bapak berikan menjadi amal jariyah yang terus mengalir amin...



# ANALISIS KEANDALAN INSTRUMENTASI *CONTROL PANEL* PADA *PUMPING UNIT* MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE* *AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN METODE *FAILURE* *MODE AND EFFECT CRITICALLY ANALYSIS (FMECA)* DI PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA DURI

**ALIF MIR'ATUL ANSYARI**  
**12150511427**

Tanggal Sidang: 10 Juli 2025

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains Dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim

Jl. Soebrantas Km 15 No. 155 Pekanbaru

## ABSTRAK

*Pumping unit* merupakan perangkat vital dalam proses ekstraksi minyak mentah, yang sangat bergantung pada keandalan sistem instrumentasi *control panel*. PT. Bukaka Teknik Utama Duri mengalami beberapa kegagalan pada komponen *control* seperti *pilot lamp*, *relay*, *contactor*, *fuse*, *PTC*, *over voltage*, *transformator*, *TDR*, *TOLR*, dan *MCB*, yang berdampak signifikan terhadap operasional dan efisiensi sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mode-mode kegagalan, menilai tingkat risiko, dan menentukan prioritas perbaikan menggunakan metode *FMEA* dan *FMECA*. Metode *FMEA* digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan melalui penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang menghasilkan nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Sementara itu, metode *FMECA* melengkapi analisis dengan pendekatan kritikalitas secara kualitatif. Hasil analisis menunjukkan bahwa *contactor*, *over voltage protection*, dan *pilot lamp* merupakan komponen dengan nilai *RPN* tertinggi, sehingga menjadi prioritas utama dalam tindakan perawatan. Rekomendasi teknis diberikan berdasarkan analisis risiko untuk meningkatkan keandalan sistem, meminimalkan *downtime*, dan mendukung efisiensi operasional jangka panjang.

**Kata Kunci:** *Pumping Unit*, *Control Panel*, Keandalan, *FMEA*, *FMECA*, *RPN*, PT. Bukaka Teknik Utama Duri



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.

# **RELIABILITY ANALYSIS OF CONTROL PANEL INSTRUMENTATION ON PUMPING UNITS USING FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) AND FAILURE MODE AND EFFECT CRITICALITY ANALYSIS (FMECA) AT PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA DURI**

**ALIF MIR'ATUL ANSYARI**  
**12150511427**

*Session Date: 10 July 2025*

*Electrical Engineering Study Program*

*Faculty of Science and Technology*

*Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University*

*Jl. Soebrantas Km 15 No. 155 Pekanbaru*

## **ABSTRACT**

The pumping unit is a crucial device in the crude oil extraction process, whose operational reliability highly depends on the performance of its control panel instrumentation system. PT. Bukaka Teknik Utama Duri has experienced multiple failures in key control components such as pilot lamps, relays, contactors, fuses, PTCs, overvoltage protection modules, transformers, time delay relays (TDR), thermal overload relays (TOLR), and miniature circuit breakers (MCB). These failures have significantly impacted operational efficiency and reliability. This study aims to analyze potential failure modes, assess risk levels, and determine maintenance priorities using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Failure Mode and Effect Criticality Analysis (FMECA) methods. The FMEA method identifies failure modes through assessments of severity, occurrence, and detection, resulting in a Risk Priority Number (RPN). The FMECA method complements this analysis by providing a qualitative evaluation of criticality. The results show that the contactor, overvoltage protection, and pilot lamp are the components with the highest RPN values and therefore require the highest maintenance priority. Technical recommendations are proposed based on risk analysis to enhance system reliability, reduce downtime, and support long-term operational efficiency.

**Keywords:** Pumping Unit, Control Panel, Reliability, FMEA, FMECA, RPN, PT. Bukaka Teknik Utama Duri





## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil Alamain, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Keandalan Instrumentasi *Control Panel* pada *Pumping Unit* Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Failure Mode and Effect Criticality Analysis* (FMECA) di PT Bukaka Teknik Utama Tbk Duri”.

Hambatan selalu penulis hadapi baik dalam pelaksanaan maupun penyusunan Tugas Akhir ini. Namun berkat rahmat dan izin Allah SWT juga atas bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat melalui segala hambatan yang dihadapi hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya dengan memberikan kelancaran dan kemudahan beserta kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Ucapan terimakasih kepada ayahanda Al Ansyari dan Ibunda Mira Syafni beserta saudara yang saya sayangi yang telah memberikan semangat, do’a dan dukungan yang tiada hentinya kepada penulis.
3. Ibuk Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti MS, SE., M.Si., Ak., CA selaku Rektor Uin Suska Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
4. Ibuk Dr. Yuslenita Muda, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau beserta kepada seluruh Staf dan jajarannya
5. Ibuk Zulfatri Aini, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Sutoyo, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Bapak Putut Son Maria, S.ST., M.T. selaku pembimbing penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir terimakasih atas untuk mendengar, membimbing, dan mengarahkan, yang selalu membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir.



**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.

8. Bapak Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari awal semester hingga akhir

9. Ucapan terimakasih kepada sahabat seperjuangan Della Oktaviani, Sitri Permata Sari, Syarifah Adriana, Muhammad Supbahan, dan Zakiah Dinilhaq telah hadir menjadi bagian dari perjalanan kuliah penulis yang terus memberikan kontribusi banyak dalam memberikan semangat, dukungan motivasi, hiburan dan selalu ada untuk penulis

10. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro khususnya yang mengambil konsentrasi elektronika Instrumentasi yang selalu memberikan dorongan semangat dan dukungannya kepada penulis selama ini.

11. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namanya yang membantu penulis dari awal sampai penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

12. Kepada diri sendiri, terimakasih telah menghadapi fase perkuliahan ini dengan baik, yang tidak menyerah dan mampu berdiri tegak, sesulit apapun rintangan perkuliahan ataupun penyusunan laporan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan semoga Tugas Akhir ini bermanfaat, kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaannya, dan dapat bergunabagi penulis dan pembaca pada umumnya, sehingga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Aamiin Yaa Rabbal'Alamin.....

Pekanbaru, 22 Mei 2025  
Penulis,

**ALIF MIR'ATUL ANSYARI**  
**NIM. 121505114**



## DAFTAR ISI

### Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PLAGIAT .....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR SIGKATAN .....	xiv
DAFTAR RUMUS .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-4
1.3 Tujuan .....	I-4
1.4 Batasan Masalah .....	I-5
1.5 Manfaat .....	I-5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	II-1
2.2 Keandalan .....	II-4
2.3 Control Panel .....	II-5
2.3.1 Komponen-Komponen Control Panel .....	II-5
2.3.2 Wiring Control Panel Elektrik Motor Pumping Unit .....	II-11
2.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) .....	II-12
2.5 Failure Mode And Effect Critically Analysis (FMECA) .....	II-17
2.5.1 Tahap FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) .....	II-17
2.5.2 Tahap CA (Criticality Analysis) .....	II-18





## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Proses Alur penelitian.....	III-1
3.2	Identifikasi Masalah .....	III-2
3.3	Studi Literatur .....	III-3
3.4	Pengumpulan Data.....	III-3
3.5	Pengolahan Data .....	III-3
3.6	Pengolahan Data Metode FMEA dan FMECA .....	III-4
3.6.1	Analisis FMEA .....	III-4
3.6.2	Analisis FMECA .....	III-6
3.6.3	Penjelasan Tabel <i>Worksheet</i> FMECA .....	III-8
3.7	Rekomendasi Peningkatan Keandalan Sistem Instrumentasi .....	III-9

## BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1	Hasil Analisis <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	IV-1
4.2	Hasil Analisis <i>Failure Mode And Effect Critically Analysis</i> (FMECA) .....	IV-7
4.2.1	Perhitungan Nilai <i>Probabilyti</i> ( $\beta$ ) .....	IV-7
4.2.2	Perhitungan Nilai <i>Failure Mode Ratio</i> ( $\alpha$ ) .....	IV-9
4.2.3	Perhitungan Nilai <i>Rate</i> ( $\lambda$ ) .....	IV-11
4.3	Perbandingan ( <i>compere</i> ) Analisis Metode FMEA dan FMECA.....	IV-18
4.3.1	Langkah-langkah Analisis FMEA dan FMECA .....	IV-19
4.3.2	<i>Recommended Action</i> .....	IV-20

## BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran .....	V-1

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

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 GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 MCB ( <i>Mini Circuit Breaker</i> ) .....	II-5
Gambar 2.2 <i>Fuse</i> .....	II-6
Gambar 2.3 <i>Transformator</i> .....	II-7
Gambar 2.4 <i>Over Voltage</i> .....	II-7
Gambar 2.5 <i>Contactor</i> .....	II-8
Gambar 2.6 <i>Positive Temperature Coefficient (PTC)</i> .....	II-8
Gambar 2.7 <i>Relay</i> .....	II-9
Gambar 2.8 <i>Thermal Over Load Relay (TOLR)</i> .....	II-9
Gambar 2.9 <i>Time Delay Relay (TDR)</i> .....	II-10
Gambar 2.10 <i>Pilot Lamp</i> .....	II-10
Gambar 2.11 <i>Wiring Control Panel Elektrik Motor Pumping Unit</i> .....	II-11
Gambar 2.12 Contoh Analisis Pohon Keputusan Untuk Meninjau dan Menentukan Proses Yang Memiliki Potensi Kegagalan.....	II-20
Gambar 3.1 Flowchart Tahap Alur Penelitian .....	III-1

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- 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.



## DAFTAR TABEL

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

	Halaman
Tabel 2.1 <i>Severity Rating</i> .....	II-13
Tabel 2.2 <i>Occurence Rating</i> .....	II-14
Tabel 2.3 <i>Detection Rating</i> .....	II-15
Tabel 2.4 Kekritisn Kegagalan FMEA .....	II-16
Tabel 3.1 <i>Worksheet FMEA</i> .....	III-4
Tabel 3.2 <i>Worksheet FMECA</i> .....	III-7
Tabel 4.1 <i>Worksheet FMEA</i> .....	IV-2
Tabel 4.2 <i>Risk Priority Number (RPN)</i> pada Komponen <i>Control Panel</i> .....	IV-6
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai <i>Probabilyti</i> ( $\beta$ ) .....	IV-8
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Nilai <i>Failure Mode Ratio</i> ( $\alpha$ ).....	IV-10
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Nilai <i>Rate</i> ( $\lambda$ ).....	IV-11
Tabel 4.6 FMECA Instrumentasi <i>Control Panel</i> pada <i>Pumping Unit</i> PT. Bukaka Teknik Utama Duri.....	IV-14

UIN SUSKA RIAU





## DAFTAR SINGKATAN

FMEA	: <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
FMECA	: <i>Failure Mode and Effect Criticality Analysis</i>
IoT	: <i>Internet of Things</i>
PLC	: <i>Programmable Logic Controller</i>
VFD	: <i>Variable Frequency Drive</i>
PTC	: <i>Positive Temperature Coefficient</i>
MCB	: <i>Miniature Circuit Breaker</i>
TOLR	: <i>Thermal Overload Relay</i>
TDR	: <i>Time Delay Relay</i>
RPN	: <i>Risk Priority Number</i>
CA	: <i>Criticality Analysis</i>
CME	: <i>Central Mechanical Electrical</i>
PLN	: <i>Perusahaan Listrik Negara</i>

- Hak cipta ini 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 RUMUS

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

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

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

- Rumus 2.1 Perhitungan *Probability* Efek Kegagalan ( $\beta$ )
- Rumus 2.2 Perhitungan *Failure Mode Ratio* ( $\alpha$ )
- Rumus 2.3 *Failure rate* ( $\lambda$ )
- Rumus 2.4 *Criticality Mode* (CM)
- Rumus 2.5 *Criticality Rating* (CR)
- Rumus 3.1 Perhitungan *RPN* FMEA



UIN SUSKA RIAU



## BAB 1 PENDAHULUAN

### Latar Belakang

PT. Bukaka Teknik Utama Duri merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang *Gas and Oil Equipment*, bekerja sama dengan PT. Chevron Pacific Indonesia, mengelola *pumping unit* untuk mengekstraksi minyak mentah. *Pumping unit* merupakan *equipment* yang berfungsi sebagai alat bantu dalam proses pengangkatan minyak mentah dari dalam perut bumi ke permukaan dengan prinsip kerja turun naik. Disaat *pumping unit* naik, maka akan terjadi proses pengisapan minyak mentah dan begitu pula saat *pumping unit* bergerak turun, *pumping unit* juga sedang melakukan proses pengisapan minyak mentah[1].

*Pumping unit* dilengkapi dengan *control panel* yang berfungsi untuk mengatur, mengontrol, dan melindungi sistem selama proses pengangkutan minyak. Keberhasilan operasi *pumping unit* sangat bergantung pada keandalan *control panel*. Keberadaan *control panel* menjaga kontinuitas dan efisiensi operasional PT. Bukaka Teknik Utama secara keseluruhan. Namun, sering terjadi masalah operasional seperti kerusakan komponen dan kegagalan sistem, yang memerlukan langkah mitigasi untuk memastikan operasi tetap efisien dan andal.

Penulis telah melakukan wawancara langsung dengan *Supervisor Electrical* yang berpengalaman dalam pengelolaan sistem instrumentasi di PT. Bukaka Teknik Utama Duri. Berdasarkan informasi yang diperoleh, *control panel* di perusahaan tersebut tercatat mengalami beberapa kali kegagalan yang mengganggu kelancaran proses produksi listrik. Selama tiga tahun terakhir komponen seperti *pilot lamp*, *relay*, *contactor*, *fuse*, *PTC*, *over voltage*, *transformator*, *TDR*, *TOLR*, dan *MCB*, tercatat mengalami kegagalan yang berdampak signifikan terhadap operasional. Meskipun pemeliharaan rutin, *function test*, dan *troubleshooting* telah dilaksanakan, upaya tersebut belum sepenuhnya efektif mencegah kegagalan besar, dan beberapa di antaranya sulit terdeteksi secara dini.

Meskipun teknologi terus berkembang, potensi kegagalan tetap menjadi tantangan utama, seperti kerusakan pada *relay*, *fuse*, motor listrik, serta perangkat kontrol seperti *Variable Frequency Drive* (VFD). Faktor eksternal seperti suhu tinggi, debu, dan kelembapan turut mempercepat kerusakan komponen, sehingga meningkatkan biaya perawatan dan risiko *downtime*[2]. Selain itu, kesalahan desain atau instalasi, seperti





pemilihan kabel yang tidak tepat atau perlindungan terhadap lonjakan tegangan yang kurang optimal, dapat menurunkan kinerja sistem[1].

PT Bukaka Teknik Utama Tbk mencatat produksi sebanyak 206 unit *pumping unit* sepanjang tahun 2023 dengan pendapatan dari layanan pemeliharaan mencapai sekitar Rp 89,5 miliar. Jika pendapatan dirata-rata maka kontribusi per harinya sekitar Rp 245 juta, per minggu sekitar Rp 1,71 miliar dan per bulan sekitar Rp 7,46 miliar. Angka hanya mencerminkan pendapatan dari layanan pemeliharaan, belum termasuk penjualan unit atau kontribusi terhadap produksi minyak. Meski tidak disebutkan secara langsung dalam laporan kerugian akibat kegagalan (*failure*) satu *pumping unit* dapat diperkirakan melalui potensi produksi minyak yang hilang. Jika satu unit mampu memompa sekitar 200 barel minyak per hari dengan asumsi harga minyak US\$80 per barel dan kurs Rp16.000/USD, maka potensi kerugian per hari bisa mencapai Rp 256 juta, per minggu Rp 1,79 miliar, dan per bulan Rp 7,68 miliar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kerugian akibat kegagalan satu unit per hari dapat menyamai atau bahkan melampaui pendapatan jasa pemeliharaan hariannya. Hal ini menekankan pentingnya pemeliharaan berkala dan pengendalian risiko untuk memastikan keandalan operasi unit-unit tersebut.

Kegagalan pada sistem instrumentasi *control panel* memerlukan metode analisis yang mampu mengidentifikasi potensi kegagalan secara menyeluruh beserta dampaknya terhadap sistem. Salah satu metode yang umum digunakan untuk tujuan ini adalah *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*), yang berfungsi untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menilai dampaknya, serta merumuskan strategi perbaikan guna meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem *control panel*.

Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mencegah potensi kegagalan dalam suatu sistem. Melalui tiga parameter utama *severity*, *occurrence*, dan *detection*. FMEA memungkinkan analisis risiko secara terstruktur. Dengan menghitung nilai *Risk Priority Number (RPN)*, metode ini membantu mengidentifikasi komponen paling rentan serta merencanakan tindakan perbaikan yang tepat, sehingga meningkatkan keandalan sistem dan mencegah kegagalan berulang. [3][4].

Keandalan instrumen pada *control panel pumping unit* sangat krusial untuk menjaga efisiensi dan kelancaran operasional. Kerusakan atau kegagalan pada sistem ini dapat menimbulkan gangguan serius, seperti *downtime* yang berkepanjangan dan kerugian



finansial. Dampaknya bervariasi, mulai dari menurunnya kinerja operasional hingga kerusakan pada perangkat lain[5].

Dalam praktiknya, komponen pada sistem instrumentasi sering mengalami lebih dari satu mode kegagalan dengan dampak yang beragam. Sementara itu, metode FMEA cenderung mengasumsikan satu kegagalan per komponen, sehingga kurang mampu menangani kompleksitas tersebut. Untuk itu, diperlukan metode yang dapat mengakomodasi berbagai mode kegagalan sekaligus, guna memperoleh analisis yang lebih mendalam dan komprehensif. *FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis)* menjadi metode yang tepat untuk mengevaluasi keandalan instrumen secara lebih detail pada unit terkait. [6].

Metode *FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis)* merupakan pengembangan dari *FMEA* dengan pendekatan kuantitatif yang menambahkan analisis titik kritis melalui matriks kritikalitas. Metode ini memungkinkan identifikasi faktor penyebab kegagalan, analisis dampaknya terhadap produksi, serta perumusan langkah preventif untuk meminimalkan potensi kegagalan[7]. *Criticality Analysis (CA)* mengevaluasi setiap mode kegagalan berdasarkan tingkat kepentingannya. Melalui metode *FMECA*, dapat ditentukan prioritas perbaikan serta tingkat kritikalitas dari masing-masing mode kegagalan[8].

Metode *FMEA* dan *FMECA* digunakan sebagai dasar analisis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, menilai dampaknya terhadap sistem, serta menentukan tingkat kritikalitas tiap komponen. Kedua metode dibandingkan untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam memberikan rekomendasi perbaikan yang tepat. Pendekatan penting mengingat permasalahan pada sistem instrumentasi *control panel* serta besarnya dampak jika terjadi kerusakan. Dengan penerapan *FMEA* dan *FMECA*, strategi pemeliharaan dapat difokuskan pada komponen paling rentan, sehingga risiko *downtime* dapat ditekan dan keandalan

Pengembangan analisis perawatan di PT. Bukaka Teknik Utama Duri dilakukan melalui penelitian yang membandingkan dua pendekatan sistematis, yaitu *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)* dan *FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis)*. Kedua metode digunakan untuk mengevaluasi efektivitas dalam mengidentifikasi mode kegagalan, menilai dampaknya terhadap operasional, dan menentukan prioritas penanganan berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan kerusakan. *FMEA* berfokus pada identifikasi risiko secara kualitatif, sedangkan *FMECA* menambahkan analisis kritikalitas secara kuantitatif. Perbandingan ini diharapkan menghasilkan tindakan perbaikan yang paling tepat dan efisien sebagai dasar strategi perawatan untuk meningkatkan keandalan sistem, mengurangi *downtime*, dan mendukung efisiensi operasional jangka panjang.



Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan metode *FMEA* dan *FMECA* untuk menganalisis data operasional PT. Bukaka Teknik Utama Duri berdasarkan catatan kerusakan selama tiga tahun terakhir. Data tersebut mencakup jenis kerusakan, frekuensi kegagalan, serta komponen yang paling sering bermasalah, khususnya pada unit *control panel* dan perangkat instrumentasinya.

Penulis membandingkan kedua metode karena *FMEA* dikenal luas di industri sebagai analisis kegagalan yang sederhana dan mudah diterapkan, sementara *FMECA* memberikan keunggulan tambahan melalui analisis konsekuensi, sehingga menawarkan pemahaman lebih mendalam terhadap dampak setiap mode kegagalan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penulis mengajukan tugas akhir dengan judul "**Analisis Keandalan Instrumentasi Control Panel Pada Pumping Unit Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis) di PT. Bukaka Teknik Utama Duri**".

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Mode kegagalan apa saja yang berpotensi terjadi pada instrumentasi *control panel* di *pumping unit* PT. Bukaka Teknik Utama Duri, dan faktor-faktor apa yang menyebabkannya?
2. Bagaimana tingkat risiko (*RPN*) dan kritikalitas dari masing-masing mode kegagalan tersebut berdasarkan analisis *FMEA* dan *FMECA*?
3. Rekomendasi apa yang dapat diberikan untuk meningkatkan keandalan instrumentasi *control panel* pada *pumping unit* PT. Bukaka Teknik Utama Duri, berdasarkan prioritas risiko yang telah diidentifikasi?

## 1.3 Tujuan

1. Mengetahui jenis kegagalan yang terjadi pada instrumentasi *control panel* *pumping unit* di PT. Bukaka Teknik Utama Duri.
2. Menganalisis dampak dari kegagalan pada *control panel* menggunakan metode *FMEA* dan *FMECA*.
3. Memberikan rekomendasi berbasis analisis menggunakan metode *FMEA* dan *FMECA* sistem *control panel* *pumping unit*.





#### 1.4

##### 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.

#### Batasan masalah

- 1 Penelitian ini hanya difokuskan pada instrumentasi *control panel* yang digunakan pada *pumping unit* di PT. Bukaka Teknik Utama Duri.
- 2 Analisis hanya mencakup identifikasi kegagalan, penyebab, dampak, dan rekomendasi berdasarkan metode FMEA serta prioritas pemeliharaan dan tindakan pencegahan berdasarkan *Critically Analysis (CA)* .
- 3 Data dan informasi yang digunakan 3 tahun belakang (periode januari 2022 hingga Desember 2024)

#### Manfaat

- 1 Membantu perusahaan dalam mengidentifikasi mode kegagalan yang berpotensi terjadi pada *control panel pumping unit*.
- 2 Menyediakan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem *control panel*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Penelitian Terkait

Dalam penelitian Tugas Akhir ini dilakukan studi literatur yang merupakan suatu pencarian teori serta referensi yang sesuai dengan kasus dan permasalahan yang akan diselesaikan, penulis meninjau beberapa hal yang terkait dengan *control panel* menggunakan metode *FMEA* dan *FMECA*.

Pada penelitian yang dilakukan [9] untuk memastikan hal ini, di perlukan pemeliharaan berkala (*maintenance*). Di Unit *Central Mechanical Electrical* (CME) PT. Telkom Area Network Riau Daratan Pekanbaru memiliki empat instrumen utama, yaitu *Genset*, *Rectifier*, *Battery*, dan *Panel*, yang harus selalu dijaga keandalannya. Untuk memastikan hal tersebut, diterapkan metode *FMEA* guna mengidentifikasi mode kegagalan serta dampaknya. Berdasarkan data kerusakan tahun 2014-2015, hasil analisis menunjukkan bahwa perangkat memiliki tingkat keandalan yang baik dengan nilai *RPN* tidak melebihi 100.

Penelitian [10] menganalisis risiko kegagalan pada *overhead crane* yang digunakan di perusahaan beton di Mojokerto, yang beroperasi 24 jam sehari dan mengalami 144 kegagalan antara 2021 hingga 2023. Tujuan penelitian adalah untuk mengurangi risiko bahaya akibat kegagalan operasional. Metode *FMEA* digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan komponen, sedangkan *Fishbone Diagram* digunakan untuk menentukan akar penyebab masalah berdasarkan komponen dengan nilai *Risk Priority Number* (*RPN*) tertinggi. Hasil analisis *FMEA* menunjukkan bahwa *wire rope* memiliki nilai *RPN* tertinggi, yaitu 120. Analisis lebih lanjut dengan *Fishbone Diagram* mengungkapkan delapan faktor utama penyebab kegagalan, yaitu *man*, *method*, *machine*, *materials*, *measurements*, *management*, *maintenance*, dan *environment*.

Penelitian [11] bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada proses produksi di PT Semen Padang, khususnya pada mesin *Raw Mill*, dengan menggunakan metode *FMEA*. *FMEA* digunakan untuk menganalisis faktor penyebab gangguan pada mesin dan memberikan penilaian berdasarkan frekuensi kerusakan. Skor yang diberikan diurutkan dengan *Risk Priority Number* (*RPN*) untuk mengidentifikasi *failure modes* yang kritis. Hasil penelitian menunjukkan beberapa faktor penyebab gangguan



pada mesin *Raw Mill*, dengan nilai total *RPN* sebesar 2974 dan nilai *RPN* kritis sebesar 48,75, yang menunjukkan permasalahan yang perlu segera diatasi.

Penelitian yang dilakukan [12] Konsep *DMAIC* dan *FMEA* diterapkan untuk mengendalikan kualitas minyak sawit mentah (CPO) berdasarkan kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar kotoran. *DMAIC* digunakan untuk memperbaiki proses dan produk, sedangkan *FMEA* berfungsi untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang dapat diperbaiki. Hasil penelitian menunjukkan adanya data yang melebihi batas spesifikasi, dengan nilai *Cpk* di bawah 1, yang menunjukkan bahwa proses menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Nilai sigma tercatat 3,01. Akar penyebab penurunan kualitas terkait dengan faktor tenaga kerja, bahan, mesin, dan metode, dengan kualitas bahan baku menjadi penyebab utama kegagalan (*RPN* 252). Rekomendasi perbaikan meliputi pelatihan tenaga kerja, peningkatan mesin, dan pengawasan kualitas bahan baku untuk memastikan produk tetap memenuhi standar.

Penelitian [13] bertujuan untuk mencegah kebakaran besar dengan memantau kondisi panel listrik di kapal. Sistem menggunakan mikrokontroler Atmega 328 untuk mengolah data dari sensor suhu DHT22 dan sensor nyala api. Data deteksi kebakaran dan suhu ditampilkan dalam aplikasi IDE. Jika sensor mendeteksi api atau suhu melebihi batas, *buzzer* dan *LED* akan menyala sebagai alarm. Sebaliknya, jika tidak ada deteksi kebakaran, *buzzer* dan *LED* mati.

Penelitian yang dilakukan [14] Mesin *Stamping Press* JW31-500T adalah mesin penting dalam manufaktur otomotif yang memerlukan pemeliharaan preventif untuk menjaga kinerja panel kelistrikan. Komponen seperti *MCCB*, *MCB*, *Power Line Filter*, *Transformator*, *Relay*, *PLC*, dan lainnya memiliki peran penting. Pemilihan *MCB* yang sesuai dengan daya mesin dan pemeliharaan komponen seperti *relay* dan *contactor* sangat krusial. Kerusakan umum meliputi masalah pada *relay*, *contactor*, dan penurunan *Stroke Per Minute (SPM)*. Pemeliharaan melibatkan pemeriksaan kelistrikan, kestabilan tegangan, dan pemilihan kabel sesuai standar keamanan untuk memastikan kinerja optimal.

Pada penelitian [15] Pengendalian kualitas produksi wafer menggunakan *FMEA* dan *Kaizen* untuk mengurangi cacat. Analisis menunjukkan bahwa cacat dimensi tidak standar (49,75%) menjadi masalah utama, disebabkan oleh pipa cairan HE bocor dengan *RPN* tertinggi (168). Solusi yang diusulkan mencakup pemasangan inverter, preventive maintenance, peringatan operasional, dan peningkatan ergonomi operator. Penelitian ini





efektif dalam mengidentifikasi penyebab kegagalan dan memberikan solusi, namun akan lebih baik jika dilengkapi evaluasi efektivitas setelah implementasi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan [7] PT. XYZ mencatat produk cacat sebesar 23,37% pada 2019, melebihi target 9%. Penelitian menggunakan metode *FMECA* untuk menganalisis dan mengidentifikasi penyebab utama cacat dalam produksi. Ditemukan 10 penyebab utama, seperti debu, tinta tidak stabil, dan kerusakan mesin. Rekomendasi perbaikan mencakup pembuatan SOP, keluhan ke pemasok, penambahan mesin, dan pelatihan operator..

Penelitian yang dilakukan [8] PT. X, bagian dari Kappa Group, menghadapi masalah *downtime* pada mesin *hammer milling* yang menurunkan efektivitas produksi. Penelitian menggunakan ORE, *diagram fishbone*, dan *FMECA* untuk menganalisis masalah dan menentukan perbaikan. Hasil menunjukkan efektivitas mesin 55,95%, masih perlu ditingkatkan. Rekomendasi meliputi pengelolaan suku cadang dengan *continuous review*, *preventive maintenance*, dan *autonomous maintenance*.

Penelitian yang dilakukan [16] *FMECA* adalah metode evaluasi sistem untuk mengidentifikasi potensi kegagalan komponen serta dampaknya terhadap kinerja dan keselamatan. Studi ini diterapkan pada konveyor rel batubara yang terdiri dari 8 subsistem, dengan fokus pada drive station sebagai komponen penggerak utama. Analisis dimulai dari pengumpulan data desain dan cara kerja komponen, kemudian dilanjutkan dengan penerapan *FMECA*, yang mencakup identifikasi kegagalan (*FMEA*) dan perhitungan kekritisan (*CA*). Dari 21 sub komponen dan 18 part yang dianalisis, ditemukan tiga sub komponen paling kritis: baterai isi ulang (tegangan berkurang dan *no output*), serta *PLC* dan *VFD* (program error), dengan nilai kekritisan tertinggi masing-masing 0,063, 0,025, dan 0,027.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang sudah ditemukan penulis, ada beberapa yang menggunakan metode *FMEA* dan *FMECA* Metode yang telah digunakan sebelumnya terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan menganalisis kegagalan serta mengevaluasi keandalan mesin dan produk. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut terkait penerapan metode *FMEA* dalam analisis keandalan, dengan mencari klasifikasi nilai CR untuk memberikan sebuah informasi yang akurat. Namun, penelitian ini memiliki perbedaan dibandingkan penelitian sebelumnya, yakni fokus pada analisis keandalan komponen instrumentasi *control panel* pada *pumping unit*, sehingga penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang penggunaan *FMEA* dan *FMECA* dengan judul ” Analisis Keandalan Instrumentasi *Control Panel* pada *pumping Unit*



Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* dan Metode *Failure Mode and Effect Criticality Analysis (FMECA)* di PT. Bukaka Teknik Utama Duri”.

## 2.2 Keandalan

Keandalan adalah Suatu item diharapkan dapat melaksanakan fungsi yang telah ditentukan dalam kondisi operasional dan lingkungan tertentu dalam jangka waktu yang spesifik. Oleh karena itu, manajemen risiko harus dipertimbangkan sebagai pendekatan untuk meningkatkan kinerja sistem dan meminimalkan risiko atau dampak yang signifikan akibat tingkat kegagalan yang terjadi. Data terkait perawatan dan kegagalan diolah untuk menghasilkan indeks keandalan, laju keandalan, serta nilai MTTF peralatan. Hal ini akan berguna dalam analisis untuk menentukan interval kegiatan perawatan[17].

Dalam keandalan terdapat berbagai macam metode penyelesaian yaitu:

### 1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Metode *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)* digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya, dan dampak dari kegagalan komponen. Tujuan utama penerapan metode *FMEA* adalah untuk menentukan langkah-langkah yang dapat diambil guna meminimalkan dan mengurangi risiko bahaya, terutama yang memiliki prioritas tertinggi. Hasil dari penerapan metode ini adalah nilai risiko yang dinyatakan dalam bentuk *Risk Priority Number (RPN)*[10].

### 2. *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA)*

Suatu metode yang digunakan untuk menganalisis keandalan komponen dalam suatu sistem dengan mengidentifikasi potensi kegagalan serta mengevaluasi dampaknya, termasuk keberhasilan sistem, keselamatan pengguna, dan kondisi peralatan, sehingga dapat menentukan komponen yang paling kritis. [16].

*FMECA* terdapat dua metode yang terpisah, yaitu :

1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*
2. *Criticality Analysis*
3. *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Metode pemeliharaan yang berfokus pada menjaga keandalan fungsi peralatan dengan mengidentifikasi kegagalan potensial, dampaknya, dan menentukan strategi perawatan yang paling efektif. Tujuannya adalah meminimalkan risiko kegagalan dan mengoptimalkan biaya pemeliharaan[9].

#### 4. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Metode analisis kegagalan yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama suatu kegagalan dengan menggunakan diagram pohon logika. Tujuannya adalah menemukan akar masalah dan mencegah kegagalan serupa terjadi kembali[9].

### 2.3 *Control Panel*

*Control Panel* merupakan perangkat yang berperan sebagai pusat pengaturan distribusi listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) ke instalasi penerangan serta peralatan dengan kebutuhan daya besar. Umumnya, panel listrik dibuat dari plat besi dengan ketebalan antara 0,5 hingga 1 mm, atau disesuaikan dengan ukuran dan kapasitasnya. Plat tersebut berfungsi sebagai tempat pemasangan berbagai komponen listrik. Sementara itu, *Control Panel* listrik berfungsi sebagai tempat untuk memasang perangkat listrik yang digunakan untuk mengatur operasi mesin-mesin agar sesuai dengan kinerja yang diinginkan[14].

#### 2.3.1 *Komponen-komponen control panel*

##### 1 *MCB (Mini Circuit Breaker)*

*MCB (Mini Circuit Breaker)* adalah alat pengaman yang berfungsi untuk melindungi dari arus lebih. *MCB* ini melindungi sistem dari arus lebih yang disebabkan oleh beban berlebih atau hubung singkat. Prinsip kerjanya adalah dengan memutuskan hubungan yang disebabkan oleh arus lebih menggunakan relai arus lebih yang bekerja secara elektromagnetik. Ketika bimetal atau elektromagnetik berfungsi, kontak yang ada pada pemadam busur akan terputus dan saklar akan terbuka[5], objek yang dimaksud ditunjukkan secara jelas pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *MCB (Mini Circuit Breaker)*



#### 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.

## 2

### ***Fuse***

Sekring atau *fuse* adalah perangkat yang berfungsi untuk memutus aliran listrik ketika terjadi hubung singkat (*short circuit*) atau arus berlebih (*overcurrent*) pada suatu rangkaian listrik, baik pada kendaraan, instalasi rumah, maupun rangkaian elektronik lainnya. Terdapat berbagai jenis sekring, namun yang paling umum digunakan oleh masyarakat adalah sekring kaca (*glass fuse*). Sekring ini terbuat dari kaca dan berisi selempar kawat khusus, di mana ukuran penampang kawat tersebut menentukan kapasitas sekring dalam menghantarkan arus listrik[5]. Objek yang dimaksud dapat ditunjukkan dengan jelas pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Fuse*

## 3

### ***Transformator***

*Transformator*, atau yang sering disebut trafo, adalah perangkat listrik yang berfungsi untuk mengubah tingkat tegangan arus bolak-balik (AC) ke tingkat tegangan lainnya. Proses ini berfungsi untuk menurunkan atau meningkatkan tegangan, seperti dari 220 VAC ke 12 VAC atau dari 110 VAC ke 220 VAC. *Trafo* bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik dan hanya beroperasi dengan tegangan AC. Dalam distribusi listrik, trafo berperan penting dalam meningkatkan tegangan dari pembangkit listrik hingga ratusan kilo volt untuk transmisi, kemudian menurunkannya ke 220 VAC untuk keperluan rumah tangga atau kantor[5]. Objek yang dimaksud dapat ditunjukkan dengan jelas pada gambar 2.3.

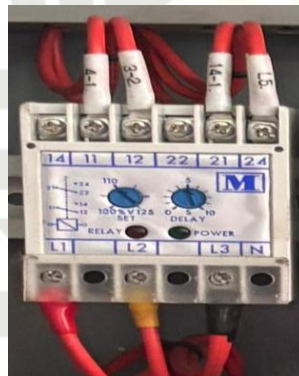
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gamabar 2.3 Transformator

#### 4 Over Voltage

Rangkaian pengaman tegangan berlebih, atau *over voltage protection*, adalah rangkaian elektronik sederhana yang dirancang untuk melindungi peralatan dari tegangan listrik yang berlebihan, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan[5], objek yang dimaksud ditunjukkan secara jelas pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Over Voltage

#### 5 Contactor

*Contactor* adalah Komponen listrik ini berfungsi untuk menyambung atau memutus aliran arus listrik AC. Dikenal juga sebagai *relay contactor*, komponen ini biasanya ditemukan dalam *control panel* dan digunakan sebagai selektor, saklar transfer, atau *interlock* dalam sistem ATS[5]. Objek yang dimaksud dapat ditunjukkan dengan jelas pada gambar 2.5.

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 Contactor

### Positive Temperature Coefficient (PTC)

*Positive Temperature Coefficient (PTC)* adalah alat pengaman yang digunakan untuk mendeteksi suhu berlebih, bertujuan untuk melindungi motor dari kerusakan akibat panas berlebihan. Nilai resistansi *PTC* akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu sekitar, dan sebaliknya, resistansinya akan menurun ketika suhu sekitar *PTC* menjadi lebih dingin[5], objek yang dimaksud ditunjukkan secara jelas pada gambar 2.6.



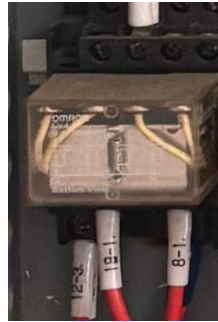
Gambar 2.6 Positive Temperature Coefficient (PTC)

### Relay

*Relay* adalah komponen saklar yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan suatu komponen *elektromechanical* yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu *elektromagnet* (kumparan) dan bagian mekanikal (kontak saklar). *Relay* beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga arus listrik kecil (*low power*) dapat mengontrol aliran listrik dengan tegangan yang lebih tinggi. Sebagai contoh, *relay* dengan elektromagnet 5V dan 50mA dapat menggerakkan armature *relay* (saklar) untuk mengalirkan listrik 220V dengan arus 2A[5]. Objek yang dimaksud dapat ditunjukkan dengan jelas pada gambar 2.7.



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 2.7 Relay

## 8 Thermal Over Load Relay (TOLR)

*Thermal overload relay* adalah perangkat pengaman yang melindungi rangkaian listrik dari arus lebih akibat beban berlebih dengan cara memutuskan rangkaian saat arus melebihi batas yang telah diatur. *Overload relay* berfungsi untuk mencegah kerusakan pada rangkaian dan komponen listrik akibat beban berlebih. *Thermal overload relay* melindungi semua fasa dalam Rangkaian tiga fasa, baik yang menggunakan bimetal maupun sistem elektronik tanpa suplai terpisah. Perangkat ini juga memiliki sensitivitas terhadap kehilangan satu fasa dan bekerja dengan sistem diferensial, yang berarti tidak langsung memutuskan sirkuit ketika satu fasa hilang. Namun, jika pemutusan segera diperlukan saat kehilangan satu fasa, perangkat proteksi tambahan harus dipasang[5]. Objek yang dimaksud dapat ditunjukkan dengan jelas pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Thermal Over Load Relay (TOLR)

## 9 Time Delay Relay (TDR)

*Timer* atau *time delay relay* adalah Komponen elektronik yang dibuat untuk menghasilkan keterlambatan waktu, yang dapat disesuaikan dalam rentang waktu tertentu. Fungsi utamanya adalah untuk memutus atau menyalakan kontak *relay*,

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

yang biasanya digunakan untuk mengontrol rangkaian[5], objek yang dimaksud ditunjukkan secara jelas pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Time Delay Relay (TDR)

#### **Pilot Lamp**

*Pilot lamp* adalah Lampu indikator yang berfungsi menampilkan status atau kondisi tertentu dalam suatu sistem listrik atau peralatan. Biasanya, *pilot lamp* digunakan untuk menandakan bahwa suatu peralatan atau sistem sedang beroperasi, menyala, atau dalam keadaan tertentu seperti *standby*, atau untuk memberikan peringatan jika ada masalah. *Pilot lamp* sering dipasang pada *control panel* atau perangkat untuk memudahkan pemantauan status sistem, objek yang dimaksud ditunjukkan secara jelas pada gambar 2.10.

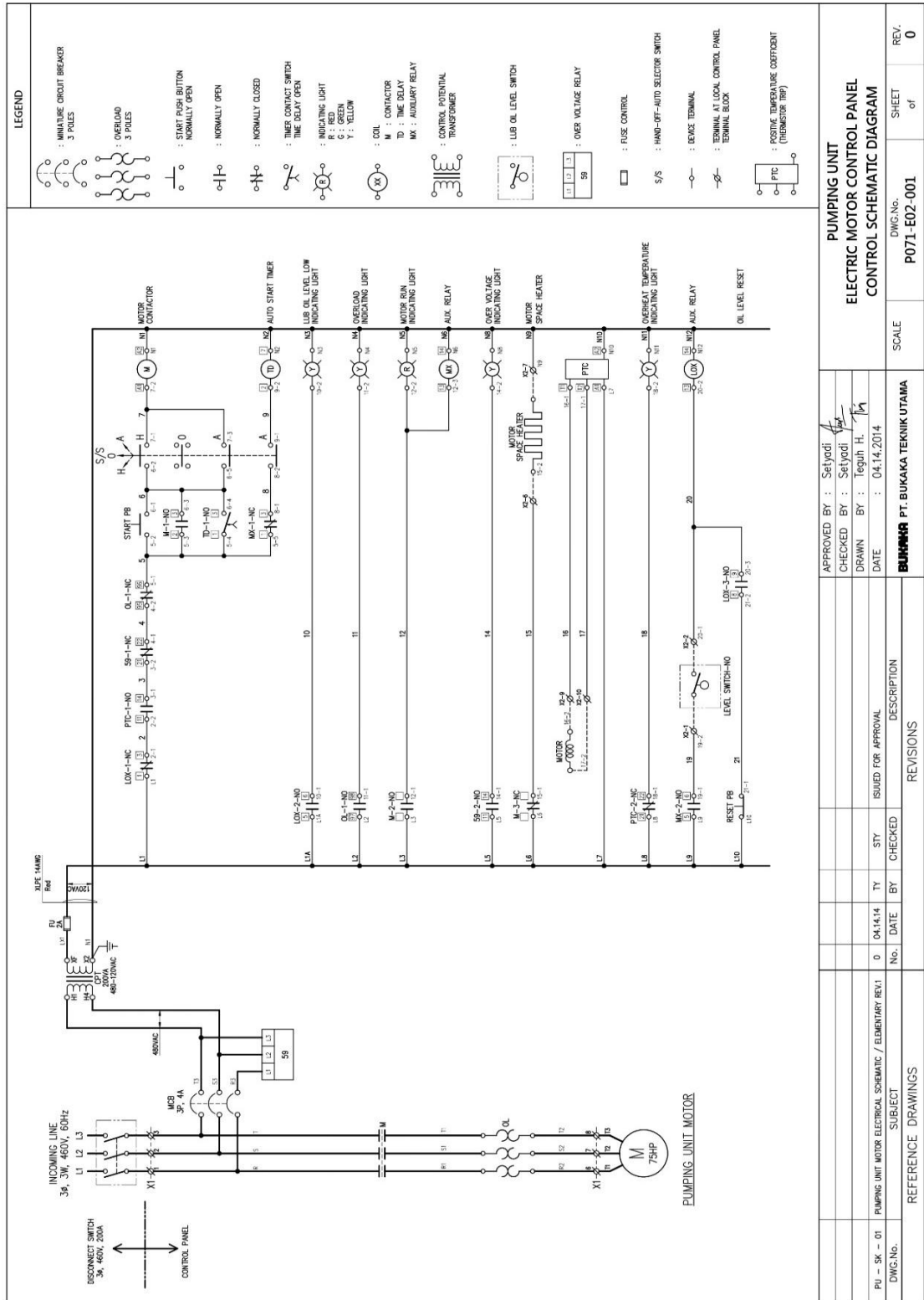


Gambar 2.10 Pilot Lamp



### 2.3.2 Wiring Control Panel Elektrik Motor Pumping Unit

1. 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.



Gambar 2.11 Wiring Control Panel Elektrik Motor Pumping Unit [1]





Berdasarkan gambar 2.11 diagram skematik ini menggambarkan sistem *control panel* untuk motor pada unit pemompaan yang dirancang oleh PT. Bukaka Teknik Utama. Sistem ini memanfaatkan sumber daya listrik tiga fase dengan tegangan 460V dan frekuensi 60Hz. Sebagai langkah pengamanan awal, digunakan *Disconnect Switch* berkapasitas 200A sebagai pemutus utama, serta *Miniature Circuit Breaker (MCB)* tiga fase yang berfungsi melindungi rangkaian sebelum masuk ke sistem kontrol. Motor yang digunakan memiliki daya 75 HP, yang dioperasikan melalui *magnetic contactor (MC)* serta dilengkapi dengan *overload relay (OL)* untuk mencegah kerusakan akibat beban berlebih.

Motor dalam sistem ini dapat dioperasikan secara manual menggunakan tombol tekan (*push button*) *Start* untuk menyalakan motor dan tombol *Stop* untuk mematikannya. Selain itu, terdapat *Auto Start Timer* yang memungkinkan motor menyala secara otomatis setelah kondisi tertentu terpenuhi. Sistem ini juga dilengkapi dengan relay tambahan (*auxiliary relay*) yang berfungsi sebagai pendukung dalam operasi dan proteksi motor.

Untuk memastikan keandalan dan keselamatan operasional, *control panel* ini dilengkapi dengan berbagai lampu indikator yang menunjukkan status sistem. Beberapa di antaranya adalah indikator level oli pelumas rendah, indikator beban lebih, indikator motor beroperasi, indikator tegangan lebih, dan indikator suhu berlebih. Selain itu, sistem ini juga memiliki *space heater* yang berperan dalam mencegah kelembaban di dalam *control panel*, sehingga dapat memperpanjang umur komponen listrik yang ada.

Di samping itu, sistem *control* ini juga dilengkapi dengan beberapa sensor dan perlindungan tambahan, seperti *Level Switch* yang mendeteksi level oli pelumas, *Over Voltage Relay* untuk melindungi sistem dari lonjakan tegangan, serta *Thermistor Protection* yang berfungsi memonitor suhu motor agar tidak mengalami panas berlebih (*overheating*). Dengan adanya berbagai fitur perlindungan dan kontrol ini, sistem panel listrik memastikan bahwa motor dapat beroperasi dengan aman, efisien, dan andal dalam menjalankan proses pemompaan.

## 2.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode *FMEA* digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan, kejadian, dan munculnya kegagalan komponen. Tujuan penggunaan metode *FMEA* adalah untuk menentukan tindakan untuk meminimalkan dan mengurangi risiko bahaya, terutama yang merupakan prioritas tertinggi. Hasil dari metode ini adalah nilai risiko dalam bentuk *Risk Priority Number (RPN)* [10].



FMEA mengidentifikasi tiga hal yaitu sebagai berikut.

1. Penyebab kegagalan yang berpotensi dari sistem, desain, produk, dan proses selama siklus bekerja.
2. Efek dari kegagalan tersebut.
3. Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain, produk, dan proses.

Dalam metode FMEA, prioritas kegagalan ditentukan berdasarkan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, yang dikalikan untuk memperoleh *Risk Priority Number (RPN)*.

#### A. Severity

*Severity* merupakan penilaian awal dalam analisis risiko yang mengevaluasi tingkat keparahan suatu kegagalan serta dampaknya terhadap pengguna akhir. Penilaian ini mencerminkan seberapa besar pengaruh kegagalan terhadap hasil proses, dengan skala penilaian dari 1 hingga 10, di mana nilai 10 menunjukkan dampak yang paling serius[19]. Kemudian skala menghitung disusun pada tabel 2.1 sebagai berikut

Tabel 2.1 *Severity Rating* [19]

Dampak	Kriteria Keparahan (S)	Peringkat
Bahaya	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah</li> <li>2. Menghentikan pengoperasian sistem produksi atau layanan jasa</li> </ol>	10
Serius	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah</li> <li>2. Menghasilkan produk atau hasil jasa yang membahayakan</li> </ol>	9
Ekstrem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengganggu kelancaran sistem produksi atau layanan jasa</li> <li>2. Produk tidak dapat dioperasikan (100% scrap) atau hasil jasa sangat tidak memuaskan (0% tingkat kepuasan)</li> </ol>	8
Mayor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sedikit mengganggu kelancaran proses produksi atau layanan jasa</li> <li>2. Kinerja produk tidak sempurna tetapi masih bisa</li> </ol>	7



1. Dituntut untuk melindungi hak cipta yang dimiliki oleh penulis atau seluruh karya tulis ini tanpa menandatangani 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.

	difungsikan atau hasil jasa tidak cukup memuaskan tetapi masih bisa diterima konsumen	
Signifikan	Kinerja produk menurun karena beberapa fungsi tertentu mungkin tidak beroperasi atau Kinerja hasil jasa menurun karena fungsi kenyamanan tidak terpenuhi	6
Sedang	Kinerja produk atau hasil jasa menurun tetapi masih bisa diperbaiki	5
Rendah	Kinerja produk atau hasil jasa menurun tetapi tidak memerlukan perbaikan	4
Kecil	Dampak kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa atau kinerja produk atau hasil jasa masih ada keluhan dari beberapa konsumen	3
Sangat kecil	Dampak sangat kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa atau kinerja produk atau hasil jasa masih ada keluhan hanya dari konsumen tertentu	2
Tidak ada dampak	Tidak ada dampak terhadap sistem produksi atau layanan jasa maupun produk atau hasil jasa	1

## B. Occurrence

Occurrence menunjukkan seberapa sering suatu kegagalan bisa terjadi, dengan menilai kemungkinan atau frekuensi kegagalan selama jangka waktu tertentu. Penilaian ini menggambarkan peluang terjadinya kegagalan yang dapat menyebabkan kerusakan selama masa pemakaian produk. Setiap kategori diberi peringkat untuk membantu dalam proses evaluasi ini [19]. Kemudian skala menghitung disusun pada tabel 2.2 sebagai berikut

Tabel 2.2 Occurrence Rating [19]

Peluan terjadi kegagalan	Tingkat kemungkinan kegagalan	Peringkat
Sangat tinggi dan ekstem, kegagalan hampir tidak terhindarkan	1 dari 2	10





Sangat tinggi, kegagalan berhubungan dengan proses yang gagal sebelumnya	1 dari 3	9
Tinggi, kegagalan terus berulang	1 dari 8	8
Relatif tinggi	1 dari 20	7
Sedang cenderung tinggi	1 dari 80	6
Sedang	1 dari 400	5
Relatif rendah	1 dari 2000	4
Rendah	1 dari 15.000	3
Sangat rendah	1 dari 150.000	2
Hampir tidak mungkin terjadi kegagalan	1 dari 1.500.00	1

### C. Detection

Merupakan penilaian terhadap kemampuan untuk mendeteksi serta mencegah terjadinya suatu kegagalan sebelum berdampak lebih lanjut. Dapat disusun berdasarkan tabel 2.3 berikut

Tabel 2.3 *Detection Rating* [19]

Kemungkinan kegagalan terdeteksi	Kriteria berdasarkan rancangan pengendalian saat ini	Peringkat
Hampir mustahil	Tidak ada kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	10
Sangat kecil	sangat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	9
Kecil	sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	8
Sangat rendah	kendali tetap sangat rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan	7
Rendah	kendali tetapi rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan	6
Sedang	kendali yang memiliki kemampuan yang cukup untuk mendeteksi potensi kegagalan	5



Agak tinggi	Kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	4
Tinggi	Kendali yang memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	3
Sangat tinggi	Kendali yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	2
Hampir pasti	Kendali hampir pasti dapat mendeteksi potensi kegagalan	1

Tingkat kategori kekritisitas dalam *FMEA* biasanya dibatasi hingga nilai maksimum tertentu, seperti 200 atau 1000, tergantung dari metodologi atau standar yang digunakan. Jika dalam kasus Anda nilai kekritisitas (sering disebut *Risk Priority Number / RPN*) dibatasi hanya sampai 200. Kategori dapat disusun dengan cara menghitung nilai *RPN* tertinggi hingga ke rendah, contohnya untuk parameter  $S \times O \times D$  dengan skala peringkat 1-10, maka nilai *RPN* tertinggi adalah  $10 \times 10 \times 10 = 1000$  dan nilai terendah adalah  $1 \times 1 \times 1 = 1$  [19], kemudian disusun kategori berdasarkan tabel 2.4 sebagai berikut

Tabel 2.4 kekritisitas kegagalan *FMEA*

<i>RPN</i>	Kategori Kekritisitas
501-1000	Tinggi
201-500	Sedang
1-200	Rendah

Berdasarkan tabel 2.4, kategori pertama adalah risiko rendah (*RPN* 1-200) di mana kegagalan tidak berdampak signifikan dan tidak memerlukan tindakan pencegahan. Kategori kedua adalah risiko sedang (*RPN* 201-500) di mana kegagalan dapat terjadi lebih sering dan memiliki dampak yang lebih serius sehingga memerlukan perhatian dan evaluasi lebih lanjut. Kategori ketiga adalah risiko tinggi hingga kritis (*RPN* 501-1000) di mana kegagalan dapat menyebabkan dampak besar pada keselamatan dan operasional sehingga memerlukan tindakan perbaikan segera.



## 2.5 Failure Mode And Effect Critically Analysis (FMECA)

*FMECA* merupakan metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi potensi kegagalan serta tingkat kekritisannya yang dapat menimbulkan dampak buruk. Metode ini memanfaatkan berbagai input, seperti rencana, diagram, serta data probabilitas dan frekuensi berdasarkan catatan historis. Hasil akhirnya berupa daftar risiko paling kritis beserta target mitigasi untuk mengurangi risiko tersebut.. Metode *FMECA* pertama kali dikembangkan pada tahun 1960, industri penerbangan mengembangkan metode ini sebagai bagian dari standar keandalan dan keselamatan. Seiring waktu, metode ini mulai diterapkan secara luas di berbagai sektor industri untuk menjamin keandalan, keselamatan kerja, serta kualitas produk.

*FMECA* adalah metode yang menggabungkan dua jenis analisis, yaitu analisis menggunakan *FMEA* dan analisis titik kritis (*Criticality Analysis*). *FMEA* digunakan untuk mengevaluasi berbagai risiko yang mungkin muncul akibat potensi masalah, dengan menggunakan beberapa pendekatan atau metode. Salah satu metode yang umum diterapkan adalah perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*[7]. *FMECA* adalah alat yang digunakan untuk manajemen risiko dengan kualitas tinggi dalam penerapan sistem keamanan yang komprehensif. Teknik ini memberikan analisis risiko untuk membandingkan satu komponen kegagalan dengan penyebab kegagalan yang dapat dihindari. Risiko diukur sebagai kombinasi antara dampak dari modus kegagalan dan kemungkinan terjadinya kegagalan pada sistem. Hasil perhitungan risiko yang terbesar akan menjadi prioritas utama dalam perencanaan perbaikan kegagalan tersebut..

Tidak seperti pendekatan *RPN*, pendekatan *CN* lebih menitik beratkan pada metode kuantitatif dengan mengembangkan peringkat kritikalitas yang mempertimbangkan probabilitas efek kegagalan ( $\beta$ ), rasio kegagalan ( $\alpha$ ), tingkat kegagalan komponen ( $\lambda$ ), dan waktu operasi ( $\tau$ ). Nilai *CN* diperoleh dari perkalian semua faktor tersebut, di mana semakin tinggi nilainya, semakin besar prioritas untuk melakukan tindakan korektif.

### 2.5.1 Tahap *FMEA* (Failure Mode and Effect Analysis)

Adapun tahapan *FMEA* sebagai berikut :

— Nomor Komponen

Kolom ini mengandung nomor urut dari komponen, subsistem, atau sistem yang akan dianalisa.





**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.

2. Komponen

Kolom ini diisi dengan informasi tentang komponen atau peralatan yang akan dianalisa.

Fungsi

Kolom ini menjelaskan fungsi dari komponen yang akan di analisa.

4. *Failure Mode*

Mode kegagalan yang menyebabkan alat tersebut tidak berfungsi sebagaimana mestinya dijelaskan dalam kolom ini.

*Failure Effect*

Pada kolom ini menjelaskan tentang bagaimana kegagalan tersebut menyebabkan komponen tidak berfungsi secara normal.

6. Deteksi Kegagalan

Pada kolom ini menjelaskan berbagai potensi pendeteksian pada mode kegagalan.

7. Efek

Pada kolom ini menjelaskan tentang akibat dari mode kegagalan yang terjadi[20]

**2.5.2 Tahap CA (*Criticality Analysis*)**

1. *Probability* Efek Kegagalan ( $\beta$ )

Setelah proses *FMEA* selesai, awal *FMECA* dimulai dengan tahapan metode *FMEA* yang kemudian dilanjutkan dengan proses atau tahapan dari *CA* (*Criticality Analysis*), dihitung nilai probabilitas efek kegagalan ( $\beta$ ) yang menunjukkan seberapa sering suatu efek muncul dibandingkan dengan jumlah mode kegagalan [20]. Rumus yang digunakan adalah:

$$\beta = \frac{\text{jumlah failure effect}}{\text{jumlah failure mode}} \quad (2.1)$$

2. *Failure Mode Ratio* ( $\alpha$ )

Selanjutnya, dilakukan perhitungan rasio mode kegagalan ( $\alpha$ ) untuk mengetahui kontribusi frekuensi masing-masing failure mode terhadap total jumlah kegagalan pada suatu komponen [20]. Rumus yang digunakan:



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.

$$\alpha = \frac{\text{jumlah kegagalan item}}{\text{jumlah failure mode}} \quad (2.2)$$

### 3. Failure rate ( $\lambda$ )

Langkah berikutnya adalah menghitung *failure rate* ( $\lambda$ ) nilai yang menunjukkan jumlah kegagalan dari masing-masing mode kegagalan berdasarkan data aktual dari lapangan [20]. Rumus yang digunakan:

$$\lambda = \frac{f}{t} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\lambda p$  = Failure Rate

$f$  = Jumlah kegagalan

$t$  = waktu

Di mana:

- a.  $f$  adalah jumlah kejadian kegagalan,
- b.  $t$  adalah waktu pengamatan atau waktu operasi total (dalam jam),
- c. Nilai  $\lambda$  menggambarkan tingkat keandalan suatu komponen terhadap kegagalan dalam periode tertentu.

### 4. Criticality Mode (CM)

Setelah diperoleh nilai  $\beta$ ,  $\alpha$ , dan  $\lambda$ , maka langkah selanjutnya adalah menghitung *Criticality Mode* (CM) untuk masing-masing mode kegagalan [20]. Rumus yang digunakan:

$$CM = \beta \times \alpha \times \lambda \times \tau \quad (2.4)$$

CM = Criticality Number

$\beta$  = Nilai Probability

$\alpha$  = Nilai failure ratio

$\lambda p$  = Failure rate

$t$  = Waktu

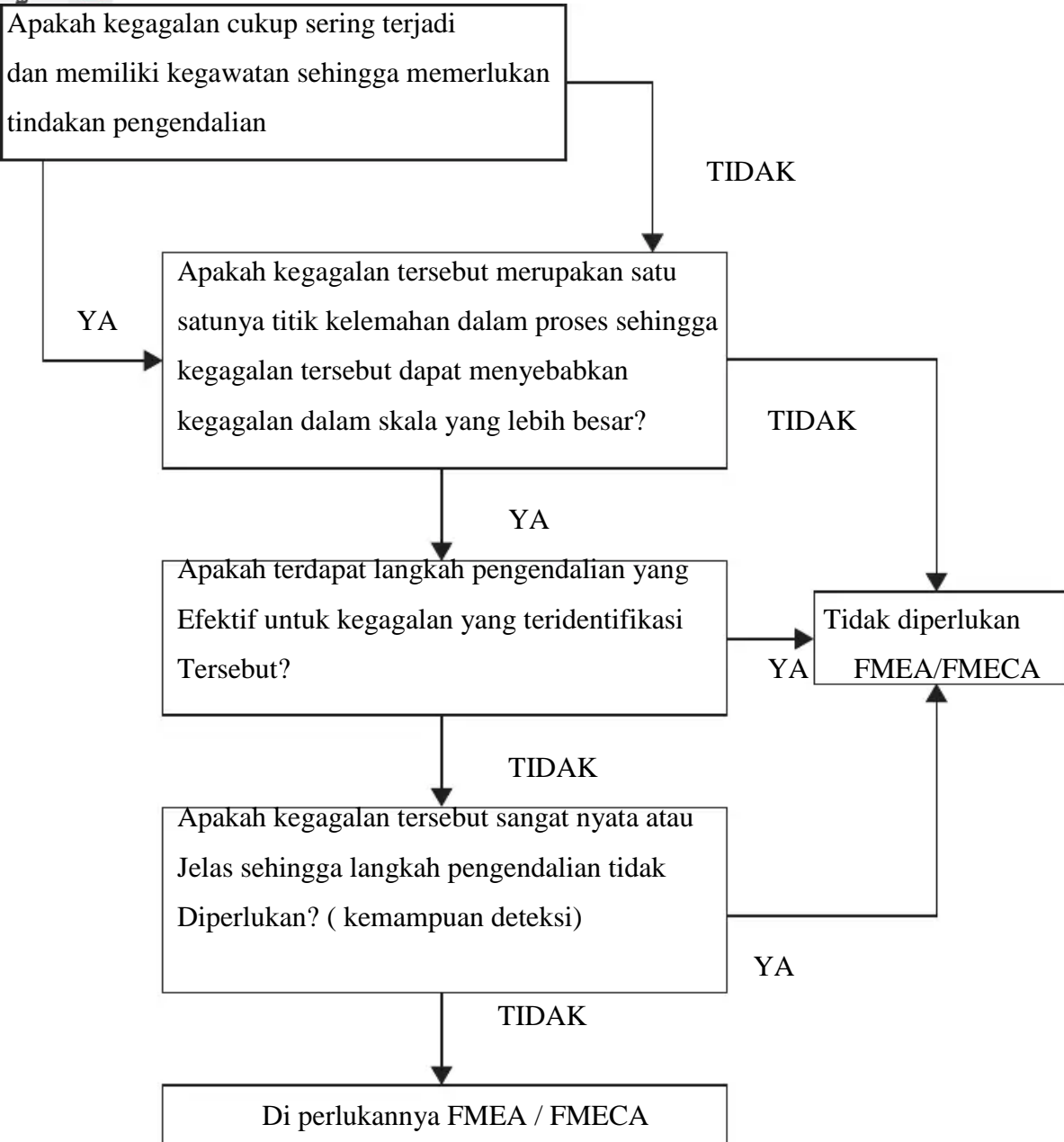
Nilai ini menunjukkan tingkat kritikalitas dari setiap mode kegagalan secara kuantitatif. Nilai CM yang tinggi menandakan mode kegagalan yang memiliki dampak besar dan kemungkinan tinggi terhadap sistem.



## 5. Criticality Rating (CR)

Langkah terakhir adalah menghitung *Criticality Rating (CR)*, yaitu penjumlahan seluruh nilai CM dari satu komponen [20]. Rumusnya adalah:

$$CR = \sum CM \quad (2.5)$$



Gambar 2.12 Contoh Analisis Pohon Keputusan Untuk Meninjau dan Menentukan Proses yang Memiliki Potensi Kegagalan [19]





Berdasarkan gambar 2.12 bahwa Sistem *control panel* pada *pumping unit* di PT. Bukaka Teknik Utama Duri mengalami beberapa kegagalan yang dapat mempengaruhi operasional secara signifikan. Beberapa komponen seperti *Pilot Lamp*, *Relay*, *Contact*, *Fuse*, *PTC*, *Over Voltage*, *Trafo*, *TDR*, *TOLR*, *MCB* telah mengalami kegagalan berulang dalam tiga tahun terakhir menjadikannya titik kelemahan utama yang berpotensi menyebabkan gangguan lebih luas jika tidak diatasi. Meskipun telah dilakukan pemeliharaan rutin, *function test*, dan *troubleshooting*, langkah-langkah ini belum sepenuhnya efektif dalam mencegah kegagalan dengan dampak besar, dan beberapa kegagalan masih sulit terdeteksi secara dini. Oleh karena itu, penerapan *FMEA/FMECA* diperlukan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menilai dampaknya, serta menyusun strategi perbaikan guna meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem *control panel*.

Setelah membahas teori - teori dan referensi dari berbagai penelitian terdahulu, maka pada Bab III akan di jelaskan bagaimana pendekatan metodologi di lakukan untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan. Proses ini mencakup pengumpulan data, analisis dengan metode *FMEA* dan *FMECA*, serta penilaian risiko guna menghasilkan rekomendasi teknis yang berbasis data.

1. Penelitian yang menghasilkan data atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
2. Penelitian yang menghasilkan data atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

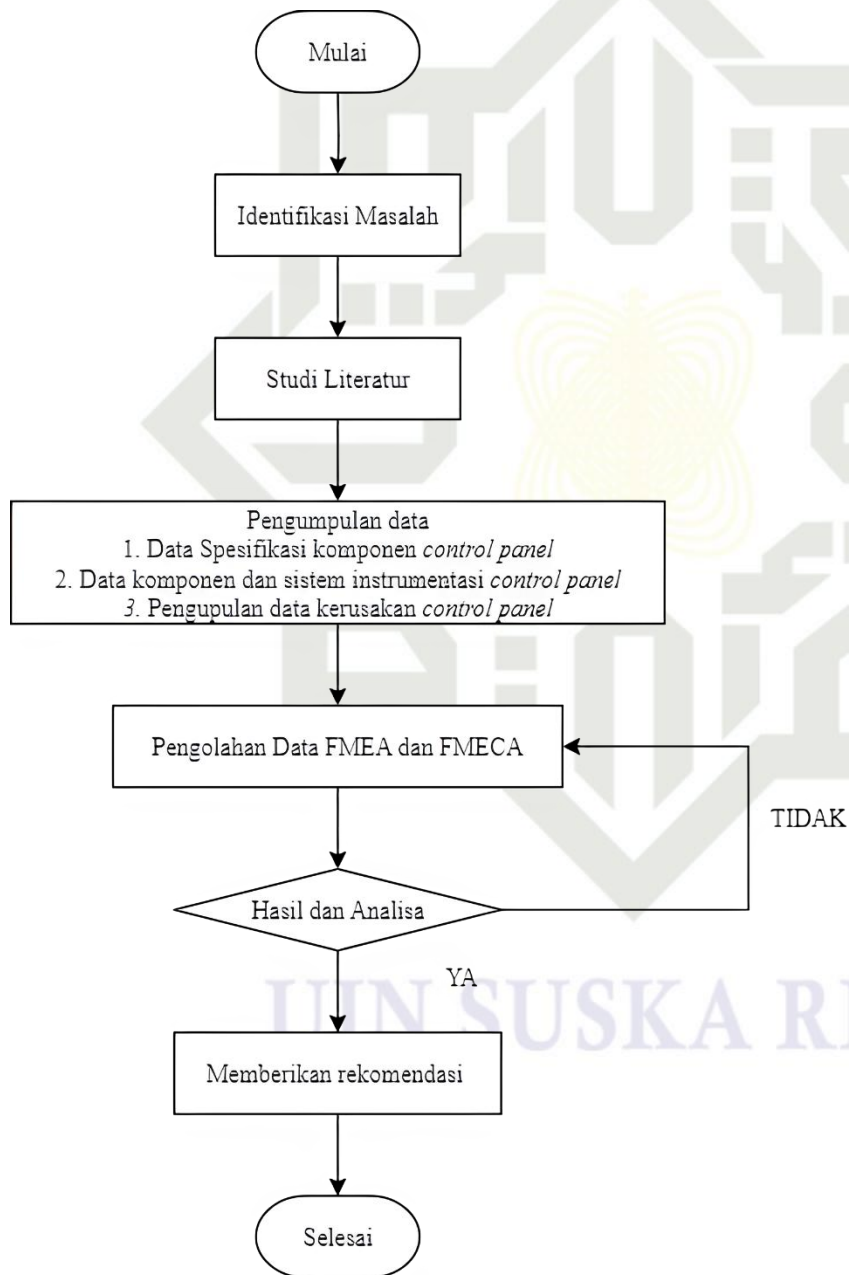


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Proses Alur penelitian

Tahap proses dan alur penelitian ini menjelaskan langkah-langkah serta urutan dalam pelaksanaan penelitian. Pada bagian ini menjelaskan metode pengumpulan data yang dibutuhkan serta tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian berlangsung.



Gambar 3.1 Flowchart Tahap Alur Penelitian



Berdasarkan gambar 3.1 penelitian ini merupakan kombinasi dari pendekatan kualitatif dan kuantitatif, yang menggambarkan bahwa proses pengumpulan dan analisis data dilakukan secara menyeluruh dengan mempertimbangkan aspek deskriptif maupun numerik. Pendekatan kualitatif dalam penelitian ini digunakan untuk memahami konteks dan dinamika yang terjadi di lapangan melalui wawancara langsung dengan pihak terkait, observasi terhadap sistem kerja, serta analisis dokumen yang menggambarkan riwayat kerusakan dan karakteristik sistem *control panel* pada *pumping unit*. Pendekatan ini menekankan eksplorasi yang mendalam terhadap kondisi nyata tanpa melakukan manipulasi terhadap situasi di lapangan, sehingga pemahaman yang diperoleh lebih kontekstual dan relevan dengan kondisi operasional sebenarnya.

Sementara itu, pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis data numerik yang berkaitan dengan frekuensi kegagalan, nilai risiko (RPN), serta tingkat kritikalitas komponen melalui metode *FMEA* dan *FMECA*. Pendekatan kuantitatif ini memungkinkan peneliti menguji hubungan antar variabel dan menarik kesimpulan berbasis angka yang terukur, sehingga dapat memberikan rekomendasi teknis yang kuat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam penelitian, peneliti berperan sebagai instrumen utama yang secara langsung mengumpulkan data melalui observasi dan wawancara di lokasi penelitian, yaitu di PT. Bukaka Teknik Utama Duri. Keterlibatan langsung peneliti sangat penting untuk memastikan keakuratan dan validitas data yang dikumpulkan. Dengan menggabungkan dua pendekatan ini, penelitian mampu menghasilkan analisis yang komprehensif, baik dalam memahami akar masalah secara deskriptif maupun dalam menyusun prioritas perbaikan berbasis data kuantitatif. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana penerapan metode *FMEA* dan *FMECA* pada instrumentasi *control panel pumping unit* dapat mendukung peningkatan keandalan sistem dan efisiensi operasional di lapangan.

### 3.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan langkah awal yang dilakukan dengan cara melakukan observasi langsung terhadap kondisi di lapangan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi di PT Bukaka Teknik Utama Duri. Fokus permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini berkaitan dengan tingkat keandalan sistem instrumentasi pada *control panel*. Permasalahan ini menjadi dasar pembahasan dalam Tugas Akhir untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan yang sesuai.





### 3.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan awal dalam penelitian yang bertujuan untuk mengkaji teori-teori, konsep, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan topik yang diteliti. Melalui studi literatur, peneliti memperoleh landasan teoritis yang kuat, memperjelas arah penelitian, serta membandingkan temuan sebelumnya guna menghindari duplikasi dan memperkuat orisinalitas penelitian yang dilakukan.

### 3.4 Pengumpulan Data

Cara mendapatkan data yang digunakan dalam penelitian ini dengan wawancara dan menganalisis keandalan *control panel* pada *pumping unit* di PT. Bukaka Teknik Utama Duri. Tujuannya mengidentifikasi mode kegagalan, analisis faktor penyebab dan dampaknya, serta evaluasi risiko terkait komponen sistem, mencari mode kegagalan yang faktor penyebabnya, dan efeknya. Serta, digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang mengurangi efektivitas *control panel* berdasarkan analisis kritikalitas. Berdasarkan analisis tersebut, penelitian akan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem kontrol, mendukung keberlanjutan operasi perusahaan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan untuk mengatasi risiko dan perbaikan operasional di industri. Data yang diperlukan untuk penelitian meliputi:

1. Data *Equipment Specification control panel*, komponen, fungsi, cara penanganan
2. Data riwayat kerusakan 3 terakhir *control panel*, periode (Januari 2022 – Desember 2024).
3. Data waktu operasional *control panel* selama 3 tahun, periode (Januari 2022 – Desember 2024)

### 3.5 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data yang dikumpulkan selama penelitian di PT. Bukaka Teknik Utama Duri, data akan dianalisis menggunakan metode *FMEA* dan *FMECA*. Proses pengukuran dan penentuan data berdasarkan tabel *worksheet* akan dilakukan melalui wawancara dengan salah satu anggota tim *electrical* PT. Bukaka Teknik Utama Duri. Langkah ini diambil karena pihak perusahaan dianggap memiliki keahlian, pengalaman, dan pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik perangkat terkait, sehingga dapat memastikan akurasi data yang diperoleh..



### 3.6 Pengolahan Data Metode *FMEA* dan *FMECA*

#### 3.6.1 Analisis *FMEA*

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain sistem berdasarkan tingkat kegagalan, jenis komponen yang mengalami kerusakan, dan dampak yang ditimbulkan oleh kerusakan tersebut disebut Metode *FMEA*. Metode ini diterapkan untuk mengidentifikasi tingkat kegagalan pada berbagai level sistem tertentu, serta mempermudah penilaian, pengembangan, dan perbaikan sistem guna meningkatkan kinerjanya. Selain itu, metode ini juga berfungsi untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan kritis pada komponen-komponen sistem.

Langkah-langkah dalam menggunakan metode *FMEA*:

Tabel 3.1 *Worksheet FMEA*

<i>Component Control Panel</i>	<i>Function</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect of failure</i>	<i>Potential Cause Of Failure</i>	<i>S E V</i>	<i>O C C</i>	<i>D E T</i>	<i>R P N</i>	<i>Recommended Action</i>
1		2	3	4	5	6	7	8	9

1. Menentukan komponen dari mesin atau alat yang akan dianalisis

2. Identifikasi *failure mode*

Mengidentifikasi jenis kegagalan pada setiap kerusakan dari spesifikasi yang disebabkan oleh perubahan dalam variabel yang mempengaruhi proses produksi.

3. Identifikasi *effect of failure*

Mengidentifikasi dampak dan konsekuensi yang timbul akibat *failure mode*, seperti pada tahap operasi, produk, pelanggan, dan/atau peraturan pemerintah.

4. Identifikasi *cause failure*

Mengidentifikasi suatu penyebab kegagalan yang terjadi selama proses berlangsung, dengan fokus pada faktor-faktor yang dapat menyebabkan produk gagal.

5. Menentukan nilai *severity* (s)

6. Penentuan nilai *Occurence* (O)

*Occurrence* adalah proses penetapan nilai rating yang didasarkan pada perkiraan frekuensi atau jumlah total kegagalan yang terjadi akibat suatu penyebab tertentu.

7. Penentuan Nilai *Detection* (D)



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.

Tingkat *detection* ditentukan dengan mengidentifikasi kontrol proses yang secara khusus dapat mendeteksi akar penyebab kegagalan. *Detection* berfungsi sebagai alat ukur untuk mengendalikan kemungkinan terjadinya kegagalan.

8. Perhitungan *RPN* (*Risk Priority Number*)

*RPN* adalah indikator yang menggambarkan tingkat keparahan dampak (*Severity*), peluang terjadinya kegagalan akibat penyebab tertentu (*Occurrence*), serta kemampuan dalam mendeteksi kegagalan tersebut (*Detection*).

Nilai *RPN* dihitung menggunakan rumus berikut:

$$RPN = Sev \times Occ \times Det \quad (3.1)$$

Keterangan:

*RPN* = Nilai Resiko Kegagalan

*Severity* (*Sev*) = Tingkat Keparahan

*Occurrence* (*Occ*) = Tingkat Keseringan Kerusakan

*Detection* (*Det*) = Tingkat Deteksi

*Severity* merupakan ukuran tingkat keparahan atau dampak yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. *Occurrence* menunjukkan frekuensi atau seberapa sering kegagalan terjadi. Sementara itu, *Detection* merujuk pada kemampuan atau tingkat efektivitas dalam mendeteksi kerusakan atau kegagalan yang mungkin terjadi pada suatu komponen. Semakin tinggi nilai *RPN*, semakin besar tingkat keparahan atau permasalahan pada komponen *control panel*. Sebaliknya, semakin rendah nilai *RPN*, semakin kecil tingkat keparahannya.

9. *Recommended Action*

Mengevaluasi setiap tingkat keparahan yang tinggi, terlepas dari nilai *RPN*, diikuti oleh *RPN* tertinggi, dan merumuskan langkah-langkah yang diusulkan untuk memitigasi risiko ke tingkat yang dapat diterima pada saat implementasi. Memitigasi risiko yang terkait dengan setiap mode dan penyebab kegagalan sering kali memerlukan beberapa tindakan. Penulis juga harus memastikan rekomendasi solusi yang layak dan dapat dilakukan yang secara komprehensif memitigasi risiko yang terkait dengan setiap mode atau penyebab kegagalan. Kolom yang





### 3.6.2 Analisis FMECA

disarankan harus menyebutkan langkah-langkah yang dianggap perlu oleh penulis untuk mengurangi risiko. Penulis harus mengevaluasi kontrol yang ada, termasuk prioritas masalah dan efektivitas biaya dari tindakan perbaikan yang diusulkan, sebelum menentukan tindakan yang direkomendasikan

Metode *FMECA* yang digunakan untuk menganalisis tingkat kekritisitas suatu sistem. Metode ini memiliki dua jenis analisis, yaitu analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Penelitian kali ini menggunakan analisis kualitatif. Berikut adalah langkah-langkah analisis kualitatif *FMECA*:

1. Mendefinisikan komponen instrumentasi *control panel* pada *pumping unit*, yang terdiri dari identifikasi komponen, fungsi, kinerja, yang diharapkan, pembatasan sistem dan definisi kegagalan
2. Melakukan wawancara bersama *Team Supervisor* terkait kegagalan pada *control panel*. Data yang diperoleh terdapat pada lampiran.
3. Membuat pemodelan dengan menggunakan worksheet FMEA
4. Membuat *worksheet FMECA* berdasarkan tabel 3.2

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

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

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

Tabel 3.2 Worksheet FMECA

<i>Item Number</i>	<i>Component</i>	<i>function</i>	<i>S E V</i>	<i>Potential failure mode</i>	<i>Failure effect</i>	<i>Failure rate (<math>\lambda p</math>)</i>	<i>Failure effect probability (<math>\beta</math>)</i>	<i>Failure ratio (<math>\alpha</math>)</i>	<i>Operating time</i>	<i>Failure mode criticality (CM)</i>	<i>Item criticality number (CR)</i>
1	2	3	6	4	5	7	8	9	10	11	12

2. Diarag mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun t

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

mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
in, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan



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. Menghitung nilai *probability* ( $\beta$ ) dari kegagalan yang diperoleh menggunakan persamaan 2.1, yang mana jumlah kegagalan pada item terdapat pada lampiran
6. Menghitung nilai alfa ( $\alpha$ ) dari kegagalan yang diperoleh menggunakan persamaan 2.2
7. Menghitung Kerusakan *equipment* yang menggunakan persamaan 2.3
8. Menghitung nilai CM Menggunakan persamaan 2.4
9. Menghitung nilai CR Menggunakan persamaan 2.5

### Penjelasan Tabel *Worksheet* FMECA

1. Nomor item  
Penomoran urut (misalnya 1, 2, 3) untuk mengidentifikasi setiap komponen yang dianalisis dalam metode FMECA.
2. Nama komponen  
Menyatakan peralatan, komponen, atau subsistem yang menjadi objek analisis.
3. Fungsi komponen  
Menjelaskan fungsi utama atau tujuan operasional dari komponen yang dianalisis.
4. Mode kegagalan  
Menggambarkan secara singkat bagaimana suatu komponen dapat mengalami kegagalan.
5. Penyebab kegagalan  
Menjelaskan faktor teknis atau penyebab lain yang memicu terjadinya kegagalan.
6. Severity (S)  
Skala numerik yang menunjukkan tingkat keparahan dampak dari suatu kegagalan.
7. *Failure rate* ( $\lambda$ )  
Frekuensi terjadinya kegagalan dalam periode waktu tertentu, dinyatakan dalam probabilitas atau kejadian per satuan waktu.
8. Efek kegagalan ( $\beta$ )  
Dampak atau konsekuensi yang muncul setelah mode kegagalan terjadi.





**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.

**3.7**

**Rekomendasi Peningkatan Keandalan Sistem Instrumentasi**

Nilai RPN yang diperoleh melalui *worksheet FMEA* serta nilai *CM* dan *CR* dari *worksheet FMECA* yang telah dianalisis, digunakan sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi terhadap setiap kegagalan yang terjadi pada sistem instrumentasi *control panel* kepada pihak perusahaan dalam menentukan langkah penanganan yang lebih tepat.

Rekomendasi dari penelitian ini adalah mengintegrasikan kedua metode tersebut guna memperoleh hasil analisis yang lebih menyeluruh, di mana *FMEA* digunakan sebagai tahapan awal untuk mengidentifikasi potensi risiko, kemudian dilanjutkan dengan *FMECA* guna menetapkan tindakan perbaikan yang lebih efektif berdasarkan tingkat kritikalitas masing-masing komponen.

9. *Failure ratio* ( $\alpha$ )

Rasio dalam bentuk desimal yang menunjukkan proporsi kegagalan akibat suatu mode tertentu.

10. Waktu operasi ( $\tau$ )

Durasi kumulatif waktu operasional dari komponen atau sistem yang bersangkutan.

11. *Criticality mode* (CM)

Nilai kekritisitas suatu mode kegagalan, dihitung menggunakan rumus  $CM = \beta \times \alpha \times \lambda \times \tau$ .

12. *Criticality rate* (CR)

Jumlah dari seluruh nilai CM untuk suatu komponen guna menentukan tingkat kekritisitas totalnya.

## BAB V

### PENUTUP

#### Kesimpulan

a. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi 10 komponen utama pada sistem instrumentasi *control panel* yang memiliki potensi kegagalan, yaitu: *pilot lamp*, *relay*, *contactor*, *fuse*, *PTC*, *over voltage protector*, *transformator*, *time delay relay (TDR)*, *thermal overload relay (TOLR)*, dan *MCB*. Setiap komponen memiliki potensi kegagalan yang berbeda, seperti kontak aus, terbakar, proteksi gagal aktif, *overheating*, atau gagal trip, yang umumnya disebabkan oleh tegangan dan arus berlebih, usia pakai, serta kerusakan internal.

b. Hasil analisis *FMEA* menunjukkan bahwa *contactor* ( $RPN = 120$ ), *over voltage protector* ( $RPN = 112$ ), dan *pilot lamp* ( $RPN = 108$ ) merupakan komponen dengan tingkat risiko tertinggi. Sementara analisis *FMECA* memperkuat hasil tersebut dengan criticality ranking yang menunjukkan bahwa *contactor* dan *over voltage protector* merupakan komponen paling kritis yang perlu penanganan prioritas. Komponen seperti *relay*, *TDR*, dan *transformator* berada di tingkat risiko sedang, sedangkan *fuse*, *MCB*, dan *PTC* tergolong risiko rendah.

c. Berdasarkan hasil pemeringkatan risiko dan kekritisannya, penelitian merekomendasikan agar perusahaan memprioritaskan perawatan preventif, pemeriksaan berkala, dan penggantian komponen secara terjadwal khususnya untuk *contactor* dan sistem proteksi tegangan. Selain itu, perlu juga penguatan prosedur deteksi dini, penggunaan alat ukur tegangan/suhu yang akurat, serta pelatihan teknisi dalam membaca dan menindaklanjuti hasil evaluasi *FMEA* dan *FMECA*.

#### 5.2 Saran

Untuk meningkatkan keandalan sistem *control panel* pada *pumping unit*, disarankan agar perusahaan memprioritaskan pemeliharaan pada komponen kritis seperti *contactor* dan *over voltage protector*, serta melakukan inspeksi rutin pada *relay*, *TDR*, *MCB*, dan *pilot lamp*. Prosedur pemeliharaan perlu diperbarui berdasarkan hasil analisis *FMEA* dan *FMECA* agar lebih tepat sasaran. Selain itu, pelatihan teknisi juga perlu ditingkatkan agar lebih



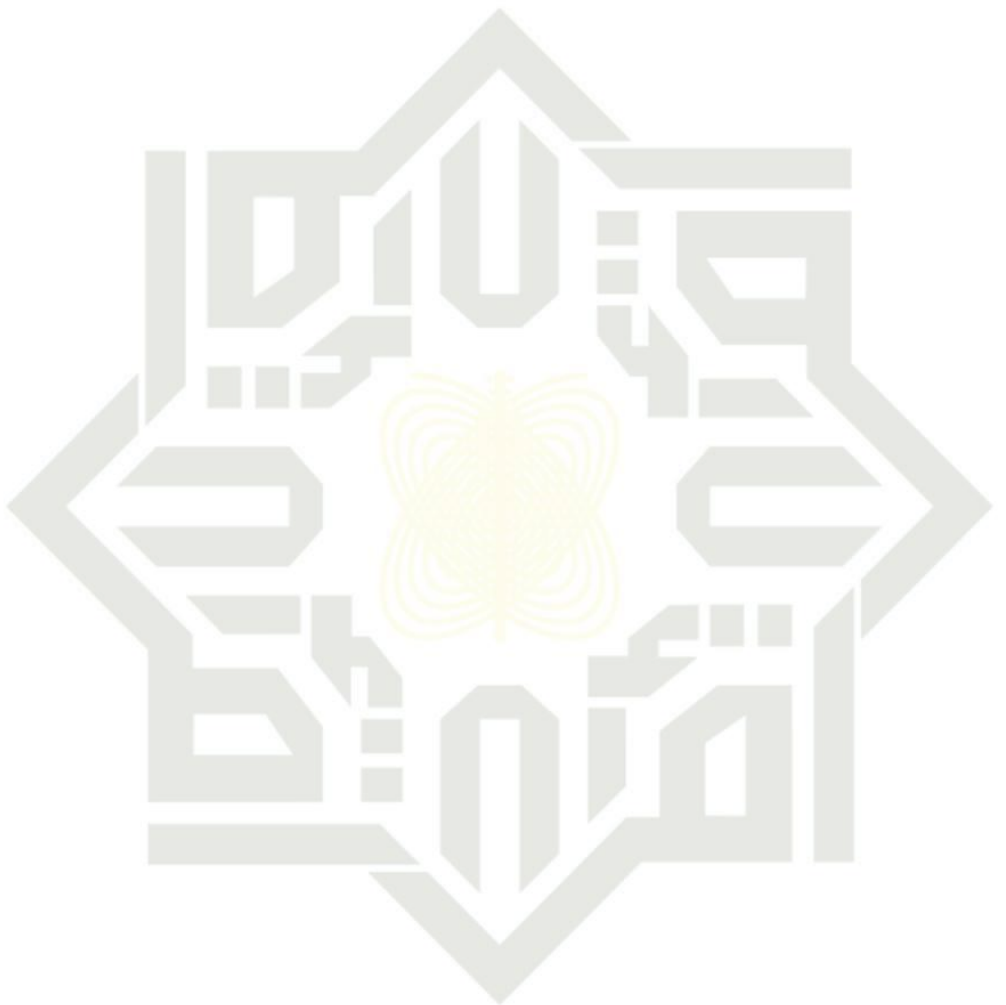
mampu menangani potensi kegagalan. Ke depan, disarankan mengintegrasikan metode lanjutan seperti *RCM* atau *FTA* untuk memperkaya strategi perawatan dan mitigasi risiko.

© 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



## DAFTAR PUSTAKA

- D. Purnami, "Laporan Kerja Praktek Pt. Bukaka Teknik Utama Duri Proteksi Arus Lebih Pada Kontrol Panel Elektrik Motor Pompa Angguk (Pumping Unit) Di Pt. Bukaka Teknik Utama Duri." [Online]. Tersedia pada: <http://eprints.polbeng.ac.id/8676> [Diakses: 01 Februari 2025].
- I. Setiawan dan M. I. Sikki, "Analisa Teknis Dan Perencanaan Pada Panel Utama Tegangan Rendah Di Harco Mangga Besar," *J. Electr. Electron.*, vol. 5, no. 1, 2017.
- A. R. Rosih, M. Choiri, and R. Yuniarti, "Analisis Risiko Operasional Pada Departemen Logistik Dengan Menggunakan Metode FMEA," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, vol. 3, no. 3, pp. 580-586, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, 2023.
- N. B. Puspitasari dan A. Martanto, "Penggunaan Fmea Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung Atm (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus Pt. Asaputex Jaya Tegal)," *JTI UNDIP J. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, hlm. 93–98, Mei 2014, doi: 10.12777/jati.9.2.93-98.
- S. I. Nanda, "Sistem Control Panel Pada Pumping Unit Di Pt. Bukaka Teknik Utama Duri," 2024. [Daring]. Tersedia pada: <http://eprints.polbeng.ac.id/15035> [Diakses: 01 Februari 2025].
- A. G. Alhambali, "Analisis Keandalan Instrumentasi pada Unit Central Mechanical Conveyor Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. Perkebunan Nusantara V Sei Pagar," Tugas Akhir, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, 2021.
- A. Rahman dan F. Fahma, "Penggunaan Metode Fmeca (Failure Modes Effects Criticality Analysis) Dalam Identifikasi Titik Kritis Di Industri Kemasan," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, hlm. 110–119, Apr 2021, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.1.110.
- F. B. Ilmi, A. K. Garside, A. Khoidir, dan R. W. Wardana, "Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Hammer Milling dengan Metode ORE dan FMECA," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 10, no. 1, hlm. 33–40, Jun 2024, doi: 10.30656/intech.v10i1.8189.



## Hak Cipta Ditanggung Undang-Undang

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

- [9] A. Faizal dan S. Arifin, "Analisis Keandalan Instrumentasi pada Unit Central Mechanical Electrical menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA )," *Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind.*, hal. 18–19, 2017.
- [10] M. D. Khairansyah, H. N. Amrullah, dan N. F. Quratuláini, "Penilaian Risiko Kegagalan Overhead Crane dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram," *J. Keselam. Kesehat. Kerja Dan Lingkung.*, vol. 5, no. 2, hlm. 93–101, Agu 2024, doi: 10.25077/jk31.5.2.93-101.2024.
- [11] Cici Novita, Yuli Dwi Astanti, dan Trismi Ristyowati, "Identifikasi Masalah Pada Mesin Raw Mill Menggunakan Metode Fmea Dan Rpn," *Waluyo Jatmiko Proceeding*, vol. 15, no. 1, hlm. 57–62, Mei 2022, doi: 10.33005/waluyojatmiko.v15i1.16.
- [12] A. A. Sitompul, Z. Zaharuddin, dan M. Fazri, "Pengendalian Kualitas Curd Palm Oil Menggunakan Integrasi Metode Six Sigma-FMEA di PT Grahadura Leidong Prima," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 1, no. 4, hlm. 343–355, Apr 2023, doi: 10.56211/blendsains.v1i4.244.
- [13] B. Basino, P. Prayitno, S. Sobri, J. P. Siahaan, dan M. B. Mustofa, "Rancang Bangun Detector Kebakaran Panel Listrik Berbasis Mikrocontroller Atmega 328 Pada Kapal Penangkap Ikan," *Aksara J. Ilmu Pendidik. Nonform.*, vol. 8, no. 1, hlm. 697, Jan 2022, doi: 10.37905/aksara.8.1.697-712.2022.
- [14] D. A. Susanto, "Preventive Maintenance Komponen Panel Kelistrikan Pada Mesin Stamping Press Mekanikal Jw31-500t Pt. Sebastian Jaya Metal Jababeka Cikarang," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3s1, Sep 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3s1.3521.
- [15] A. Suherman dan B. J. Cahyana, "Pengendalian Kualitas Dengan Metode Failure Mode Effect And Analysis (FMEA) Dan Pendekatan Kaizen untuk Mengurangi JumlahKecacatan dan Penyebabnya," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, vol. 16, hal. 1–9, 2019.
- [16] D. M. Sumarta, "Penerapan Metode Failure Mode, Effect And Criticality Analysis (Fmece) Pada Drive Station Alat Angkut Konveyor Rel," *INFOMATEK*, vol. 19, no. 01, hlm. 17, Nov 2017, doi: 10.23969/infomatek.v19i01.544.
- [17] R. I. Risna and M. Lutfi, "Analisa Perawatan Berbasis Keandalan pada Sistem Bahan Bakar Mesin Utama kapal Motor Penyebrangan Bontoharu," *Jurnal Sains Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 1-10, Apr. 2019..



[18]

R. A. S, J. Jufrizel, P. S. Maria, dan H. Zarory, “Analisa Keandalan Instrumentasi Boiler Feed Pump Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT.PLN Nusantara Power UP Tenayan,” *J. Al-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 9, no. 3, hlm. 276, Sep 2024, doi: 10.36722/sst.v9i3.2882.

[19]

A. Alijoyo, B. Wijaya, dan I. Jacob, “Failure Mode and Effects Analysis: Analisis Modus Kegagalan dan Dampak”, CRMS Indonesia, 2024. [Online]. Tersedia: <https://www.lspmks.co.id/informasi/ebooks> [Diakses: 18 Februari 2025].

[20]

R. D. Taufik, “Analisis Keandalan Instrumentasi Coal Crusher Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) di PT PLN Nusantara Power UP Tenayan”, Skripsi Sarjana, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, 2025. [Online]. Tersedia: <http://repository.uin-suska.ac.id/id/eprint/88407> [Diakses: 29 Juni 2025].

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

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





## LAMPIRAN

© 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

## TRANSKRIP WAWANCARA

Nama Narasumber : Rahmad Rasyid  
Jabatan : Team Supervisor Electrical  
Waktu Wawancara : 15 Juli 2025  
Tempat : PT. Bukaka Teknik Utama Duri

Nama Pewawancara : Alif Mir'atul Ansyari  
NIM : 12150511427  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim

List data dengan judul "**Analisis Keandalan Instrumentasi Control Panel pada Pumping Unit Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Failure Mode and Effect Criticality Analysis (FMECA) di PT. Bukaka Teknik Utama Duri**"

Pertanyaan ke team instrumen mengenai kegagalan alat instrumen pada *Control Panel*

Pewawancara : Selamat siang, Bapak Rahmad. Terima kasih telah meluangkan waktu untuk wawancara ini. Saya ingin bertanya terkait analisis keandalan instrumentasi pada control panel pumping unit di PT. Bukaka. Boleh kita mulai?

Narasumber : Selamat siang. Tentu, silakan.

Pewawancara : Komponen atau part apa yang sering bermasalah atau sering mengalami kegagalan?

Narasumber : Komponen atau alat yang sering terjadi kerusakan pada control panel pumping unit ini adalah Pilot Lamp, Relay, contactor, Fuse, PTC, Over Voltage, Transformator (Trafo) TDR (Time Delay Relay), TOLR (Thermal Over Load Relay), MCB.



Pewawancara : Apa saja komponen/safety device instrumen control panel?

Narasumber : Komponen atau alat instrumen control panel yaitu MCB, Fuse, Transformator, Over Voltage, Contactor, PTC (Positive Temperature Coeficient), Relay, Pilot Lamp, TOLR (Thermal Over Load Relay), TDR (Time Delay Relay).

Pewawancara : Apa Jenis kerusakan dan kegagalannya pak?


Narasumber : Yang pertama itu pilot lamp karena Lampu mati/tidak menyala, kerusakan pada relay itu relay terbakar atau putus, kalau untuk contactor karena Kontak kotor atau aus akibat percikan listrik, kerusakan untuk fuse dikarenakan Fuse gagal memutuskan arus saat terjadi short circuit (tidak berfungsi), untuk PTC dikarenakan Overheating, kalau untuk over voltage dikarenakan Proteksi tegangan tidak aktif (gagal mendeteksi lonjakan tegangan), untuk trafo karena Korsleting atau overload, kalau untuk kerusakan pada TDR mengalami delay tidak aktif atau tidak sesuai, TOLR mengalami gagal trip saat suhu naik, kalau untuk MCB mengalami gagal trip saat suhu naik

Pewawancara : Apa penyebab kegagalan alat instrumen pak?

Narasumber : Pertama Pilot Lamp biasanya terjadi karena usia pemakaian atau tegangan berlebihan, kedua relay terjadi karena tegangan atau arus berlebih, Contactor biasanya terjadi kerusakan karena arus berlebih dan kotor, kalau fuse terjadi kerusakan biasanya terjadi karena overcurrent atau short circuit, PTC (Positive Temperature Coeficient) biasanya karena tegangan berlebihan, Over Voltage biasanya karena lonjakan tegangan (surge), terus kalau yang transformator (trafo) biasanya terjadinya karena over load atau korsleting (short). Untuk TDR terjadi karena usia pakai atau kerusakan internal, untuk komponen TOLR terjadi karena sering beban yang berlebih atau kontak aus, untuk MCB penyebabnya usia pakai dan kontak didalamnya lengket

Pewawancara : Efek dari gangguan atau kegagalan alat instrumen itu apa bagi unit?

Narasumber : Secara keseluruhan pipping unit off dan mengalami lost oil yang terjadi





karena safety device aktif. Kalau kerusakan pada komponen pilot lamp itu aka mengakibatkan kehilangan indikasi visual atau tidak dapat memantau sistem secara visual, kalau relay mengakibatkan safety device tidak berfungsi sehingga terjadi kerusakan pada motor (peralatan pada pumping unit), contactor bisa menyebabkan resiko kebakaran dan kerusakan pada motor karena tidak seimbang tegangan, fuse dapat menyebabkan seluruh rangkaian kontrol tidak bekerja, Kegagalan PTC berpotensi merusak motor pompa, kalau untuk over voltage biasanya lonjakan tegangan dapat merusak motor pompa atau sistem kontrol, transformator (trafo) biasanya control panel tidak mendapatkan daya yang diperlukan sehingga tegangan ke motor hilang, untuk TDR dapat mengganggu urutan kerja motor dan sistem gagal otomatis, TOLR bisa menyebabkan motor terbakar, MCB bisa memicu kebakaran panel atau gangguan total

Pewawancara : Cara mendeteksi gangguan atau kegagalan seperti apa?

Narasumber : Secara keseluruhan dengan cara function test dan trouble shooting. Pilot lamp dengan cara pemeriksaan secara visual dan di test fungsi, relay biasanya dengan cara pengujian tegangan dan tes fungsi, contactor biasanya pengujian dengan tes tegangan out, fuse dengan cara pemeriksaan menggunakan ohm meter, PTC dengan cara pemeriksaan secara visual dan test fungsi, over voltage biasanya dengan volt meter atau surge protector dan test fungsi, kalau untuk transformator (trafo) biasanya dengan pemeriksaan tegangan input dan output untuk, TDR menggunakan simulasi delay/siklus waktu, TOLR menggunakan alat tes suhu dan pengecekan manual proteksi, kalau untuk MCB uji beban dan inspeksi visual.

Pewawancara : Waktu perbaikan alat berapa lama?

Narasumber : Pilot lamp biasanya memakan waktu 30 menit sampai 1 jam, relay biasanya perbaikan selama 1 jam, contactor biasanya memakan waktu 1 jam sampai 2 jam, fuse perbaikannya sekitar 30 menit sampai 1 jam, PTC biasanya melakukan perbaikan selama 1 jam, over voltage biasanya perbaikan memakan waktu 1 jam, transformator biasanya perbaikannya selama 1 jam, TDR biasanya memakan waktu 1 jam, TOLR dapat memakan waktu

1 hingga 2 jam, untuk MCB memakan waktu hingga 1 jam

Pewawancara : Dalam frekuensi 3 tahun berapa kali alat tersebut rusak?

Narasumber : Pilot lamp dalam frekuensi 3 tahun belakang mengalami kerusakan 3 kali, relay mengalami 3 kali kerusakan, contactor mengalami kerusakan 3 kali dalam 3 tahun terakhir, fuse terjadi 2 kali kerusakan, PTC mengalami 2 kali kerusakan dalam 3 tahun belakang, over voltage mengalami 2 kali kerusakan, dan transformator (trafo) mengalami 2 kali kerusakan dalam 3 tahun belakang, TDR dapat jangka waktu 3 tahun terakhir mengalami 3 kali kerusakan, TOLR mengalami 2 kali kerusakan dalam 3 tahun terakhir, MCB mengalami kerusakan 3 tahun terakhir sebanyak 2 kali.

Pewawancara : Pak Rahmad, apakah ada estimasi atau gambaran kerugian yang bisa terjadi jika terjadi kegagalan pada salah satu komponen di control panel?

Narasumber : Kalau dari segi operasional, satu unit pumping unit itu bisa memompa minyak sekitar 200 barel per hari. Kalau unit itu gagal atau stop karena kerusakan kontrol panel, maka produksi otomatis terhenti. Kalau kita hitung dengan asumsi harga minyak sekarang sekitar USD 80 per barel, dan kurs Rp 16.000, maka kerugian bisa sekitar Rp 256 juta per hari hanya dari satu unit saja.

Pewawancara : Apakah angka kerugian tersebut sudah termasuk biaya perbaikan atau hanya dari sisi produksi?

Narasumber : Itu baru dari sisi produksi minyak yang hilang, belum termasuk biaya perbaikan, penggantian komponen, downtime teknisi, dan risiko keselamatan. Kalau dijumlahkan semua, potensi kerugiannya tentu lebih besar lagi, bisa melampaui Rp 300 juta per hari untuk satu unit.

Pewawancara : Apakah kegagalan seperti ini sering terjadi?

Narasumber : Kami selalu melakukan preventive maintenance dan function test, tapi tetap saja ada beberapa kegagalan yang sifatnya mendadak atau sulit terdeteksi lebih awal. Komponen seperti contactor, relay, dan over voltage protection itu yang paling sering menyebabkan downtime. Dan itu langsung berdampak ke produksi.

Pewawancara : Jadi bisa disimpulkan bahwa penting sekali menjaga keandalan sistem?

Narasumber : Iya, betul sekali. Bahkan kerusakan kecil di salah satu bagian panel bisa berdampak besar. Maka itu, kami menyambut baik pendekatan seperti FMEA dan FMECA yang bisa bantu identifikasi risiko dan komponen kritis sejak dini,

Team Supervisor Electrical

**BUKAKA**  
PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA

**Rahmad Rasyid**

**NID : D089**



Lampiran 2 Data Kerusakan Control Panel pada Pumping Unit (Periode Januari 2022 – Desember 2024)

No	Komponen	Kegagalan	Jumlah kerusakan	Total
1	Pilot lamp	Lampu mati/tidak menyala	3	3
2	Relay	relay terbakar	1	3
		Relay putus	2	
3	Contactor	Kontak kotor	2	3
		Aus akibat percikan listrik	1	
4	fuse	Fuse gagal memutus arus saat terjadi <i>short circuit</i> (tidak berfungsi).	2	2
5	PTC ( Positive Temperature Coefficient )	Overheating	2	2
6	Over Voltage	Proteksi tegangan tidak aktif (gagal mendeteksi lonjakan tegangan)	2	2
7	Transformer	Proteksi tegangan tidak aktif (gagal mendeteksi lonjakan tegangan)	2	2
8	Time Delay Relay (TDR)	Delay tidak aktif atau tidak sesuai	3	3
9	Thermal Over Load Relay (TOLR)	Relay gagal memutus saat suhu naik	2	2
10	MCB (Mini Circuit Breaker)	MCB gagal memutus saat arus tinggi	2	2

**BUHARA**  
PT. BUKAKA TEKNIKOTAJA

Team Supervisor Electrical



Rahmad Rasyid

Mahasiswa



Alif Mir'atul Ansyari

Lampiran 3 Waktu Operasional *Control Panel* pada *Pumping Unit* (Periode Januari 2022 – Desember 2024)

Tahun	Bulan											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2022	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
2023	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
23024	744	696	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
Total												26304

**BUKAKA** Team Supervisor Electrical  
PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA

Rahmad Rasyid

Mahasiswa

Alif Mir'atul Ansyari

## Lampiran 4

### Rumus pencarian nilai CM

#### 1. Pilot Lamp

##### A. Lampu mati atau tidak menyala

###### a. Kehilangan indikasi visual

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{0,666 \cdot 1 \cdot 0,00011 \cdot 26304\} \\&= 1,92\end{aligned}$$

###### b. Tidak dapat memantau sistem secara visual

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{0,333 \cdot 1 \cdot 0,00011 \cdot 26304\} \\&= 0,96\end{aligned}$$

#### 2. Relay

##### A. Relay terbakar

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 0,333 \cdot 0,000038 \cdot 26304\} \\&= 0,33\end{aligned}$$

##### B. Relay putus

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 0,666 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} \\&= 1,33\end{aligned}$$

#### 3. Contactor

##### A. Kontak kotor

###### a. Resiko kebakaran pada motor

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{0,666 \cdot 0,7 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} \\&= 0,93\end{aligned}$$

###### b. Resiko kerusakan pada motor

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{0,333 \cdot 0,7 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} \\&= 0,46\end{aligned}$$





B. Aus akibat percikan listrik

a. Resiko kebakaran pada motor

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{0,666 \cdot 0,333 \cdot 0,000038 \cdot 26304\} \\&= 0,22\end{aligned}$$

b. Resiko kerusakan pada motor

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{0,333 \cdot 0,333 \cdot 0,000038 \cdot 26304\} \\&= 0,38\end{aligned}$$

4. Fuse

A. Fuse gagal memutuskan arus saat terjadi short circuit (tidak berfungsi)

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 1 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} \\&= 1,99\end{aligned}$$

5. PTC ( Positive Temperature Coefficient )

A. Overheating

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 1 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} \\&= 1,99\end{aligned}$$

6. Over Voltage

A. Proteksi tegangan tidak aktif (gagal mendeteksi lonjakan tegangan)

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 1 \cdot 0,00008 \cdot 26304\} \\&= 2,1\end{aligned}$$

7. Transformator

A. Proteksi tegangan tidak aktif (gagal mendeteksi lonjakan tegangan)

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 1 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} \\&= 1,99\end{aligned}$$

*h.*

## Lampiran 5

Rumus pencarian nilai CR

### 1. Pilot Lamp

$$\begin{aligned} Cr &= \sum cm \\ &= \{\beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t\} + \{\beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t\} \\ &= \{0,666 \cdot 1 \cdot 0,00011 \cdot 26304\} + \{0,333 \cdot 1 \cdot 0,00011 \cdot 26304\} \\ &= \{1,92\} + \{0,96\} \\ &= 2,88 \end{aligned}$$

### 2. Relay

$$\begin{aligned} Cr &= \sum cm \\ &= \{\beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t\} + \{\beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t\} \\ &= \{1 \cdot 0,333 \cdot 0,000038 \cdot 26304\} + \{1 \cdot 0,666 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} \\ &= \{0,33 + 1,33\} \\ &= 1,66 \end{aligned}$$

### 3. Contactor

#### A. Kontak kotor

$$\begin{aligned} Cr &= \sum cm \\ &= \{\beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t\} + \{\beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t\} \\ &= \{0,666 \cdot 0,7 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} + \{0,333 \cdot 0,7 \cdot 0,000076 \cdot 26304\} \\ &= 0,93 + 0,46 \\ &= 1,39 \end{aligned}$$

#### B. Aus akibat percikan listrik

$$\begin{aligned} Cr &= \sum cm \\ &= \{\beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t\} + \{\beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t\} \\ &= \{0,666 \cdot 0,333 \cdot 0,000038 \cdot 26304\} + \{0,333 \cdot 0,333 \cdot 0,000038 \cdot 26304\} \\ &= 0,22 + 0,38 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Cr &= Cr 1 + Cr 2 \\ &= 1,39 + 0,6 = 1,99 \end{aligned}$$

Team Supervisor Electrical

**BUKAKA**  
PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA

Rahmad Rasyid

Mahasiswa

Alif Mir'atul Ansyari



8. *Time Delay Relay (TDR)*

A. Delay tidak aktif atau tidak sesuai

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 1 \cdot 0,00004 \cdot 26304\} \\&= 1,05\end{aligned}$$

9. *Thermal Over Load Relay (TOLR)*

A. Relay gagal memutus saat suhu naik

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 1 \cdot 0,00008 \cdot 26304\} \\&= 2,1\end{aligned}$$

10. *MCB (Mini Circuit Breaker)*

A. MCB gagal memutus saat arus tinggi

$$\begin{aligned}C_m &= \beta \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot t \\&= \{1 \cdot 1 \cdot 0,00008 \cdot 26304\} \\&= 2,1\end{aligned}$$

Team Supervisor Electrical

**BUKAHA**  
PT. BUKAHA TEKNIK UTAMA

Rahmad Rasyid

Mahasiswa

Alif Mir'atul Ansyari



## LEMBAR PENGESAHAN

### TRANSKIP WAWANCARA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa :

Topik pembahasan : Analisis Keandalan Instrumentasi *Control Panel* pada *Pumping Unit* Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Failure Mode and Effect Criticality Analysis* (FMECA) di PT Bukaka Teknik Utama Tbk Duri

Maksud dan tujuan : Menentukan data kerusakan

Peneliti : Alif Mir'atul Ansyari

Responden : Rahmad Rasyid

Jabatan : Team Supervisor Electrical

Lokasi : Jl. Lintas Sumatera, Balai Makam, Kec. Mandau, Kab. Bengkalis

Hari/Tanggal : 14 Juli 2025

Dengan ini menyatakan bahwa transkrip wawancara yang terlampir merupakan **Benar** dan telah terlaksana pada waktu yang terlampir, serta data dapat di pertanggung jawabkan dan digunakan sebagaimana mestinya.

Team Supervisor Electrical

**BUKAKA**  
PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA

**Rahmad Rasyid**  
NID : D089

## LEMBAR PENGESAHAN

### DATA KOMPONEN INSTRUMENTASI CONTROL PANEL PADA PUMPING UNIT PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA DURI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa :

Nama : Alif Mir'atul Ansyari

Nim : 12150511427

Judul penelitian : Analisis Keandalan Instrumentasi *Control Panel* pada *Pumping Unit* Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Failure Mode and Effect Criticality Analysis* (FMECA) di PT Bukaka Teknik Utama Tbk Duri

Dengan ini menyatakan bahwa data terkait komponen instrumentasi control panel pumping unit dan fungsinya yang digunakan pada penelitian ini adalah **Benar** diperoleh berdasarkan hasil observasi dan hasil wawancara Bersama narasumber yang berwenang di unit instrumentasi. Data yang diperoleh akan digunakan dan dimanfaatkan dengan semestinya dan sebaik baiknya.

Team Supervisor Electrical

**BUKAKA**  
PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA

**Rahmad Rasyid**  
**NID : D089**



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Alif Mir'atul Ansyari, lahir di Duri 26 Juni 2003, ayah bernama Al Ansyari dan nama ibu Mira Syafni. Penulis pertama kali menempuh jenjang pendidikan berumur 6 tahun yaitu di SDS Al Kautsar Duri, waktu itu tahun 2009 dan selesai pada tahun 2015, dan pada tahun yang sama juga penulis melanjutkan sekolah menengah pertama di SMPS Al Kautsar Duri dan menyelesaikan pendidikannya pada tahun 2018. Pada tahun yang sama juga penulis melanjutkan pendidikan di SMAS IT Mutiara Duri dan waktu SMA saya mengambil jurusan IPA karna sesuai minat penulis. Pada 2021 penulis selesai pendidikan di SMK dan pada tahun 2021 penulis diterima dan melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi lulus melalui jalur SBMPTN 2021 diprodi pilihan kedua yaitu Teknik Elektro UIN Suska Riau dan sampai sekarang. Pada semester 5, penulis memilih konsentrasi pada bidang Elektronika Instrumentasi. Penulis Berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2025.

Atas izin Allah SWT, berkat semangat dan ketekunan penulis, akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis berharap, karya ini dapat memberikan manfaat serta berguna bagi siapapun yang membutuhkan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikan tugas akhir ini yang berjudul "**Analisis Keandalan Instrumentasi Control Panel Pada Pumping Unit Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Failure Mode And Effect Critically Analysis (FMECA) Di PT. Bukaka Teknik Utama Duri**".

Email : alifmiratulansyari@gmail.com

1. Hak Cipta
  - a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
  - b. 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.