

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN  
(PERSERO) UP3 METRO DENGAN METODE *FAILURE MODE AND  
EFFECT ANALYSIS* (FMEA)**

**Skripsi**

**Oleh**

**Rizki Ramadan  
1815031041**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN  
(PERSERO) METRO DENGAN METODE *FAILURE MODE AND  
EFFECT ANALYSIS* (FMEA)**

**Oleh**

**RIZKI RAMADAN**

**Skripsi**

**Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar  
SARJANA TEKNIK**

**pada**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik  
Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2023**

## ABSTRAK

### ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN (PERSERO) METRO DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)

Oleh

**Rizki Ramadan**

Kontinuitas dan ketersediaan tenaga listrik pada konsumen perlu dijaga dan ditingkatkan. Keandalan suatu jaringan distribusi dari suatu penyulang dapat digambarkan melalui besaran dari indeks-indeks keandalan yang akan dibandingkan dengan indeks acuan pada Standar PLN untuk mengetahui tingkat keandalan dari jaringan distribusi tersebut.

Indeks-indeks keandalan digunakan pada sistem distribusi yaitu SAIDI, SAIFI, CAIDI. Metode yang digunakan dalam menghitung indeks keandalan di tugas akhir ini adalah menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), dimana metode ini memperhitungkan indeks kegagalan pada tiap-tiap peralatan yang membentuk sistem distribusi tenaga listrik sehingga dapat mempresentasikan indeks keandalan sistem dalam keseluruhan.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis pada penyulang Stroberi dan penyulang Nila, didapatkan nilai indeks keandalan untuk penyulang Stroberi SAIFI sebesar 2,958 gangguan/pelanggan tahun dan SAIDI sebesar 9,138 Jam/pelanggan tahun. Penyulang Nila diperoleh nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 4,467 gangguan/pelanggan tahun dan SAIDI sebesar 13,572 Jam/pelanggan tahun.

**Kata kunci :** Keandalan, Sistem Distribusi, FMEA, SAIDI SAIFI

## **ABSTRACT**

### **RELIABILITY ANALYSIS OF 20 KV DISTRIBUTION SYSTEM PT. PLN (PERSERO) UP3 METRO WITH FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) METHOD**

**By:**

**Rizki Ramadan**

Continuity and availability of electricity to consumers need to be maintained and improved. The reliability of a distribution network from a repeater can be described through the magnitude of the reliability indices which will be compared with the reference index in the PLN Standard to determine the level of reliability of the distribution network.

Reliability indices used in the distribution system are SAIDI, SAIFI, CAIDI. The method used in calculating the reliability index in this final project is using the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) method, where this method takes into account the failure index of each equipment that makes up the electricity distribution system so that it can present the system reliability index as a whole.

Based on the results obtained from the analysis of the Strawberry and Nila rods, the reliability index value for the Stroberi rods SAIFI is 2.958 disturbances/customer year and SAIDI is 9.138 hours/customer year. The Nila repeater obtained a SAIFI reliability index value of 4,467 interruptions/customer year and SAIDI of 13,572 hours/customer year.

Key words: Reliability, Distribution System, FMEA, SAIDI SAIFI

Judul Skripsi : **ANALISIS KEANDALAN SISTEM  
DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN (PERSERO)  
UP3 METRO DENGAN METODE  
FAILURE MODE AND EFFECT  
ANALYSIS (FMEA)**

Nama Mahasiswa : **Rizki Ramadan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1815031041**

Jurusan : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**



**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

**Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T.**  
NIP. 197108131999031003

**Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.**  
NIP. 197209232000121002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Herlinawati, S.T., M.T.**  
NIP. 19710314 199903 2 001

Ketua Program Studi Teknik Elektro

**Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**  
NIP. 19740422 200001 2 001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

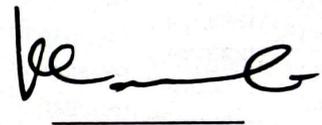
Ketua : **Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.**



Penguji : **Ir. Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D. Eng.**



### 2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP 19750928 200112 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 07 Agustus 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizki Ramadan

NPM : 1815031041

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Agustus 2023



Rizki Ramadan

NPM. 1815031041

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Serang, Banten pada tanggal 06 Desember 1999. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Jueni (Alm) dan Ibu Nunung Nurlaela. Penulis memulai pendidikan di MIS Mathla'ul Anwar Kepuh pada tahun 2006 hingga 2012, MTsS Mathla'ul Anwar Kepuh pada tahun 2012 hingga 2015, MAS Mathla'ul Anwar Kepuh pada tahun 2015 dan pindah ke MAS Mathla'ul Anwar Pusat Menes pada tahun 2016 hingga 2018. Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis berkesempatan tergabung dalam keanggotaan asisten Laboratorium Sistem Tenaga Listrik pada tahun 2020 - 2022 dan dipercayakan menjadi asisten mata kuliah Praktikum Analisa Sistem Tenaga pada tahun 2021 hingga 2022. Selain itu, penulis juga tergabung dalam lembaga kemahasiswaan yang ada di Jurusan Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai Anggota Divisi Kerohanian pada tahun 2019 hingga 2021. Serta menjadi Kepala Departemen BSO BBQ UKM Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FOSSI FT) pada tahun 2020. Kemudian pada tanggal 06 September 2021 – 06 Februari 2022, penulis melaksanakan kerja praktik (KP) dan magang di PT Haleyora Power Area Metro dan mengangkat judul “Identifikasi Penyebab Gangguan Pada Penyulang Nila PT. PTN (Persero) ULP Kota Metro”.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**Alhamdulillah, Atas Izin Allah yang Maha Kuasa  
KUPERSEMBAHKAN KARYA INI UNTUK**

*Ayah dan Ibu Tercinta*

**Jueni (Alm.) dan Nunung Nurlaela**

*Adik-Adik Ku Tercinta*

**Ahmad Jameel**

**Fadlilah Ilmi**

**Aqila Mumtazah**

Keluarga Besar, Dosen, Teman dan Almamater Teknik  
Elektro Universitas Lampung

## MOTTO

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan"

**(QS. Al-Insyirah : 5)**

"Katakanlah! Adakah sama antara orang-orang yang berilmu dan orang-orang yang tidak berilmu? "

**(QS. Az-Zumar : 9)**

"Karunia Allah yang paling lengkap adalah kehidupan yang didasarkan ilmu pengetahuan"

**(Ali bin Abi Thalib)**

"Waktu bagaikan pedang. Jika engkau tidak memanfaatkannya dengan baik (untuk memotong), maka ia akan memanfaatkanmu (dipotong)"

**(HR. Muslim)**

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT, atas limpahan nikmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. suri teladan yang mampu membuka sesuatu yang terkunci, penutup dari semua yang terdahulu, penolong kebenaran dengan jalan yang benar, dan petunjuk kepada jalan-Mu yang lurus.

Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) UP3 Metro dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)**” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Meizano Ardhi Muhammad, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Ibu Dr.Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Lampung
6. Bapak Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan rutin, motivasi, arahan, dan materil kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
7. Ibu Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nilai-nilai kehidupan kepada penulis dengan baik dan ramah.
8. Bapak Ir. Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D. Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun kepada penulis agar penelitian ini lebih baik lagi.
9. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik (PA)

yang telah memberikan nasihat, arahan, dan bimbingan bagi penulis dalam mempersiapkan diri menjadi seorang Sarjana Teknik.

10. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan, dan pengalaman bagi penulis.
11. Segenap Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan hal-hal lainnya.
12. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung Angkatan 2018 (ELTICS 2018), yang telah banyak memberi dukungan moril untuk saya.
13. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Sistem Tenaga Listrik : Pak Herri dan Pak Rachman atas Kerjasama, nasihat, dan dukungannya selama studi. Kepada rekan asisten STL 2018 : Abdul, Ajis, Adrian, Iqbal, Naftali, Nat, Rehan, Ucup, dan Ucok, yang telah memberikan semangat dan motivasi untuk berjuang selama masa studi. Untuk kakak-kakak asisten Lab STL 2017 yang telah memberikan ilmu dan semangat. Untuk adik-adik asisten STL 2019 dan 2020 Hadi, Fatur, Aqil, Adam, Adrian, Rizki, Arnes, Saka, dan lainnya yang telah banyak membantu penulis.
14. Arman, Richard, dan Alfian yang telah membantu dan menghibur penulis dalam pelaksanaan Magang, Kerja praktik, hingga Skripsi.
15. Banten Squad Hilmi, Denta, Taufik, Azzam yang telah banyak membantu penulis dalam pengerjaan skripsi.
16. Keluarga besar RQC, RPQ, dan TPQ, para musrif dan santri yang telah memberikan dukungan moral dan moril selama pengerjaan skripsi ini.
17. Semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan pengerjaan skripsi namun tidak dapat disebutkan satu-persatu.
18. *Last but not least. I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for having No days off, I wanna thank me for never quitting.*

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kemajuan bersama. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 30 Agustus 2023

**Rizki Ramadan**

1815031041

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	2
1.4 Batasan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Hipotesis .....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Penelitian Terdahulu.....	4
2.2. Sistem Tenaga Listrik.....	4
2.3. Jenis Gangguan Distribusi Listrik .....	10
2.4. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) .....	10
2.5. Keandalan Sistem Distribusi .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	14
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	14
3.2. Alat dan Bahan .....	14
3.3. Tahapan Penelitian .....	15
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	16
3.5. Teknik Analisis.....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	26
4.1. PT. PLN ULP Kota Metro.....	26
4.2. Data Penyulang Nila.....	35
4.3. Perbandingan Antara Hasil Perhitungan FMEA Dan Etap .....	42
4.4. Upaya Untuk Meningkatkan Index Keandalan .....	44
<b>V. PENUTUP</b> .....	47

5.1. Kesimpulan.....	47
5.2. Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1. Sistem Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2. 2 Sistem Jaringan Radial.....	6
Gambar 2. 3. Sistem Jaringan Loop.....	7
Gambar 2. 4. Sistem Jaringan Spindel.....	8
Gambar 2. 5. Sistem jaringan grid.....	9
Gambar 2. 6 Jaringan Distribusi Sekunder.....	9
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	16
Gambar 3. 2 Skema FMEA.....	17
Gambar 3. 3 Prosedur FMEA.....	18
Gambar 3. 4. Single Line Diagram Penyulang Rayap.....	22
Gambar 4. 1 Grafik gangguan triwulan PT. PLN ULP Kota Metro.....	27
Gambar 4. 2 Single Line Diagram penyulang Stroberi.....	27
Gambar 4. 3 Perbandingan PLN dengan FMEA Penyulang Stroberi.....	34
Gambar 4. 4. Single Line Diagram Penyulang Nila.....	35
Gambar 4. 5. Grafik Perbandingan Metode FMEA dengan PLN Penyulang Nila	42
Gambar 4. 6. Perbandingan Perhitungan FMEA \$ Etap Penyulang Stroberi.....	43
Gambar 4. 7. Perbandingan Perhitungan FMEA dengan Etap Penyulang Nila....	44
Gambar 4. 8. grafik SAIDI SAIFI Sebelum dan Sesudah Penambahan FCO.....	46

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1. Waktu Penelitian .....	14
Tabel 3. 2 Standar Laju kegagalan dan laju perbaikan .....	22
Tabel 3. 3 Data saluran.....	23
Tabel 3. 4 Jumlah pelanggan.....	23
Tabel 3. 5 Mode kegagalan penyulang rayap.....	23
Tabel 3. 6 Failure rate dan Unavailability.....	24
Tabel 3. 7 Indeks keandalan penyulang .....	25
Tabel 4. 1 Jumlah Gangguan Per 3 bulan .....	26
Tabel 4. 2 Data gangguan Penyulang Stroberi per-Bulan.....	26
Tabel 4. 3 Data saluran Penyulang Strowberi.....	28
Tabel 4. 4 Data Trafo dan Jumlah Pelanggan Penyulang Stroberi .....	29
Tabel 4. 5 standar laju kegagalan SPLN 1985 .....	30
Tabel 4. 6 Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang stroberi .....	30
Tabel 4. 7 Indeks keandalan penyulang Stroberi .....	33
Tabel 4. 8 Perbandingan perhitungan FMEA dengan PLN Penyulang Stroberi..	34
Tabel 4. 9 Data Saluran Penyulang Nila .....	35
Tabel 4. 10 Data Pelanggan Penyulang Nila.....	37
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang Nila .....	38
Tabel 4. 12 Nilai Index Keandalan Penyulang Nila.....	41
Tabel 4. 13. Perbandingan metode FMEA dengan PLN.....	42
Tabel 4. 14. Perbandingan Perhitungan FMEA dengan Etap Penyulang Stroberi	43
Tabel 4. 15. Perbandingan Perhitungan FMEA dengan Running Etap Nila.....	43
Tabel 4. 16. Indeks SAIDI dan SAIFI sebelum dan sesudah penambahan FCO..	45

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagai pemasok listrik utama di Indonesia, PT. PLN harus memperhatikan keandalan dari system distribusi tenaga listrik. Permasalahan yang paling mendasar pada sistem distribusi tenaga listrik adalah pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada konsumen. Kegagalan pada peralatan dapat menyebabkan penyediaan listrik akan terganggu. Sehingga kegagalan dari peralatan listrik menjadi salah satu permasalahan terpenting, maka perlu dilakukan evaluasi keandalanya.

Keandalan suatu jaringan distribusi dari suatu penyulang dapat digambarkan melalui besaran dari indeks-indeks keandalan yang akan dibandingkan dengan indeks acuan yang digunakan di Indonesia yaitu berdasarkan pada Standar PLN untuk mengetahui tingkat keandalan dari jaringan distribusi tersebut. Indeks-indeks keandalan yang biasa digunakan pada sistem distribusi yaitu System Average Interruption Duration Index (SAIDI) merupakan indeks keandalan berdasarkan durasi atau lamanya pemadaman, System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) merupakan indeks keandalan berdasarkan seringnya atau jumlah terjadinya pemadaman, dan Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI) merupakan indeks perbandingan antara SAIDI dengan SAIFI.

Dari hal tersebut penulis akan membahas tentang “Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv PT. PLN (Persero) Metro dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect analysis* (FMEA)”. FMEA yang merupakan metode untuk menilai dampak dari setiap kemungkinan terjadinya kegagalan atau kerusakan pada komponen peralatan dengan cara menjabarkan keseluruhan kegagalan. Salah satu faktor yang penting dalam suksesnya penerapan FMEA adalah melakukan

penaksiran sebelum proses berlangsung (*before the event*) dan bukan melakukan sesudah terjadi (*after the fact*). (David, 2001)

## **1.2 Tujuan**

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dan menganalisis mode kegagalan
2. Menghitung indeks keandalan SAIDI, SAIFI, CAIDI.
3. Mengevaluasi tindakan berupa perbaikan dan pemeliharaan terhadap mode kegagalan yang didapat.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menghitung indeks keandalan dengan metode FMEA?
2. Bagaimana menentukan lokasi titik beban yang memerlukan perbaikan dan pemeliharaan?
3. Bagaimana cara untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi 20 Kv?

## **1.4 Batasan Penelitian**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Area Metro
2. Penelitian terbatas hanya di sistem distribusi 20 Kv
3. Data yang digunakan adalah data pada tahun 2022
4. Standar PLN adalah acuan untuk standar keandalan

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi perusahaan: Sebagai sarana pemeriksaan bagi perusahaan agar menjadi bahan pertimbangan untuk melakukan pemeliharaan dan perawatan serta penggantian komponen sehingga terjadi peningkatan nilai keandalan yang berdampak positif bagi konsumen dan perusahaan.

2. Bagi penulis : Tugas akhir ini diharapkan dapat membantu memahami sistem distribusi dan upaya untuk meningkatkan keandalannya.

### **1.6 Hipotesis**

Dengan dilakukannya analisis keandalan pada jaringan distribusi listrik 20 kV menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) diharapkan dapat mengetahui indeks keandalan dari tiap titik beban dan tiap penyulang, sehingga dapat dilakukan perbaikan dan pemeliharaan secara bertahap untuk meningkatkan indeks keandalan dan meningkatkan layanan penyaluran energi listrik kepada konsumen.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

3. BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan teori – teori yang digunakan dalam pembuatan penelitian, diantaranya yaitu teori pembahasan mengenai Sistem Tenaga Listrik, Gardu Induk, Sistem Distribusi, Peralatan Sistem Distribusi, Serta gangguan pada sistem distribusi.

4. BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memaparkan waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

5. BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan tentang analisis keandalan sistem distribusi dengan metode FMEA yang kemudian dilakukan langkah perbaikan untuk meningkatkan indeks keandalan

6. BAB 5. PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis mengenai sistem keandalan distribus

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

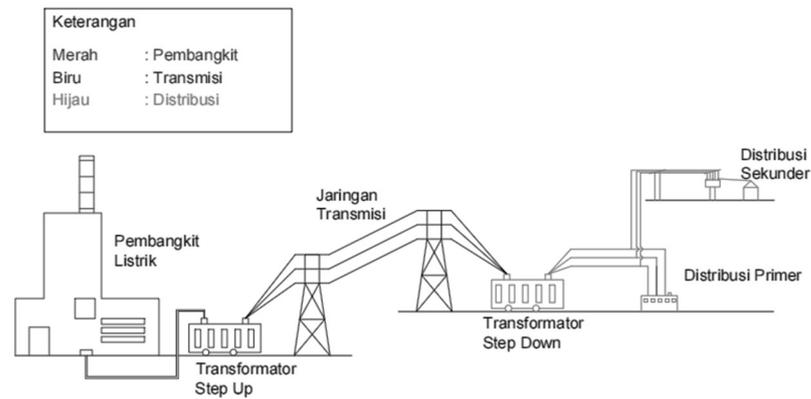
Adapun teori dan penelitian dari masalah yang terkait yang digunakan untuk menentukan topik yang diambil maka diambil referensi penelitian sebagai berikut:

- a. Analisis Sistem Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang SB.02 Pada PT. PLN (Persero) ULP Sibolga Kota Menggunakan Metode Section Technique dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)
- b. Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Penyulang CKNG di PT. PLN (Persero) Area Ciamis Menggunakan ETAP dan Section Technique
- c. Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Di Penyulang Purwodadi 13 Dengan *Failure Mode And Effect Analysis*
- d. Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*)

### 2.2. Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah sebuah sistem yang memiliki beberapa sistem lain diantaranya sistem pembangkitan, sistem transmisi, sistem distribusi dan beban yang saling terhubung untuk menyuplai energi listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan (T. Gonen). Secara umum Sistem Tenaga Listrik dapat digambarkan pada gambar 2.1.

Sistem pembangkit tenaga listrik atau pusat – pusat listrik yang letaknya jauh dari pengguna listrik sehingga membutuhkan kawat – kawat atau saluran transmisi, gardu-gardu induk dan peralatan – peralatan listrik yang saling berhubungan dan membentuk suatu sistem tenaga listrik untuk dapat menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit hingga ke pusat beban atau konsumen.



Gambar 2. 1. Sistem Tenaga Listrik

1. Pembangkitan merupakan sistem yang berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik, yaitu dengan mengubah sumber energi yang berasal dari sumber energi lain misalnya: air, batu bara, panas bumi, minyak bumi dll. menjadi energi listrik.
2. Transmisi merupakan sistem yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik untuk mengurangi rugi-rugi daya.
3. Distribusi merupakan sistem yang berfungsi mengirimkan daya listrik dari saluran transmisi ke beban.
4. Beban adalah bagian yang memanfaatkan energi listrik dan mengubah energi listrik ke bentuk energi lain.

### 2.2.1. Jaringan Distribusi

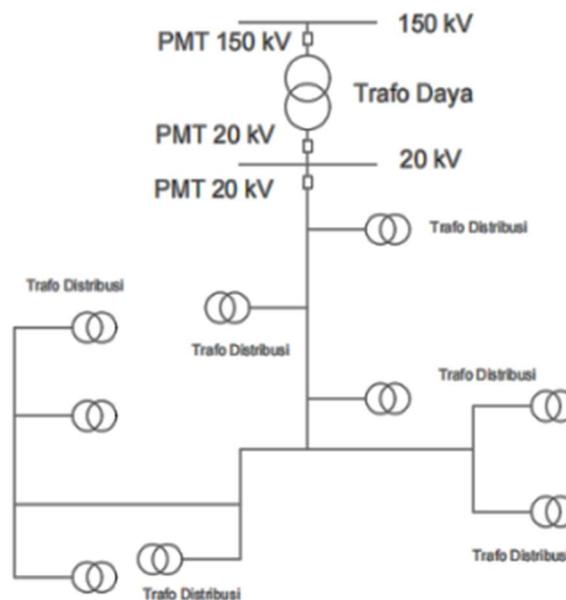
#### 1. Jaringan Distribusi Primer

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk ke pusat – pusat beban atau konsumen. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi pada lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik untuk mencapai pusat beban. Terdapat beberapa macam bentuk rangkaian jaringan untuk distribusi primer mulai dari radial hingga spindle. Pertimbangan utama yang mempengaruhi jenis jaringan

sistem distribusi antara lain adalah biaya dan keandalan. Untuk PLN dalam distribusi primernya menggunakan level tegangan 20kV dan untuk distribusi sekundernya menggunakan level tegangan 380/220V.

#### a. Sistem jaringan Radial

Sistem jaringan radial merupakan sistem yang paling banyak dipakai dan paling sederhana dibandingkan dengan tipe jaringan yang lain. Tenaga listrik yang dikirim secara radial melalui gardu induk (GI) ke pelanggan-pelanggan dilakukan secara terpisah satu dengan yang lainnya. Dinamakan radial karena saluran ini diambil secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dirancang secara bercabang ke titik-titik beban yang dilayani. Sistem radial terdiri atas fider (*feeders*) atau penyulang yang memberikan daya ke beberapa gardu distribusi secara radial.

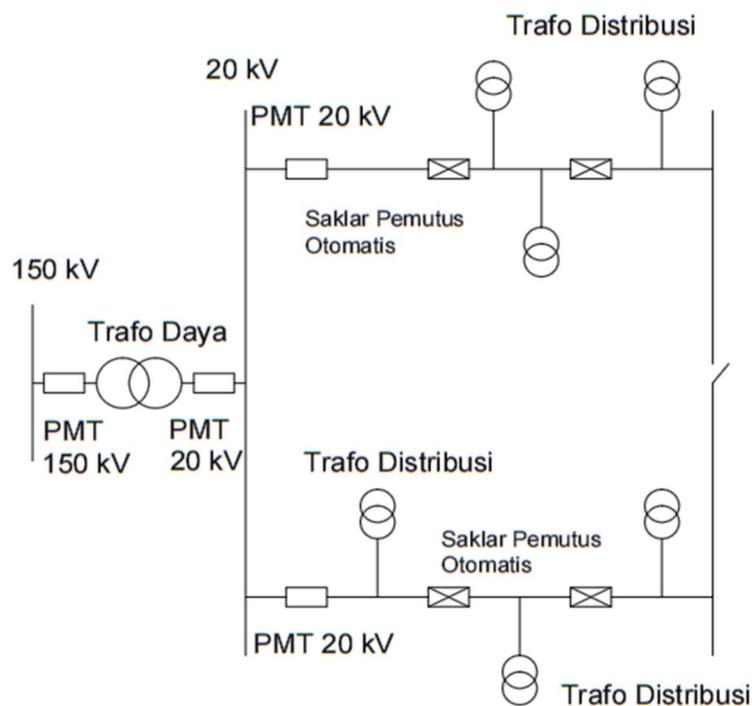


Gambar 2. 2 Sistem Jaringan Radial

#### b. Sistem Jaringan *Loop*

Sistem jaringan loop merupakan bentuk tertutup atau disebut juga jaringan *ring*. konfigurasi rangkaian dari saluran membentuk *ring* atau cincin yang membuat titik beban dapat terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas penyaluran lebih terjamin dan kualitas dayanya menjadi lebih baik.

Pada dasarnya, sistem jaringan loop merupakan sistem jaringan radial dimana kedua sistem jaringan radial terhubung dengan switch. Keandalan konfigurasi sistem loop lebih baik daripada sistem radial. Berdasarkan sumbernya, sistem loop dibedakan menjadi dua tipe yaitu loop one source dan loop different source. Perbedaan antara loop one source dan loop different source adalah terletak pada transformator pencatu dayanya.

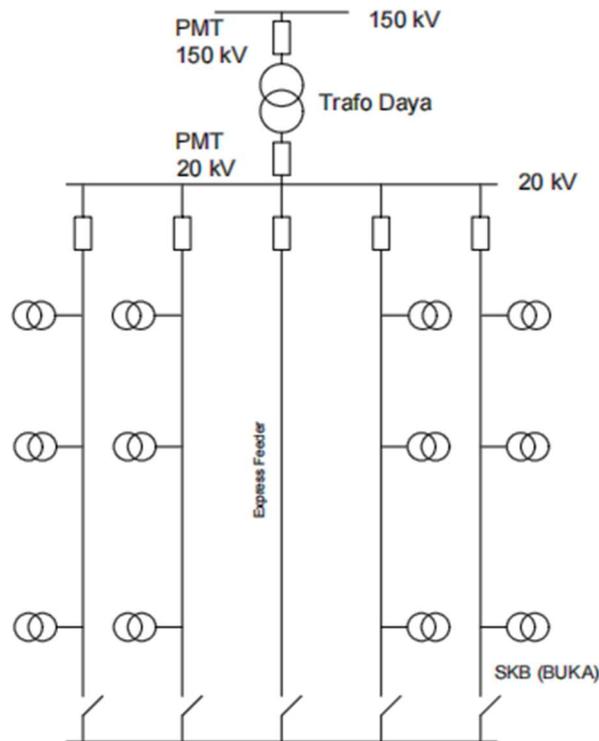


Gambar 2. 3. Sistem Jaringan Loop

#### c. Sistem Jaringan Spindel

Sistem ini umumnya terdapat pada saluran bali bawah tanah dimana pada saluran ini memiliki 2 konfigurasi jenis penyulang. 2 penyulang tersebut disebut dengan penyulang cadangan (standby atau express feeder) dan penyulang operasi (working feeder). Pada tiap penyulang memiliki sistem back-up supply ketika adanya gangguan berasal dari penyulang cadangan yang tidak terbebani. Pada konfigurasi ini tiap penyulang memiliki faktor pembebanan sebesar 50% untuk 2 macam penyulang tersebut. Diaman pada 2 penyulang ini memiliki pembebanan penuh

tidak melebihi 85%. Di mana pada penyulang ini terdiri dari 6 penyulang pada satu spindel. Pada tiap penyulang memiliki ujung yang berakhir dinamakan gardu hubung dengan kondisi “NO” (normally Open), kecuali penyulang cadangan dalam keadaan “NC” (Normally Close).



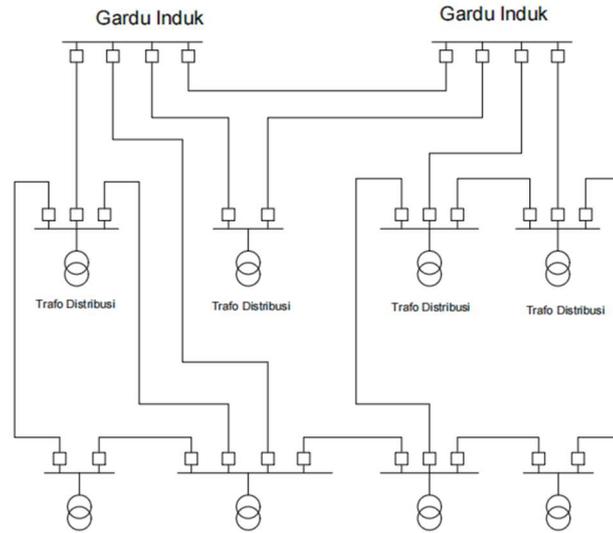
Gambar 2. 4. Sistem Jaringan Spindel

#### d. Sistem Jaringan Grid

Sistem Grid merupakan sistem pelayanan tenaga listrik yang menyalurkan listrik secara terus-menerus oleh dua atau lebih saluran pada gardu. Gardu induk dari beberapa pembangkit tenaga listrik yang beroperasi secara paralel.

Sistem ini adalah pengembangan dari sistem-sistem yang sebelumnya dan merupakan sistem yang paling baik serta memiliki keandalan yang cukup tinggi, disebabkan sistem ini disalurkan dari dua atau lebih sumber tenaga listrik. Selain itu jumlah cabang lebih banyak dari jumlah titik penyulang.

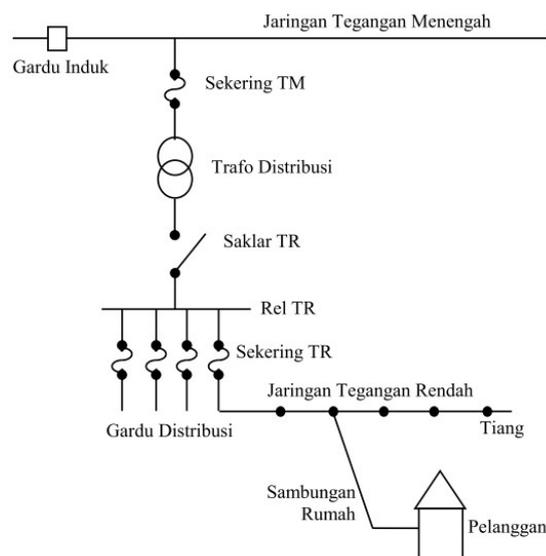
Sistem jaringan grid diperuntukan bagi pelanggan yang tidak boleh padam (pelanggan VVIP) misalkan: Istana Presiden, Gedung MPR, bandar udara dan rumah sakit maka tenaga listrik disuplai dengan pola jaringan grid dengan minimal 2 penyulang sekaligus plus *Automatic Change Over*.



Gambar 2. 5. Sistem jaringan grid

## 2. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder adalah jaringan daya listrik yang memiliki level tegangan rendah (sistem 380/220 Volt). Jaringan distribusi sekunder berawal dari sisi sekunder transformator distribusi dan berakhir hingga ke alat ukur (meteran) pelanggan. Sistem jaringan distribusi sekunder disalurkan kepada para pelanggan melalui kawat berisolasi.



Gambar 2. 6 Jaringan Distribusi Sekunder

### 2.3. Jenis Gangguan Distribusi Listrik

Pada jaringan distribusi tenaga listrik 20kV, berdasarkan durasinya gangguan dapat dikelompokkan dalam 2 macam yaitu:

1. Gangguan permanen, Gangguan permanen tidak dapat dihilangkan sebelum penyebab dari gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Gangguan yang bersifat permanen biasanya disebabkan oleh kerusakan peralatan atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen, sehingga gangguan ini akan hilang setelah kerusakan ini diperbaiki
2. Gangguan temporer, Gangguan yang bersifat temporer ini apabila terjadi gangguan, maka gangguan tersebut terjadi dalam waktu yang cukup singkat dan dapat normal kembali. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Kemudian disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya. Apabila gangguan temporer sering terjadi dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang bersifat permanen. Salah satu contoh gangguan yang bersifat temporer adalah gangguan akibat sentuhan binatang seperti ular, kukang, dan tupai, pohon, dan layangan. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya yang disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya.

Sedangkan dari jenis gangguan hubung singkat yang dapat terjadi dibagi menjadi:

1. Gangguan satu fasa ke tanah
2. Gangguan dua fasa ke tanah
3. Gangguan fasa ke fasa
4. Gangguan tiga fasa ke tanah

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

Dalam mengevaluasi perencanaan sistem dari sudut pandang reliability, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan metode yang vital. Sejarah FMEA berawal pada tahun 1950 ketika teknik tersebut digunakan dalam merancang dan mengembangkan sistem kendali penerbangan. Sejak saat itu teknik FMEA diterima dengan baik oleh industri luas.

FMEA (*failure mode and effect analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu gangguan

Menurut John Moubrey, definisi dari *failure mode and effect analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.

FMEA dalam penggunaannya untuk analisis keandalan dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik yang didasarkan dari kegagalan dari peralatan – peralatan listrik akan mempengaruhi operasi sistem

Adapun tujuan dari FMEA adalah:

1. Mengidentifikasi model-model kegagalan pada komponen, peralatan, dan sistem.
2. Menentukan akibat yang potensial pada peralatan, sistem yang berhubungan dengan setiap model kegagalan.
3. Membuat rekomendasi untuk menambah keandalan komponen, peralatan, dan sistem.

## **2.5. Keandalan Sistem Distribusi**

Keandalan atau *reliability* menyatakan kemungkinan suatu peralatan (*device*) yang bekerja sesuai standarnya dalam selang waktu dan kondisi tertentu. Analisa bentuk kegagalan merupakan suatu analisa bagian dari sistem atau peralatan yang dapat gagal, bentuk kegagalan yang mungkin, efek masing-masing, bentuk kegagalan dari sistem yang komplek.

Keandalan dalam sistem distribusi merupakan suatu ukuran tingkat pelayanan penyedia tenaga listrik dari sistem ke konsumen. Yang mana ukuran keandalan ini dapat dilihat dari seberapa banyak atau seberapa sering sistem mengalami pemadaman dan juga seberapa lama sistem mengalami pemadaman serta seberapa cepat waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk memulihkan kembali kondisi dari

saat terjadinya pemadaman. Tingkat keandalan suatu jaringan dibedakan menjadi tiga yaitu :

a. Keandalan sistem tinggi

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan bila terjadi gangguan maka sistem ini memerlukan peralatan dan pengamanan yang cukup banyak agar terhindar dari berbagai macam gangguan.

b. Keandalan sistem menengah

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan bila terjadi gangguan maka sistem masih dapat memberikan supply kepada sebagian beban dalam keadaan beban puncak. Jadi dalam sistem membutuhkan peralatan yang cukup banyak untuk mengatasi gangguan – gangguan pada sistem.

c. Keandalan sistem rendah

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan bila terjadi gangguan maka sistem tidak dapat memberikan supply pada semua beban sehingga sistem perlu diperbaiki terlebih dahulu yang mana berarti sistem ini peralatan pengamannya masih kurang dan relatif sedikit jumlahnya.

Gangguan-gangguan yang terjadi hingga menyebabkan pemadaman pada konsumen biasanya terjadi pada bagian saluran distribusi tegangan menengah yang mana banyak terjadi akibat dari gangguan pada saluran udara (Overhead). Keandalan pada sistem bergantung pada komponen-komponen yang bekerja dan membentuk sebuah sistem. Berikut merupakan hal-hal yang ada dalam keandalan antara lain :

a. Fungsi

Keandalan suatu sistem dapat dilihat dari sistem yang dapat melakukan fungsinya secara baik dan sesuai dengan standar dalam keadaan tertentu.

Kegagalan fungsi dapat diakibatkan karena tidak berjalannya perawatan pada sistem dengan baik.

b. Lingkungan

Keandalan setiap peralatan sangat berpengaruh dari kondisi lingkungan ketika peralatan sedang bekerja. Gangguan pada saluran udara ini akibat lingkungan banyak dipengaruhi oleh berbagai hal seperti kondisi cuaca seperti hujan, angin, dan petir serta lingkungan sekitar seperti pohon ataupun hewan serta hal lain seperti penyimpanan, instalasi, pemakai, debu, kimia dan polutan lainnya terhadap sistem.

c. Waktu

Keandalan suatu sistem akan berkurang seiring berjalannya waktu, hal ini merupakan pengaruh dari semakin lama umur kerja sebuah peralatan maka kualitas keandalannya akan semakin menurun yang mengakibatkan probabilitas kegagalan lebih tinggi.

d. Probabilitas

Keandalan diukur sebagai probabilitas. Sehingga probabilitas yang selalu berubah - ubah terhadap waktu merupakan bagian dari bidang statistik dan analisa statistik.

Dalam sistem distribusi tegangan menengah, saluran udara banyak digunakan salah satunya adalah karena biaya yang dibutuhkan dalam instalasi lebih sedikit bila dibandingkan dengan saluran kabel bawah tanah yang mana saluran jenis ini lebih jarang terkena gangguan karena tidak banyak dipengaruhi cuaca dan lingkungan sekitar. Akan tetapi penggunaan kabel saluran bawah tanah ini membutuhkan waktu yang lama ketika mengalami gangguan hingga pulih atau normal kembali, sehingga saluran udara lebih banyak digunakan oleh PLN dalam pendistribusian daya listrik

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

#### 3.1.1. Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini akan dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung dan PT. PLN (Persero) UP3 Metro

#### 3.1.2. Waktu Penelitian

Penelitian dimulai bulan Februari – Juli 2023. Adapun jadwal pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																								
2	Seminar Proposal																								
3	Pengambilan Data																								
4	Analisis dan Hasil																								
5	Pembuatan Laporan																								
6	Seminar Hasil																								

### 3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

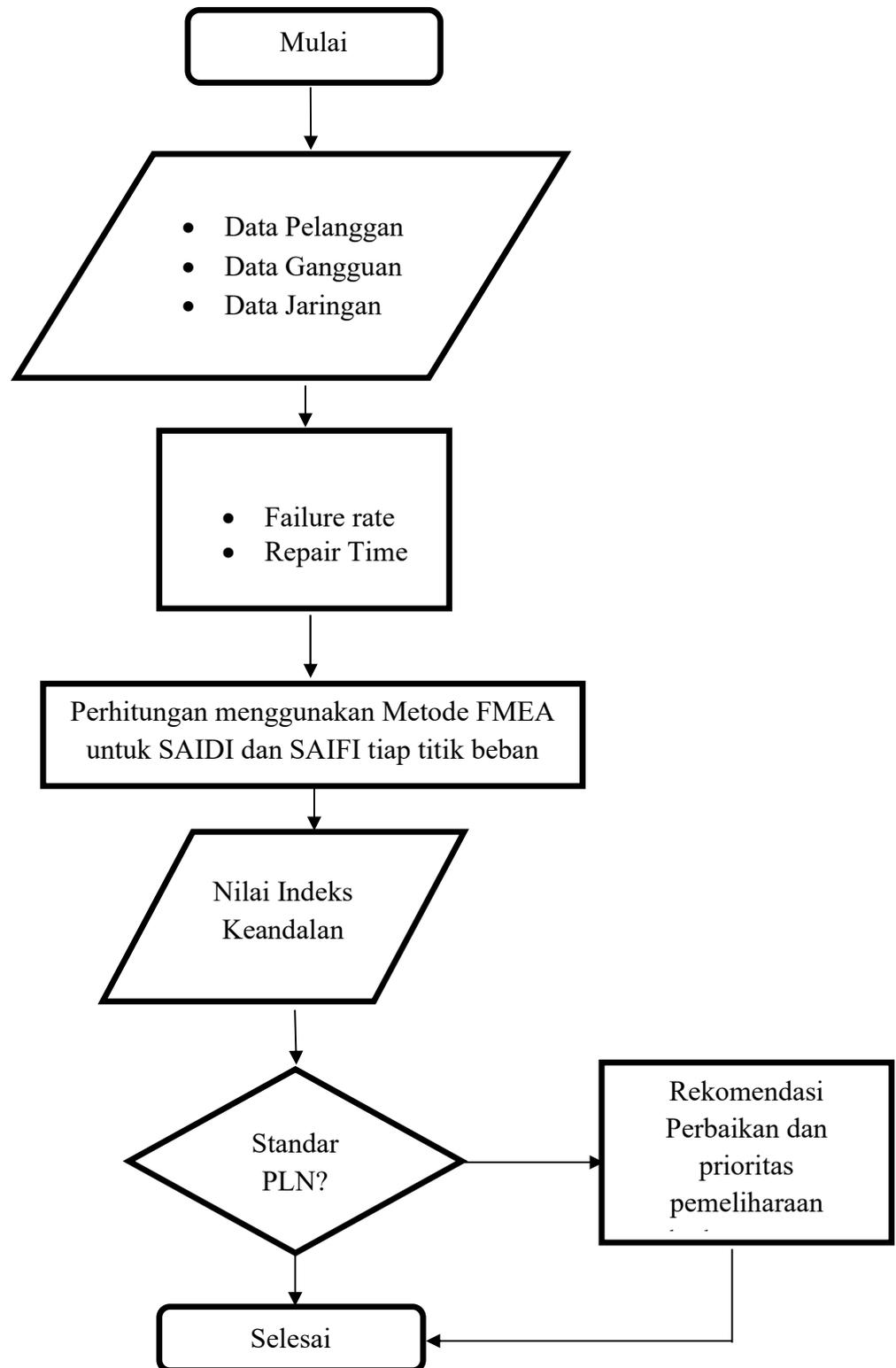
1. 1 buah laptop sebagai perangkat utama yang digunakan
2. *Microsoft Office 2019* untuk membuat laporan penelitian, file presentasi, dan mengolah data penelitian
3. Data penyulang PT. PLN (Persero) UP3 Metro

### **3.3. Tahapan Penelitian**

Langkah-langkah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur
2. Studi Bimbingan
3. Pengambilan dan pengolahan data
4. Pembuatan Laporan

### 3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

### 3.5. Teknik Analisis

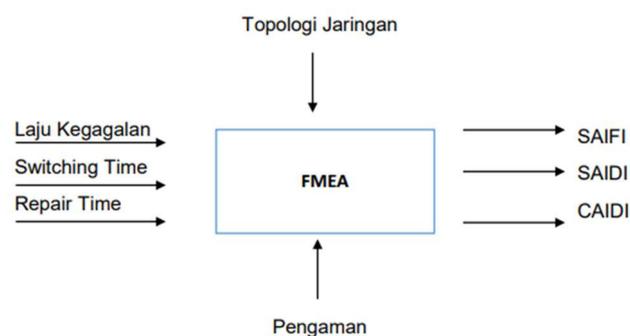
#### 3.5.1. Metode FMEA

FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk menganalisa pada keandalan sistem keselamatan. Dimana pada teknik ini memperkirakan adanya malfungsi atau mode kegagalan, serta melakukan analisa penyebab dan efek-efek yang disebabkan karena adanya kegagalan tersebut.

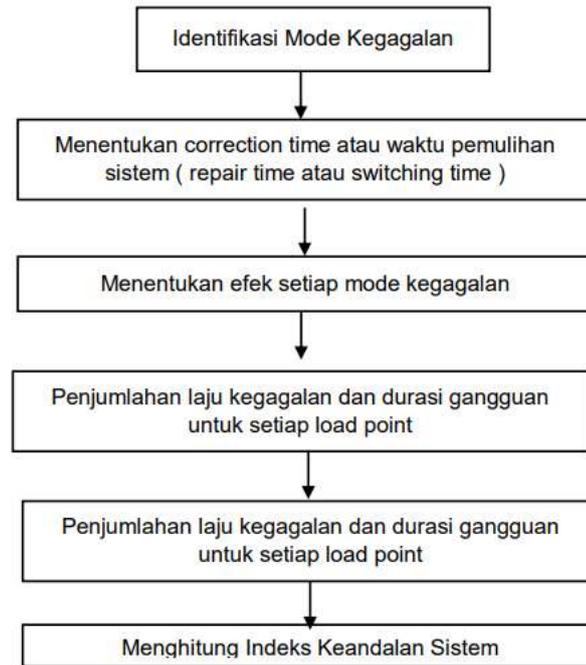
Metode ini biasanya digunakan untuk melakukan evaluasi suatu produk dan melakukan identifikasi mengenai kemungkinan mode kegagalan yang dapat terjadi seiring bertambahnya usia pada sistem yang akan dievaluasi. Keunggulan dalam mode evaluasi ini mengutamakan pada hasil akhir dari suatu produk benar berjalan sesuai dengan fungsinya. FMEA sendiri sering digunakan oleh designer untuk mengidentifikasi serta menghilangkan dari mode kegagalan yang berbahaya, dan untuk meminimalkan resiko yang dapat terjadi berupa kerusakan pada sistem dan operator tersebut.

Pada analisa FMEA itu sendiri dilakukannya analisa kemungkinan terjadinya suatu keagalann kemudian kegagalan tersebut akan dialokasikan pada beberapa sistem atau subsistem yang mengalami kegagalan, sehingga tidak mempengaruhi berjalannya suatu sistem pada kedepannya.

Analisa ini dapat digunakan dalam beberapa diagnosa seperti prosedur persiapan, in terval dan maintenance produk. Secara garis besar dalam analisa ini melakukan sebuah asumsi pada sebuah kegagalan, kemudian melakukan identifikasi kegagalan tersebut kemudian dilakukannya analisa efek yang ditimbulkan masing masing dari mode kegagalan tersebut. Gambar 3.2 Menunjukkan skema FMEA



Gambar 3. 2 Skema FMEA



Gambar 3. 3 Prosedur FMEA

Prosedur dari metode FMEA sebagai berikut:

- a) Memasukkan data konsumen, topologi jaringan serta data keandalan peralatan
- b) Topologi jaringan diperinci dengan membagi jaringan kedalam beberapa line
- c) Membuat asumsi bahwa tiap kegagalan berefek pada tiap peralatan secara bergantian.
- d) Tiap titik beban atau load point ditentukan tiap mode kegagalannya.
- e) Pada tiap titik beban dihitung nilai dari frekuensi kegagalan serta durasi kegagalannya.
- f) Setelah dilakukan hal diatas didapat nilai indeks tiap titik beban yang mempresentasikan indeks keandalan pada seluruh sistem.

FMEA dalam penggunaannya untuk analisis keandalan dalam suatu sistem distribussi tenaga listrik yang didasarkan dari kegagalan peralatan-peralatan listrik yang akan mempengaruhi operasi sistem. Berikut adalah beberapa hal yang dibutuhkan untuk analisis keandalan sistem distribusi dengan menggunakan metode FMEA :

- Dibutuhkannya topologi atau konfigurasi dari penyulang (feeder) sistem distribusi 20kV.
- Data jaringan yang dimiliki oleh setiap peralatan yang ada pada jaringan seperti laju kegagalan, repair time dan switching time serta data pendukung lainnya pada peralatan.
- Data konsumen yang meliputi jumlah pelanggan pada setiap titik beban.
- Penjumlahan laju kegagalan dan lamanya gangguan rata-rata yang berpengaruh pada setiap load point akibat dari kegagalan, dimana nilai laju kegagalan dan lama gangguan rata-rata sebagai dasar untuk menghitung indeks SAIDI, SAIFI, CAIDI.

### 3.5.2. Index keandalan

Untuk menunjukkan keberhasilan yang lebih baik dalam periode kurun waktu tertentu dan dalam kondisi operasi dibutuhkan evaluasi keandalan yang merupakan unjuk tingkat keberhasilan suatu sistem. Untuk mengukur hal tersebut perlu diadakannya pemeriksaan, pemeriksaan ini dilakukan dengan cara menganalisa tingkat suatu keberhasilan atau operasi dalam sistem yang ditinjau pada kurun waktu tertentu lalu dibandingkan dengan nilai standar yang telah ditetapkan.

#### a. Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Frekuensi suatu sistem/komponen yang mengalami kegagalan kerja, dengan dilambangkan  $\lambda$  (*lambda*)

$$\lambda_{LP} = \sum \lambda_i$$

dimana :

$\lambda$  = laju kegagalan

$i$  = komponen/peralatan

#### b. Unavailability

Unavailability adalah waktu dimana sistem tidak dapat menyuplai daya ke pelanggan. Unavailability juga berarti durasi kegagalan dan disimbolkan huruf U besar.

$$U_{LP} = \sum \lambda_i r_i$$

Dimana :

r = laju perbaikan

c. SAIDI

Indeks ini biasanya digunakan untuk mengetahui menit/waktu pemadaman pada pelanggan dan dibuat untuk memberikan informasi mengenai waktu rata-rata konsumen yang mengalami pemadaman. Indeks ini dapat dihitung dengan cara:

$$SAIDI = \frac{\sum \text{Durasi pelanggan padam}}{\text{total jumlah pelanggan}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_{LP} \times N_{LP}}{\sum N} \text{ (jam/tahun pelanggan)}$$

Dimana :

U = Waktu rata-rata kegagalan load point dalam satu tahun

$N_{LP}$  = jumlah pelanggan load point

N = jumlah pelanggan pada penyulang

d. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

Index ini memberikan informasi mengenai frekuensi rata-rata pemadaman dalam kurun waktu satu tahun. Index ini dapat dihitung dengan cara:

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah total pemadaman}}{\text{Total jumlah pelanggan yang dilayani}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_{LP} \times N_{LP}}{\sum N} \text{ (kegagalan / tahun * pelanggan)}$$

Dimana:

$\lambda_{LP}$  = Jumlah laju kegagalan load point dalam satu tahun

$N_{LP}$  = Jumlah pelanggan load point

N = Jumlah pelanggan yang dilayani dalam satu penyulang

e. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)

Memberikan informasi mengenai rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan layanan untuk rata-rata pelanggan dalam setiap interupsi/gangguan

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

f. ASAI (*Average Service Availability Index*)

Merupakan Indeks yang merepresentasikan waktu ketersediaan daya yang diterima oleh pelanggan dalam satu tahun

$$ASAI = \frac{\sum N_{LP} \times 8760 - (\sum N_{LP} \cdot U_{LP})}{\sum N_{LP} \times 8760}$$

Dimana :

U : Unavailability Load Point dalam satu tahun (jam/tahun)

$N_{LP}$  : Jumlah pelanggan load point yang mengalami pemadaman

N : Jumlah pelanggan pada penyulang

g. ASUI (*Average Service Unavailability Index*)

Merupakan indeks yang merepresentasikan ketidakterediaan daya kepada pelanggan dalam satu tahun

$$ASUI = 1 - ASAI$$

Setiap peralatan listrik pada jaringan distribusi memiliki nilai laju kegagalan yang mana bentuk kegagalan dari peralatan listrik atau komponen menyebabkan zona pengaman disekiran komponen yang mengalami kegagalan tersebut. Selain itu, komponen atau peralatan listrik juga memiliki Repair Time atau waktu perbaikan yang merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan

komponen dari mulai terjadi gangguan hingga beban terpenuhi kembali. Berikut merupakan beberapa nilai laju kegagalan dari komponen atau peralatan listrik berdasarkan SPLN 1985 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Standar Laju kegagalan dan laju perbaikan

Komponen	laju kegagalan	laju perbaikan
saluran udara	0.2/km/tahun	3 jam
pemutus tegangan	0.004/unit/tahun	10 jam
sakelar beban	0.003/unit/tahun	10 jam
sakelar pemisah	0.003/unit/tahun	10 jam
trafo distribusi	0.005/unit/tahun	10 jam

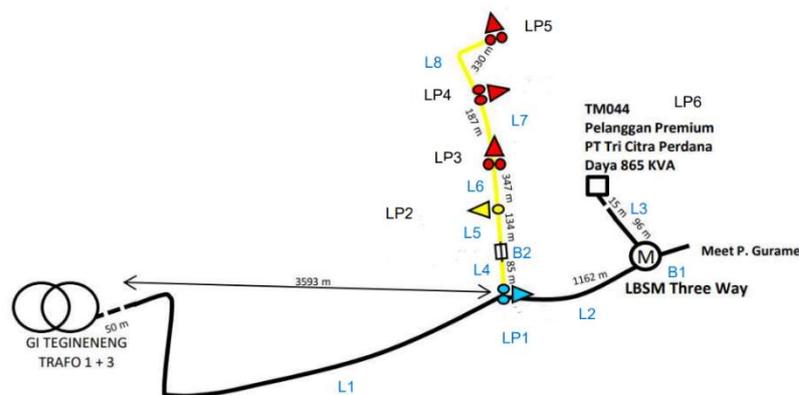
Adapun waktu yang dibutuhkan untuk membuka/menutup sakelar beban atau sakelar pemisah atau yang biasa disebut dengan istilah *Switching Time* yaitu selama 0.15 jam.

Dalam keandalan sistem distribusi 20kV, terdapat indeks frekuensi kegagalan (SAIFI) dan juga indeks durasi (SAIDI) kegagalan dengan nilai standar atau target dari PLN adalah sebagai berikut:

SAIFI : 3,2 kali/pelanggan/tahun

SAIDI : 21 jam/pelanggan/tahun

### 3.5.3. Contoh evaluasi keandalan dengan metode FMEA



Gambar 3. 4. Single Line Diagram Penyulang Rayap

Gambar 3.4 menunjukkan single line diagram dari penyulang Rayap yang berada dalam naungan PLN ULP Kota Metro. Penyulang ini memiliki enam load point dengan total 590 pelanggan

Rincian data penyulang rayap dapat dilihat pada table 3.3 dan 3.4.

Tabel 3. 3 Data saluran

Saluran	Panjang (KM)
L1	3,643
L2	1,162
L3	0,111
L4	0,085
L5	0,134
L6	0,437
L7	0,187
L8	0,330
Total	4,805

Tabel 3. 4 Jumlah pelanggan

Trafo	Load Point	Jumlah Pelanggan
TM002	LP1	147
TM035	LP2	1
TM013	LP3	147
TM062	LP4	147
TM037	LP5	147
TM044	LP6	1
Total		590

Untuk menghitung indeks keandalan pada penyulang rayap, maka terlebih dahulu dibuat mode kegagalan pada penyulang tersebut. Mode kegagalan pada penyulang rayap dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Mode kegagalan penyulang rayap

Data gangguan		Efek gangguan
nomor	peralatan	LP yang terpengaruhi RT
1	B1	LP1-LP5

2	B2	LP1-LP5
3	L1	LP1-LP5
4	L2	LP1-LP5
5	L3	LP6
6	L4	LP1-LP5
7	L5	LP1-LP5
8	L6	LP1-LP5
9	L7	LP1-LP5
10	L8	LP1-LP5
11	T1	LP1
12	T2	LP2
13	T3	LP3
14	T4	LP4
15	T5	LP5
16	T6	LP6

Langkah berikutnya adalah menghitung failure rate di setiap komponen yang ada di penyulang tersebut

Tabel 3. 6 Failure rate dan Unavailability

Nomor	peralatan	Panjang	Failure rate $i$	$\lambda$	r (jam)	U
1	B1	—	0.004	0.004	10	0.04
2	B2	—	0.004	0.004	10	0.04
3	L1	3.643	0.2	0.7286	3	21.858
4	L2	1.162	0.2	0.2324	3	0.6972
5	L3	0.111	0.2	0.0222	3	0.0666
6	L4	0.085	0.2	0.017	3	0.051
7	L5	0.134	0.2	0.0268	3	0.0804
8	L6	0.437	0.2	0.0874	3	0.2622
9	L7	0.187	0.2	0.0374	3	0.1122
10	L8	0.33	0.2	0.066	3	0.198
11	T1	—	0.005	0.005	10	0.05
12	T2	—	0.005	0.005	10	0.05
13	T3	—	0.005	0.005	10	0.05
14	T4	—	0.005	0.005	10	0.05
15	T5	—	0.005	0.005	10	0.05
16	T6	—	0.005	0.005	10	0.05

Setelah diketahui failure rate dan Unavailabilitynya, maka hitung failure rate dan unavailability tiap load point dan kemudian bisa didapatkan indeks keandalan dari penyulang Rayap.

Tabel 3. 7 Indeks keandalan penyulang

Load Point	$\Lambda$	U	jumlah pelanggan	SAIFI	SAIDI
LP1	1.2086	3.7168	147	0.301125763	0.92605
LP2	1.2086	3.7168	1	0.002048475	0.0063
LP3	1.2086	3.7168	147	0.301125763	0.92605
LP4	1.2086	3.7168	147	0.301125763	0.92605
LP5	1.2086	3.7168	147	0.301125763	0.92605
LP6	0.0272	0.1166	1	4.61017E-05	0.000198
Total			590	1.206597627	3.710698

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian kali ini adalah:

1. Berdasarkan analisis menggunakan metode FMEA, penyulang Stroberi 2 bahwa nilai SAIDI dan SAIFI lebih kecil dibandingkan dengan standar SPLN59, maka penyulang Strowberi dalam level handal.
2. Berdasarkan analisis dengan metode FMEA, nilai SAIDI penyulang nila berada dibawah standar SLPN59, tetapi nilai SAIFI penyulang Nila lebih tinggi dari standar SPLN59, maka penyulang nila dalam level tidak handal.
3. Nilai laju kegagalan paling besar terjadi diakibatkan oleh kegagalan saluran dibandingkan dengan komponen lainnya. Untuk meningkatkan keandalannya pada saluran dipasang FCO guna memperkecil nilai laju kegagalan load point dan memperkecil daerah yang terpengaruh oleh kegagalan.

### 6.2. Saran

1. Untuk penelitian lebih lanjut bisa menggunakan metode yang lain sebagai pembanding.
2. Mempertimbangkan factor-faktor lain yang mempengaruhi nilai keandalan seperti *management analysis* dan *maintenance analysis* serta *cost analysis*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. U. Perekebina Ebiarede, "Reliability Analysis of a Distribution Network Using ETAP Software," *JOURNAL OF SCIENCE TECHNOLOGY AND EDUCATION*, pp. 228-236, 2022.
- [2] R. Billinton, *Reliability Evaluation of Power System*, New York: Plenum Press, 1996.
- [3] R. Harahap, "Analisis Sistem Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang SB.02 Pada PT. PLN (Persero) ULP Sibolga Kota Menggunakan Metode Section Technique dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)," *Journal of Electrical Technology*, pp. 87-95, 2022.
- [4] T. Gonen, *Electric Power Distribution System Engineering Third Edition*, Boca Raton: CRC PRESS, 2014.
- [5] Achmad Fatoni, *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)*, Surabaya: ITS, 2016.
- [6] F. R. Sundara, b. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Penyulang CKNG di PT. PLN (Persero) Area Ciamis Menggunakan ETAP dan Section Technique*, Bandung: UPI, 2021.
- [7] T. PLN, *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*, Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi, 1985.
- [8] J. Moubray, *Reliability-centered Maintenance*, New York: Industrial Press Inc., 1997.
- [9] A. R. PAHLAWAN, *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di Penyulang Purwodadi 13 dengan Failure Mode and Effect Analysis*, Jakarta: Institut Teknologi PLN, 2020.
- [10] A. T. M. & S. I. Haryudo, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kv Pada Penyulang Pejangkalan Di PT PLN Pasuruan Menggunakan Metode Ria

(Reliability Index Assesment),” *Jurnal Teknik Elektro* , vol. Volume 09, no. 835-843, pp. 5-7, 2020.

- [11] Sanaullah Ahmad, “Reliability Analysis of Distribution System using ETAP,” *International Journal of Computer Science and Information Security*, vol. Vol. 15, no. No. 3, p. 2, 2017.
- [12] W. D. Stevenson, *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Empat*, Jakarta: Erlangga, 1990.
- [13] D. J. Smith, *Reliability, Maintainability and Risk*, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.
- [14] B. Dhillon, *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*, New York: Taylor & Francis, 2006.
- [15] S. U. Afri Lestari C, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Metode FMEA pada Penyulang Akasia dan Lele PT PLN (Persero) ULP Kota Barat,” *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 6, no. 1, pp. 1-7, 2021.