



**EVALUASI KEHANDALAN JARINGAN LISTRIK 20 KV
BERDASARKAN NILAI SAIDI – SAIFI TERHADAP
PEMASANGAN TABUNG URGENT CUT OUT
DI PLN (PERSERO) ULP MEDAN BARU**

**Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan Teknologi Universitas
Pembangunan Panca Budi**

SKRIPSI

OLEH

**NAMA : DESMON SAING
NPM : 1714219179
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

**EVALUASI KEHANDALAN JARINGAN LISTRIK 20 KV
BERDASARKAN NILAI SAIDI – SAIFI TERHADAP
PEMASANGAN TABUNG *URGENT CUT OUT*
DI PLN (PERSERO) ULP MEDAN BARU**

Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan Teknologi Universitas
Pembangunan Panca Budi

SKRIPSI

OLEH

NAMA : DESMON SAING
NPM : 1714210179
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

Diketahui dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



Dr. Rahmaniari, ST., MT

Dosen Pembimbing II



Amani Darma Tarigan, ST., MT

Diketahui dan Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Hamdani, ST., MT

Ketua Program Studi



Siti Anisah, ST., MT

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, Desember 2021



DESMON SAING
NPM : 1714210179



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*


Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : DESMON SAING
 Tempat/Tgl. Lahir : Medan / 10 Desember 1996
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1714210179
 Program Studi : Teknik Elektro
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 147 SKS, IPK 3.71
 Nomor Hp : 081377242096
 Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

No.	Judul
1.	Evaluasi Keandalan Jaringan Listrik 20 KV Berdasarkan nilai SAIDI - SAIFI terhadap Pemasangan Tabung Urgent Cut Out Di PLN (Persero) ULP Medan Baru.

Catatan : Dusi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

Coret Yang Tidak Perlu

Rektor

 (Cahyo Pramono, S.E., M.M.)

Medan, 06 Januari 2022

Pemohon,


 (Desmond Saing)

Tanggal : 3 Mei 2021
 Disahkan oleh :
 Dekan

 (Hamdani, ST., MT.)

Tanggal : 3 Mei 2021
 Disetujui oleh :
 Dosen Pembimbing I :

 (Dr Rahmiani, ST., MT.)

Tanggal : 3 Mei 2021
 Disetujui oleh :
 Ka. Prodi Teknik Elektro

 (Siti Anisah, S.T., M.T.)

Tanggal : 3 Mei 2021
 Disetujui oleh :
 Dosen Pembimbing II :

 (Amani Darnya Tarigan, ST., MT)



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : DESMON SAING
NPM : 1714210179
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Amani Darma Tarigan, ST., MT
Judul Skripsi : Evaluasi Keandalan Jaringan Listrik 20 KV Berdasarkan nilai SAIDI – SAIFI terhadap Pemasangan Tabung Urgent Cut Out Di PLN (Persero) ULP Medan Baru.

Tanggal	Pembahasan Materi	Status Keterangan
20 Mei 2021	acc seminar proposal	Disetujui
13 Juli 2021	file kosong, silahkan upload ulang	Revisi
16 Juli 2021	rapikan penulisan, sub judul ratakan dengan alenia baru, rapikan ruller penulisan setiap gambar atau tabel beri refrensi yg diambil dari buku atau jurnal atau diklat, iampirkan nama penulis nya dan tahunnya, baca kembali buku panduan skripsi	Revisi
18 Juli 2021	penulisan rumus pada bab 2 di ketik bukan berbentuk gambar. lebih diperhatikan lg, ruller unutup menentukan rata tulisan antara Penomor Sub judul, Cabang Judul, anak judul dan strusnya. penulisan tabel di penulisan skripsi di ketik bukan di buat dalam bentuk gambar, teori untuk pembahasan masih sangat kurang. lengkapi	Revisi
09 Oktober 2021	koreksi kembali tahun refrensi yg digunakan dalam penulisan terori, khusus untuk jurnal	Revisi
09 Oktober 2021	lanjutkan Ke BAB Berikutnya	Revisi
10 Oktober 2021	silahkan lanjutkan ke BAB 4 dan 5	Revisi
14 Oktober 2021	acc seminar hasil	Disetujui
24 November 2021	acc sidang meja hijau	Disetujui
23 Desember 2021	rapikan sdikit lg penulisan dan tambahkan masukan sesuai dengan arahan dosen penguji dan pembimbing pada saat sidang	Revisi
24 Desember 2021	acc jilid	Disetujui

Medan, 06 Januari 2022
Dosen Pembimbing,



Amani Darma Tarigan, ST., MT



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

Jl. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : DESMON SAING
NPM : 1714210179
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Dr Rahmaniar, ST.,MT.
Judul Skripsi : Evaluasi Keandalan Jaringan Listrik 20 KV Berdasarkan nilai SAIDI – SAIFI terhadap Pemasangan Tabung Urgent Cut Out Di PLN (Persero) ULP Medan Baru.

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
22 Mei 2021	ACC Seminar Proposal	Disetujui	
08 Agustus 2021	file bab 2 ada, namun tidak ada isinya...silahkan upload ulang	Revisi	
11 Oktober 2021	Bab 3, data-data yang di perlukan belum lengkap	Revisi	
25 Oktober 2021	ACC Seminar hasil	Disetujui	
20 November 2021	Pendahuluan buat menjadi 4 alenea, dan masukkan tinjauan pustakanya	Revisi	
20 November 2021	BAB 2 sangat minim tinjauan pustaka....	Revisi	
22 November 2021	silahkan perbaiki sesuai arahan	Disetujui	
23 November 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	
03 Januari 2022	ACC Jilid		

Medan, 06 Januari 2022
Dosen Pembimbing,



Dr Rahmaniar, ST.,MT.



KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 63/BL/LTPE/2021

Bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : DESMON SAING
NIM : 1714210179
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 06 Januari 2022
Ka. Laboratorium

[Approve By System]
D T O
Hamdani, S.T., M.T.





YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122


SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 957/PERP/BP/2021

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan
nama saudara/i:

Nama : DESMON SAING
M. : 1714210179
Kelas/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Sejak tanggal 24 November 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku
juga tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 24 November 2021
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan


Rahmad Budi Utomo, ST.,M.Kom

No. Dokumen : FM-PERPUS-06-01
Revisi : 01
Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 06 Januari 2022
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
 UNPAB Medan
 Di -
 Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DESMON SAING
 Tempat/Tgl. Lahir : Medan / 10 Desember 1996
 Nama Orang Tua : SAHAT SAING
 N. P. M : 1714210179
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
 Program Studi : Teknik Elektro
 No. HP : 081377242096
 Alamat : JALAN KARYA GG KARTINI NO 2C

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Evaluasi Kehandalan Jaringan Listrik KV Berdasarkan nilai SAIDI - SAIFI terhadap Pemasangan Tabung Urgent Cut Out Di PLN (Persero) ULP Medan Baru.**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelul lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkri sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (b dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang bertaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dan pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,750,000
Total Biaya	: Rp.	2,750,000

Ukuran Toga : **M**

Diketahui/Disetujui oleh :

Hormat saya



Hamdani, ST., MT.
 Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI



DESMON SAING
 1714210179

Catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **DESMON SAING**
NPM : **1714210179**
Fakultas : **SAINS DAN TEKNOLOGI**
Program Studi : **TEKNIK ELEKTRO**
Judul Skripsi : **“Evaluasi Keandalan Jaringan Listrik 20 kV Berdasarkan Nilai SAIDI-SAIFI Terhadap Pemasangan Tabung Urgent Cut Out Di PLN (Persero) ULP Medan Baru”,**

Dengan Ini Menyatakan Bahwa :

1. Skripsi Ini Merupakan Hasil Karya Tulis Saya Sendiri Dan Bukan Merupakan Hasil Karya Orang Lain (Plagiat).
2. Skripsi Saya Bersedia Dipublikasikan Oleh Lembaga
3. Terdapat Revisi/Perbaikan Dalam Skripsi Saya.

Demikian Surat Pernyataan Ini Saya Buat Untuk Memenuhi Persyaratan Pengambilan Hasil Plagiat Checker Saya, Atas Perhatiannya Saya Ucapkan Terimakasih.

Medan, Januari 2022

Yang Membuat Pernyataan



DESMON SAING

Plagiarism Detector v. 1921 - Originality Report 11/25/2021 10:13:00 AM

Analyzed document: DESMON SAING_1714210179_TEKNIK ELEKTRO.docx Licensed to: Universitas Pembangunan Panca Budi_License03

Comparison Preset: Rewrite Detected language: Id

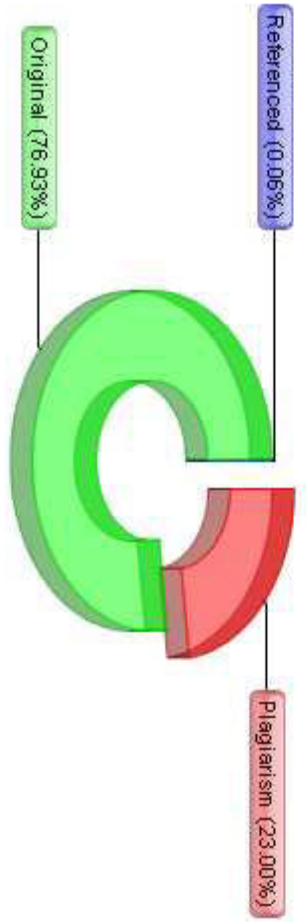
Check type: Internet Check

[tee_and_enc_string] [tee_and_enc_value]



Detailed document body analysis:

Relation chart:



Distribution graph:



SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.

Ka. LPMU

Ersyanti Muhandani Kitonga, BA., MSc

No. Dokumen : PM-UJMA-06-02	Revisi : 00	Tgl Eff : 23 Jan 2019
-----------------------------	-------------	-----------------------

**EVALUASI KEHANDALAN JARINGAN LISTRIK 20 KV
BERDASARKAN NILAI SAIDI – SAIFI TERHADAP
PEMASANGAN TABUNG *URGENT CUT OUT*
DI PLN (PERSERO) ULP MEDAN BARU**

**Desmon Saing*
Rahmaniar**
Amani Darma Tarigan**
Universitas Pembangunan Panca Budi**

ABSTRAK

PT PLN (Persero) merupakan suatu Perusahaan Listrik Negara yang menjadi peranan penting terhadap Penyaluran Listrik untuk kebutuhan masyarakat baik pendukung aktivitas berkendara, peralatan elektronik dirumah/kantor/sekolah/rumah sakit dan pastinya listrik untuk kehidupan yang lebih baik. Dimasa kini tantangan dan tuntutan pelayanan dan kehandalan pasokan energi listrik dari pelanggan sangatlah tinggi. Dengan kondisi seperti ini dibutuhkan kecepatan penanganan saat terjadi gangguan listrik menjadi tolak ukur tersendiri sehingga pekerjaan yang bersifat preventif maupun korektif perlu ditingkatkan sebagai salah satu upaya menjaga kehandalan pasokan listrik dengan memperhatikan nilai SAIDI-SAIFI pelaksanaan *Recovery Time* dan ENS pada gangguan kelistrikan. Dalam pendistribusian energi listrik kekonsumen terdapat suatu alat proteksi yang disebut FCO (*Fuse Cut Out*). Sesuai SPLN 64 : 1985 dan SPLN D3.026:2017, dimana FCO merupakan peralatan proteksi yang bekerja apabila terjadi gangguan arus lebih. Alat ini akan memutuskan rangkaian listrik yang satu dengan yang lain apabila dilewati arus yang melewati kapasitas kerjanya. Prinsip kerja FCO adalah dengan melelehkan (meleburkan) fuse link yang terdapat didalam tabung FCO sehingga FCO terlepas, FCO dipasang pada jaringan distribusi 20 kV yang berfungsi sebagai proteksi trafo distribusi dan proteksi jaringan di titik percabangan.

Kata kunci: Kehandalan, SAIDI-SAIFI, *Recovery Time*, ENS dan FCO.

*Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro : desmonsaing@gmail.com

**Dosen Program Studi Teknik Elektro

***EVALUATION OF RELIABILITY OF 20 KV ELECTRICITY
NETWORK BASED ON SAIDI – SAIFI VALUE OF THE
INSTALLATION TUBES URGENT CUT OUT
AT PLN (PERSERO) ULP MEDAN BARU***

Desmon Saing*

Rahmaniar**

Amani Darma Tarigan**

University Of Pembangunan Panca Budi

ABSTRACT

PT PLN (Persero) is a State Electricity Company which plays an important role in the distribution of electricity for the needs of the community, both supporting driving activities, electronic equipment at home/office/school/hospital and of course electricity for a better life. Today, the challenges and demands for service and the reliability of electrical energy supply from customers are very high. With conditions like this, it is necessary to speed up handling when there is a power outage to be a separate benchmark so that preventive and corrective work needs to be improved as an effort to maintain the reliability of electricity supply by taking into account the values. SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) so that it affects the value of Recovery Time against electrical disturbances, especially those that occur at PT PLN (Persero) ULP Medan Barat. In the distribution of electrical energy to consumers there is a protection device called FCO (Fuse Cut Out). In accordance with SPLN 64: 1985 where FCO is a protective equipment that works in the event of an overcurrent fault. This tool will disconnect the electrical circuit from one another when a current passes through its working capacity. The working principle of FCO is to melt (melt) the fuse link contained in the FCO tube so that the FCO is released, FCO is installed on a 20 KV distribution network which functions as distribution transformer protection and network protection at branching points.

Keywords: Reliability, SAIDI-SAIFI, Recovery Time, ENS dan FCO.

**Student of Electrical Engineering Study Program : desmonlsaing@gmail.com*

***Lecturer of Electrical Engineering Study Program*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa atas kasih karunia serta berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Evaluasi Keandalan Jaringan Listrik 20 kV Berdasarkan Nilai SAIDI-SAIFI Terhadap Pemasangan Tabung Urgent Cut Out Di PLN (Persero) ULP Medan Baru”**, dapat selesai tepat pada waktunya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik dari Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Dalam pelaksanaan penyusunan tugas akhir, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini mulai dari pengumpulan data sampai proses penyusunan laporan. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isa Indrawan, S.E., M.M., selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
2. Bapak Hamdani, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
3. Ibu Siti Anisah, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
4. Ibu Dr. Rahmiani, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I.
5. Bapak Amani Darma Tarigan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II.
6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
7. Orangtua dan keluarga tercinta, yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun material.
8. Teman-teman PT PLN (Persero) UIW Sumatera Utara.
9. Teman-teman PT PLN (Persero) UP3 Medan.
10. Teman-teman PT PLN (Persero) ULP Medan Baru.
11. Teman-teman PT PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam.

12. Teman-teman PT PLN (Persero) UP3 Medan Utara.
13. Teman-teman PT PLN (Persero) ULP Belawan.
14. Teman-teman PT PLN (Persero) Udiklat Tuntungan.
15. Teman-teman PT PLN (Persero) Udiklat Padang.
16. Teman-teman PT PLN Angkatan 14.
17. Teman-teman NHKBP Karya Pembangunan.
18. Teman-teman Universitas Pembangunan Panca Budi.
19. Teman-teman SMA Methodist – 8 Medan.
20. Teman-teman SMP Negeri – 16 Medan.
21. Teman-teman SD Marisi Medan.
22. Semua pihak yang namanya tidak dapat tertulis, yang telah turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis guna perbaikan dimasa yang akan datang. Demikianlah, semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa, khususnya bagi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, Desember 2021
Penulis

DESMON SAING
NPM : 1714210179

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.	1
1.2. Rumusan masalah.	3
1.3. Batasan masalah.	3
1.4. Tujuan penelitian.	3
1.5. Manfaat penelitian.	3
1.6. Metode Penelitian.	4
1.7. Sistemastika Penulisan.	4
BAB 2 DASAR TEORI.....	6
2.1. Energi.	6
2.2. Energi Listrik.	7
2.3. Sistem Tenaga Listrik.	12
2.4. Jaringan Sistem Distribusi.	14
2.5. Keandalan Sistem Jaringan Listrik Distribusi.	21
2.6. FCO (<i>Fuse Cut Out</i>).	25
2.6.1. Kontruksi FCO.	26
2.6.2. Prinsip Kerja.	27
2.6.3. Klasifikasi.	28
2.7. Gangguan Pada Sistem Distribusi.	35
2.8. SAIDI – SAIFI.	37

2.9.	<i>Recovery Time</i>	39
2.10.	Standarisasi nilai SAIDI - SAIFI.....	40
2.11.	Kualitas Daya Listrik.....	40
2.12.	Daya Listrik.....	42
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		46
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian.	46
3.2.	Langkah Penelitian.	47
3.2.1.	Survei Lapangan.....	49
3.2.2.	Mengidentifikasi Masalah.....	55
3.2.3.	Survei Pembuatan dan Kelayakan Operasi Tabung <i>Urgent Cut Out</i>	59
3.2.4.	Penanganan Gangguan Menggunakan Tabung <i>Urgent Cut Out</i>	66
3.2.5.	Pengolahan Data.....	73
3.2.6.	Pembahasan/Hasil Dan Kesimpulan.	80
BAB 4 HASIL DAN ANALISA		81
4.1.	Data Analisis Penelitian.	81
4.1.2.	Manfaat Finansial Objek Penelitian.....	81
4.1.3.	Manfaat Non Finansial Objek Penelitian.....	82
4.2.	Data Analisis Resiko.	85
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		87
5.1.	Kesimpulan.....	87
5.2.	Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA		91

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang.

Pada zaman yang semakin maju ini semua aktivitas kehidupan manusia semakin meningkat, sehingga manusia harus menyesuaikan perkembangan zaman yang ada dengan mengikuti perkembangan teknologi atau peralatan modern sebagai pendukung keberlangsungan dan kelancaran aktifitas yang dilaksanakan baik kebutuhan Pribadi, Sosial dan Umum. Sebagai Perusahaan milik negara PT PLN (Persero) harus siap menyesuaikan perkembangan tersebut khususnya dalam penyaluran kebutuhan listrik pada masyarakat. Dimana ditengah Pandemi *Covid-19* ini berbagai kebijakan dibuat terutama sebagai upaya Pemutusan Penularan Pandemi Virus Corona ini, sehingga untuk mengantisipasi penularan virus tersebut pemerintah memberlakukan peraturan pembatasan kegiatan interaksi langsung baik disekitar mau pun diluar lingkungan termasuk diberlakukannya kebijakan *Lock Down* pada daerah-daerah yang teridentifikasi tertular Virus Corona, bahkan pemerintah dalam menerapkan protokol kesehatan selain memakai masker, mencuci tangan juga memberlakukan *Physical Distancing*.

Berdasarkan Visi PT PLN (Persero) yaitu Menjadi Perusahaan Listrik Terkemuka se-Asia Tenggara dan #1 Pilihan Pelanggan untuk Solusi Energi. Dimana PLN senantiasa menjadi garda terdepan untuk soal kelistrikan yang disalurkan, terutama percepatan penanganan saat terjadi gangguan listrik menjadi tolak ukur

tersendiri sehingga pekerjaan yang bersifat preventif maupun korektif perlu ditingkatkan sebagai salah satu upaya menjaga kehandalan pasokan listrik khususnya pada PT PLN (Persero) UP3 Medan di ULP Medan Baru untuk percepatan penanganan gangguan kehandalan khususnya pada kerusakan FCO.

Dalam pendistribusian energi listrik kekonsumen terdapat suatu alat proteksi yang disebut FCO (*Fuse Cut Out*). Sesuai SPLN 64 : 1985 dan SPLN D3.026:2017, dimana FCO merupakan peralatan proteksi yang bekerja apabila terjadi gangguan arus lebih. Alat ini akan memutuskan rangkaian listrik yang satu dengan yang lain apabila dilewati arus yang melewati kapasitas kerjanya. Prinsip kerja FCO adalah dengan melelehkan (meleburkan) *Fuse Link* yang terdapat didalam tabung FCO sehingga FCO terlepas, FCO dipasang pada jaringan distribusi 20 kV (Tegangan Menengah) yang berfungsi sebagai proteksi trafo distribusi dan proteksi jaringan di titik percabangan (lateral).

Persiapan dan kesiapan terus dilakukan oleh PT PLN (Persero) khusus pada PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Medan di ULP Medan Baru terutama dalam melaksanakan percepatan gangguan yang hingga sampai saat ini masih ada menemukan gangguan atau tidak handalnya FCO yang terpasang di jaringan 20 kV, antara lain rusak/terbakar/pecah pada tabung FCO sehingga untuk penyelesaian dan percepatan proses pemulihan pemadaman yang mempengaruhi nilai SAIDI-SAIFI, pelaksanaan *Recovery Time* dan ENS beserta percepatan pengambilan/permintaan ketersediaan material FCO, maka salah satunya ditangani dengan menggunakan Tabung *Urgent Cut Out*.

1.2. Rumusan masalah.

Adapun Rumusan masalah pada skripsi ini adalah

1. Apa Penyebab FCO terbakar?
2. Apa pengaruh penggunaan Tabung *Urgent Cut Out* pada jaringan distribusi?

1.3. Batasan masalah.

Adapun Batasan masalah pada skripsi ini adalah

1. Penelitian dilaksanakan di PT PLN (Persero) ULP Medan Baru.
2. Gangguan pada tabung FCO yang terbakar di jaringan 20 kV untuk pengamanan pada Gardu Distribusi.
3. Nilai SAIDI - SAIFI dan *Recovery Time*.
4. SPLN (Standar PLN) sebagai acuan untuk standar indeks kehandalan dan FCO.

1.4. Tujuan penelitian.

Adapun tujuan dari penelitian skripsi ini ialah :

1. Mengetahui kendala-kendala Penanganan Gangguan FCO.
2. Menghitung dan mengetahui pengaruh Finansial dan Non Finansial terhadap penggunaan Tabung *Urgent Cut Out*.

1.5. Manfaat penelitian.

1. Mengetahui efektivitas penggunaan Tabung *Urgent Cut Out* dalam menyelesaikan kendala-kendala pada proses penanganan gangguan FCO yang terbakar.

2. Memperoleh nilai efektivitas dalam Penekanan SAIDI – SAIFI dan *Recovery Time*.
3. Menjaga Kontinuitas kelistrikan dan pelayanan terhadap kepuasan pelanggan.

1.6. Metode Penelitian.

Metode penelitian yang akan dilakukan ada beberapa tahap antara lain :

1. Studi Literatur

Studi ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi ini. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang berhubungan dengan penelitian skripsi ini.

2. Uji Sistem

Uji coba sistem ini berkaitan dengan pengujian sistem yang akan diterapkan pada skripsi ini.

3. Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari alat ini. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7. Sistemastika Penulisan.

Sistematika penulisan dibuat dalam 5 bab dengan pembahasan masing-masing bab adalah sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN.

Pembahasan tentang latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.

Uraian tentang teori-teori dasar dan pendukung yang ada dan berkaitan dengan pembahasan.

BAB 3 METODE PENELITIAN.

Menguraikan tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, cara mengumpulkan data, diagram alir serta langkah-langkah penelitian.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA.

Hasil penelitian yang dilakukan mulai dari hasil percobaan dan perhitungan.

BAB 5 PENUTUP.

Uraian tentang kesimpulan dari pembahasan pada bab sebelumnya dan saran yang dapat membangun pengembangan judul tugas akhir penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Sebagai bahan bahan refrensi dalam penulisan skripsi untuk menghindari terjadinya kesamaan dalam penulisan atau plagiat

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. Energi.

Energi adalah suatu kemampuan untuk melakukan tindakan atau pekerjaan (usaha). Kata “Energi” berasal dari bahasa Yunani yaitu “ergon” yang berarti kerja. Dalam melakukan sesuatu, kita selalu memanfaatkan energi baik secara sadar maupun tidak sadar atau Energi dapat didefinisikan sebagai tenaga atau gaya untuk melakukan sesuatu atau tindakan perpindahan dan pergeseran sekalipun, yang secara umum dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan suatu pekerjaan (Parta Setiawan, 2021). Berikut yang merupakan sifat-sifat dari energi:

1. Transformasi Energi dengan maksud Energi bisa diubah dalam bentuk lain. Sebagai contohnya Energi Listrik menjadi Energi Cahaya.
2. Transfer Energi dengan maksud Energi Panas dari suatu material atau tempat dapat ditransferkan ke tempat atau material lain. Sebagai contoh pemanasan air pada panci, dengan energi panas yang berasal dari api ditransferkan melalui material panci sehingga memanaskan air dan setelah melalui titik didih air, maka air akan menguap.
3. Energi dapat dipindahkan, dari benda lain oleh suatu gaya yang menyebabkan pergeseran/perpindahan. Dalam hal ini sering disebut dengan Energi Mekanik.

4. Energi adalah kekal, Energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan. Energi dapat diubah menjadi Energi yang setara, tetapi Energi itu tidak dapat dimusnahkan, akan tetapi dapat diubah dari suatu bentuk Energi ke bentuk Energi lain. Hal ini disebut hukum Kekekalan Energi. Salah satu bentuk-bentuk energi adalah bentuk Energi Listrik.

2.2. Energi Listrik.

Energi Listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan *Ampere* (A) dan tegangan listrik dengan satuan *Volt* (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan *Watt* (W) untuk melakukan pergerakan motor, penerangan lampu, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik agar menghasilkan bentuk energi yang lain, dimana energi listrik dapat timbul karena adanya arus listrik yang mengalir melalui penghantar yang bersifat konduktor dan semikonduktor. Energi listrik pada dasarnya merupakan salah satu bentuk energi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya energi – energi lainnya (dapat diubah menjadi dalam bentuk energi lainnya). Berikut beberapa contoh bentuk perubahan energi listrik (Avisena Ashari, 2021) :

1. Perubahan energi listrik menjadi energi cahaya.

Contoh : lampu neon, lampu pijar, televisi

2. Energi listrik menjadi energi panas.

Contoh : setrika, magic jar, solder, dispenser dan oven.

3. Energi listrik menjadi energi gerak.

Contoh : Kipas angin, Mixer, bor listrik dan Mesin cuci.

4. Energi gerak menjadi energi listrik.

Contoh : Kincir angin, generator.

5. Energi listrik menjadi energi bunyi.

Contoh : Bel listrik, klakson mobil.

Energi Listrik sering dinyatakan dengan menggunakan besaran – besaran listrik tertentu (Beritajambi, 2017). seperti beberapa diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Tegangan Listrik.

Tegangan Listrik dapat dimaksud sebagai perbedaan potensial listrik yang terjadi pada dua titik yang ada dalam satu rangkaian listrik atau jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya. Tegangan listrik biasanya dinyatakan dengan satuan *Volt* dan dihitung atau pun diukur dengan menggunakan *Voltmeter*.

2. Hambatan Listrik.

Hambatan Listrik dapat dimaksud sebagai perbandingan tegangan suatu alat elektronik listrik dengan arus listrik yang melewatinya atau kemampuan suatu bahan benda untuk menghambat atau mencegah aliran arus listrik. Hambatan listrik biasanya dinyatakan dalam satuan ohm dilambangkan dengan simbol *Omega* “ Ω ” dan diukur dengan menggunakan *Ohmmeter*.

3. Arus Listrik.

Arus Listrik merupakan aliran elektron yang bergerak/berpindah dari atom ke atom yang terjadi pada sebuah penghantar dengan kecepatan dalam waktu tertentu. Timbulnya arus listrik dikarenakan adanya beda potensial pada kedua ujung penghantar yang terjadi karena mendapatkan suatu tenaga

untuk mendorong elektron-elektron tersebut berpindah-pindah tempat. Gerakan aliran elektron ini akan menuju tempat yang lebih lemah tekanannya. Besar kecilnya arus listrik bergantung pada pembangkit listrik yang mengeluarkan tenaga tersebut. Tenaga dorong listrik dibutuhkan agar kita bisa memanfaatkan energi listrik, namun tenaga ini haruslah mencukupi dan sesuai jumlahnya. Berdasarkan hal tersebut, arus listrik harus dapat dialirkan dan diputuskan dengan kecepatan yang stabil. Kecepatan perpindahan arus listrik disebut dengan laju arus yang dapat ditulis dengan I dengan satuan *Ampere* dan diukur dengan menggunakan *Amphermeter*

4. Gaya Gerak Listrik (GGL).

Gaya Gerak Listrik dapat dimaksud sebagai besaran energi listrik yang diubah menjadi bukan listrik atau pun besaran lainnya yang dapat diubah menjadi energi listrik sebagai beda potensial antara ujung-ujung kutub sumber arus listrik ketika sumber arus listrik tersebut tidak mengalirkan arus listrik. Besarannya gaya gerak listrik biasanya dinyatakan dalam bentuk satuan *Volt* dan dikur dengan menggunakan *Voltmeter*.

5. Kapasitansi.

Kapasitansi dapat dimaksud sebagai takaran jumlah muatan listrik yang dapat dicadangkan sebagai potensial listrik yang jumlahnya telah ditentukan sebelumnya. Besaran Kapasitansi dinyatakan atau diukur dalam satuan *Farad*. Dimana Kapasitansi dapat ditulis dengan huruf C dan diukur dengan menggunakan Kapasitansi Meter.

6. Muatan Listrik.

Muatan Listrik dapat dimaksud sebagai dasar yang dipunyai oleh sebuah benda yang mengandung listrik dan dapat membuatnya mengalami gaya tertentu terhadap benda listrik lainnya yang ada disekitarnya satuan muatan biasanya dinyatakan dengan menggunakan satuan *Coulomb* dilambangkan dengan huruf Q.

Dalam rangkaian beda potensial V mengalirkan muatan listrik sejumlah Q dan arus listrik sebesar I, berikut turunan besarannya :

$$W = Q \times V$$

$$Q = I \times t \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

W = Energi listrik (*Joule*)

Q = Muatan listrik (*Coulomb*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

t = Waktu (*Detik*)

Pada muatan per satuan waktu adalah kuat arus yang mengalir, berikut turunan besarannya :

$$W = I \times t \times V$$

$$W = V \times I \times t \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

W = Energi listrik (*Joule*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

T = Waktu (*Detik*)

Jika persamaan tersebut dihubungkan dengan hukum Ohm maka diperoleh perumusan sebagai berikut :

$$V = I \times R$$

$$W = I \times R \times I \times t \text{ atau } W = I^2 \times R \times t$$

$$W = \frac{V^2}{R} \times t \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

W = Energi listrik (*Joule*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

T = Waktu (*Detik*)

R = Hambatan (*Ohm*)

Daya listrik dapat didefinisikan sebagai energi listrik yang digunakan dalam satuan waktu. Berikut yang merupakan turunan rumus dari besaran-besarannya energi listrik yang digunakan:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{V \times I \times t}{t}$$

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

P = Daya Listrik (*Watt*)

W = Energi listrik (*Joule*)

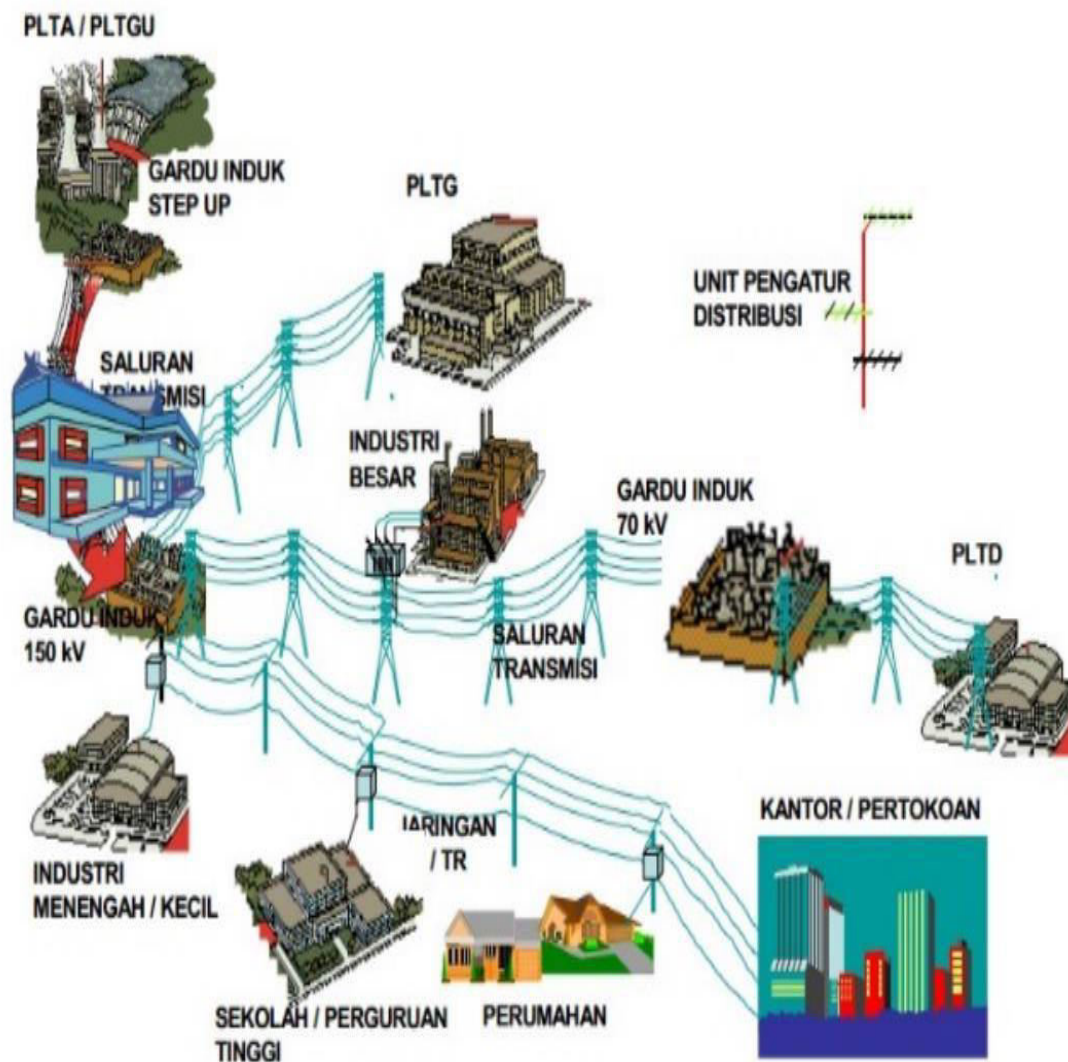
V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

T = Waktu (*Detik*)

2.3. Sistem Tenaga Listrik.

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu pusat Pembangkit listrik, saluran Transmisi dan sistem Distribusi. Secara umum, baik atau buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama ditinjau dari kualitas daya yang diterima oleh konsumen. Suatu kualitas daya yang baik antara lain meliputi kapasitas daya yang memenuhi dan tegangan yang selalu konstan pada tegangan nominal. Tegangan harus selalu dijaga konstan terutama pada rugi tegangan yang terjadi di ujung saluran. Tegangan tidak stabil dapat mengakibatkan kerusakan peralatan yang peka terhadap perubahan tegangan (khususnya alat-alat elektronik). Tegangan yang terlalu rendah akan mengakibatkan alat-alat listrik tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Demikian juga tegangan yang terlalu tinggi dapat berpotensi merusak peralatan listrik termasuk untuk perubahan nilai frekuensi akan sangat dirasakan oleh pemakai listrik yang penggunaannya berkaitan/bergantung pada kestabilan frekuensi. Konsumen kelompok ini biasanya adalah konsumen industri-industri/pabrik yang menggunakan mesin-mesin otomatis dengan menggunakan setting waktu/frekuensi seperti peralatan motor. Oleh karena itu, kestabilan frekuensi dan tegangan harus selalu dikontrol untuk menghindari resiko-resiko yang mungkin terjadi sehingga kerusakan hingga kegagalan sistem dapat dihindari (Jefri Arianto, 2015). Untuk ilustrasi tentang sistem tenaga listrik yang terdapat di Indonesia secara umum dapat digambarkan pada Gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

Sumber : Jeri Arianto, 2015

Jaringan Distribusi berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk distribusi (*distribution substation*) kepada pelanggan/konsumen listrik dengan mutu pelayanan yang memadai. Salah satu unsur dari mutu pelayanan adalah kontinuitas pelayanan yang tergantung pada topologi dan konstruksi jaringan serta peralatan tegangan menengah.

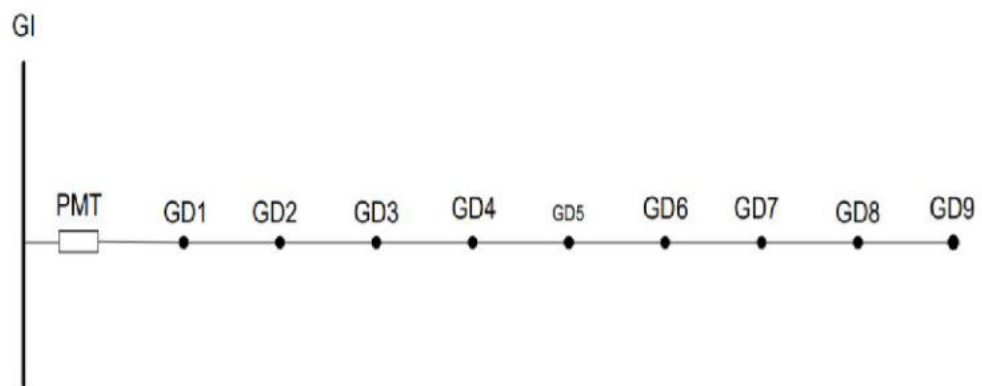
2.4. Jaringan Sistem Distribusi.

Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat kehandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Jaringan Sistem Distribusi terbagi menjadi 2 (dua) yaitu Jaringan Sistem Distribusi Primer dan Jaringan Sistem Distribusi Sekunder. Dimana Sistem Jaringan Distribusi Primer adalah jaringan distribusi daya listrik yang bertegangan menengah (20 kV). Jaringan distribusi primer tersebut merupakan jaringan penyulang. Jaringan distribusi primer berawal dari sisi sekunder trafo daya yang terpasang pada gardu induk hingga ke sisi primer trafo distribusi yang terpasang pada tiang-tiang saluran (Suhadi dkk, 2008). Pola konfigurasi jaringan pada distribusi primer terdiri dari 4 tipe antara lain :

1. Jaringan Distribusi Radial.

Sistem radial pada jaringan distribusi merupakan sistem terbuka, dimana tenaga listrik yang disalurkan secara radial melalui gardu induk ke konsumen-konsumen dilakukan secara terpisah satu sama lainnya. Sistem ini adalah sistem yang paling sederhana diantara sistem yang lain dan paling murah, sebab sesuai konstruksinya sistem ini menghendaki sedikit sekali penggunaan material listrik, apalagi jika jarak penyaluran antara gardu induk ke konsumen tidak terlalu jauh. Sistem radial terbuka ini paling tidak dapat diandalkan, karena pada penyaluran tenaga listrik hanya dilakukan dengan menggunakan satu saluran saja. Jaringan model ini sewaktu mendapat gangguan akan menghentikan penyaluran tenaga listrik cukup

lama sebelum gangguan tersebut diperbaiki kembali. Oleh sebab itu kontinuitas pelayanan pada sistem radial terbuka ini kurang bisa diandalkan. Selain itu makin panjang jarak saluran dari gardu induk ke konsumen, kondisi tegangan makin tidak bisa diandalkan, justru bertambah buruk karena rugi-rugi tegangan akan semakain besar. Berarti kapasitas pelayanan untuk sistem radial terbuka ini sangat terbatas (Suhadi dkk, 2008).



Gambar 2.2 Jaringan Sistem Distribusi Radial

Sumber : Penulis, 2021

Keterangan :

GI = Gardu Induk

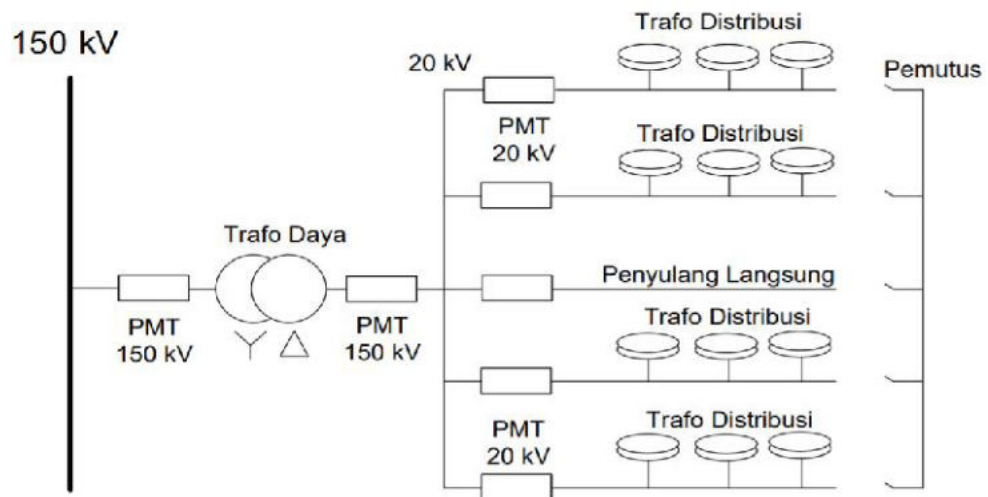
PMT = Pemutus Tenaga

GD = Gardu Distribusi

2. Jaringan Distribusi *Spindle*.

Selain bentuk-bentuk dasar dari jaringan distribusi yang telah ada, maka dikembangkan pula bentuk-bentuk modifikasi, yang bertujuan meningkatkan suatu kehandalan dan kualitas sistem kelistrikan. Salah satu bentuk modifikasi yang populer adalah bentuk *spindle*, yang biasanya terdiri

atas maksimum 6 penyulang dalam keadaan dibebani, dan satu penyulang dalam keadaan kerja tanpa beban. Saluran 6 penyulang yang beroperasi dalam keadaan berbeban dinamakan "*working feeder*" atau saluran kerja, dan satu saluran yang dioperasikan tanpa beban dinamakan "*express feeder*" (Suhadi dkk, 2008).



Gambar 2.3 Jaringan Sistem Distribusi *Spindle*
Sumber : Penulis, 2021

Keterangan :

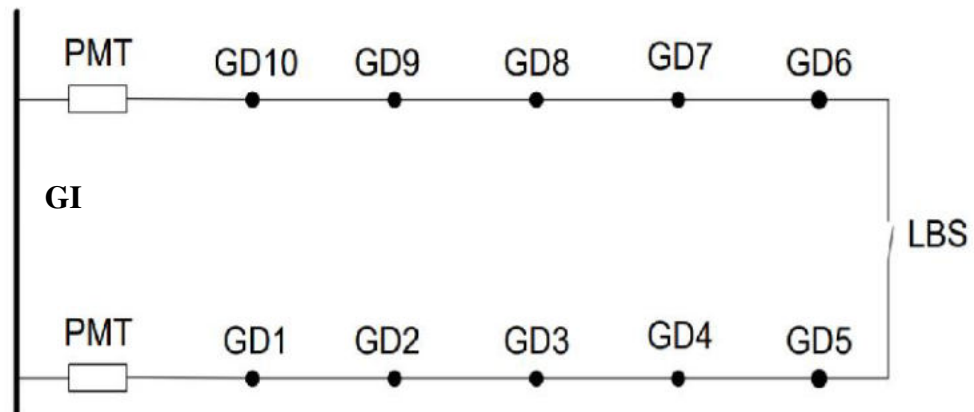
PMT = Pemutus Tenaga

kV = kilo Volt

3. Jaringan Distribusi Ring (*loop*).

Sistem rangkaian tertutup pada jaringan distribusi merupakan suatu sistem penyaluran melalui dua atau lebih saluran *feeder* yang saling berhubungan membentuk rangkaian berbentuk cincin. Sistem ini secara ekonomis menguntungkan, karena gangguan pada jaringan terbatas hanya pada saluran

yang terganggu saja. Sedangkan untuk saluran yang lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain dalam rangkaian yang tidak terganggu. Sehingga kontinuitas pelayanan sumber tenaga listrik dapat terjamin dengan baik. Yang perlu diperhatikan pada sistem ini apabila beban yang dilayani bertambah, maka kondisi kapasitas sistem rangkaian tertutup ini akan semakin buruk. Tetapi jika digunakan titik sumber (Pembangkit Tenaga Listrik) lebih dari satu di dalam sistem jaringan ini maka sistem ini akan banyak dipakai, dan akan menghasilkan kualitas tegangan lebih baik, serta regulasi tegangannya cenderung kecil (Suhadi dkk, 2008).



Gambar 2.4 Jaringan Sistem Distribusi Ring

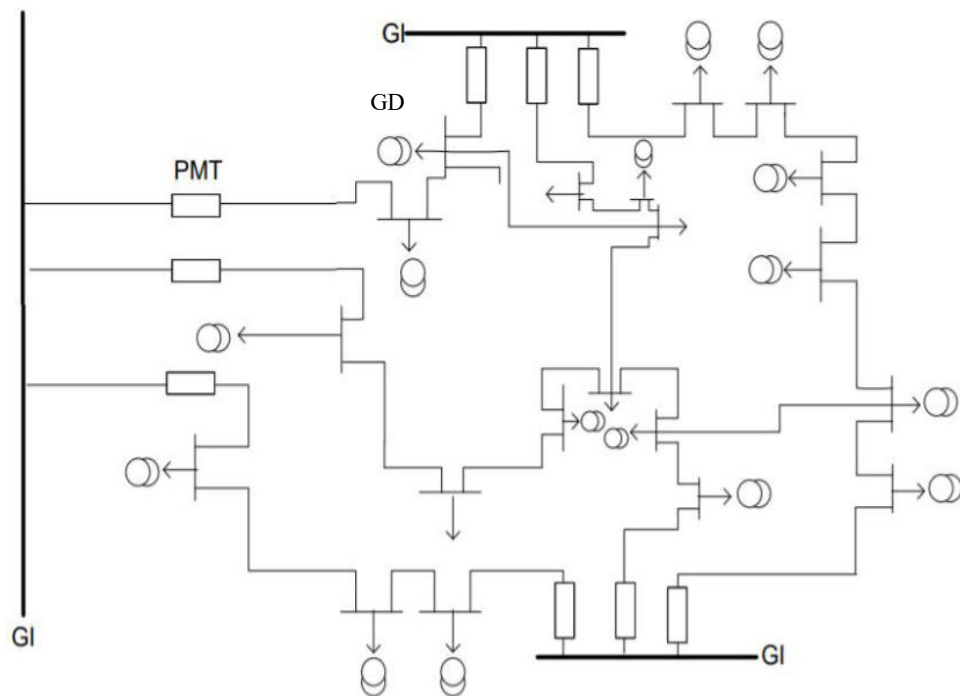
Sumber : Penulis, 2021

Keterangan :

- GI = Gardu Induk
- PMT = Pemutus Tenaga
- GD = Gardu Distribusi
- LBS = Pemutus Beban

4. Saluran Radial Interkoneksi.

Sistem interkoneksi ini adalah suatu sistem perkembangan dari sistem network/mesh. Sistem ini melakukan menyalurkan tenaga listrik dari beberapa Pusat Pembangkit Tenaga Listrik yang dikehendaki bekerja secara paralel. Sehingga penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung terus menerus (tak terputus), walaupun daerah kepadatan beban cukup tinggi dan luas. Hanya saja sistem ini memerlukan biaya yang lebih besar dan perencanaan yang lebih matang. Untuk perkembangan dikemudian hari, sistem interkoneksi ini sangat baik, bisa diandalkan dan merupakan sistem yang mempunyai kualitas yang lebih tinggi. Pada sistem interkoneksi ini apabila salah satu Pusat Pembangkit Tenaga Listrik mengalami kerusakan sehingga menyebabkan pemadam listrik, maka penyaluran tenaga listrik dapat dialihkan ke Pusat Pembangkit lain. Untuk Pusat Pembangkit yang mempunyai kapasitas kecil dapat dipergunakan sebagai pembantu dari Pusat Pembangkit Utama (yang mempunyai kapasitas tenaga listrik yang besar). Apabila beban normal sehari-hari dapat diberikan oleh Pusat Pembangkit Tenaga listrik tersebut, sehingga ongkos pembangkitan dapat diperkecil. Pada sistem interkoneksi ini Pusat Pembangkit Tenaga Listrik bekerja bergantian secara teratur sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Sehingga tidak ada Pusat Pembangkit yang bekerja terus-menerus. Cara ini akan dapat memperpanjang umur Pusat Pembangkit dan dapat menjaga kestabilan sistem pembangkitan (Suhadi dkk, 2008).



Gambar 2.5 Jaringan Sistem Distribusi Radial Interkoneksi

Sumber : Penulis, 2021

Keterangan :

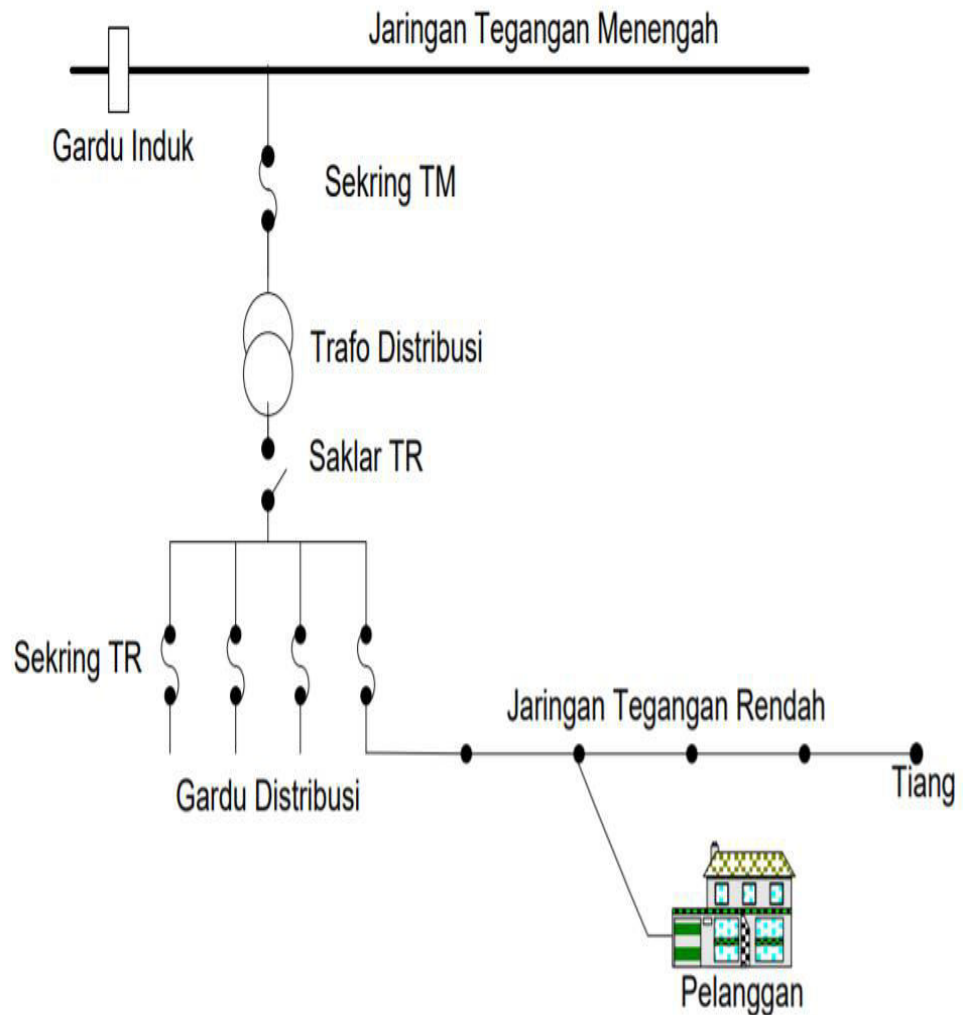
GI = Gardu Induk

PMT = Pemutus

GD = Gardu Distribusi

Berdasarkan 4 tipe dari Jaringan Sistem Distribusi Primer tersebut maka yang dimaksud dengan Jaringan Sistem Distribusi Sekunder adalah jaringan daya listrik yang termasuk pada kategori tegangan rendah (sistem 380/220 Volt), yaitu rating yang sama dengan tegangan peralatan yang dilayani. Jaringan Distribusi Sekunder bermula dari sisi sekunder trafo distribusi dan berakhir hingga ke alat ukur (meteran) pelanggan (Suhadi dkk, 2008).

Sistem jaringan distribusi sekunder disalurkan kepada para pelanggan melalui kawat berisolasi. Jaringan distribusi sekunder dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut :



Gambar 2.6 Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sumber : Penulis, 2021

Keterangan :

TM = Tegangan Menengah

TR = Tegangan Rendah

Berdasarkan letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus diperhatikan.

2.5. Keandalan Sistem Jaringan Listrik 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 kompleks. Keandalan dalam sistem distribusi merupakan suatu ukuran tingkat pelayanan penyedia tenaga listrik dari sistem ke konsumen, yang mana untuk 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 (Suhadi dkk, 2008) yaitu :

1. Keandalan Sistem Tinggi.

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan terjadinya gangguan maka sistem maka sistem ini memerlukan

peralatan dan pengamanan yang cukup banyak agar terhindar dari berbagai macam gangguan.

2. Keandalan Sistem Menengah.

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan terjadinya 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.

3. Keandalan Sistem Rendah.

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan terjadinya 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 :

1. Fungsi.

Kehandalan suatu sistem dapat nilai 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.

2. Lingkungan.

Kehandalan setiap peralatan sangat berpengaruh terhadap kondisi lingkungan ketika peralatan sedang bekerja. Gangguan pada saluran udara ini akibat lingkungan banyak dipengaruhi oleh beberapa hal seperti kondisi cuaca yang 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.

3. Waktu.

Kehandalan suatu sistem akan berkurang seiring berjalannya waktu, hal ini diakibatkan dari usia peralatan yang bekerja maka kualitas keandalannya akan semakin menurun yang mengakibatkan probabilitas kegagalan lebih tinggi.

4. Probabilitas.

Kehandalan diukur sebagai probabilitas. Sehingga perubahan-perubahan probabilitas yang terjadi terhadap waktu merupakan bagian dari bidang statistik dan analisa statistik.

Dalam sistem distribusi tegangan menengah, saluran udara banyak digunakan salah satunya dikarena 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 pada penggunaan kabel saluran bawah tanah membutuhkan waktu yang lama ketika mengalami gangguan hingga pulih atau normal kembali, sehingga saluran udara lebih banyak digunakan oleh PLN dalam pendistribusian daya listrik.

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan jaringan tenaga listrik yang memasok kelistrikan ke beban (pelanggan) yang mempergunakan tegangan menengah 20 kV dan tegangan rendah 220-380 V dimana Jaringan tegangan menengah disebut 14 sebagai jaringan distribusi primer dan untuk jaringan tegangan rendah disebut sebagai jaringan distribusi sekunder. Kontinuitas pelayanan (yang merupakan salah satu unsur dari mutu pelayanan) tergantung pada macam sarana penyalur dan peralatan pengaman. Sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkatan pada susunan saluran dan cara pengaturan operasinya, yang pada hakekatnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban. Untuk Jaringan dikatakan andal apabila jaringan tersebut frekuensi pemadamannya rendah dan mutu tegangan optimal (sesuai standar). Mutu pelayanan antara lain tergantung dari lamanya pemadaman dan frekuensi pemadaman yang terjadi. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kehandalan jaringan:

1. Frekuensi Gangguan Pada Jaringan.

Pengusahaan pengaturan dan pengoperasian jaringan yang tepat haruslah dilakukan sehingga didapat frekuensi pemadaman yang kecil.

2. Kecepatan Mengisolasi Gangguan.

Nilai percepatan untuk mengirim petugas ke lapangan harus cepat karena proses mengisolir gangguan sangatlah berpengaruh pada luas daerah yang mengalami pemadaman.

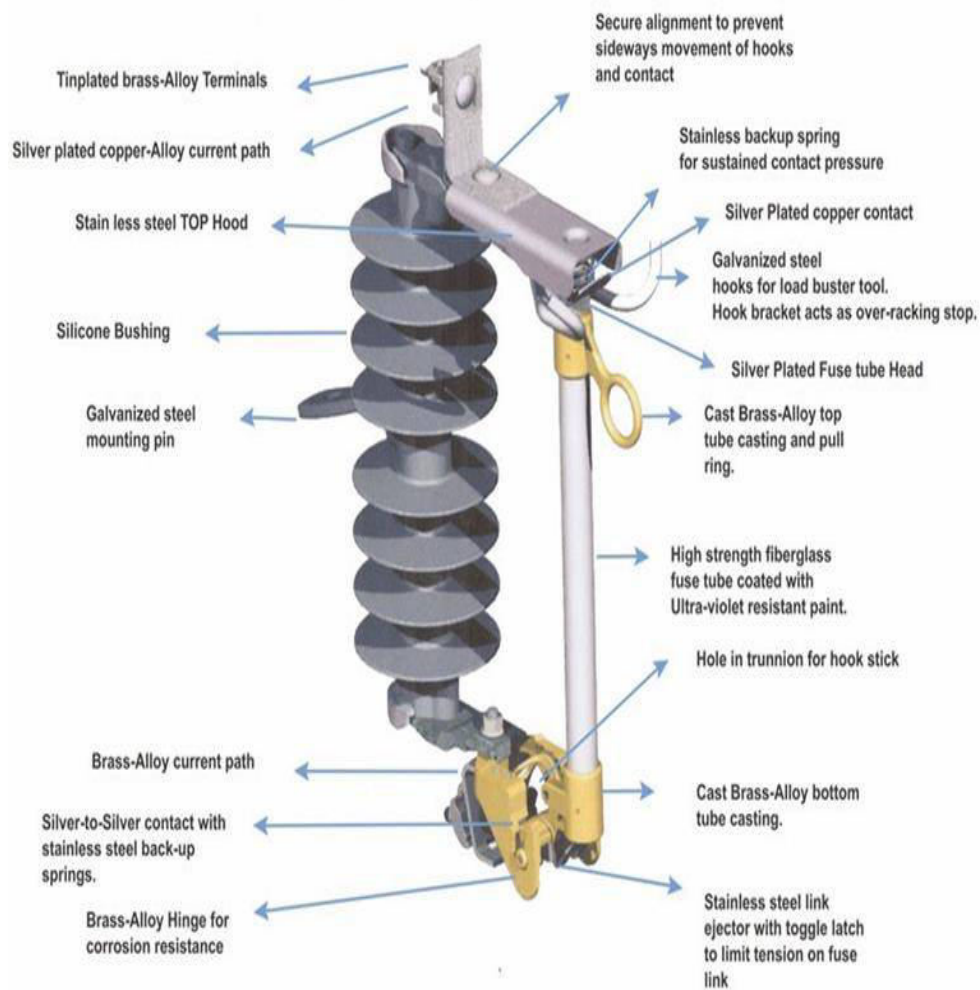
3. Kecepatan Melakukan Pengalihkan Beban.

Setelah dilakukan pengisolasian, kecepatan untuk melakukan pengalihan adalah kunci agar listrik yang mengalir dapat dimanfaatkan

2.6. FCO (*Fuse Cut Out*).

Fuse (Pelebur) merupakan suatu alat pemutus dengan melakukan peleburan bagian dari komponennya yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukuran rasionya, membuka rangkaian dimana pelebur tersebut terpasang dan memutuskan arus bila arus yang dilalui melebihi suatu nilai tertentu dalam waktu yang cukup. FCO adalah suatu peralatan proteksi jaringan yang terdapat di jaringan distribusi, FCO merupakan pemutus rangkaian berbeban dengan jaringan, caranya dengan meleburkan salah satu bagiannya berupa kawat lebur (*Fuse Link*), sehingga bila terjadi arus beban lebih (*Over Load Current*) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (*Short Circuit*) atau beban lebih (*Over Load*) maka *Fuse Link* bisa lebur dan segera memutus rangkaian yang terkena gangguan. Perlengkapan *Fuse* ini terdiri dari sebuah rumah *Fuse* (*Fuse support*), pemegang *Fuse* (*Fuse holder*) dan *Fuse Link* (Ezkhel Energy, 2013)..

2.6.1. Kontruksi FCO.



Gambar 2.7 Bagian *Fuse Cut Out*

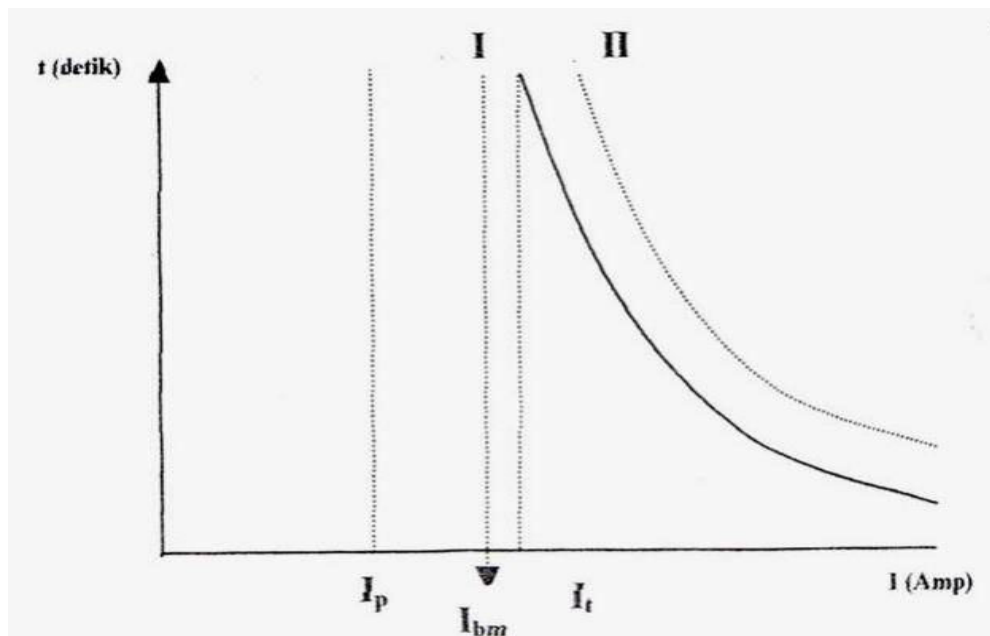
Sumber : Ezkhel Energy, 2013

Kontruksi dari FCO ini jauh lebih sederhana bila dibandingkan dengan pemutus beban (*circuit breaker*) yang terdapat di Gardu Induk (*sub-station*). FCO ini hanya dapat memutuskan satu saluran kawat jaringan didalam satu alat. Apabila diperlukan pemutus saluran tiga fasa maka dibutuhkan FCO sebanyak tiga buah. Perlengkapan *Fuse* ini terdiri dari sebuah rumah *Fuse* (*Fuse support*), pemegang *Fuse* (*Fuse holder*) dan *Fuse Link* (Ezkhel Energy, 2013).

2.6.2. Prinsip Kerja.

Prinsip kerja dari FCO adalah dengan merasakan arus yang melewati dirinya, jadi pada saat terjadinya gangguan hubung singkat dan timbul arus lebih, elemen pelebur pada kawat *Fuse Link* putus, karena arus yang melewati *Fuse Link* sudah melebihi rating arus pengenal *Fuse Link*, sehingga elemen kawat lebur putus, maka terjadilah arcing pada holder sehingga pegas/per yang terdapat pada line terminal bekerja dengan menurunkan *Lead* konduktor dan menggantung di udara, sehingga tidak ada arus yang mengalir ke sistem.

Meleburnya elemen *Fuse Link* disebabkan karena arus yang mengalir pada elemen *Fuse* tersebut. Kecepatan meleburnya elemen *Fuse Link* tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada elemen itu. Hubungan antara arus dengan waktu meleburnya elemen *Fuse Link* disebut karakteristik arus waktu (Putri dkk, 2019).



Gambar 2.8 Karakteristik *Fuse Link*

Sumber : Putri dkk, 2019

Pada Gambar 2.8 terlihat bahwa *Fuse Link* pada FCO mempunyai sepasang garis lengkung arus waktu. Lengkungan pertama yang berada pada sisi bawah adalah lengkung waktu lebur minimum (*minimum melting time*) yaitu saat elemen *Fuse* mulai meleleh pada harga arus dan waktu tertentu. Lengkungan kedua berada sejajar di atasnya adalah waktu pembebasan maksimum (*maximum clearing time*) yaitu waktu terlama elemen *Fuse Link* putus bila dialiri dengan nilai arus tertentu. Pada ujung lengkungan pertama dinamakan arus batas (I_t) yaitu dengan arus sebesar ini FCO sudah dapat putus dalam waktu yang agak lama. Umumnya kemampuan FCO untuk memikul arus terus menerus atau arus beban maksimum (I_{bm}) yang diizinkan adalah 150% dari nilai arus pengenalnya sehingga hubungan antara arus pengenal (I_{Peng}) dengan arus beban (I_{bm}) dapat ditulis sebagai berikut :

$$I_{bm} = I_p \times 150\%$$

$$I_{Peng} = \frac{I_{bm}}{1,5} \dots\dots\dots (2.5)$$

2.6.3. Klasifikasi.

Suatu alat pemutus yang dengan meleburnya bagian dari komponennya yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk itu, membuka rangkaian dimana pelebur tersebut terpasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam waktu yang cukup (SPLN D3.026,2017).

1. Nilai Pengenal FCO.

Tabel 2.1 Nilai Pengenal FCO

Jenis Pengenal	Nilai Pengenal
1. Tegangan Pengenal	24 kV
2. Arus Pengenal	100 A dan 200 A
3. Frekuensi Pengenal	50 Hz
4. Tingkat Insulasi	
a) Tegangan Ketahanan Implus 1,2 μs	125 kV
b) Tegangan Ketahanan Frekuensi Daya	50 kV
5. Kapasitas Pemutusan (simetris)	100 A : 8 kA-rms
	200 A : 12,5 kA-rms
6. Kelas TRV	Kelas B

Sumber : SPLN D3.026,2017

2. Jenis FCO berdasarkan Pelebur.

- a. Pelebur jenis pembatasan arus (*current limiting fuse*). Pelebur yang membatasi arus lewat ke suatu nilai yang cukup rendah dari nilai puncak arus perkiraannya.



Gambar 2.9 Pelebur Jenis Pembatasan Arus

Sumber : Haivol Electrical, 2019

- b. Pelebur jenis letupan (*expulsion fuse*) Pelebur, dimana busur listrik yang terjadi waktu pemutusan, dipadamkan oleh peredam busur api yang timbul karena panas busur listrik itu sendiri.



Gambar 2.10 Pelebur Jenis Letupan

Sumber : Penulis, 2021

3. Jenis FCO berdasarkan kapasitas Pemutus (*Fuse Link*).

Berdasarkan kapasitas pemutus, maka jenis-jenis *fuse link* terdiri dari beberapa jenis berikut pengelompokan dari jenis kapasitas pemutus pada FCO antara lain:

Tabel 2.2 Jenis FCO Berdasarkan Kapasitas Pemutus

Tipe <i>Fuse Link</i>	Arus Pengenal (A)	Arus Kontinyu yang di ijinkan (% Pengenal)	Jenis Waktu Kerja	Rasio Kecepatan Kerja
H (Tahan Surja)	1-2-3-5-8	100	Sangat Lambat	6 s/d 18
D – Timah (Tahan Surja)	1-1,5-2-3-4-5-7-10-15-20	100	Sangat Lambat	7 s/d 46
K – Timah (Cepat)	1 s/d 200	150	Cepat	6 s/d 8,1
K – Perak (Cepat)	6 s/d 100	100	Cepat	6 s/d 8,1
N – Timah (Cepat)	5 s/d 200	100	Cepat	6 s/d 11
T – Timah (Lambat)	1 s/d 200	150	Lambat	10 s/d 13,1
S – Tembaga (Sangat Lambat)	3 s/d 200	150	Sangat Lambat	15 s/d 20

EK (Cepat)	6 s/d 100	150	Cepat	6 s/d 8,1
ET (Lambat)	6 s/d 100	150	Lambat	10 s/d 13,1
EH (Sangat Lambat)	1-2-3-5	100	Sangat Lambat	13 s/d 22

Sumber : *Journal of Electrical Technology, 2019*

SPLN 64 : 1985 Untuk keperluan peningkatan efisiensi dan tingkat kehandalan pelayanan sistem di PT PLN (Persero), jenis, tipe dan karakteristik perlu dipilih *Fuse Cut Out* yang sesuai dengan sistem dan kondisi yang ada di lingkungan PT PLN (Persero) sebagai perusahaan yang mengelola distribusi tenaga listrik. Untuk keperluan ini PLN merumuskan kebijaksanaanya dalam standar PLN yaitu SPLN 64 : 1985 mengenai Petunjuk dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Tegangan Menengah. Sesuai dengan Standar kemampuan dari FCO yang diproduksi oleh sejumlah pabrik yang telah dikemukakan pada pemilihan arus pengenal *Fuse Link* FCO. Untuk menentukan arus pengenal (rating) *Fuse Link* yang dipilih dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Pilih *Fuse Link* FCO yang sesuai dengan standar dalam hal ini PLN dalam SPLN 64 :1985 menentukan pilihan type K, dan T.
2. Bagilah Arus beban maksimum yang sudah ditentukan dengan kemampuan arus kontinue *Fuse Link*.

3. Koordinasi yang sebaik-baiknya dengan alat proteksi yang lainnya seperti PMT/PBO (Penutup Balik Otomatis) dan *Fuse Cut Out* baik yang berada di sisi sebelah hulu (sumber) dan sebelah hilirnya (beban).
4. Perhatikan batas ketahanan penghantar terhadap arus hubung singkat.
5. Perhatikan pula kemampuan pemutusan dari *Fuse Link* yang digunakan/terpasang sesuai dengan kapasitas beban masing-masing jaringan.

Tabel 2.3 Karakteristik Arus-Waktu *Fuse Link* Tipe K (SPLN)

Arus Pengenal (A)	Arus Pra-Busur						<i>Speed Ratio</i>
	300 s atau 600 s		10 s		0,1 s		
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	
<i>Preferred Values</i>							
6,3 / 6	12	14,4	13,5	20,5	72	86	6
10	19,5	23,4	22,5	34	128	154	6,6
16 / 15	31	37,2	37	55	215	259	6,9
25	50	60	60	90	350	420	7
40	80	96	96	146	565	680	7,1
63 / 65	128	153	159	237	918	1100	7,2
100	200	240	258	388	1520	1820	7,6
160 / 140	310	372	430	650	2470	2970	8
200	480	576	760	1150	3880	4650	8,1
<i>Intermediate Values</i>							
8	15	18	18	27	97	116	6,5
12,5 / 12	25	30	29,5	44	166	199	6,6

20	39	47	48	71	273	328	7
31,5 / 30	63	76	77,5	115	447	546	7,1
50	101	121	126	188	719	861	7,1
80	160	192	205	307	1180	1420	7,4
Low Rating							
1	2	2,4	-	10	-	58	-
2	4	4,8	-	10	-	58	-
3	6	7,2	-	10	-	58	-

Sumber: SPLN D3.026, 2017

Catatan : 300 s untuk *Fuse Link* dengan arus pengenal $\leq 100A$; 600 s untuk arus pengenal $>100A$. Arus pengenal untuk *Fuse Link* yang mengikuti desain IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*).

Tabel 2.4 Karakteristik Arus-Waktu *Fuse Link* Tipe K (SPLN)

Arus Pengenal (A)	Arus Pra-Busur						<i>Speed Ratio</i>
	300 s atau 600 s		10 s		0,1 s		
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	
Preferred Values							
6,3 / 6	12	14,4	15,3	23	120	144	10
10	19,5	23,4	26,5	40	224	269	11,5
16 / 15	31	37,2	44,5	67	388	466	12,5
25	50	60	73,5	109	635	762	12,7
40	80	96	120	178	1040	1240	13
63 / 65	128	153	195	291	1650	1975	12,9
100	200	240	319	475	2620	3150	13,1

160 / 140	310	372	520	775	4000	4800	12,9
200	480	576	850	1275	6250	7470	13
Intermediate Values							
8	15	18	20,5	31	166	199	11,1
12,5 / 12	25	30	34,5	52	296	355	11,8
20	39	47	57	85	496	595	12,7
31,5 / 30	63	76	93	138	812	975	12,9
50	101	121	152	226	1310	1570	13
80	160	192	248	370	2080	2500	13
Low Rating							
1	2	2,4	-	11	-	100	-
2	4	4,8	-	11	-	100	-
3	6	7,2	-	11	-	100	-

Sumber : SPLN D3.026, 2017

Catatan : 300 s untuk *Fuse Link* dengan arus pengenal $\leq 100A$; 600 s untuk arus pengenal $>100A$. Arus pengenal untuk *Fuse Link* yang mengikuti desain IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*).

2.7. Gangguan Pada Sistem Distribusi.

Gangguan pada sistem jaringan distribusi dapat diakibatkan oleh faktor alam, kelalaian manusia, atau usia peralatan yang sudah terlalu lama sehingga sudah tidak mampu melakukan proses penyaluran dan keamanan dengan maksimal bahkan sudah tidak bisa berfungsi lagi. Gangguan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi biasanya karena terganggunya sistem tenaga listrik yang menyebabkan bekerjanya

pengaman penyulang untuk putusnya suplai tenaga listrik. Hal ini bertujuan untuk menghindari kerusakan peralatan yang dialiri arus. Sehingga fungsi dari peralatan pengaman adalah untuk mencegah kerusakan peralatan dan tidak untuk mentiadakan gangguan. Gangguan pada sistem jaringan distribusi lebih banyak terjadi pada saluran distribusi yang membentang di udara bebas (SUTM) yang umumnya tidak memakai isolasi dibanding dengan saluran distribusi yang ditaman di dalam tanah (SKTM) dengan menggunakan isolasi pembungkus. Sumber gangguan pada sistem distribusi saluran udara disebabkan oleh gangguan dari sistem dan gangguan dari luar sistem. Menurut intensitasnya (Saodah, 2008), sumber gangguan dapat dibagi menjadi :

1. Gangguan dari dalam sistem jaringan distribusi.
 - a. Tegangan lebih (*Over Voltage*).
 - b. Beban lebih (*Over Load*).
 - c. Pemasangan yang kurang tepat.
 - d. Usia peralatan atau komponen yang sudah lama.
2. Gangguan dari luar sistem jaringan distribusi
 - a. Ranting-ranting pohon yang mengenai SUTM.
 - b. Sambaran petir.
 - c. Hujan.
 - d. Kelalaian manusia.
 - e. Kerusakan peralatan.
 - f. Gangguan hewan rambat dan hewan terbang.

Berdasarkan sifatnya gangguan-gangguan (Rahmat, 2013) sistem jaringan distribusi dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Gangguan Temporer.

Gangguan yang bersifat sementara karena dapat hilang dengan sendirinya dengan memutus bagian yang terganggu sesaat, kemudian melakukan penutupan balik kembali, baik secara otomatis (*autorecloser*) maupun secara manual oleh petugas. Bila gangguan tidak dapat dihilangkan dengan sendirinya atau dengan bekerjanya alat pengaman (*recloser*) dapat menjadi gangguan tetap dan dapat menyebabkan pemutus tetap.

2. Gangguan Permanen.

Gangguan bersifat tetap, sehingga untuk membebaskan perlu tindakan perbaikan atau penghilangan penyebab gangguan. Hal ini ditandai dengan jatuhnya (*trip*) kembali pemutus daya setelah operator memasukkan sistem kembali setelah terjadi gangguan. Untuk mengatasi gangguan-gangguan sebuah peralatan harus dilengkapi dengan sistem pengaman *relay*, dimana sistem pengaman ini diharapkan dapat mendeteksi adanya gangguan sesuai dengan fungsi dan daerah pengamannya

2.8. SAIDI – SAIFI.

Penentuan kehandalan sistem distribusi ditentukan oleh data frekuensi pemadaman rata-rata/*Sytem Avarage Interruption Frequency Index* (SAIFI) dan data lama pemadaman rata-rata/*System Avarage Interruption Duration Index* (SAIDI). Dalam hal ini dalam menentukan kehandalan sistem distribusi diperlukan beberapa

metode-metode perhitungan untuk mendapatkan indeks kehandalan dalam periode waktu (PLN. SPLN 59 : 1985). Metode indeks kehandalan sistem distribusi dalam melayani konsumen ditentukan faktor utama oleh besarnya indeks kehandalan yang terdiri dari dua macam yaitu :

1. Indeks durasi kegagalan pemadaman rata-rata/*System Avarage Interruption*

Duration Index (SAIDI).

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Durasi padam} \times \text{Jumlah pelanggan padam}}{\text{Jumlah pelanggan yang dilayani}}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{U_i \times N_i}{N_t} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

U_i = Durasi padam

N_i = Jumlah pelanggan padam

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani

2. Indeks frekuensi pemadaman rata-rata/*System Avarage Interruption*

Frequency Index (SAIFI).

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Jumlah padam} \times \text{Jumlah pelanggan padam}}{\text{Jumlah pelanggan yang dilayani}}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\lambda_i \times N_i}{N_t} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

λ_i = Jumlah padam

N_i = Jumlah pelanggan padam

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani

2.9. *Recovery Time.*

Recovery Time adalah waktu yang diperlukan dalam melakukan pemulihan jaringan akibat terjadinya gangguan listrik, gangguan listrik secara umum dapat dikategorikan pada 2 jenis yaitu gangguan yang berasal dari dalam sistem dan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari luar sistem dapat disebabkan oleh adanya sentuhan daun/pohon pada penghantar, sambaran petir, sentuhan manusia atau hewan, cuaca ekstrim dan lain-lain. Sedangkan gangguan yang datang dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan pemutus beban dan kesalahan pada alat pendeteksi, sehingga menyebabkan terjadinya pemadaman listrik, baik dalam skala kecil maupun skala besar.

Recovery Time menjadi tolak ukur tersendiri dimana kecepatan dalam menangani gangguan pemadaman sangatlah penting untuk diperhatikan, mengingat permintaan dari pelanggan akan kebutuhan energi listrik yang telah menjadi kebutuhan primer baik disektor ekonomi, industri maupun rumah tangga. *Recovery Time* sejalan dengan ENS, ENS (*Energi Not Supplied*) merupakan penjumlahan dari daya yang tidak tersuplai kepada pelanggan, ini didefinisikan sebagai penjumlahan energi tidak diberikan karena gangguan terhadap pasokan daya selama periode tertentu (PLN. SPLN 59 : 1985).

$$Recovery Time = \frac{Durasi Padam}{Jumlah Pelanggan Padam} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$ENS = \sum[Gangguan (kW) \times Durasi (h)] \dots\dots\dots (2.9)$$

2.10. Standarisasi nilai SAIDI - SAIFI.

Ukuran kehandalan yang mengacu pada SPLN 52-3 (1983:5) disusun berdasarkan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menghidupkan kembali sistem setelah mengalami pemutusan karena gangguan. Tingkatan kehandalan tersebut adalah:

1. Tingkat Pertama.

Dimungkinkan padam berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena adanya gangguan

2. Tingkat Kedua.

Padam beberapa jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir gangguan dan melakukan manipulasi untuk dapat menghidupkan sementara dari arah atau saluran yang lain.

3. Tingkat Ketiga.

Padam beberapa menit, manipulasi oleh petugas yang stand by di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh.

4. Tingkat Keempat.

Padam beberapa detik, pengamanan dan manipulasi secara otomatis.

5. Tingkat Kelima.

Tanpa padam, dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatis.

2.11. Kualitas Daya Listrik.

Seiring dengan perkembangan zaman kebutuhan akan konsumsi energi listrik akan terus mengalami peningkatan. Maka dari itu perbaikan akan kualitas dan kuantitas energi listrik menjadi salah satu alasan mengapa perusahaan utilitas penyedia

listrik perlu memberi perhatian terhadap isu kualitas daya listrik. Perhatian terhadap isu kualitas daya listrik pada konsumen perindustrian yang membutuhkan supply (karena mesin pada perindustrian sensitif terhadap lonjakan / ketidakstabilan tegangan) maka dari itu perlu diusahakan suatu sistem pendistribusian tenaga listrik yang dapat memberikan pelayanan yang memenuhi kriteria yang diinginkan konsumen. Sejak akhir tahun 1980-an kualitas daya listrik sudah menjadi isu penting pada industri. Kualitas daya listrik merupakan gambaran akan baik buruknya suatu sistem ketenagalistrikan dalam mengatasi gangguan-gangguan yang mungkin dapat terjadi pada sistem tersebut. (Roger C. Dugan, 2004). Dugan memberikan empat alasan utama perlunya perhatian lebih akan masalah kualitas daya :

1. Perangkat listrik yang digunakan pada saat ini sangat sensitif terhadap kualitas daya listrik, dimana perangkat berbasis mikroprosesor dan elektronika daya lainnya membutuhkan pelayanan tegangan yang stabil dan level tegangannya juga harus dijaga.
2. Peningkatan yang ditekan pada efisiensi daya/ sistem kelistrikan secara keseluruhan yang mengakibatkan yang mengakibatkan pertumbuhan lanjutan dalam aplikasi perangkat dengan efisiensi tinggi, seperti pengaturan kecepatan motor listrik dan penggunaan kapasitor bank untuk koreksi faktor daya untuk mengurangi rugi-rugi. Hal ini mengakibatkan peningkatan tingkat harmonik pada sistem tenaga dan mengakibatkan dapat menurunkan kualitas daya .
3. Meningkatnya kesadaran para konsumen akan masalah kualitas daya, dimana pelanggan / konsumen menjadi lebih mengerti akan masalah seperti interupsi,

sags, dan transien switching dan mengharapkan utilitas listrik untuk meningkatkan kualitas daya yang dikirim.

4. Sistem tenaga listrik sekarang ini sudah banyak melakukan interkoneksi antar jaringan, dimana hal ini memberikan suatu konsekuensi bahwa kegagalan dari setiap komponen akan mengakibatkan kegagalan pada komponen lainnya.
5. Kualitas daya yang buruk dapat menimbulkan masalah pada sistem tenaga berupa masalah lonjakan / perubahan tegangan yang besar, arus yang tinggi serta frekuensi yang akan menimbulkan kegagalan /kerusakan pada peralatan dimana kegagalan ini dapat merusak peralatan listrik baik dari sisi pengirim maupun sisi penerima. Maka dari itu untuk mengantisipasi kerugian yang dapat terjadi baik dari pihak PLN maupun konsumen, maka pihak PLN harus mengupayakan sistem kelistrikan yang baik.

Kualitas daya yang buruk dapat menimbulkan masalah pada sistem tenaga berupa masalah lonjakan / perubahan tegangan yang besar, arus yang tinggi serta frekuensi yang akan menimbulkan kegagalan /kerusakan pada peralatan dimana kegagalan ini dapat merusak peralatan listrik baik dari sisi pengirim maupun sisi penerima. Maka dari itu untuk mengantisipasi kerugian yang dapat terjadi baik dari pihak PLN maupun konsumen, maka pihak PLN harus mengupayakan sistem kelistrikan yang baik (Roger C. Dugan, 2004).

2.12. Daya Listrik.

Daya listrik merupakan suatu energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Pada sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya memiliki satuan *Watt*, dimana merupakan perkalian dari

Tegangan (*volt*) dan arus (*ampere*). Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I (Badi, 2021), sehingga besarnya daya dinyatakan:

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

Berdasarkan jenisnya (Badi, 2021),, berikut jenis-jenis dari daya listrik antara lain:

1. Daya aktif.

Daya aktif (*Active Power*) adalah suatu daya yang dipakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah *watt*. Adapun persamaan daya aktif adalah sebagai berikut :

a. Satu Phasa

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots (2.11)$$

b. Tiga Phasa

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

P = Daya Aktif (*Watt*)

Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

2. Daya Reaktif.

Daya reaktif adalah suatu jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah *Var*. Adapun persamaan daya reaktif sebagai berikut:

a. Satu Phasa.

$$P = V \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots (2.13)$$

b. Tiga Phasa.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

Q = Daya Reaktif (*kVar*)

3. Daya Semu.

Daya Semu (*Apparent Power*) adalah suatu daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah VA.

a. Satu Phasa.

$$S = V \times I \dots\dots\dots (2.15)$$

b. Tiga Phasa.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \dots\dots\dots (2.16)$$

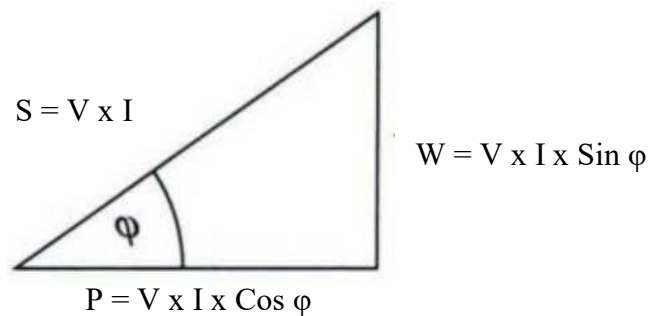
Keterangan :

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

S = Daya Reaktif (kVA)

Berdasarkan dari 3 (tiga) jenis daya tersebut, maka berikut merupakan penjumlahan trigonometri Daya Aktif, Daya Reaktif dan Daya Semu (Segitiga Daya) :



Gambar 2.11 Segitiga Daya
Sumber : Penulis, 2021

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.

Penelitian ini dilakukan pada Jaringan Distribusi untuk mengetahui Keandalan Sistem Distribusi disuatu Penyulang Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) pada PT PLN (Persero) ULP Medan Baru merupakan salah satu ULP yang ada di PT PLN (Persero) UP3 Medan Unit Induk Wilayah Sumatera Utara yang berlokasi di Jalan Sei Batu Gingging Psr X, Merdeka, Kecamatan Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara-20154. Dimana ULP Medan Baru terdiri :

1. Luas Daerah Kerja	=	20.92 km ²
2. Total Pelanggan	=	83.964 Pelanggan
3. Total Penjualan Energi	=	163.26 GWH
4. Jumlah Penyulang	=	25 Penyulang
5. Panjang Penyulang	=	218 Kms
6. Jumlah GH (Gardu Hubung)	=	2 Buah
7. Jumlah Trafo	=	915 Buah
8. Jumlah Petugas Teknik	=	35 Orang
9. Tim PDKB UP3 Medan	=	10 Orang

Tabel 3.1 Lokasi Penelitian

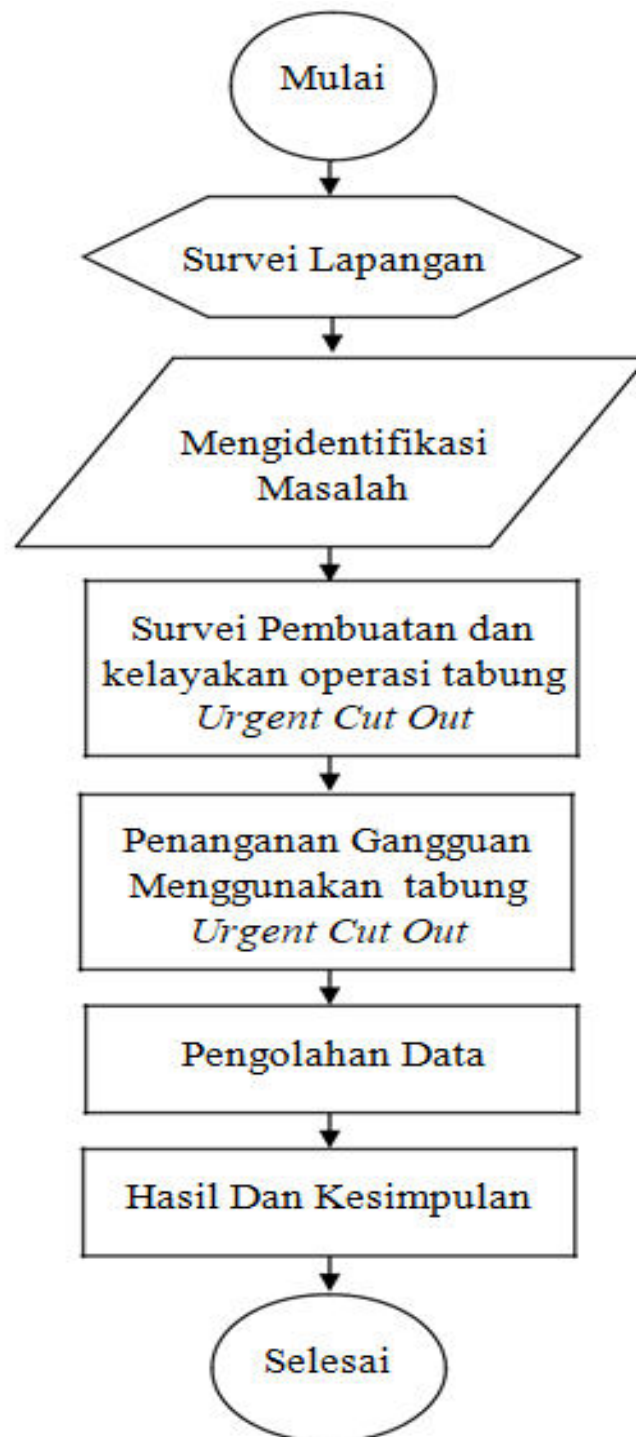
No	Lokasi
1	Gardu Distribusi BR 241 Penyulang GL 08
2	Gardu Distribusi BR 202 Penyulang LS 05
3	Gardu Distribusi BR 390 Penyulang GL 03

Sumber : Penulis, 2021

Pada sistem jaringan distribusi primer saluran yang digunakan saluran daya listrik pada masing-masing beban disebut penyulang (*feeder*). Pada umumnya setiap penyulang diberi nama sesuai dengan daerah beban yang dilayani, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam mengingat jalur-jalur yang dilayani oleh penyulang tersebut. Pada dasarnya disetiap penyulang terdapat Lateral, dimana Lateral merupakan jaringan listrik pada tiap-tiap persimpangan/titik percabangan penyulang. Pada lateral melayani beberapa Gardu Distribusi dan disetiap penyulang dan lateral memiliki pengaman/proteksi masing-masing termasuk pada Gardu Distribusi memiliki pengaman/proteksi berupa FCO. Dari daftar gardu distribusi tersebut merupakan lokasi kerja PT PLN (Persero) Unit Induk Wilayah Sumatera Utara di PT PLN PLN (Persero) UP3 Medan Unit Layanan Pelanggan (ULP) Medan Baru.

3.2 Langkah Penelitian.

Secara garis besar tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Sumber : Penulis, 2021

Pengujian Tabung <i>Urgent Cut Out</i>	06 April	06 April	<i>Plan</i>								
Hasil Pengujian Tabung <i>Urgent Cut Out</i>	06 April	06 April	<i>Plan</i>								
Pembuatan Daftar TO (Target Operasi)	07 April	20 April	<i>Plan</i>								
Pelaksanaan Pemasangan Tabung <i>Urgent Cut Out</i>	20 April	20 April	<i>Plan</i>								
Pemantauan Dan Evaluasi Pemasangan Tabung <i>Urgent Cut Out</i>	20 April	20 Mei	<i>Plan</i>								
Pengolahan Data	21 Mei	21 Mei	<i>Plan</i>								
Pembahasan	21 Mei	21 Mei	<i>Plan</i>								

Sumber : Penulis, 2021

2. Hasil Monitoring Penanganan Gangguan/Penggantian FCO.

Pada hasil monitoring penanganan gangguan/penggantian FCO diambil dari data tahun 2020 sampai dengan tahun 2021 bulan Maret dengan menampilkan komposisi penyebab gangguan/penggantian FCO.

c. Daftar Penggantian Tabung FCO.

Berdasarkan hasil laporan gangguan dan hasil inspeksi jaringan, berikut ini adalah tabel Rekapitulasi Pemeliharaan Penggantian FCO yang dilaksanakan oleh PT PLN (Persero) UP3 Medan ULP Medan Baru Tahun 2020 sampai dengan bulan Maret tahun 2021. Dalam hal ini diperoleh data langsung ke kantor ULP tersebut sebagai sampel untuk data pendukung. Berikut tabel Rekapitulasi Penggantian Tabung FCO antara lain :

Tabel 3.3 Daftar Penggantian FCO Rusak/Terbakar/Pecah

NO	Bulan	Tahun	Jumlah Penggantian FCO	Satuan
1	Januari	2020	3	Buah
2	Februari		2	Buah
3	Maret		2	Buah
4	April		2	Buah
5	Mei		3	Buah
6	Juni		2	Buah
7	Juli		3	Buah
8	Agustus		2	Buah
9	September		2	Buah

10	Oktober		2	Buah
11	November		2	Buah
12	Desember		1	Buah
13	Januari	2021	1	Buah
14	Februari		1	Buah
15	Maret		1	Buah
Total			29	Buah

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

Berdasarkan Tabel 3.3 maka terdapat 29 buah Tabung FCO yang telah dilaksanakan pemeliharaan dengan melakukan penggantian material Tabung FCO tersebut. Berdasarkan Jenis Gangguan dan Penyebab Gangguan pada Kerusakan Tabung FCO yang ditindaklanjuti dengan melakukan penggantian material tabung tersebut, berikut pengelompokannya :

Tabel 3.4 Penggantian FCO Berdasarkan Jenis Gangguan

No	Jenis Gangguan	Jumlah	Persentasi
1	<i>Over Current</i>	9	31
2	<i>Over Voltage</i>	13	45
3	<i>Ground Fault</i>	7	24
Total		29	100

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

Tabel 3.5 Penyebab Over Voltage

No	Over Voltage	Jumlah	Persentasi
1	Hewan Terbang	9	69
2	Sambaran Petir	4	31
Total		13	100

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

Tabel 3.6 Penyebab Over Current

No	Over Current	Jumlah	Persentasi
1	<i>Fuse Link</i> Tidak Standar	4	44
2	Trafo Kontak	5	56
Total		9	100

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

Tabel 3.7 Penyebab Ground Fault

No	Ground Fault	Jumlah	Persentasi
1	Ranting Pohon	6	86
2	Gardu Beton Lembab	1	14
Total		7	100

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

Tabel 3.8 Penggantian FCO Berdasarkan Penyebab Gangguan

No	Penyebab Gangguan	Jumlah	Persentasi
1	Hewan Terbang	9	31
2	Sambaran Petir	4	14
3	Fuse Link Tidak Standar	4	14
4	Trafo Kontak	5	17
5	Ranting Pohon	6	21
6	Gardu Beton Lembab	1	3
Total		29	100

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

d. Sampel gambar gangguan tabung FCO rusak/terbakar/pecah.

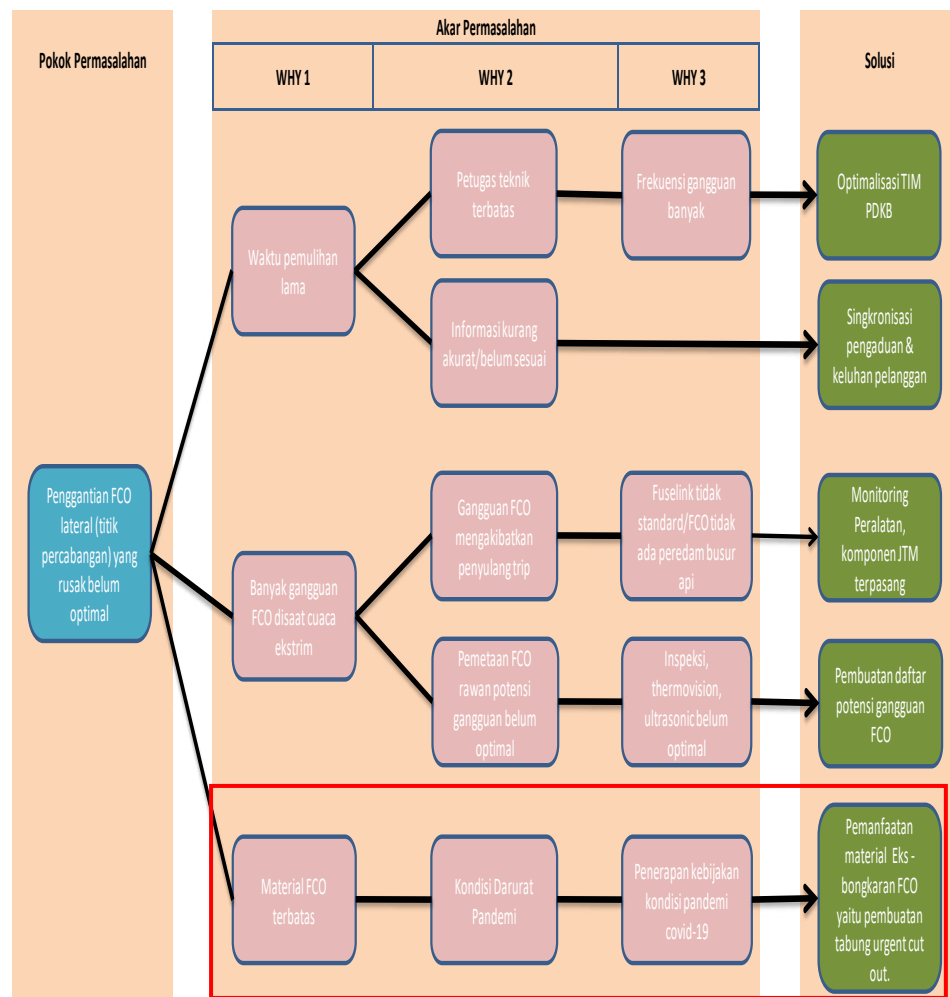
**Gambar 3.2 Fisik Gangguan FCO**

Sumber : Penulis, 2021

3.2.2. Mengidentifikasi Masalah.

Setelah tahap pendahuluan, permasalahan yang terjadi pada area sistem distribusi listrik SUTM dapat diidentifikasi. Kemudian penyebab dari permasalahan tersebut ditelusuri. Dalam menelusuri akar penyebab permasalahan, dilakukan pengecekan dan pengamatan dilapangan secara langsung untuk melakukan verifikasi dari pengumpulan data perihal kehandalan jaringan melalui :

1. Pembuatan RCPS (*Root Cause Problem Solving*).



Gambar 3.3 RCPS (*Root Cause Problem Solving*)

Sumber : Penulis, 2021

2. Pembuatan Matrik Prioritas.

Tabel 3.9 Matrik Prioritas

No	Akar Permasalahan	Solusi	Dampak			Kemudahan Implementasi		
			Kcl	Sdg	Bsr	Slr	Sdg	Mdh
1	Frekwensi Gangguan Banyak	Optimalkan Tim PDKB						
2	Informasi Gangguan Kurang Akurat/Belum Sesuai	Sinkronisasi Pengaduan Dan Keluhan Pelanggan						
3	<i>Fuse Link</i> Tidak Standar/FCO Tidak Ada Peredam Busur Api	Monitoring Komponen JTM Terpasang						
4	Inspeksi, Thermovision Dan Ultrasonic Belum Optimal	Pembuatan Daftar Potensi Gangguan FCO						

5	Material FCO Terbatas	Pemanfaatan		
		Material		
		Eks-		
		Bongkaran		
		Tabung		
<i>Urgent Cut</i>				
		<i>Out</i>		

Sumber : Penulis, 2021

Keterangan :

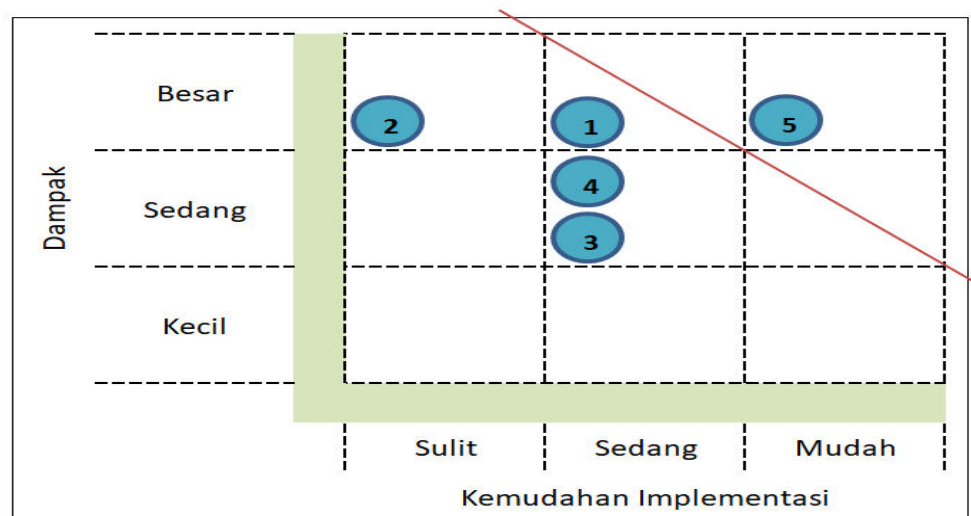
Kcl = Kecil

Sdg = Sedang

Bsr = Besar

Slt = Sulit

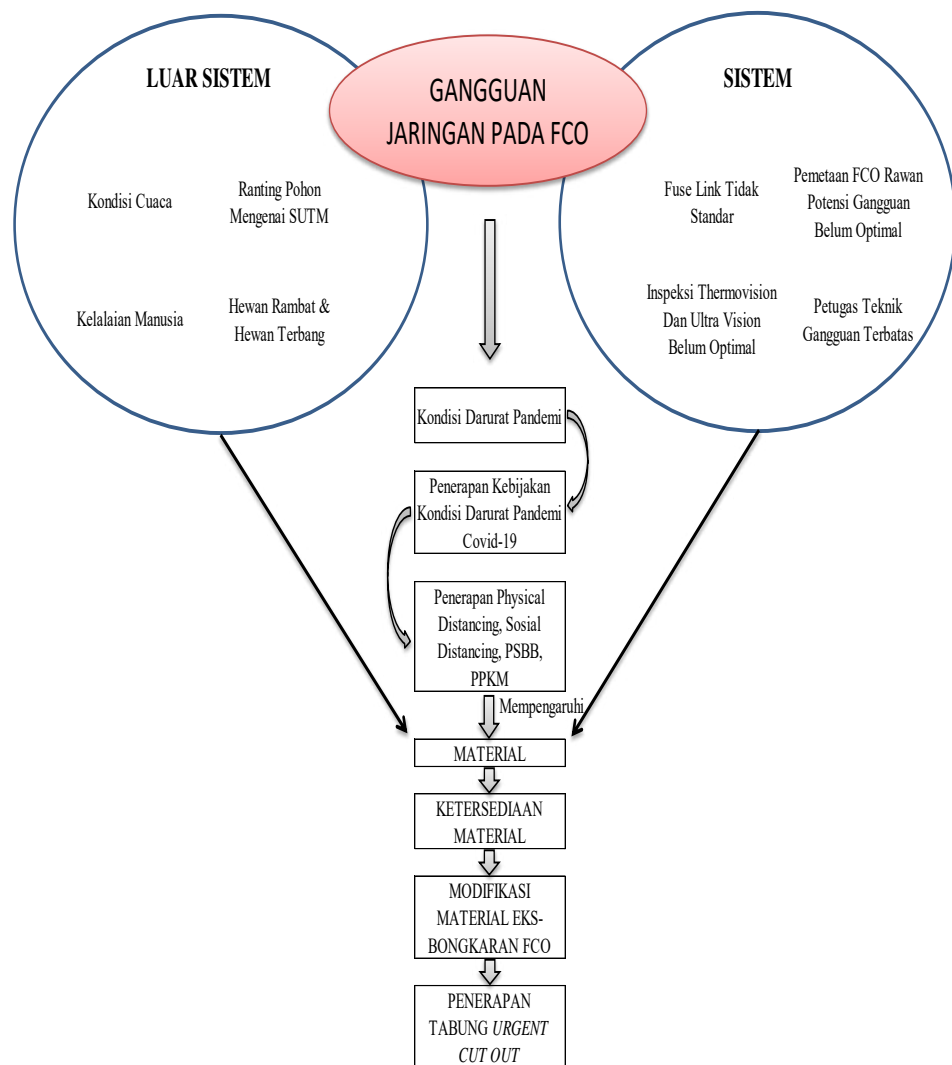
Mdh = Mudah



Gambar 3.4 Peta Matrik Prioritas

Sumber : Penulis, 2021

Dalam peningkatan kehandalan jaringan khususnya pada jaringan SUTM berdasarkan penggantian FCO pada Gardu distribusi yang rusak belum optimal dari akar permasalahan pada RCPS dan penetapan Matrik Prioritas tersebut, maka berikut alir tidaklanjut RCPS dan Matrik Prioritas :



Gambar 3.5 Alir Tindaklanjut Menggunakan Tabung Urgent Cut Out
Sumber : Penulis, 2021

3.2.3. Survei Pembuatan dan Kelayakan Operasi Tabung *Urgent Cut Out*.

Survei ini dilakukan untuk mengetahui proses pembuatan FCO dimana sebelumnya tabung FCO yang digunakan sudah tidak andal setelah terjadinya gangguan yang membuat tabung FCO tersebut rusak/terbakar/pecah, oleh karena itu salah satu penanganan terbakarnya tabung FCO menggunakan modifikasi dari Tabung *Urgent Cut Out* yang dapat dipergunakan setelah melalui pengujian kelayakan Operasi dari modifikasi Tabung *Urgent Cut Out* tersebut antara lain:

1. Perancangan Tabung *Urgent Cut Out*.

Tabung *Urgent Cut Out* merupakan salah satu solusi, khususnya di PT PLN (Persero) UIW Sumatera Utara UP3 Medan pada ULP Medan Baru dalam menangani gangguan FCO sebagai upaya percepatan penanganan gangguan FCO ditengah sulitnya menjangkau kedaerah-daerah tertentu untuk penyediaan material atau pun pengambilan material ditengah Pandemi *Covid-19* ini sehingga kondisi tersebut mempengaruhi ketersediaan material yang dibutuhkan. Dimana Tabung *Urgent Cut Out* ini dapat mudah dibuat dengan memanfaatkan beberapa material Eks-bongkaran FCO dan tambahan material baru yang lainnya. Untuk penamaan tabung yang disebut sebagai tabung “*Urgent*” berawal dari penggunaannya yang digunakan pada saat-saat tertentu atau *emergency* terhadap keterbatasan material pada kondisi pandemi *Covid-19* ini. Antara lain perlengkapan pembuatan material Tabung *Urgent Cut Out* yang dibutuhkan :

a. Peralatan : Sepidol, Meteran dan Gergaji Besi.

b. Bahan :

- 1) Pipa Paralon Ukuran $\frac{3}{4}$ inci : Pipa ini merupakan material utama sebagai wadah *Fuse Link* (Tabung *Urgent Cut Out*), ukuran panjang pipa dipotong sesuai dengan kebutuhan panjang *Holder* FCO. Untuk kali ini panjang Pipa Paralon yang digunakan dengan panjang 25 cm.



Gambar 3.6 Pipa Paralon

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

- 2) Soket Pipa Paralon Ukuran $\frac{3}{4}$ inci : Soket pipa ini berfungsi untuk menghubungkan pipa paralon dengan bagian atas dan bawah tabung FCO. Untuk membuat 3 buah modifikasi Tabung *Urgent Cut Out* ini dibutuhkan 6 buah soket pipa. Dimana setiap masing-masing 1 buah modifikasi Tabung *Urgent Cut Out* dibutuhkan 2 buah soket.



Gambar 3.7 Soket Pipa Paralon

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

- 3) Bagian Atas (*Sturdy Ferrules*) dan Bagian Bawah (*Rugged Attachment Hook For Loadbuster*) dari Eks-bongkaran FCO.



Gambar 3.8 Bagian Atas (*Sturdy Ferrules*)

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

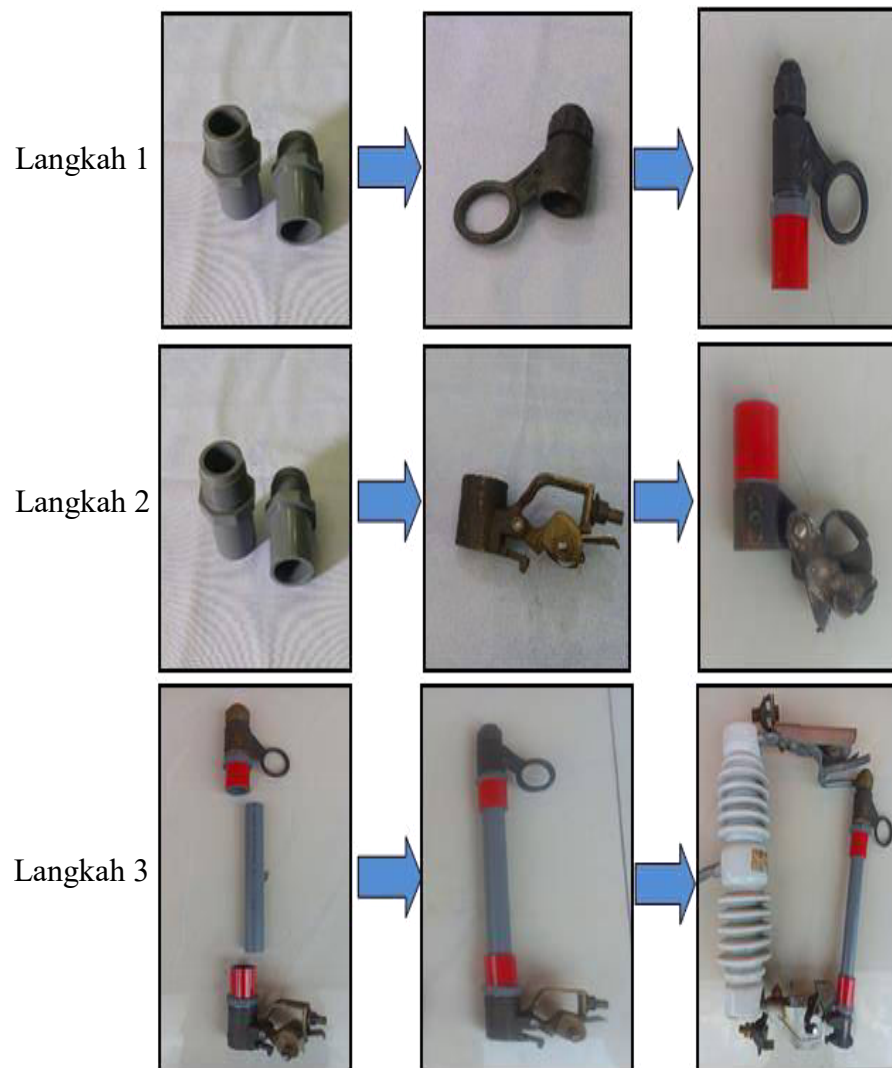
Untuk membuat 3 buah FCO yang memodifikasi Tabung *Urgent Cut Out* ini dibutuhkan 3 buah bagian atas (*Sturdy Ferrules*). Dimana setiap masing-masing 1 buah FCO yang memodifikasi Tabung *Urgent Cut Out* dibutuhkan 1 buah bagian atas (*Sturdy Ferrules*). Bagian ini diperoleh dari Eks-bongkaran FCO yang tidak terpakai lagi.



Gambar 3.9 Bagian Bawah eks Tabung FCO

Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

Untuk membuat 3 buah FCO yang memodifikasi Tabung *Urgent Cut Out* ini dibutuhkan 3 buah bagian bawah (*Rugged Attachment Hook For Loadbuster*). Dimana setiap masing-masing 1 buah FCO yang memodifikasi Tabung *Urgent Cut Out* dibutuhkan 1 buah bagian bawah (*Rugged Attachment Hook For Loadbuster*). Bagian ini diperoleh dari Eks-bongkaran FCO yang tidak terpakai lagi. Untuk perancangan Tabung *Urgent Cut Out* ini tergolong sangat sederhana dan mudah ditiru, karena perakitannya yang sangat mudah. Disamping itu material yang digunakan juga cukup mudah untuk didapatkan, seperti Eks-bongkaran tabung FCO yang sudah tidak terpakai lagi, pipa paralon dalam hal ini pipa yang digunakan adalah merek Maspion karena telah diuji tegangan tembusnya di UPDL (Unit Pelaksana Pendidikan dan Pelatihan) di Semarang dalam pelaksanaan pengujian peralatan. Dimana pengujian tersebut dilaksanakan sebelum diterapkannya penggunaan Tabung *Urgent Cut Out* kelapangan. Berikut tahap perancangan Tabung *Urgent Cut Out* sesuai dengan peralatan dan bahan yang diperlukan.



Gambar 3.10 Proses Perancangan Tabung *Urgent Cut Out*
 Sumber : PLN ULP Medan Baru, 2021

2. Pengujian Tabung *Urgent Cut Out*.

Uji coba pemasangan Tabung *Urgent Cut Out* ini dilakukan melalui 2 tahap yaitu pengujian yang dilakukan pada :

- PLN UPDL Semarang untuk pengujian Injeksi Tegangan pada tahun 2017.



Gambar 3.11 Pengujian Tabung *Urgent Cut Out*
Sumber : PLN UPDL Semarang, 2017

Pada pengujian di Laboratorium PLN UPDL Semarang dilakukan injeksi tegangan terhadap rakitan Tabung *Urgent Cut Out* tersebut dari Pipa PVC yang saat itu menggunakan Pipa PVC merk Maspion dimana pengujian tersebut menggunakan rakitan alat Injeksi Tegangan untuk menguji tegangan tembus dari Perancangan Tabung *Urgent Cut Out* tersebut. Setelah tahap uji coba diatas dilaksanakan, uji coba pipa paralon di UPDL Semarang dinyatakan Baik dan Handal dimana pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan maksimum 60 kV selama 1 menit menggunakan alat injeksi tegangan Hipotronik.

PT PLN (PERSERO)
UDIKLAT SEMARANG (TLN Academy)

Hasil PENGUJIAN PERALATAN POKS-TM
PT PLN (PERSERO) AREA MEDAN
TANGGAL, 23 Februari 2017

NO.	NAMA PERALATAN	JML.	BUATAN	STANDAR IEC / LIVE WORKING			PELAKSANAAN TES			
				KV	Segmen	(menit)	Hasil	KV	(menit)	Hasil
1	Tabung Urgent Cut Out	3	INOVA	60	30	1	- Tidak terjadi kepulan api - Tidak terdapat luka bakar - Tidak panas yang bisa di rasakan dengan tangan	60	1	- Tidak terjadi kepulan api - Tidak terdapat luka bakar - Tidak panas yang bisa di rasakan dengan tangan
Jumlah		3								

Dibatal Oleh:
PLH Di Laboratorium

Petugas Penguji Lab
Andi M

Keterangan Uji:
*) Dites sesuai standar IEC class 2 (dua)

Gambar 3.12 Hasil Pengujian Tabung Urgent Cut Out
Sumber : PLN UPDL Semarang, 2017

b. PLN UP3 Medan untuk pengujian Injeksi Arus.



Gambar 3.13 Pengujian FCO Setelah Modifikasi Tabung FCO
Sumber : PLN UP3 Medan, 2021

Pada pengujian di Laboratorium PLN UPDL Semarang dilakukan dengan cara menginjeksi arus dengan alat Injeksi Arus sampai *Fuse Link* terputus (*trip*) sesuai dengan karakteristik *Fuse Link* yang di uji. Injeksi arus diruang tera dilaksanakan secara bertahap dengan mengadopsi sistem 1,5 In (arus nominal) dimana jika diinjeksi arus sebesar 1,5 In maka FCO akan lepas/*trip* dalam waktu maksimal 10 menit menggunakan injeksi arus Hipotronik dan pengukuran pada saat pembebanan menggunakan tang ampere.

Rating *Fuse Link* yang digunakan adalah 12 A ($I_n = 12 \text{ A}$) maka 1,5 In yaitu 18 A dan ternyata pada saat di injeksi arus 18 A maka FCO lepas/*trip* sebelum 10 menit. Berdasarkan hasil Tera diperoleh bahwa FCO dapat bekerja dengan baik (lepas/*trip*) dengan sempurna dan tidak menunjukkan adanya tanda-tanda *Flash Over* dan keretakan pada Tabung FCO.

3.2.4. Penanganan Gangguan Menggunakan Tabung *Urgent Cut Out*.

Pada tahap penanganan gangguan menggunakan Tabung *Urgent Cut Out* ini menjelaskan proses pemasangan/perakitan dari Tabung *Urgent Cut Out* dengan eks-bongkaran FCO, dimana tabung FCO tersebut sudah tidak dapat dipergunakan kembali. Penanganan tersebut dilaksanakan melalui:

1. Pembuatan Daftar TO (Target Operasi).



Gambar 3.14 Gangguan FCO Pada Gardu Distribusi BR 241
Sumber: ULP Medan Baru, 2021

Berdasarkan gambar Gambar 3.14 tersebut terjadinya pemadaman Gardu Distribusi BR 241 yang ditindaklanjuti langsung oleh Tim ULP Medan Baru melalui tim dinas gangguan untuk melaksanakan inspeksi langsung kelapangan, berdasarkan hasil pengecekan dengan mencari penyebab gangguan *Over Voltage* maka ditemukan FCO terbakar yang diakibatkan hewan terbang dan dipengaruhi oleh kondisi FCO yang sudah tua.



Gambar 3.15 Gangguan FCO Pada Gardu Distribusi BR 202
Sumber: ULP Medan Baru, 2021

Berdasarkan gambar Gambar 3.15 tersebut terjadinya pemadaman Gardu Distribusi BR 202 yang ditindaklanjuti langsung oleh Tim ULP Medan Baru melalui tim dinas gangguan untuk melaksanakan inspeksi langsung kelapangan, berdasarkan hasil pengecekan dengan mencari penyebab gangguan *Over Voltage* maka ditemukan FCO terbakar yang diakibatkan hewan merambat.



Gambar 3.16 Gangguan FCO Pada Gardu Distribusi BR 390
Sumber: ULP Medan Baru, 2021

Berdasarkan gambar Gambar 3.16 tersebut terjadinya pemadaman Gardu Distribusi BR 390 yang ditindaklanjuti langsung oleh Tim ULP Medan Baru melalui tim dinas gangguan untuk melaksanakan inspeksi langsung kelapangan, berdasarkan hasil pengecekan dengan mencari penyebab gangguan *Over Voltage* maka ditemukan FCO terbakar yang diakibatkan hewan terbang.

Tabel 3.10 Daftar Target Operasi (TO)

No	Lokasi	Penyulang	kVA
1	Gardu Distribusi BR 241	PGL 08	250
2	Gardu Distribusi BR 202	LS 05	250
3	Gardu Distribusi BR 390	GL 03	250

Sumber : Penulis, 2021

2. Pelaksanaan Pemasangan Tabung *Urgent Cut Out*.

a. Pemasangan Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 241.



Gambar 3.17 Pemasangan Di Gardu Distribusi BR 241 Penyulang GL08

Sumber : Penulis, 2021

b. Pemasangan Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 202.



Gambar 3.18 Pemasangan Di Gardu Distribusi BR 202 Penyulang LS 05

Sumber : Penulis, 2021

c. Pemasangan Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 390.

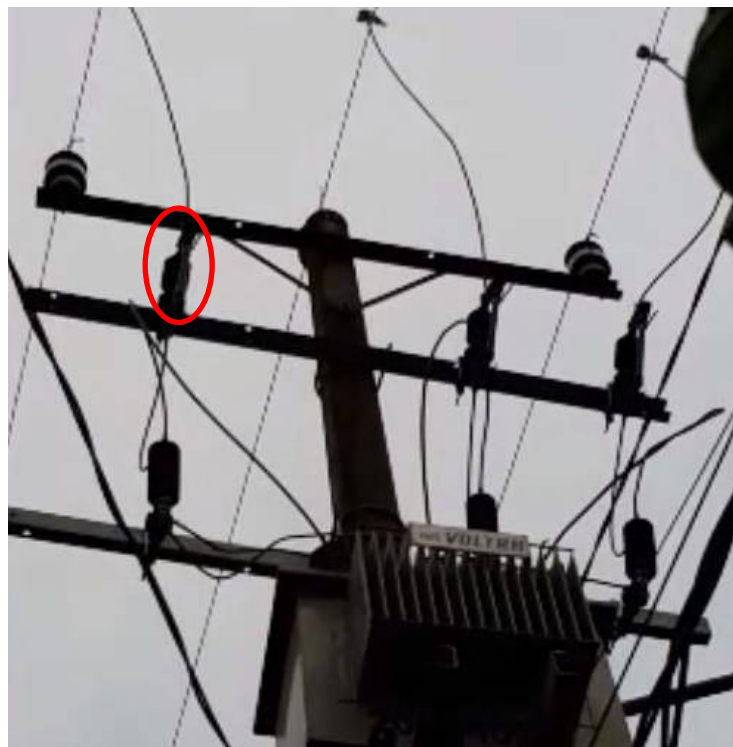


Gambar 3.19 Pemasangan Di Gardu Distribusi BR 390 Penyulang GL 03

Sumber : Penulis, 2021

3. Pemantauan Dan Evaluasi Pemasangan Tabung *Urgent Cut Out*.

Pelaksanaan pemasangan Tabung *Urgent Cut Out* ini yang dilakukan pada 3 titik lokasi TO dari tabel 3.4 yang terpasang selama 1 bulan. Hal ini dikarenakan alat yang belum diuji coba pemasangannya untuk jangka waktu yang lebih lama, oleh karena itu penamaan tabung modifikasi tersebut dinamakan Tabung *Urgent* atau bersifat sementara (*temporary*) pada kondisi yang *emergency*. Dimana selama pemasangan objek penelitian tersebut belum ada terjadi kendala/gangguan pada saat itu yang kemudian dilakukan pemnggantian dengan FCO yang baru (bukan dimodifikasi).



Gambar 3.20 Tabung *Urgent Cut Out* Pada Gardu Distribusi BR 241
Sumber: ULP Medan Baru, 2021



Gambar 3.21 Tabung Urgent Cut Out Pada Gardu Distribusi BR 202
Sumber: ULP Medan Baru, 2021



Gambar 3.22 Tabung Urgent Cut Out Pada Gardu Distribusi BR 390
Sumber: ULP Medan Baru, 2021

3.2.5. Pengolahan Data.

Dari pelaksanaan penggunaan Tabung *Urgent Cut Out* dalam penanganan gangguan FCO maka sebagai tolak ukur untuk menilai efektifitas penggunaan tabung tersebut dilakukan pengumpulan data yang terdiri dari:

1. Data kajian estimasi waktu pembuatan objek penelitian.

Tabel 3.11 Waktu Pembuatan Objek Penelitian

No	Aktifitas	Estimasi	Waktu	Satuan
1	Pengumpulan Perlengkapan Bahan dan Alat Objek Penelitian.	±	10	Menit
2	Bongkar Material Eks Bongkaran FCO.		4	Menit
3	Pembersihan Material Eks Bongkaran FCO.		4	Menit
4	Pelaksanaan Langkah 1 Sesuai Gambar 3.10.		8	Menit
5	Pelaksanaan Langkah 2 Sesuai Gambar 3.10.		8	Menit
6	Pelaksanaan Langkah 3 Sesuai Gambar 3.10.		6	Menit
Total		±	40	Menit

Sumber :Penulis, 2021

Berdasarkan Tabel 3.11 rekapan waktu pembuatan objek penelitian membutuhkan waktu sebanyak ±40 (empat puluh) menit namun waktu yang di hitung tersebut merupakan waktu Estimasi (±) dimana diperoleh

dari rata-rata waktu selama melaksanakan aktifitas tersebut dan estimasi waktu tersebut berkaitan dengan tempat serta jarak untuk memperoleh semua perlengkapan dan bahan yang diperlukan dalam membuat objek penelitian tersebut tidak sulit diperoleh, tapi pada dasarnya bahan dan peralatan yang diperlukan mudah untuk didapat.

2. Data kajian estimasi waktu pemasangan objek penelitian.

Tabel 3.12 Waktu Pemasangan Objek Penelitian

No	Aktifitas	Estimasi	Waktu	Satuan
1	Menuju Lokasi Gangguan	±	12	Menit
2	Bongkar Material Gangguan		4	Menit
3	Pemasangan Tabung <i>Urgent Cut Out</i>		4	Menit
Total		±	20	Menit

Sumber : Penulis, 2021

Berdasarkan Tabel 3.12 rekapan waktu Pemasangan Objek Penelitian membutuhkan waktu sebanyak ± 20 (dua puluh) menit, namun waktu yang di hitung tersebut merupakan waktu Estimasi (\pm) dimana diperoleh dari rata-rata waktu selama melaksanakan aktifitas tersebut. Estimasi waktu pemasangan Objek Penelitian sangat dipengaruhi jarak menuju lokasi gangguan karena memiliki jarak dan medan yang berbeda-beda.

3. Data kajian estimasi biaya produksi objek Penelitian.

Tabel 3.13 Biaya Pembuatan Objek Penelitian

No	Nama Barang	Jumlah (Bh)	Merk	Ukuran	Harga Satuan	Harga Total
1	Pipa paralon 200 cm	1	Maspion	¾ Inchi	Rp 20.000	Rp 20.000
2	Soket pipa	6	Maspion	¾ Inchi	Rp 4.000	Rp 24.000
Total Biaya						Rp 44.000

Sumber : Penulis, 2021

Berdasarkan tabel Tabel 3.13 rekapan Biaya Pembuatan Objek Penelitian membutuhkan dana sebesar Rp 44.000,00 (*Empat Puluh Empat Ribu Rupiah*). Harga biaya produksi tersebut merupakan harga yang diperoleh dari salah satu toko bangunan yang ada dikota Medan pada Tahun 2021.

4. Data kajian estimasi perhitungan kWh dan rupiah terselamatkan terhadap implementasi objek penelitian pada daftar TO.

Tabel 3.14 Perolehan Rekapan Data-data

No	Data	Simbol	Nilai	Satuan
1	Beban Gardu Distribusi BR 241	I	193	<i>Ampare</i>
2	Beban Gardu Distribusi BR 202	I	162	<i>Ampare</i>
3	Beban Gardu Distribusi BR 390	I	178	<i>Ampare</i>

4	Cos Phi	Cos φ	0,85	
5	Estimasi Waktu Terpasang (Pembuatan + Pemasangan Objek Penelitian)	t	1	Jam
6	Jumlah Titik Pemasangan Tabung <i>Urgent Cut Out</i>	L	3	Titik
6	Rupiah Per kWh Tahun 2021	Rp	1.352	Rupiah

Sumber : Penulis, 2021

a. Implementasi Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 241.

1) kWh Terselamatkan

$$\begin{aligned}
 \text{kWh} &= I \times \sqrt{3} \times \text{Cos } \varphi \times t \times L \times 20.000 \text{ V} : 1.000 \\
 &= 193 \times \sqrt{3} \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 20 \\
 &= \mathbf{5.676,13 \text{ kWh}}
 \end{aligned}$$

2) Rupiah Terselamatkan

$$\begin{aligned}
 \text{Rp Terselamatkan} &= \text{kWh terselamatkan} \times \text{Rupiah/kWh} \\
 &= 5.676,13 \times 1.352 \\
 &= \mathbf{Rp 7.674.127,-}
 \end{aligned}$$

b. Implementasi Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 202.

1) kWh Terselamatkan

$$\begin{aligned}
 \text{kWh} &= I \times \sqrt{3} \times \text{Cos } \varphi \times t \times L \times 20.000 \text{ V} : 1.000 \\
 &= 162 \times \sqrt{3} \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 20 \\
 &= \mathbf{4.764,42 \text{ kWh}}
 \end{aligned}$$

2) Rupiah Terselamatkan

$$\begin{aligned}
 \text{Rp Terselamatkan} &= \text{kWh terselamatkan} \times \text{Rupiah/kWh} \\
 &= 4.764,42 \times 1.352 \\
 &= \mathbf{Rp\ 6.441.495,-}
 \end{aligned}$$

c. Implementasi Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 390.

1) kWh Terselamatkan

$$\begin{aligned}
 \text{kWh} &= I \times \sqrt{3} \times \text{Cos } \varphi \times t \times L \times 20.000 \text{ V} : 1.000 \\
 &= 178 \times \sqrt{3} \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 20 \\
 &= \mathbf{5.234,98 \text{ kWh}}
 \end{aligned}$$

2) Rupiah Terselamatkan

$$\begin{aligned}
 \text{Rp Terselamatkan} &= \text{kWh terselamatkan} \times \text{Rupiah/kWh} \\
 &= 5.234,98 \times 1.352 \\
 &= \mathbf{Rp\ 7.077.692,-}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat dibuat rekapan kWh dan Rupiah terselamatkan dari pemasangan tabung *Urgent Cut Out* berikut :

Tabel 3.15 Rekapitulasi kWh Dan Rupiah Terselamatkan

No	Lokasi	Penyulang	Beban (Ampere)	kWh	Rupiah
1	Gardu Distribusi BR 241	GL 08	193	5.676	Rp 7.674.127
2	Gardu Distribusi BR 202	LS 05	162	4.764	Rp 6.441.495

3	Gardu Distribusi BR 390	GL 03	178	5.235	Rp 7.077.692
Total				15.676	Rp21.193.314

Sumber : Penulis, 2021

5. Data kajian nilai SAIDI-SAIFI dan *Recovery Time* terhadap penggunaan objek penelitian.

a. Implementasi Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 241.

Tabel 3.16 Data Pemadaman Gardu Distribusi BR 241

No	Data	Nilai
1	Jumlah Padam	1x
2	Durasi Padam	60 Menit
3	Pelanggan Padam	25 Pelanggan
4	Total Pelanggan	120 Pelanggan

Sumber : ULP Medan Baru, 2021

$$SAIDI = \frac{60 \times 25}{120} = 12,5 \text{ Menit}$$

$$SAIFI = \frac{1 \times 25}{120} = 0,2 \text{ x}$$

$$Recovery \ Time = \frac{60}{25} = 2,4 \text{ Menit/Pelanggan}$$

$$ENS = 5.676,13 \text{ kWh}$$

b. Implementasi Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 202.

Tabel 3.17 Data Pemadaman Gardu Distribusi BR 202

No	Data	Nilai
1	Jumlah Padam	1x
2	Durasi Padam	60 Menit
3	Pelanggan Padam	10 Pelanggan
4	Total Pelanggan	80 Pelanggan

Sumber : ULP Medan Baru, 2021

$$SAIDI = \frac{60 \times 10}{80} = 7,5 \text{ Menit}$$

$$SAIFI = \frac{1 \times 10}{80} = 0,12 \text{ x}$$

$$Recovery \ Time = \frac{60}{10} = 6 \text{ Menit/Pelanggan}$$

$$ENS = 4.764,42 \text{ kWh}$$

c. Implementasi Objek Penelitian di Gardu Distribusi BR 390.

Tabel 3.18 Data Pemadaman Gardu Distribusi BR 390

No	Data	Nilai
1	Jumlah Padam	1x
2	Durasi Padam	60 Menit
3	Pelanggan Padam	8 Pelanggan
4	Total Pelanggan	50 Pelanggan

Sumber : ULP Medan Baru, 2021

$$SAIDI = \frac{60 \times 8}{50} = 9,6 \text{ Menit}$$

$$SAIFI = \frac{1 \times 8}{50} = 0,16 \times$$

$$Recovery Time = \frac{60}{8} = 7,5 \text{ Menit/Pelanggan}$$

$$ENS = 5.234,98 \text{ kWh}$$

3.2.6. Pembahasan/Hasil Dan Kesimpulan.

Pada tahap pembahasan ini menjelaskan hasil dari objek penelitian terhadap pengumpulan data-data selama masa penelitian objek tersebut yang terdiri dari:

1. Analisa manfaat Finansial dan Non-Finansial objek penelitian.
2. Analisa resiko.
3. Kesimpulan objek penelitian.

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

4.1 Data Analisis Penelitian.

4.1.2. Manfaat Finansial Objek Penelitian.

Berdasarkan daftar monitoring gangguan FCO, berikut merupakan penyebab terjadinya FCO terbakar antara lain

1. Luar Sistem (Faktor Eksternal).
 - a. Kondisi cuaca.
 - b. Kelalaian manusia.
 - c. Ranting pohon mengenai SUTM.
 - d. Hewan rambat dan hewan terbang.
2. Sistem (Faktor Internal).
 - a. *Fuse Link* tidak standar.
 - b. Inspeksi Thermovision dan Ultra Vision belum optimal.
 - c. Pemetaan FCO rawan potensi gangguan belum optimal.
 - d. Petugsa teknik gangguan terbatas.

Untuk hasil rekapan kWh dan Rupiah terselamatkan dari pemasangan tabung *Urgent*

Cut Out diperoleh bahwa :

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| 1. Jumlah kWh Terselamatkan | = 15.676 kWh |
| 2. Jumlah Rupiah Terselamatkan | = Rp 21.193.314,- |
| 3. Biaya Produksi | = Rp 44.000,- |

Apabila penanganan gangguan tabung FCO yang rusak/terbakar/pecah harus diganti dengan FCO yang baru (komplit) membutuhkan waktu untuk proses pengantiannya dan ketersediaan material yang ada di gudang unit, maka apabila untuk melakukan permintaan ketersediaan material dari ULP ke UP3 terkait belum tentu bisa tersedia langsung terhadap permintaan tersebut, maka dengan menggunakan tabung *Urgent Cut Out* ini diperoleh perhitungan efisiensi rupiah *real* terselamatkan sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi Rupiah } Real &= \text{Jumlah Rupiah Terselamatkan} - \text{Biaya produksi} \\
 &= \text{Rp } 21.193.314 - \text{Rp } 44.000 \\
 &= \text{Rp } 21.149.314,-
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perolehan perhitungan efisiensi rupiah *real* terselamatkan terhadap pemasangan tabung *Urgent Cut Out* ini, maka diperoleh perhitungan efisiensi kWh *real* terselamatkan sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi kWh } Real &= \text{Efisiensi Rupiah } Real : \text{Rupiah Per kWh} \\
 &= \text{Rp } 21.149.314 : \text{Rp } 1.352 \\
 &= 15.643 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

4.1.3. Manfaat Non Finansial Objek Penelitian.

1. Rekapitulasi nilai SAIDI, SAIFI, ENS dan *Recovery Time*.

Tabel 4.1 Rekapitan Nilai SAIDI, SAIFI, ENS Dan *Recovery Time*

N o	Nilai	Satuan	BR 241	BR 202	BR 390
1	Durasi Padam	Menit	60	60	60
2	Beban	<i>Ampere</i>	193	162	178

3	Pelanggan Padam	Pelanggan	25	10	8
4	Total Pelanggan Dilayani	Pelanggan	120	80	50
5	SAIDI	Menit	12,5	7,5	9,6
6	SAIFI	Kali (x)	0,2	0,12	0,16
7	ENS	kWh	5.676,13	4.764,42	5.234,98
8	Rupiah Terselamatkan	Rupiah	7.674.127	6.441.495	7.077.692
9	<i>Recovery Time</i>	Menit/Pelanggan	2,4	6	7,5

Sumber : Penulis, 2021

Berdasarkan tabel 4.1 berikut dikelompokan faktor penyebab yang mempengaruhi nilai SAIDI, SAIFI, ENS Dan *Recovery Time* terhadap pemasangan Tabung *Urgent Cut Out* tersebut :

Tabel 4.2 Indikator Nilai SAIDI, SAIFI, Recovery Time dan ENS

No	Faktor Penyebab	Indikator	Efektifitas			
			SAIDI	SAIFI	<i>Recovery Time</i>	ENS
1	Durasi Padam	Naik/Bertambah	↑	-	↑	↑
		Turun/Bekurang	↓	-	↓	↓
2	Jumlah Padam	Naik/Bertambah	-	↑	-	-
		Turun/Bekurang	-	↓	-	-

3	Jumlah Pelanggan	Naik/Bertambah	↑	↑	↑	-
	Padam	Turun/Bekurang	↓	↓	↓	-
4	Jumah Pelanggan	Naik/Bertambah	↑	↑	-	-
	Dilayani	Turun/Bekurang	↓	↓	-	-
5	Beban (Ampere)	Naik/Bertambah	-	-	-	↑
		Turun/Bekurang	-	-	-	↓


Sumber : Penulis, 2021


Keterangan

- = Tidak Berpengaruh

↑ = Semakin Besar

↓ = Semakin Kecil

 = Semakin Buruk

 = Semakin Buruk

Maka dari data tabel 4.1 dan tabel 4.2 dapat dinyatakan beberapa hal sebagai berikut ini :

- a. Penekanan nilai SAIDI dan meminimalisir daerah pemadaman.
- b. Mengganggu nilai SAIFI dan berpeluang pemadaman berulang.
- c. Memperkecil nilai ENS.
- d. Percepatan *Recovery time* dan mempermudah petugas terhadap ketersediaan material.

2. Memanfaatkan material eks bongkaran tabung FCO.
3. Menjaga kehandalan sistem dan peralatan proteksi 20 kV dikarenakan tetap terpasangnya sistem proteksi pada jaringan tersebut.
4. Menjaga kontinuitas kelistrikan dan pelayanan terhadap kepuasan pelanggan.

2.1. Data Analisis Resiko.

Berdasarkan implementasi pemasangan Objek Penelitian yang telah dilaksanakan selama jangka waktu yang direncanakan pada tabel 3.2 (Jadwal Penelitian), maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya sebagai berikut:

1. Dalam penanganan gangguan pada FCO yang rusak/terbakar/pecah dilakukan dengan penggantian material khususnya tabung FCO tersebut, Selain percepatan penanganan gangguan dipengaruhi dengan jarak tempu, percepatan tersebut dipengaruhi juga oleh ketersediaan material, kondisi medan yang dilalui dan jumlah petugas teknik yang tersedia terhadap jumlah gangguan yang dilayani pada saat tersebut.
2. Alat ini belum diuji coba pemasangannya untuk jangka waktu yang lama, oleh karena itu sesuai dengan namanya yang bersifat *urgent* maka hendaknya pemasangannya bersifat sementara (*temporary*) dan pada objek penelitian ini pemasangan berdurasi 1 (satu) bulan kemudian kembali dilakukan penggantian material dengan FCO yang baru sehingga menyebabkan pemadaman kembali.

3. Mengingat banyaknya jenis-jenis FCO saat ini yang terpasang maka kemungkinan ketidaksesuaian ukuran panjang dan lebar gantungan (Hang) FCO terhadap objek penelitian ini dapat saja terjadi, namun hal ini dapat diantisipasi dengan mengukur kembali panjang tabung FCO eksisting dan memotong pipa sesuai dengan kebutuhan.
4. Pada saat penyambungan pipa dan soket hendaknya dipasang sekuat mungkin agar tidak ada celah air yang dapat masuk ke dalam tabung FCO sehingga menyebabkan *short circuit*, oleh karena itu alangkah baiknya memberikan lem perekat sehingga dapat menutupi celah-celah sambungan soket pipa dengan tabung pipa paralon.
5. Selain pemberian lem perekat antara pipa dan soket, sambungan tersebut akan tetap berpeluang juga terjadinya *short circuit* apabila penggunaan tabung *Urgnet Cut Out* tersebut digunakan untuk jangka panjang dikarenakan adanya sambungan tersebut.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.

Berdasarkan pembahasan diatas terhadap implemetasi pemasangan Tabung *Urgent Cut Out* pada gangguan FCO yang rusak/terbakar/pecah, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan implementasi pemasangan Tabung *Urgent Cut Out* pada 3 titik di 3 lokasi maka diperoleh :
 - a. Jumlah kWh Terselamatkan = 15.676 kWh
 - b. Jumlah Rupiah Terselamatkan = Rp 21.193.314,-
 - c. Biaya produksi = Rp 44.000,-
 - d. Efisiensi Rupiah *Real* = Rp 21.149.314,-
 - e. Efisiensi kWh *Real* = 15.643 kWh
2. Tabung *Urgent Cut Out* menjadi solusi sementara tepat guna terhadap gangguan yang terjadi pada tabung FCO yang rusak/terbakar/pecah.
3. Tabung *Urgent Cut Out* sengaja dirancang bersifat sementara dan tidak permanen dengan tujuan agar FCO dapat diganti secara komplit karena holder dan tabung FCO merupakan satu kesatuan yang utuh dan tidak dapat dipisahkan.
4. Pembuatan Tabung *Urgent Cut Out* ini memanfaatkan material Eks Tabung FCO bongkaran berupa komponen material Bagian Atas (*Sturdy*

Ferrules) dan Bagian Bawah (*Rugged Attachment Hook For Loadbuster*) pada FCO dimana untuk tambahan komponen material berupa soket dan pipa paralon yang mudah untuk diperoleh ditoko bangunan serta dalam pembuatan Tabung *Urgent Cut Out* sangat mudah dan cepat untuk dilakukan.

5. Perancangan Tabung *Urgent Cut Out* yang sangat mudah, sederhana, dan fleksibel serta biaya pembuatan yang lebih murah maka sangat mudah untuk memenuhi ketersediaan material FCO baik dikantor maupun pada mobil dinas yang melayani gangguan.
6. Ketersediaan material Tabung *Urgent Cut Out* ini pada mobil dinas yang melayani gangguan, maka mempercepat penanganan gangguan FCO yang rusak/terbakar/pecah. Sehingga mempercepat proses pemulihan pemadaman.
7. Alat ini berpartisipasi dalam pencapaian target kinerja khususnya durasi padam (SAIDI), percepatan pemulihan gangguan pemadaman (*Recovery Time*) dan ENS (*Energy Not Served*), namun mengganggu nilai SAIFI dikarenakan sifatnya yang *temporary* maka harus dilakukan pemadaman kembali untuk menggantikannya menggunakan FCO yang baru dan komplit.

5.2 Saran.

Berdasarkan hasil implementasi pemasangan Tabung *Urgent Cut Out* dilapangan yang telah dilaksanakan pada 3 (tiga) lokasi tersebut, berikut beberapa

hal saran dapat disampaikan terkait peningkatan Efektifitas terhadap pemasangan Tabung *Urgent Cut Out* tersebut, antara lain:

1. Tabung *Urgent Cut Out* berpeluang timbulnya celah air akibat sambungan antara soket pipa terhadap pipa paralon, maka direkomendasikan untuk tidak menggunakan soket pipa sebagai sambungan pipa paralon ke bagian atas (*Sturdy Ferrules*) dan bagian bawah (*Rugged Attachment Hook For Loadbuster*) pada FCO. Melainkan pipa paralon langsung dihubungkan ke bagian *Sturdy Ferrules* dan bagian *Rugged Attachment Hook For Loadbuster*.
2. Dilakukannya pengujian kembali terhadap Tabung *Urgent Cut Out* tersebut dengan melakukan pengujian tembus tegangan pada tingkat insulasi terhadap tegangan ketahanan sebesar 125 kV sesuai dengan ketentuan SPLN D3.026:2017 perihal Spesifikasi *Fuse Cut Out*. Apabila pengujian tembus tegangan yang dilakukan terhadap Tabung *Urgent Cut Out* tersebut sesuai dengan SPLN D3.026:2017, maka tabung *Urgent Cut Out* dapat direkomendasikan untuk dipergunakan dalam jangka panjang dengan memperhatikan secara rutin atau pun bertahap terhadap pemasangannya. Sehingga tidak terjadinya pemadaman kembali dengan kata lain tidak diperlukannya penggantian Tabung *Urgent Cut Out* yang telah dipasang menggunakan FCO yang baru melainkan tetap menggunakan Tabung *Urgent Cut Out* tersebut sehingga berpengaruh terhadap nilai SAIFI menjadi lebih baik dan hal tersebut memperkecil biaya investasi dikarenakan untuk membeli FCO yang baru pada tahun

2021 diperlukan biaya sebesar Rp 837.250,- (terbilang : *delapan ratus tiga puluh tujuh ribu dua ratus lima puluh rupiah*) dengan biaya pembuatan Tabung *Urgent Cut Out* pada tahun 2021 sebesar Rp 44.000,- (terbilang : *empat puluh empat ribu rupiah*) diperoleh efisiensi biaya sebesar Rp 793.250,- (terbilang : *tujuh ratus sembilan puluh tiga ribu dua ratus lima puluh rupiah*).

DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, Jefri. "Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Berbasis GIS (Geographic Information Sistem) Dengan Menggunakan Metode RIA (*Reliability Index Assesment*)". Surabaya: 2015.
- Ashari, Avisena. "Macam-Macam Perubahan Energi Dan Contoh Perubahan Energi Disekitar Kita". Jakarta: 2021. Diakses pada 6 September 2021. dari: <https://bobo.grid.id/read/082561302/macam-macam-perubahan-energi-dan-contoh-perubahan-energi-di-sekitar-kita?page=all>.
- Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Badi. "Segitiga Daya". Jakarta: 2021. Diakses pada 6 September 2021. dari: <https://thecityfoundry.com/segitiga-daya/>.
- Beritajambi.co. "Pengertian Energi Dan Macam Satuan Energi". Jambi: 2017. Diakses pada 6 September 2021. dari: <https://beritajambi.co/read/2017/03/22/942/pengertian-energi--macam-dan-stauan-energi>.
- Energi, Ezkhel. "Sekring Putus". Jakarta: 2013. Diakses pada 6 September 2021. dari: <https://ezkhelenergy.blogspot.com/2013/11/fuse-cut-out.html>.
- Hajar, Ibnu dkk, "Analisa Nilai SAIDI SAIFI Sebagai Indeks Keandalan Penyedia Tenaga Listrik Pada Penyulang Chaya PT PLN (Persero) Area Ciputat". Jakarta: 2018.
- Hamdani, H., Tharo, Z., & Anisah, S. (2019, May). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. In Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu (Vol. 2, No. 1, pp. 190-195).
- Nilakandi, Zuhroh. "Pengertian Energi Beserta Manfaat, Sifat Dan Jenis-jenis Energi". Jakarta: 2019. Diakses pada 6 September 2021. dari: <https://www.nesabamedia.com/pengertian-energi/>.
- Parta Setiawan. "Pengertian Energi". Jakarta: 2021. Diakses pada 25 Oktober 2021. dari: <https://www.gurupendidikan.co.id/pengertian-energi/>.
- PT PLN (Persero). 1983. SPLN No.52-3: Pola Pengamanan Sistem. Jakarta.
- PT PLN (Persero). 1985. SPLN NO.64 : Spesifikasi *Fuse Cut Out*. Jakarta.

- PT PLN (Persero).1985. SPLN No.59: Kehandalan pada Sistem Distribusi 20 KV dan 6 KV. Jakarta.
- PT PLN (Persero).1986. SPLN NO.68-2 : Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua: Sistem Distribusi. Jakarta.
- Putri, M., Wibowo, P., Aryza, S., & Utama Siahaan, A. P. Rusiadi.(2018). An implementation of a filter design passive lc in reduce a current harmonisa. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(7), 867-873.
- Putri, dkk. “Analisis Pengamanan Transformator Distribusi 400 kVA Dengan Fuse Cut Out”, Medan, 2019.
- Rahmat, Gheschik Safiur, “Evaluasi Indeks Kehandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KV Di Surabaya menggunakan *Loop Restoration Scheme*”. Digilib ITS, Surabaya: 2013.
- Roger, C. Dugan. “Kualitas Daya Listrik”. Semarang: 2004. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Santoso, R. Nurhalim. “Evaluasi Tingkat Kehandalan Jaringan 20 KV Pada Gardu Induk Bangkinang Dengan Menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*)”. Riau: 2016.
- Saadah, Siti. “Evaluasi Kehandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI”. Yogyakarta: 2008. Institut Teknologi Nasional.
- Sopyandi, Andi. “Tipe-tipe Jaringan Distribusi Tegangan Menengah”. Jakarta: 2011. Diakses pada 6 September 2021. dari:
<https://electricdot.wordpress.com/2011/08/16/tipe-tipe-jaringan%20distribusi-tegangan-menengah>.
- Suhadi, dkk. “Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1”. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta: 2008.
- Suswanto, Daman. “Sistem Distribusi Tenaga Listrik”. Padang : 2009. Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Tarigan, A. D., & Pulungan, R. (2018). Pengaruh Pemakaian Beban Tidak Seimbang Terhadap Umur Peralatan Listrik. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 10-15.