



TUGASAKHIR

ANALISIS PEMASANGAN LOAD BREAK SWITCH MOTORIZED GUNA MENINGKATKAN KEANDALAN JARINGAN PADA FEEDER TAPAKIS ZONA 2 SECTION 1

DISUSUN OLEH :

SEPTIAN RETNO BAYU

NIM : 202371620

PROGRAM STUDI D-III TEKNOLOGI LISTRIK

SEKOLAH VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI PLN

JAKARTA 2026

**ANALISIS PEMASANGAN LOAD BREAK SWITCH
MOTORIZED GUNA MENINGKATKAN KEANDALAN
JARINGAN PADA FEEDER TAPAKIS ZONA 2 SECTION 1**

TUGASAKHIR



Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna
Memperoleh Gelar Ahli Madya

DISUSUN OLEH :

SEPTIAN RETNO BAYU

NIM : 202371620

**PROGRAM STUDI D-III TEKNOLOGI LISTRIK
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI PLN
JAKARTA 2026**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Nama : Septian Retno Bayu
NIM : 202371620
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Fakultas : Sekolah Vokasi
Judul Proyek Akhir : Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya baik di lingkungan Institut Teknologi PLN maupun 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 naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab serta bersedia memikul segala resiko jika ternyata pernyataan ini tidak benar.

Jakarta, 31 Januari 2026



Septian Retno Bayu

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized
Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder
Tapakis Zona 2 Section 1

Nama : Septian Retno Bayu

NIM : 202371620

Program Studi : D-III Teknologi Listrik Fakultas

Fakultas : Sekolah Vokasi

Disetujui Oleh

Pembimbing I

Ir. Meyhart Bangkit Sitorus, S.T., M. Eng., IPM
NIDN. 0320059004



Diketahui Oleh,

Kepala Program Studi

Ir. Sandi Budi Kurniawan, S.ST., M.Tr.T.
NIDN : 0309089002



Direktur

Ir. Tony Koerniawan, S.T., M.T.
NIDN : 0325018402



Tanggal Ujian :

Tanggal Lulus :

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Judul Tugas Akhir : Analisis Pemasangan Load Break Switch
Motorized Guna Meningkatkan Keandalan
Jaringan Pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1

Nama : Septian Retno Bayu

NIM : 202371620

Program Studi : D-III Teknologi Listrik Fakultas

Fakultas : Sekolah Vokasi

Disetujui Oleh

Ketua Penguji

Hasna Satya Dini, S.T., M.T.

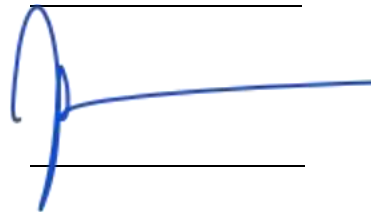
NIDN : 0303039501



Anggota Penguji I

Sofitri Rahayu, S.Pd., M.Eng.

NIDN : 0415098807



Pembimbing

Ir. Meyhart Bangkit Sitorus,
S.T., M. Eng., IPM

NIDN. 0320059004



Diketahui Oleh,

Kepala Program Studi

Ir. Sandi Budi Kurniawan, S.ST., M.Tr.T.

NIDN : 0309089002



UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan ini saya menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

Ir. Meyhart Bangkit Sitorus S.T., M.Eng., IPM. Selaku Dosen Pembimbing Utama

Yang telah memberikan petunjuk, saran-saran serta bimbingannya sehingga Proyek Akhir ini dapat diselesaikan.

Terima Kasih yang sama, saya sampaikan kepada

1. PT PLN (Persero) UP3 Padang
2. Seluruh Jajaran PDKB TM PT PLN (Persero) UP3 Padang

Yang Telah Mengizinkan Saya Melakukan Penelitian Pengumpulan Data Pengujian.

Jakarta, 31 Januari 2026



Septian Retno Bayu

NIM. 202371620

HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Institut Teknologi-PLN, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Septian Retno Bayu
NIM : 202371620
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : **Tugas Akhir**

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi - PLN **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non- exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Institut Teknologi PLN berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan **Proyek Akhir** saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 31 Januari 2026

Yang menyatakan,



(Septian Retno Bayu)

ABSTRAK

SEPTIAN RETNO BAYU

Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1

Dibimbing oleh Ir. Meyhart Bangkit Sitorus, S.T.,M.Eng.,IPM

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan komponen utama dalam menjaga kontinuitas penyaluran energi dari gardu induk hingga ke pelanggan. Salah satu permasalahan utama dalam sistem distribusi adalah rendahnya tingkat keandalan (reliability) akibat tingginya frekuensi dan durasi gangguan yang mengakibatkan peningkatan nilai SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). Berdasarkan data operasional PT PLN (Persero) ULP Lubuk Alung – UP3 Padang – UID Sumatera Barat, Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 dengan keypoint Recloser Sei Abang tercatat mengalami 31 kali gangguan selama periode 04 Januari 2024 hingga 28 Juli 2025, yang menyebabkan durasi padam pelanggan melebihi standar keandalan PLN. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang penerapan Load Break Switch (LBS) Motorized sebagai solusi peningkatan keandalan sistem distribusi. LBS Motorized merupakan perangkat pemutus beban tegangan menengah yang dapat dioperasikan secara otomatis melalui sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Perangkat ini berfungsi mempercepat proses isolasi gangguan dan manuver beban jarak jauh, sehingga area terdampak pemadaman dapat diminimalkan. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif, dengan jenis penelitian terapan (applied research). Proses penelitian meliputi pengumpulan data primer dari observasi lapangan di Feeder Tapakis dan dokumentasi gangguan PLN ULP Lubuk Alung, serta data sekunder berupa standar IEEE dan literatur ilmiah. Implementasi perangkat ini juga mendukung program digitalisasi jaringan distribusi dan pengembangan Smart Grid yang sedang dijalankan oleh PT PLN (Persero) UID Sumatera Barat, sekaligus memberikan manfaat strategis dalam peningkatan mutu pelayanan tenaga listrik di wilayah kerja ULP Lubuk Alung.

Kata Kunci : Load Break Switch Motorized, Keandalan Sistem Distribusi, SAIDI, SAIFI, SCADA, PLN ULP Lubuk Alung.

ABSTRACT

SEPTIAN RETNO BAYU

*Analysis of the Installation of Motorized Load Break Switches to Improve Network
Reliability on the Tapakis Feeder Zone 2 Section 1
Supervised by TRI SUSILO TEDI, S.T., M.T.*

The electric power distribution system is a key component in maintaining the continuity of energy delivery from substations to consumers. One of the main problems in distribution systems is low reliability caused by the high frequency and duration of disturbances, which lead to an increase in the System Average Interruption Duration Index (SAIDI) and the System Average Interruption Frequency Index (SAIFI). Based on operational data from PT PLN (Persero) ULP Lubuk Alung — UP3 Padang — UID West Sumatra, the Tapakis Feeder Zone 2 Section 1, with keypoint Recloser Sei Abang, recorded 31 disturbance events during the period from January 4, 2024, to July 28, 2025, resulting in customer outage durations that exceeded PLN's reliability standards. To overcome this issue, this study designs the implementation of a Load Break Switch (LBS) Motorized as a solution to improve the reliability of the distribution system. The LBS Motorized is a medium-voltage load switch device that can be operated automatically through a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system. This device functions to accelerate the fault isolation and remote load transfer processes, thereby minimizing the area affected by power outages. The research method used is a descriptive quantitative approach with the type of study classified as applied research. The process includes collecting primary data from field observations on the Tapakis Feeder and disturbance documentation from PLN ULP Lubuk Alung, as well as secondary data in the form of IEEE standards and scientific literature. The implementation of this device also supports the distribution network digitalization and Smart Grid development programs currently being implemented by PT PLN (Persero) UID West Sumatra, while providing strategic benefits in improving the quality of electricity service in the operational area of ULP Lubuk Alung.

Keywords: Load Break Switch Motorized, Distribution System Reliability, SAIDI, SAIFI, SCADA, PLN ULPLubukAlung.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN KEASLIAN PROYEK AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUKKEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BABI PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3

14	Manfaat	3
15	Ruang Lingkup Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA		5
21	Landasan Teori	5
2.1.1	Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.1.2	Keandalan Sistem Distribusi	7
2.1.3	Load Break Switch (LBS)	8
2.1.4	Sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).....	10
2.1.5	Keandalan Sistem Tenaga Listrik pada Jaringan Distribusi.....	10
2.1.6	Hubungan Segmentasi Jaringan dengan Nilai SAIDI dan SAIFI.....	12
2.1.7	Load Break Switch Motorized (LBS-M) sebagai Solusi Otomasi Jaringan.....	13
2.1.8	Sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) pada Jaringan Distribusi.....	14
2.1.9	Koordinasi Proteksi antara Recloser dan Load Break Switch Motorized.....	15
2.1.10	Konfigurasi Jaringan Distribusi Radial dan Kelemahannya	16
2.1.11	Pengaruh Durasi Pemadaman terhadap Nilai SAIDI.....	17
2.1.12	Analisis Jumlah Pelanggan Terdampak dalam Evaluasi Keandalan	18
2.1.13	Perencanaan Pemasangan Load Break Switch (LBS) pada Jaringan Distribusi	19
2.1.14	Karakteristik dan Pemilihan Merk Load Break Switch (LBS) pada Jaringan Distribusi.....	21

2.2.	Penelitian yang Relevan.....	25
2.3	Kerangka Pemikiran	27
BAB III METODE PENELITIAN.....		29
3.1	Jenis Penelitian	29
3.2	Populasi dan Sampel	30
3.3	Teknik Pengumpulan Data	31
3.4	Teknik Analisis Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1.	Deskripsi Data.....	34
4.1.1.	Data Gangguan Perfeeder ULP Lubuk Alung 2025	34
4.1.2.	Data Teknis Detail Jaringan Eksisting.....	36
4.1.3.	Data Beban dan Karakteristik Operasi Feeder	37
4.1.4.	Data Gangguan Jaringan	38
4.1.5.	Keandalan Sistem Eksisting	39
4.1.6.	Spesifikasi Teknis LBS Motorized (JOONGWON)	41
4.1.7.	Data Dasar Perhitungan Keandalan.....	42
4.2.	Analisa Data.....	43
4.2.1.	Perhitungan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index).....	43

4.2.2.	Perhitungan SAIDI (System Average Interruption Duration Index).....	44
4.2.3.	Analisis Kebutuhan Pemasangan Load Break Switch Motorized (LBSM).....	44
4.2.4.	Teknis Perancangan Pemasangan LBS-M.....	45
4.2.5.	Kriteria Penentuan Lokasi Optimal LBS-M.....	46
4.2.6.	Perencanaan Teknis Pemasangan LBS Motorized.....	48
4.2.7.	Perancangan Konfigurasi Jaringan Setelah LBS-M	50
4.3.	Pembahasan	53
4.3.1.	Kondisi Keandalan Sistem Distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1.....	53
4.3.2.	Perancangan dan Penentuan Lokasi Optimal Pemasangan Load Break Switch Motorized (LBS-M).....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
51.	Kesimpulan.....	59
52.	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....		61
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....		63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jumlah Pelanggan Terdampak.....	18
Tabel 2. 2 Perbandingan Umum Spesifikasi Teknis Merk Load Break Switch (LBS).....	22
Tabel 4. 1 Gangguan Perfeeder.....	34
Tabel 4. 2 Persentase Gangguan Perpenyulang 2025.....	36
Tabel 4. 3 Penyebab Gangguan.....	36
Tabel 4. 4 Data Teknis Umum Feeder Tapakis	36
Tabel 4. 5 Data Beban Operasi Feeder dan Section 1	37
Tabel 4. 6 Data Gangguan Berdasarkan Waktu	38
Tabel 4. 7 Data kinerja keandalan jaringan tahun 2025 (realisasi vs target SAIDI & SAIFI).	39
Tabel 4. 8 Persentase SAIDI & SAIFI 2025	40
Tabel 4. 9 Spesifikasi LBS Motorized Joongwon.....	41
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Segmentasi Jaringan	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Penyaluran Eenergi Listrik ke Konsumen	5
Gambar 2. 2 Singel Line Diagram Feeder Tapakis	6
Gambar 2. 3 Load Break Switch Motorized	8
Gambar 2. 4 Sistem Distribusi Listrik	11
Gambar 2. 5 LBS Motorized	13
Gambar 2. 6 SCADA Jaringan Listrik	14
Gambar 2. 7 Recloser Jaringan Distribusi.....	15
Gambar 2. 8 Konfigurasi Jaringan Radial.....	16
Gambar 2. 9 Pengaruh Durasi Padam terhadap SAIDI PT PLN ULP Lubuk Alung.....	17
Gambar 2. 10 Singel Line Diagram Pemasangan LBS	20
Gambar 2. 11 Kerangka Pemikiran.....	27
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian	29
Gambar 4. 1 Single Line Diagram Rencana Pemasangan LBSM.....	48
Gambar 4. 2 Grafik Pelanggan Fedeer Tapakis	46
Gambar 4. 3 Rasio Pelanggan Fedeer Tapakis Zona 2 Section 1.....	47
Gambar 4. 4 Grafik Pelangan Terdampak.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup	62
Lampiran 2 Lembar Bimbingan Tugas Akhir	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik merupakan aspek fundamental dalam menjamin kontinuitas penyaluran energi kepada pelanggan. Sistem distribusi berperan penting sebagai penghubung antara jaringan transmisi dan beban akhir, sehingga gangguan sekecil apapun pada jaringan ini dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas pasokan dan kepuasan pelanggan. Keandalan sistem distribusi didefinisikan sebagai kemampuan suatu sistem untuk menyalurkan energi listrik tanpa gangguan berulang dan dengan waktu pemulihan yang minimal[1].

Unit Layanan Pelanggan (ULP) Lubuk Alung merupakan salah satu unit operasional di bawah koordinasi Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Padang dan Unit Induk Distribusi (UID) Sumatera Barat. ULP Lubuk Alung mengelola beberapa penyulang (feeder) tegangan menengah 20 kV, salah satunya adalah Feeder Tapakis yang memasok energi listrik ke wilayah Lubuk Alung dan sekitarnya. Berdasarkan data operasional PLN ULP Lubuk Alung, Feeder Tapakis Zona 2 Section 1, dengan keypoint utama Recloser Sei Abang, merupakan salah satu bagian yang sering mengalami gangguan.

Dalam kurun waktu 04 Januari 2024 hingga 28 Juli 2025, tercatat sebanyak 31 kali gangguan yang menyebabkan pemadaman sebagian pelanggan wilayah tersebut. Frekuensi gangguan yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa keandalan jaringan Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 masih berada dibawah standar kinerja yang diharapkan, dan diperlukan upaya teknis untuk menurunkan frekuensi serta durasi padam akibat gangguan.

Salah satu penyebab utama tingginya waktu padam adalah lamanya proses isolasi dan manuver jaringan saat terjadi gangguan. Proses isolasi yang masih dilakukan secara manual yang menyebabkan waktu penulusuran gangguan dan pengalihan suplai menjadi lama. Akibatnya nilai SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) menjadi tinggi. Untuk Mengatasi hal ini,

perlu dilakukan otomatisasi sistem distribusi dengan memasang Load Break Switch (LBS) tipe Motorized pada titik strategis jaringan.

Penerapan Load Break Switch Motorized (LBS-M) terbukti secara ilmiah mampu meningkatkan keandalan jaringan dengan mempercepat proses isolasi gangguan dan pengalihan suplai. Penggunaan LBS dapat meningkatkan kestabilan tegangan pada ujung penyulang dari 19,27 kV menjadi 19,7 kV serta menurunkan rugi daya dari 0,183 MW menjadi 0,116 MW[2]. Pemasangan LBS-M secara strategis dapat menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI secara signifikan melalui pengurangan area terdampak saat terjadi gangguan[3].

Secara industri, penerapan Remote-Controlled Switches (RCS) dan Load Break Switch Motorized (LBS-M) juga menjadi bagian dari transformasi sistem distribusi menuju konsep Smart Grid. Laporan dari U.S Department of Energy (DOE) menyebutkan bahwa penerapan penerapan sistem otomatisasi jaringan berbasis *automated feeder switching* dapat menurunkan indeks SAIFI hingga 49 % dan MAIFI hingga 35 % dibandingkan sistem manual [4].

Melalui pendekatan tersebut, penerapan Load Break Switch Motorized pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 ULP Lubuk Alung diharapkan dapat mempercepat proses isolasi, meminimalkan luas wilayah terdampak gangguan, serta menurunkan waktu padam total pelanggan. Penelitian ini berfokus pada perancangan pemasangan LBS Motorized dengan mempertimbangkan aspek teknis, operasional, dan keandalan sistem, sebagai langkah konkret dalam meningkatkan kinerja keandalan jaringan distribusi 20 kV di wilayah kerja ULP Lubuk Alung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapatkan rumusan masalah untuk pembahasan pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana kondisi aktual keandalan sistem distribusi pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 ULP Lubuk Alung, khususnya pada titik Recloser Sei Abang, berdasarkan frekuensi dan durasi gangguan yang terjadi?

2. Bagaimana perancangan dan penentuan lokasi optimal pemasangan Load Break Switch Motorized (LBS-M) untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1?

1.3 Tujuan

Melihat rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis kondisi eksisting keandalan jaringan Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 berdasarkan data historis gangguan periode 04 Januari 2024 – 28 Juli 2025, meliputi frekuensi gangguan, lama pemadaman, dan luas area terdampak.
2. Merancang sistem pemasangan Load Break Switch Motorized (LBS-M) pada titik strategis jaringan dengan mempertimbangkan konfigurasi jaringan eksisting, karakteristik beban, serta pola gangguan yang sering terjadi di titik Recloser Sei Abang..

1.4 Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian ini, manfaat yang di dapatkan sebagai berikut:

1. Memberikan rancangan dan rekomendasi teknis penerapan Load Break Switch (LBS) Motorized pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi, khususnya dalam menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI.
2. Membantu PT PLN (Persero) ULP Lubuk Alung dalam mempercepat proses isolasi dan restorasi gangguan melalui pengoperasian jarak jauh berbasis SCADA, sehingga meningkatkan efisiensi penanganan gangguan di lapangan.
3. Menjadi referensi ilmiah bagi mahasiswa dan peneliti di bidang Teknik Tenaga Listrik mengenai penerapan Load Break Switch Motorized dalam sistem distribusi 20 kV sebagai langkah menuju implementasi Smart Grid.
4. Mendukung program transformasi digital PLN UID Sumatera Barat melalui peningkatan keandalan, efisiensi operasional, serta kualitas pelayanan pelanggan.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, untuk mendapat hasil yang diharapkan maka penulis membatasi pembahasan dengan membuat ruang lingkup masalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Lubuk Alung – UP3 Padang – UID Sumatera Barat, dengan keypoint Recloser Sei Abang yang mengalami 31 kali gangguan selama periode 04 Januari 2024 sampai 28 Juli 2025.
2. Kajian hanya mencakup analisis keandalan sistem distribusi 20 kV dengan parameter utama SAIDI, SAIFI sebelum dan sesudah pemasangan Load Break Switch (LBS) Motorized.
3. Fokus penelitian diarahkan pada penentuan lokasi optimal dan pengaruh pemasangan LBS Motorized terhadap peningkatan keandalan jaringan, bukan pada seluruh sistem distribusi ULP Lubuk Alung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

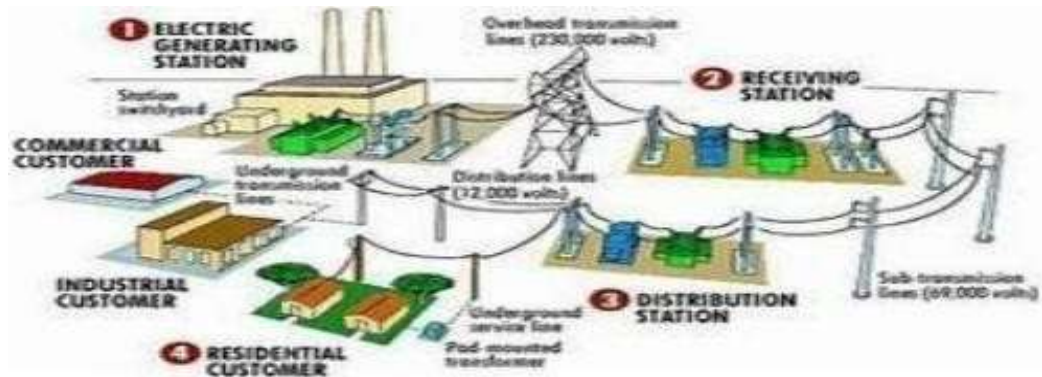
2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian akhir dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan energi dari sistem transmisi ke konsumen dengan tingkat tegangan yang sesuai. Sistem ini biasanya beroperasi pada tegangan menengah (6,6–20 kV) dan tegangan rendah (220/380 V) [5].

Jaringan distribusi pada umumnya menggunakan konfigurasi radial, di mana aliran daya berasal dari satu sumber menuju beban tanpa jalur balik. Kelebihan sistem radial adalah sederhana dan ekonomis, namun kelemahannya terletak pada tingkat keandalan yang rendah karena jika terjadi gangguan pada salah satu titik, maka seluruh pelanggan di belakang titik tersebut akan mengalami pemadaman [6].

Untuk meningkatkan keandalan, PLN menerapkan otomatisasi sistem distribusi, di antaranya melalui pemasangan Load Break Switch (LBS) Motorized yang dapat dioperasikan secara jarak jauh menggunakan sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) [7].



Gambar 2. 1 Sistem Penyaluran Eenergi Listrik ke Konsumen

Gambar 2. 2 Singel Line Diagram Feeder Tapakis

2.1.2 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan (reliability) merupakan ukuran kemampuan sistem tenaga listrik untuk menyalurkan energi secara kontinu dengan gangguan minimal [8]. Dalam sistem distribusi, keandalan diukur menggunakan beberapa indeks standar IEEE, antara lain:

1. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Menunjukkan frekuensi rata-rata gangguan yang dialami pelanggan dalam periode tertentu:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^N NiN_iNi}{NTN_TNT} \quad (2.1)$$

Keterangan:

= jumlah pelanggan yang mengalami gangguan pada kejadian ke-i

= total pelanggan yang dilayani

di mana NiN_iNi = jumlah pelanggan yang terdampak gangguan, dan NTN_TNT
= total pelanggan yang dilayani.

2. SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Menggambarkan durasi rata-rata pemadaman listrik yang dialami pelanggan:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^N NiD_iDi}{NTN_TNT} \quad (2.2)$$

Keterangan:

= jumlah pelanggan terdampak pada kejadian ke-i

= durasi gangguan (jam/menit) pada kejadian ke-i

= total pelanggan yang dilayani

Ketiga indeks ini menjadi parameter utama dalam menilai performa keandalan jaringan distribusi. Semakin kecil nilai SAIDI dan SAIFI, maka semakin andal sistem distribusi yang bersangkutan[9].

2.1.3 Load Break Switch (LBS)

a. Pengertian Load Break Switch Motorized

Load Break Switch Motorized (LBS-M) adalah perangkat pemutus beban tegangan menengah yang dilengkapi dengan motor penggerak elektrik dan sistem kendali jarak jauh (remote control system). Fungsi utamanya adalah memutus dan menghubungkan arus listrik dalam kondisi berbeban secara otomatis, serta memungkinkan pengoperasian dari pusat kendali SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) tanpa intervensi langsung di lapangan [10].

LBS-M termasuk dalam kategori *switching device* yang dapat beroperasi di bawah arus nominal sistem untuk melakukan proses isolasi dan manuver jaringan. Keberadaan motor listrik sebagai aktuator membuat alat ini mampu melakukan tindakan otomatisasi jaringan (automatic feeder switching) dalam sistem distribusi 20 kV yang dikelola oleh PLN [11].

Dalam konteks modernisasi jaringan distribusi, LBS-M menjadi komponen penting dalam sistem Smart Distribution Network, karena berperan dalam mempercepat proses isolasi gangguan, mengurangi area terdampak pemadaman, serta meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan [12].



Gambar 2. 3 Load Break Switch Motorized

b. Prinsip Kerja dan Struktur Load Break Switch Motorized

Prinsip kerja LBS Motorized didasarkan pada mekanisme arc-quenching (pemadaman busur api) di dalam ruang pemutus (*interrupter chamber*). Ketika perintah buka (*open command*) diberikan melalui sistem kendali, motor penggerak akan menggerakkan tuas

mekanis pemutus. Proses ini memutus aliran arus listrik pada kondisi berbeban dengan cepat, sementara busur api yang terbentuk dipadamkan oleh gas isolasi (biasanya SF₆ atau udara bertekanan) [13].

Struktur utama LBS Motorized meliputi:

1. Ruang Pemutus (Interrupter Chamber) – tempat terjadinya proses pemutusan arus berbeban.
2. Motor Actuator – penggerak elektromekanis yang memungkinkan operasi buka-tutup secara otomatis.
3. Kontrol Elektronik (Control Unit) – berfungsi menerima sinyal perintah dari SCADA atau panel lokal.
4. Sistem Komunikasi (Communication Module) – digunakan untuk mengirimkan data status posisi saklar (open/close) dan menerima perintah kendali dari pusat kontrol.
5. Sensor Tegangan dan Arus – mendeteksi kondisi beban dan tegangan untuk menjamin keamanan operasi.

Dengan sistem ini, operator dapat memantau, mengendalikan, dan melakukan manuver jaringan secara real-time melalui *Remote Terminal Unit (RTU)* yang terhubung ke Distribution Control Center (DCC).

c. Fungsi dan Peranan LBS Motorized dalam Sistem Distribusi

Fungsi utama LBS Motorized dalam jaringan distribusi tenaga listrik antara lain :

1. Isolasi Gangguan Otomatis

LBS-M mampu memisahkan bagian jaringan yang terganggu secara cepat, sehingga pemadaman tidak meluas ke seluruh penyulang.

2. Manuver Beban Jarak Jauh

Operator dapat melakukan pengalihan beban dari sumber lain melalui sistem SCADA

tanpa turun ke lapangan.

3. Pemulihan Daya (Service Restoration)

Setelah isolasi selesai, LBS-M dapat menutup kembali jaringan secara otomatis, mempercepat proses pemulihan suplai listrik.

4. Peningkatan Keandalan Sistem

Penggunaan LBS-M terbukti menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI secara signifikan. Penerapan LBS-M dapat menurunkan durasi padam rata-rata hingga 40% dan frekuensi gangguan hingga 35% [14].

5. Integrasi Smart Grid

Sebagai bagian dari sistem otomasi, LBS-M berperan penting dalam implementasi Smart Distribution System yang menjadi arah kebijakan PLN UID Sumatera Barat.

2.1.4 Sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

SCADA merupakan sistem kendali dan pengawasan jarak jauh yang digunakan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Melalui SCADA, operator dapat memantau kondisi jaringan, melakukan manuver beban, serta membuka atau menutup saklar seperti Recloser dan Load Break Switch Motorized dari pusat kontrol [15].

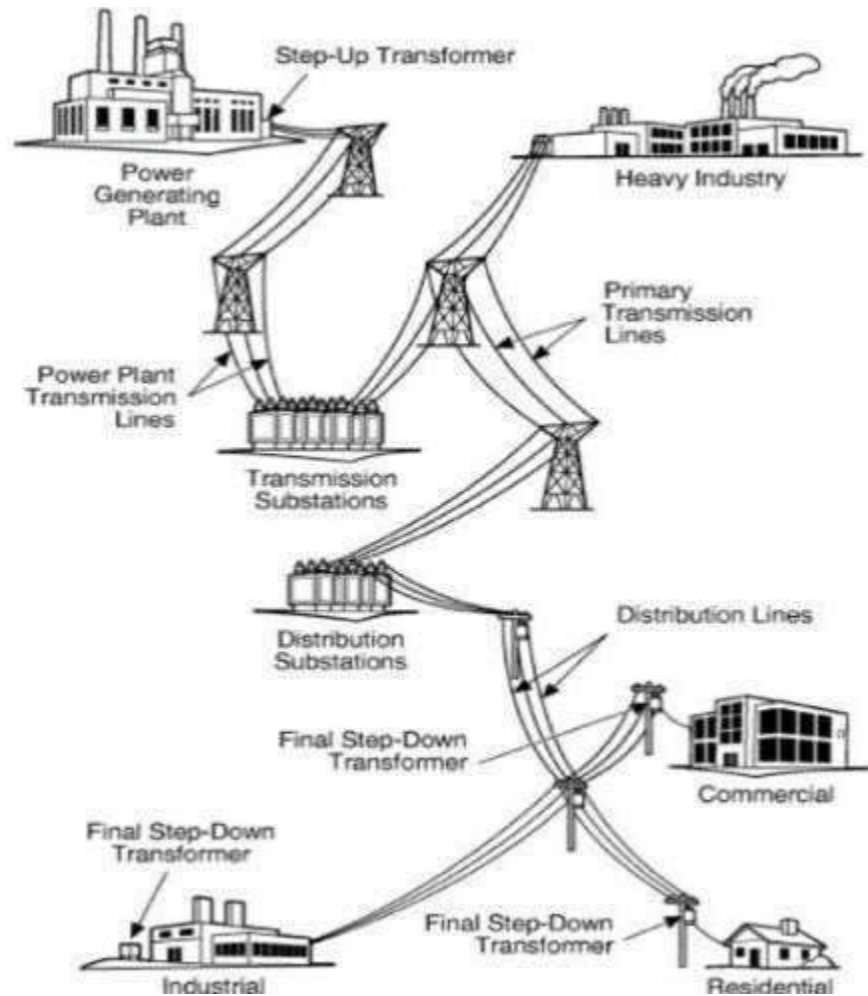
Integrasi SCADA pada sistem distribusi dapat mempercepat waktu respon terhadap gangguan hingga 60% dibandingkan sistem manual. SCADA juga memungkinkan analisis berbasis data historis untuk menentukan lokasi optimal peralatan switching otomatis [16].

Dalam konteks Feeder Tapakis Zona 2 Section 1, penerapan LBS Motorized yang terintegrasi dengan SCADA diharapkan dapat mengurangi waktu isolasi gangguan di Recloser Sei Abang, sehingga menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI secara signifikan.

2.1.5 Keandalan Sistem Tenaga Listrik pada Jaringan Distribusi

Keandalan sistem tenaga listrik merupakan kemampuan sistem untuk menyalurkan energi listrik secara kontinu kepada pelanggan dengan tingkat gangguan seminimal mungkin. Pada jaringan distribusi, keandalan menjadi aspek yang sangat penting karena

jaringan inilah yang secara langsung berhubungan dengan pelanggan. Setiap gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi akan berdampak langsung pada kualitas pelayanan dan kepuasan pelanggan.



Gambar 2. 4 Sistem Distribusi Listrik

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, gangguan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kondisi lingkungan, usia peralatan, kesalahan operasi, maupun gangguan eksternal seperti pohon tumbang dan hewan. Oleh karena itu, keandalan sistem distribusi tidak hanya ditentukan oleh kualitas peralatan, tetapi juga oleh desain jaringan, sistem proteksi, serta metode pengoperasian jaringan tersebut.

Secara kuantitatif, tingkat keandalan sistem distribusi dinilai menggunakan indeks

keandalan yang telah distandardisasi secara internasional, seperti SAIDI dan SAIFI. Indeks-indeks ini digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja jaringan dan menjadi parameter utama dalam penelitian ini untuk menilai kondisi eksisting serta perencanaan peningkatan keandalan pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1.

2.1.6 Hubungan Segmentasi Jaringan dengan Nilai SAIDI dan SAIFI

Segmentasi jaringan distribusi merupakan salah satu metode utama untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik. Dengan membagi jaringan menjadi beberapa section yang lebih kecil, gangguan yang terjadi pada satu section tidak akan memadamkan seluruh feeder. Segmentasi ini dilakukan dengan menambahkan peralatan switching pada titik-titik strategis jaringan.

Tanpa segmentasi yang baik, satu gangguan akan menyebabkan pemadaman pada seluruh pelanggan di belakang titik gangguan. Hal ini akan meningkatkan nilai SAIFI karena banyak pelanggan terdampak, serta meningkatkan nilai SAIDI karena proses pemulihan menjadi lebih lama. Oleh karena itu, segmentasi jaringan memiliki pengaruh langsung terhadap kedua indeks keandalan tersebut.

Dalam perencanaan segmentasi jaringan, digunakan pendekatan perhitungan jumlah pelanggan per section sebagai berikut:

$$' = \quad (2.3)$$

dengan:

'=jumlah pelanggan per section setelah segmentasi

=jumlah pelanggan sebelum segmentasi

= jumlah section hasil pembagian

Pendekatan ini digunakan pada Bab IV untuk mengevaluasi efektivitas perencanaan pemasangan LBS Motorized.

2.1.7 Load Break Switch Motorized (LBS-M) sebagai Solusi Otomasi Jaringan

Load Break Switch Motorized merupakan pengembangan dari LBS konvensional yang dilengkapi dengan sistem penggerak motor dan antarmuka komunikasi. Dengan teknologi ini, operasi buka-tutup jaringan dapat dilakukan secara otomatis atau melalui perintah jarak jauh dari pusat pengendalian.



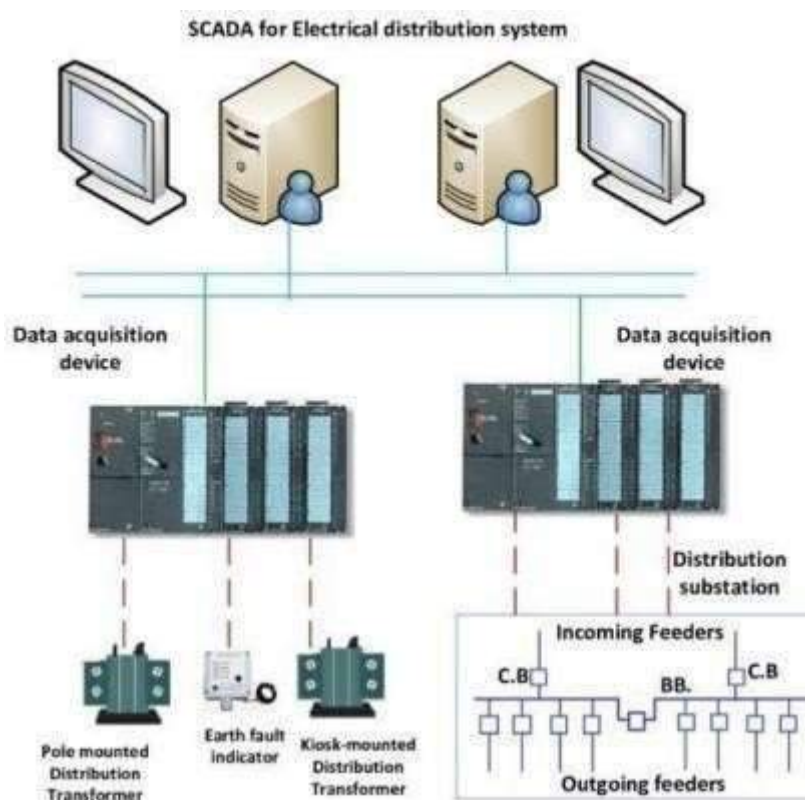
Gambar 2. 5 LBS Motorized

Keunggulan utama LBS Motorized adalah kemampuannya dalam mempercepat proses isolasi gangguan dan restorasi suplai listrik. Waktu yang sebelumnya dibutuhkan untuk perjalanan petugas dan manuver manual dapat dikurangi secara signifikan. Hal ini berdampak langsung pada penurunan nilai SAIDI.

Selain itu, LBS Motorized juga berperan dalam mengurangi nilai SAIFI karena mampu membatasi area terdampak gangguan melalui segmentasi jaringan yang lebih baik. Oleh karena itu, perencanaan pemasangan LBS Motorized menjadi salah satu strategi utama dalam peningkatan keandalan sistem distribusi.

2.1.8 Sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) pada Jaringan Distribusi

Sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) merupakan sistem pengendalian dan pemantauan jarak jauh yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pengoperasian jaringan distribusi tenaga listrik. SCADA memungkinkan operator di pusat pengendalian untuk memantau kondisi jaringan secara real-time, termasuk parameter arus, tegangan, status saklar, serta indikasi gangguan yang terjadi di lapangan. Dengan sistem ini, keputusan operasional dapat diambil secara cepat dan tepat berdasarkan data aktual.



Gambar 2. 6 SCADA Jaringan Listrik

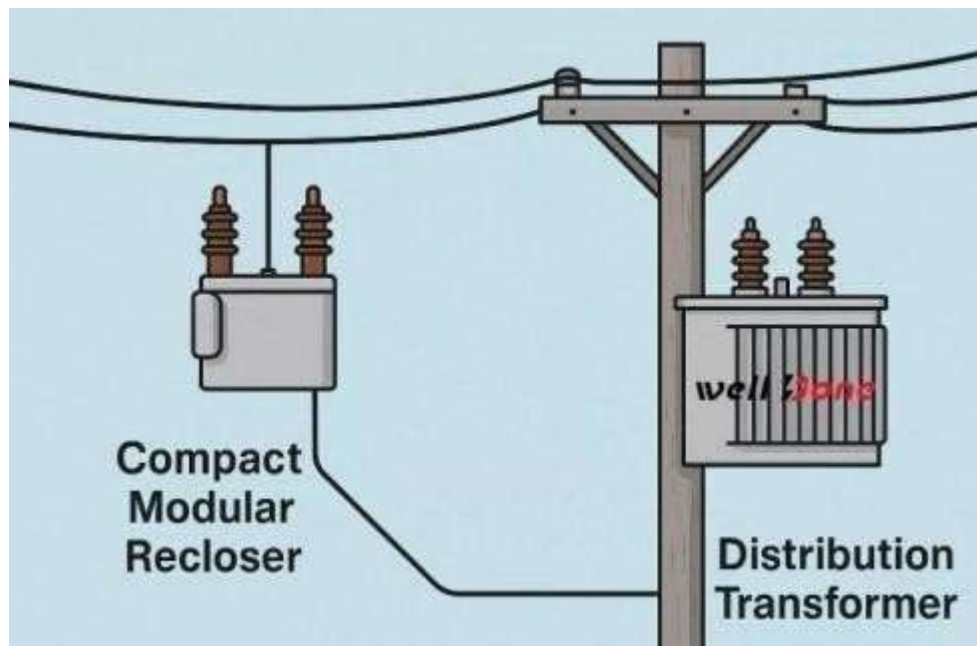
Pada jaringan distribusi konvensional tanpa SCADA, proses penanganan gangguan sangat bergantung pada laporan pelanggan dan inspeksi lapangan oleh petugas. Kondisi ini menyebabkan keterlambatan dalam identifikasi lokasi gangguan dan memperpanjang durasi pemadaman. Dengan integrasi SCADA, informasi gangguan dapat diterima secara

langsung oleh operator, sehingga proses isolasi gangguan dapat segera dilakukan tanpa menunggu konfirmasi manual dari lapangan.

Dalam konteks keandalan sistem distribusi, SCADA memiliki peran penting dalam menurunkan nilai SAIDI karena mampu mempercepat proses restorasi suplai listrik. Selain itu, dengan adanya kendali jarak jauh terhadap peralatan switching seperti LBS Motorized, SCADA juga mendukung segmentasi jaringan yang lebih efektif, sehingga jumlah pelanggan terdampak gangguan dapat dikurangi dan nilai SAIFI menjadi lebih rendah.

2.1.9 Koordinasi Proteksi antara Recloser dan Load Break Switch Motorized

Koordinasi proteksi merupakan pengaturan kerja antar peralatan proteksi pada jaringan distribusi agar gangguan dapat diisolasi secara selektif dan efisien. Pada feeder distribusi, peralatan proteksi utama seperti recloser harus dikoordinasikan dengan peralatan switching lainnya, termasuk Load Break Switch Motorized, untuk memastikan bahwa hanya bagian jaringan yang terganggu saja yang diputuskan.



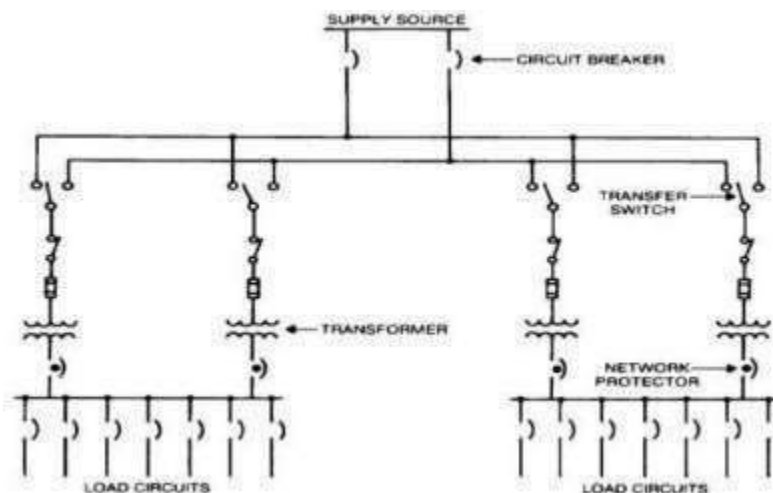
Gambar 2. 7 Recloser Jaringan Distribusi

Recloser berfungsi sebagai pengaman utama yang akan membuka rangkaian secara otomatis ketika terjadi gangguan arus lebih atau hubung singkat. Namun, tanpa dukungan segmentasi jaringan yang baik, operasi recloser dapat menyebabkan pemadaman meluas. Dengan adanya LBS Motorized yang terkoordinasi dengan recloser, proses isolasi gangguan dapat dilakukan secara bertahap, sehingga area yang tidak terganggu dapat segera dipulihkan.

Koordinasi proteksi yang baik akan berdampak langsung terhadap peningkatan keandalan sistem distribusi. Dengan pengaturan koordinasi yang tepat, jumlah pelanggan terdampak gangguan dapat diminimalkan, sehingga nilai SAIFI menurun. Selain itu, waktu pemulihan suplai listrik juga menjadi lebih singkat karena proses manuver jaringan dapat dilakukan secara sistematis dan terencana.

2.1.10 Konfigurasi Jaringan Distribusi Radial dan Kelemahannya

Konfigurasi jaringan distribusi radial merupakan konfigurasi yang paling umum digunakan pada sistem distribusi tenaga listrik, khususnya di wilayah dengan kepadatan beban rendah hingga menengah. Pada konfigurasi ini, energi listrik disalurkan dari satu sumber menuju pelanggan melalui satu jalur utama tanpa jalur alternatif. Keunggulan utama jaringan radial adalah kesederhanaan desain dan biaya investasi yang relatif rendah.



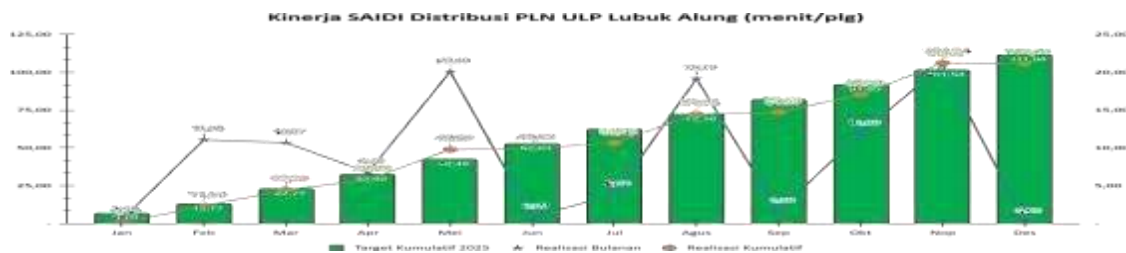
Gambar 2. 8 Konfigurasi Jaringan Radial

Namun, jaringan distribusi radial memiliki kelemahan utama dari sisi keandalan. Apabila terjadi gangguan pada satu titik di jalur utama, maka seluruh pelanggan di bagian hilir jaringan akan mengalami pemadaman. Kondisi ini menyebabkan jaringan radial sangat rentan terhadap gangguan, terutama pada feeder dengan panjang jaringan yang besar dan jumlah pelanggan yang banyak.

Dalam penelitian ini, Feeder Tapakis memiliki konfigurasi jaringan radial, sehingga satu gangguan pada Zona 2 Section 1 dapat berdampak pada banyak pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan keandalan melalui penambahan peralatan switching dan segmentasi jaringan, seperti yang dianalisis melalui perencanaan pemasangan LBS Motorized.

2.1.11 Pengaruh Durasi Pemadaman terhadap Nilai SAIDI

Durasi pemadaman merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi nilai SAIDI pada sistem distribusi tenaga listrik. Semakin lama waktu pemadaman yang dialami pelanggan, maka semakin besar nilai SAIDI yang dihasilkan. Durasi pemadaman ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti waktu deteksi gangguan, waktu perjalanan petugas, serta kompleksitas manuver jaringan.



Gambar 2. 9 Pengaruh Durasi Padam terhadap SAIDI PT PLN ULP Lubuk Alung Pada

sistem distribusi tanpa otomasi, durasi pemadaman cenderung lebih lama karena proses penanganan gangguan dilakukan secara manual. Petugas harus melakukan penelusuran gangguan di lapangan, mengidentifikasi lokasi gangguan, dan melakukan manuver jaringan secara bertahap. Proses ini membutuhkan waktu yang tidak sedikit, terutama pada jaringan dengan cakupan wilayah yang luas.

Dengan penerapan peralatan switching otomatis seperti LBS Motorized dan dukungan SCADA, durasi pemadaman dapat ditekan secara signifikan. Hal ini karena proses isolasi gangguan dan restorasi suplai dapat dilakukan lebih cepat dan terkoordinasi, sehingga nilai SAIDI dapat diturunkan sebagaimana dianalisis pada Bab IV.

2.1.12 Analisis Jumlah Pelanggan Terdampak dalam Evaluasi Keandalan

Jumlah pelanggan terdampak merupakan parameter penting dalam evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Parameter ini secara langsung mempengaruhi nilai SAIFI dan SAIDI, karena kedua indeks tersebut mempertimbangkan jumlah pelanggan yang mengalami gangguan. Oleh karena itu, analisis jumlah pelanggan terdampak menjadi dasar utama dalam perencanaan peningkatan keandalan jaringan.

Tabel 2. 1 Jumlah Pelanggan Tedampak

Bulan	Jumlah Plg	Jam x Plg Padam		Plg Padam	
		Bulanan	Kumulatif	Bulanan	Kumulatif
Jan	64,838	525	525	570	570
Feb	65,027	12,006	12,530	12,161	12,731
Mar	65,209	11,595	24,126	7,968	20,699
Apr	65,402	7,371	31,496	6,059	26,758
Mei	65,624	21,980	53,476	9,869	36,627
Jun	65,809	954	54,430	1,064	37,691
Jul	66,040	4,212	58,642	1,960	39,651
Agus	66,264	21,150	79,792	6,290	45,941
Sep	66,460	1,767	81,559	1,851	47,792
Okt	66,683	13,215	94,774	12,805	60,597
Nop	66,683	23,297	118,071	11,516	72,113
Des	66,983	275	118,345	140	72,253

Pada jaringan distribusi tanpa segmentasi yang memadai, satu gangguan dapat menyebabkan pemadaman pada seluruh pelanggan di belakang titik gangguan. Kondisi ini

menyebabkan jumlah pelanggan terdampak menjadi besar, sehingga nilai SAIFI dan SAIDI meningkat. Hal ini terjadi meskipun frekuensi gangguan relatif rendah.

Dalam perencanaan keandalan, digunakan pendekatan pengurangan pelanggan terdampak melalui segmentasi jaringan. Secara matematis, pengurangan pelanggan terdampak dapat dinyatakan sebagai:

$$= \frac{N - N'}{N} \times 100\% \quad (2.4)$$

dengan:

N = jumlah pelanggan terdampak sebelum segmentasi

N' = jumlah pelanggan terdampak setelah segmentasi

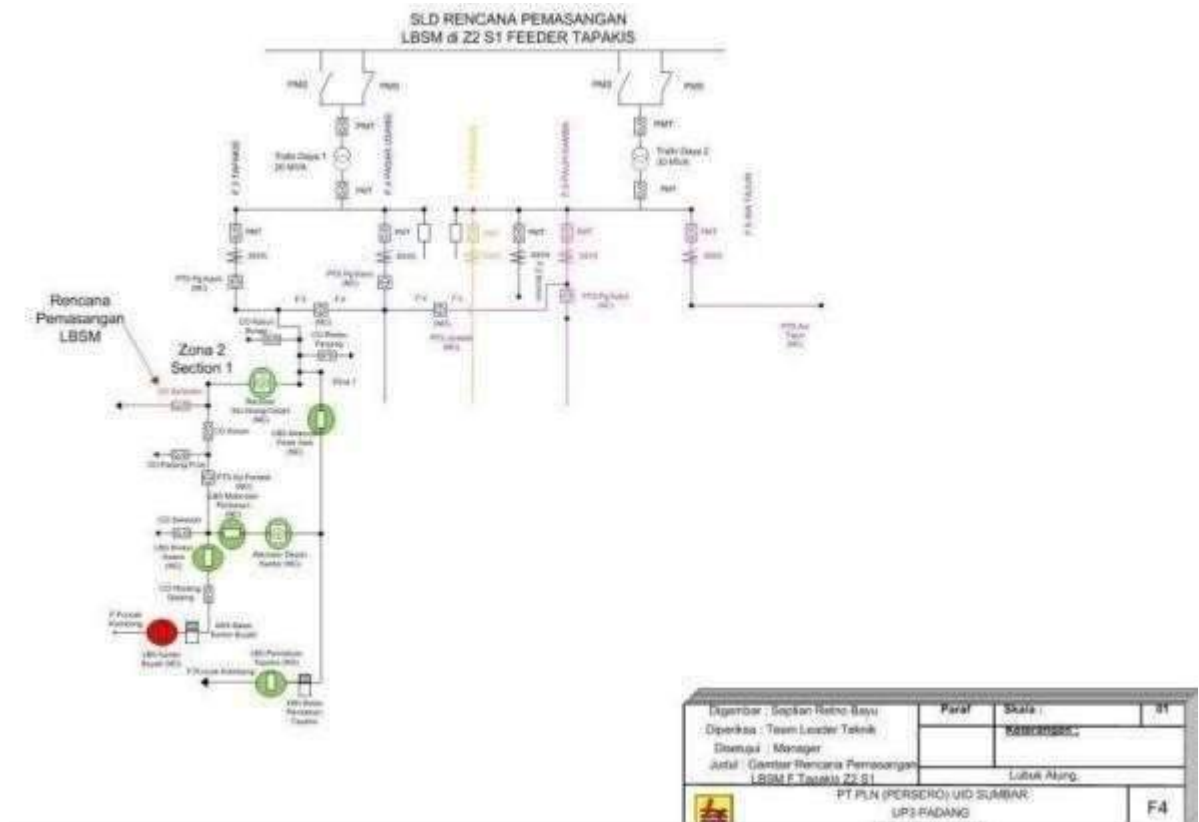
Rumus ini digunakan pada Bab IV untuk mengevaluasi efektivitas perencanaan pemasangan LBS Motorized pada Feeder Tapakis.

2.1.13 Perencanaan Pemasangan Load Break Switch (LBS) pada Jaringan Distribusi

Perencanaan pemasangan Load Break Switch (LBS) pada jaringan distribusi tenaga listrik merupakan tahapan penting dalam upaya peningkatan keandalan sistem. Perencanaan ini dilakukan untuk menentukan lokasi pemasangan LBS yang paling efektif dalam membatasi area terdampak gangguan serta mempercepat proses pemulihan suplai listrik. LBS dipasang bukan sekadar sebagai peralatan pemutus, tetapi sebagai bagian dari strategi segmentasi jaringan agar sistem distribusi dapat dioperasikan secara lebih fleksibel dan selektif.

Dalam perencanaan pemasangan LBS, beberapa faktor utama harus dipertimbangkan, antara lain konfigurasi jaringan, distribusi jumlah pelanggan, panjang jaringan, serta riwayat gangguan. Pada jaringan distribusi dengan konfigurasi radial, satu gangguan dapat menyebabkan pemadaman pada seluruh pelanggan di sisi hilir jaringan. Oleh karena itu, pemasangan LBS direncanakan pada titik-titik strategis yang mampu

memisahkan jaringan menjadi beberapa section operasional. Dengan demikian, gangguan yang terjadi hanya berdampak pada section tertentu tanpa memadamkan seluruh feeder.



Gambar 2. 10 Singel Line Diagram Pemasangan LBS

Pendekatan kuantitatif digunakan dalam perencanaan pemasangan LBS untuk memastikan bahwa lokasi yang dipilih memberikan dampak maksimal terhadap peningkatan keandalan. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah analisis jumlah pelanggan pada setiap section jaringan.

Selain itu, perencanaan pemasangan LBS juga mempertimbangkan potensi penurunan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI. Dengan berkurangnya jumlah pelanggan terdampak dan semakin cepatnya proses isolasi gangguan, nilai SAIFI dapat ditekan karena frekuensi gangguan yang dirasakan pelanggan menjadi lebih kecil. Sementara itu, nilai

SAIDI dapat diturunkan karena durasi pemadaman menjadi lebih singkat akibat kemudahan manuver jaringan.

Dalam penelitian ini, perencanaan pemasangan LBS difokuskan pada Zona 2 Section 1 Feeder Tapakis, yang memiliki jumlah pelanggan besar dan berpotensi menimbulkan dampak pemadaman yang luas. Perencanaan ini dilakukan sebagai langkah strategis untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi secara menyeluruh dan menjadi dasar analisis pada Bab IV dalam mengevaluasi peningkatan kinerja sistem distribusi tenaga listrik.

2.1.14 Karakteristik dan Pemilihan Merk Load Break Switch (LBS) pada Jaringan Distribusi

Pemilihan merk Load Break Switch (LBS) pada jaringan distribusi tenaga listrik merupakan bagian penting dalam tahap perencanaan peralatan sistem distribusi. Setiap merk LBS memiliki karakteristik teknis, fitur operasional, serta tingkat kompatibilitas yang berbeda terhadap sistem jaringan dan sistem pengendalian yang digunakan oleh perusahaan penyedia tenaga listrik. Oleh karena itu, pemilihan merk LBS tidak hanya didasarkan pada ketersediaan di pasaran, tetapi juga harus mempertimbangkan kesesuaian spesifikasi teknis dengan kebutuhan sistem, tingkat keandalan, serta kemudahan integrasi dengan sistem otomasi dan SCADA.

Beberapa merk LBS yang umum digunakan dan tersedia di pasar jaringan distribusi tegangan menengah antara lain ENTEC, SINTRA, TECHPRO, KWANGMYUNG, SCHNEIDER, JOONGWON, COOPER, JINKWANG, YASKAWA, SHINSUNG, ADVVC, dan RECCOOPER. Merek-merek tersebut berasal dari berbagai produsen internasional maupun regional yang telah mengembangkan LBS untuk aplikasi jaringan distribusi luar ruang (outdoor) maupun dalam gardu distribusi. Perbedaan utama antar merk biasanya terletak pada media pemutus, kapasitas arus nominal, kemampuan pemutusan arus gangguan, sistem penggerak (manual atau motorized), serta dukungan sistem komunikasi untuk keperluan otomasi jaringan.

Dalam konteks perencanaan pemasangan LBS pada jaringan distribusi, karakteristik teknis seperti tegangan nominal, arus nominal, breaking capacity, dan tingkat proteksi lingkungan menjadi parameter utama yang harus dipenuhi. Selain itu, kemampuan LBS untuk dioperasikan secara motorized dan terintegrasi dengan sistem pengendalian jarak jauh menjadi faktor penting dalam mendukung peningkatan keandalan jaringan. LBS dengan kemampuan motorized memungkinkan proses isolasi gangguan dan manuver jaringan dilakukan lebih cepat dibandingkan LBS manual, sehingga berdampak langsung pada penurunan durasi pemadaman dan peningkatan keandalan sistem.

Tabel 2. 2 Perbandingan Umum Spesifikasi Teknis Merk Load Break Switch (LBS)

Merk	Tegangan Nominal (kV)	Arus Nominal (A)	Breaking Capacity (kA)	Media Pemutus	Motorized
ENTEC	24-Dec	200–1250	12,5–25	SF ₆ / Vacuum	Ya
SINTRA	24-Dec	400–1250	12,5–20	SF ₆ / Vacuum	Ya
TECHPRO	24-Dec	200–630	10–16	Vacuum	Opsional
KWANGMYUNG	24-Dec	400–1250	12,5–16	SF ₆	Ya

Merk	Tegangan Nominal (kV)	Arus Nominal (A)	Breaking Capacity (kA)	Media Pemutus	Motorized
SCHNEIDER	24-Dec	200–1250	12,5–25	Vacuum / SF ₆	Ya
JOONGWON	24-Dec	200–630	12–16	SF ₆ / Vacuum	Ya
COOPER	24-Dec	200–1250	12,5–25	Vacuum / SF ₆	Ya
JINKWANG	24-Dec	200–630	12,5–16	SF ₆	Ya
YASKAWA	–	–	–	–	Ya (motor)
SHINSUNG	24-Dec	200–1250	12,5–20	SF ₆ / Vacuum	Ya

Merk	Tegangan Nominal (kV)	Arus Nominal (A)	Breaking Capacity (kA)	Media Pemutus	Motorized
ADVC	24-Dec	200–630	12–16	Vacuum	Ya
RECCOOPER	24-Dec	200–1250	12,5–25	Vacuum / SF ₆	Ya

Berdasarkan tabel perbandingan spesifikasi, dapat diketahui bahwa secara umum seluruh merk LBS yang digunakan telah memenuhi kebutuhan dasar jaringan distribusi tegangan menengah, yaitu mampu beroperasi pada tegangan 12 kV hingga 24 kV serta memiliki kapasitas arus nominal yang sesuai dengan beban feeder distribusi. Namun demikian, perbedaan karakteristik teknis antar merk perlu diperhatikan secara cermat dalam tahap perencanaan, khususnya terkait kemampuan pemutusan arus gangguan dan dukungan sistem otomasi.

Merk-merk LBS yang telah dilengkapi dengan sistem penggerak motorized dan antarmuka komunikasi memiliki keunggulan dalam mendukung peningkatan keandalan jaringan. Dengan fitur motorized, LBS dapat dioperasikan dari jarak jauh sehingga proses isolasi gangguan dapat dilakukan lebih cepat tanpa menunggu petugas di lapangan. Hal ini sangat relevan dengan analisis keandalan yang dilakukan pada Bab IV, di mana pengurangan durasi pemadaman dan jumlah pelanggan terdampak menjadi faktor utama dalam penurunan nilai indeks SAIDI dan SAIFI.

Dalam penelitian ini, LBS merk **JOONGWON** dipilih sebagai acuan perencanaan karena memiliki spesifikasi teknis yang sesuai dengan kebutuhan jaringan, mendukung pengoperasian motorized, serta kompatibel dengan sistem pengendalian jarak jauh.

Pemilihan merk ini didasarkan pada pertimbangan teknis dan operasional, bukan semata-mata faktor merek, sehingga hasil perencanaan tetap bersifat objektif dan dapat diaplikasikan pada merk LBS lain dengan spesifikasi setara.

Dengan demikian, pembahasan mengenai merk LBS dalam penelitian ini tidak dimaksudkan untuk membandingkan kualitas antar produsen secara komersial, melainkan untuk menunjukkan bahwa pemilihan LBS dalam perencanaan jaringan distribusi harus mempertimbangkan kesesuaian spesifikasi teknis, kemampuan otomasi, serta kontribusinya terhadap peningkatan keandalan sistem distribusi tenaga listrik.

2.2. Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan kajian mengenai penerapan Load Break Switch Motorized untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi dijabarkan sebagai berikut:

1. Menurut Izadd, A. (2022), dalam jurnal yang berjudul “Load Break Analysis on Distribution Feeder Power Flow using ETAP Software” Studi ini menggunakan simulasi ETAP 12.6.0 untuk menganalisis pengaruh pemasangan Load Break Switch (LBS) terhadap profil tegangan dan rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan tegangan ujung penyulang dari 19,27 kV menjadi 19,7 kV serta penurunan rugi daya dari 0,183 MW menjadi 0,116 MW [17]
2. Menurut Agarwal, U., Jain, N., & Kumawat, M. (2022), dalam jurnal yang berjudul “Reliability Enhancement of Distribution Networks with Remote-Controlled Switches Considering Load Growth under the Effects of Hidden Failures and Component Aging” Penelitian ini menganalisis dampak penerapan Remote-Controlled Switches (RCS) pada sistem distribusi 11 kV dan 20 kV. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pemasangan peralatan otomasi seperti LBS Motorized dan Recloser dapat menurunkan nilai SAIFI hingga 49% dan SAIDI hingga 35% dibandingkan sistem manual. Studi ini juga menunjukkan bahwa pertumbuhan beban

dan usia komponen berpengaruh terhadap tingkat keandalan, sehingga dibutuhkan strategi perencanaan berbasis otomatisasi jaringan [18].

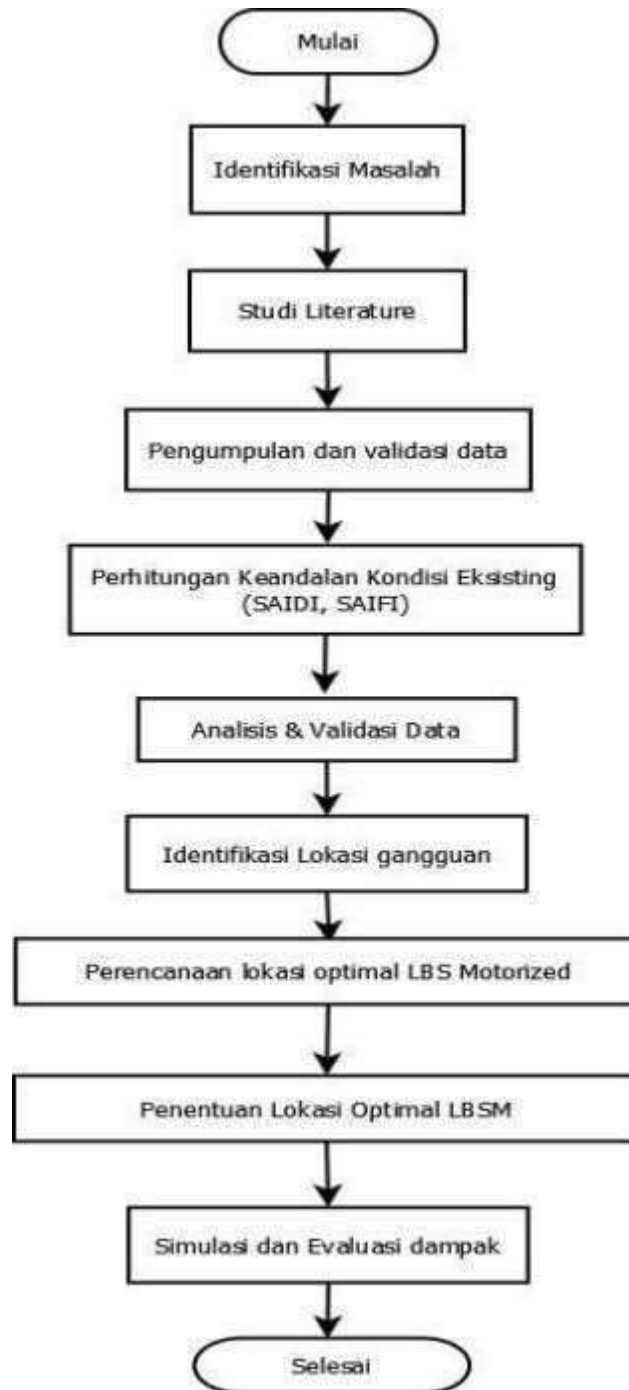
3. Menurut Sadiq, E. (2025), dalam jurnal yang berjudul “Reliability Improvement of Distribution Networks: A Case Study” Penelitian ini mengkaji penerapan LBS Motorized dan Recloser pada jaringan distribusi 20 kV di wilayah perkotaan dengan sistem radial. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan keandalan sistem dengan penurunan SAIDI sebesar 41% dan SAIFI sebesar 33%. Selain itu, waktu isolasi gangguan dapat dipangkas dari 8 menit menjadi hanya 25 detik berkat otomatisasi sistem SCADA [19].
4. Lubis, M. D., & Saragih, I. (2021), dalam jurnal yang berjudul “Reliability Distribution System on Load Break Switch Addition at PT PLN (Persero) ULP Langsa City Using RIA-Section Technique Combined Method on ETAP 14.1.0” Penelitian ini dilakukan di lingkungan PT PLN (Persero) ULP Langsa, dengan tujuan menilai peningkatan keandalan sistem distribusi melalui penambahan Load Break Switch (LBS) menggunakan metode RIA-Section dan simulasi ETAP. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai keandalan sistem hingga 27,68%, serta pengurangan luas area terdampak setiap kali gangguan terjadi [20].

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu di atas, dapat disimpulkan bahwa penerapan Load Break Switch Motorized (LBS-M) secara strategis pada jaringan distribusi 20 kV:

- a. Terbukti meningkatkan keandalan sistem dengan menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI,
- b. Mengurangi durasi dan frekuensi gangguan melalui isolasi otomatis,
- c. Memperbaiki efisiensi sistem distribusi melalui pengendalian jarak jauh berbasis SCADA,
- d. Dan relevan untuk diterapkan pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 ULP Lubuk Alung, yang memiliki tingkat gangguan tinggi (31 kali dalam 18 bulan).

Dengan demikian, penelitian ini memperkuat justifikasi teknis dan ilmiah terhadap perancangan pemasangan Load Break Switch Motorized sebagai strategi peningkatan keandalan jaringan distribusi PLN UID Sumatera Barat.

2.3 Kerangka Pemikiran



Gambar 2. 11 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan uraian di atas, kerangka pemikiran penelitian ini dibangun dari hubungan antara permasalahan keandalan jaringan distribusi dan solusi peningkatan melalui penerapan Load Break Switch Motorized.

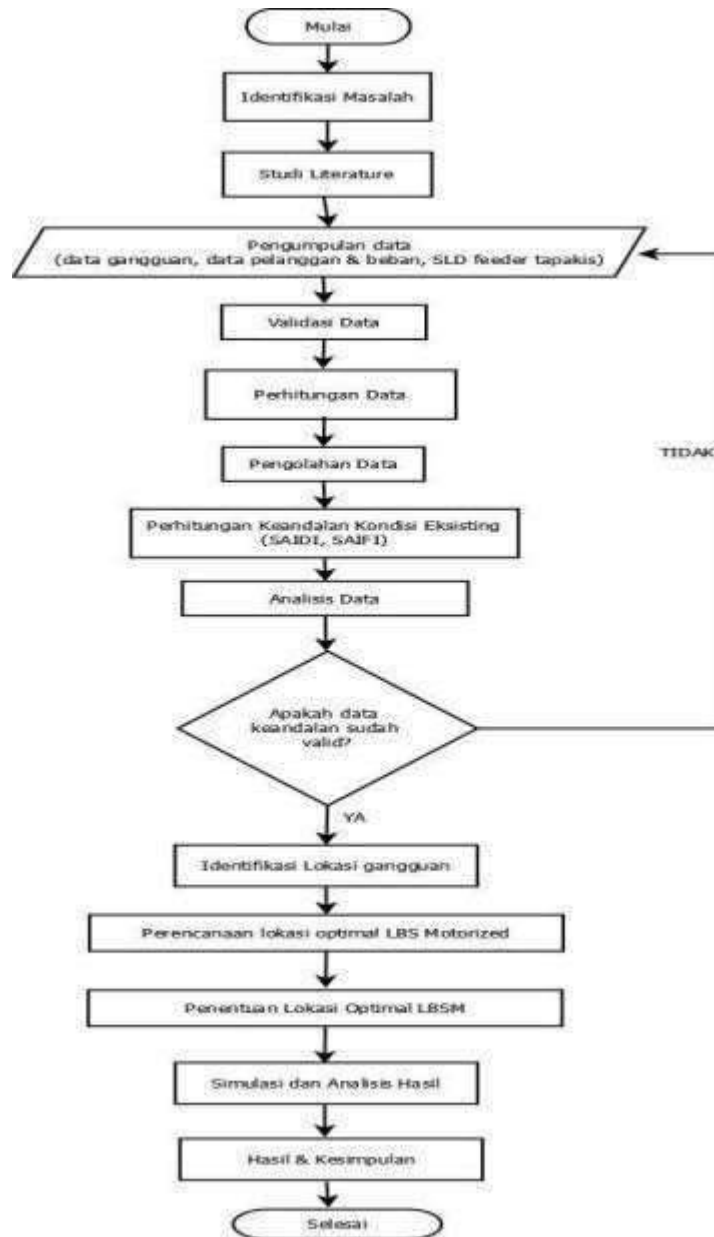
Melalui analisis keandalan, perancangan titik optimal, serta simulasi sistem, diharapkan penelitian ini dapat menunjukkan peningkatan nilai SAIDI dan SAIFI setelah pemasangan Load Break switch Motorized, memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif bagi PLN ULP Lubuk Alung, mendukung pengembangan Smart Distribution System di lingkungan PLN UID Sumatera Barat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan deskriptif kuantitatif.



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

3.2 Populasi dan Sampel

1. Populasi Penelitian

Dalam konteks penelitian teknik tenaga listrik, populasi penelitian tidak selalu merujuk pada individu manusia, melainkan pada keseluruhan sistem atau komponen jaringan listrik yang menjadi objek kajian [21].

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sistem distribusi tenaga listrik 20 kV di bawah pengelolaan PT PLN (Persero) ULP Lubuk Alung – UP3 Padang – UID Sumatera Barat, yang terdiri atas beberapa penyulang (feeder) utama, salah satunya adalah Feeder Tapakis.

Sistem distribusi tersebut meliputi:

1. Jaringan distribusi tegangan menengah (JTM) 20 kV.
2. Peralatan proteksi dan pemutus (Recloser, LBS, FCO).
3. Data pelanggan yang terhubung pada tiap penyulang.
4. Catatan gangguan dan durasi padam selama periode operasi.

Dengan demikian, populasi penelitian ini mencakup seluruh penyulang aktif pada sistem distribusi ULP Lubuk Alung, baik yang sudah menggunakan perangkat otomatisasi maupun yang masih beroperasi secara manual.

2. Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah bagian dari populasi yang memiliki karakteristik dan kondisi tertentu yang dianggap mewakili keseluruhan populasi[22].

Dalam penelitian ini, Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 dipilih sebagai sampel utama karena memenuhi beberapa kriteria berikut:

1. Memiliki tingkat gangguan tertinggi, yaitu 31 kali gangguan selama periode 04 Januari 2024 hingga 28 Juli 2025, berdasarkan data gangguan resmi ULP Lubuk Alung.
2. Belum seluruhnya dilengkapi dengan sistem otomatisasi, seperti Load Break Switch Motorized yang terintegrasi SCADA.
3. Mewakili karakteristik umum sistem distribusi PLN di wilayah Sumatera Barat, yaitu sistem radial dengan beban pelanggan rumah tangga, bisnis, dan industri ringan.
4. Memiliki dokumentasi data teknis lengkap, seperti diagram satu garis (single line diagram), data beban, dan riwayat operasi jaringan.

Dengan demikian, Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 dijadikan objek kajian (unit analisis) untuk merancang pemasangan Load Break Switch Motorized dan mengevaluasi dampaknya terhadap keandalan jaringan distribusi 20 kV.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan secara gabungan (hybrid) antara observasi lapangan, dokumentasi data teknis, dan studi literatur, guna mendapatkan data yang komprehensif dan terverifikasi terkait dengan kondisi keandalan jaringan distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1.

1. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 ULP Lubuk Alung untuk mengidentifikasi:

- a. Lokasi titik gangguan berulang.
 - b. Jenis peralatan proteksi (Recloser, LBS, FCO).
 - c. Jarak antar section jaringan.
 - d. Kondisi fisik peralatan distribusi.
- #### **2. Dokumentasi Data Operasional**

Metode dokumentasi digunakan untuk memperoleh data historis gangguan dari laporan operasi PLN ULP Lubuk Alung.

Data yang dikumpulkan meliputi:

- a. Jumlah gangguan per bulan.
- b. Durasi pemadaman tiap kejadian.
- c. Jumlah pelanggan terdampak.
- d. Jenis penyebab gangguan (cuaca, isolasi, gangguan hewan, teknis peralatan).

3. Wawancara Terarah (Structured Interview)

Untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai kondisi operasional sistem distribusi, dilakukan wawancara dengan:

- a. Team Leader Teknik ULP Lubuk Alung.
- b. Teknisi lapangan (Pelayanan Gangguan).
- c. Engineer SCADA di UID Sumbar.

Wawancara ini bersifat semi-terstruktur dengan fokus pada proses identifikasi gangguan, prosedur manuver jaringan, serta pengalaman teknis terkait penggunaan LBS Motorized dan Recloser.

3.4 Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini, teknik analisis data dilakukan untuk mengukur, membandingkan, dan mengevaluasi tingkat keandalan jaringan distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 sebelum dan sesudah penerapan Load Break Switch Motorized. Analisis mencakup perhitungan indeks keandalan (SAIDI, SAIFI), evaluasi teknis sistem distribusi dengan simulasi ETAP, serta analisis dampak peningkatan keandalan jaringan.

Tahapan analisis data dalam penelitian ini disusun secara berurutan seperti berikut:

1. Pengumpulan dan Validasi Data Gangguan

Data gangguan (frekuensi, durasi, pelanggan terdampak) diperoleh dari laporan PLN ULP Lubuk Alung dan diverifikasi dengan hasil observasi lapangan.

2. Perhitungan Indeks Keandalan Awal (Kondisi Eksisting)

Perhitungan SAIDI dan SAIFI dilakukan untuk menggambarkan tingkat keandalan sistem sebelum pemasangan LBS-M.

3. Perancangan dan Penentuan Titik Optimal Pemasangan LBS Motorized

Penentuan lokasi pemasangan didasarkan pada analisis titik gangguan dominan (hot spot) dan topologi jaringan.

4. Simulasi Sistem Menggunakan ETAP 12.6.0

a) Kondisi I: Jaringan tanpa LBS Motorized (eksisting)

b) Kondisi II: Jaringan dengan LBS Motorized terpasang

5. Perbandingan dan Evaluasi Hasil Simulasi

Hasil simulasi dibandingkan untuk menilai perubahan nilai SAIDI dan SAIFI, profil tegangan, serta rugi daya total sistem.

6. Penarikan Kesimpulan Teknis

Menentukan sejauh mana pemasangan LBS Motorized berpengaruh terhadap peningkatan keandalan sistem distribusi pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

Subbab ini menyajikan data utama yang digunakan sebagai dasar analisis keandalan sistem distribusi pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 ULP Lubuk Alung. Data disusun dalam bentuk tabel dan grafik agar mudah dianalisis serta digunakan sebagai input perhitungan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI. Seluruh data yang disajikan diperoleh dari laporan operasional PLN dan file data gangguan tahun 2025.

Data penelitian dikelompokkan menjadi:

1. Data teknis jaringan distribusi
2. Data beban dan pelanggan
3. Data gangguan jaringan
4. Data peralatan switching (Recloser & LBS Motorized)
5. Data hasil perhitungan keandalan

4.1.1. Data Gangguan Perfeeder ULP LubukAlung 2025

Tabel 4. 1 Gangguan Perfeeder

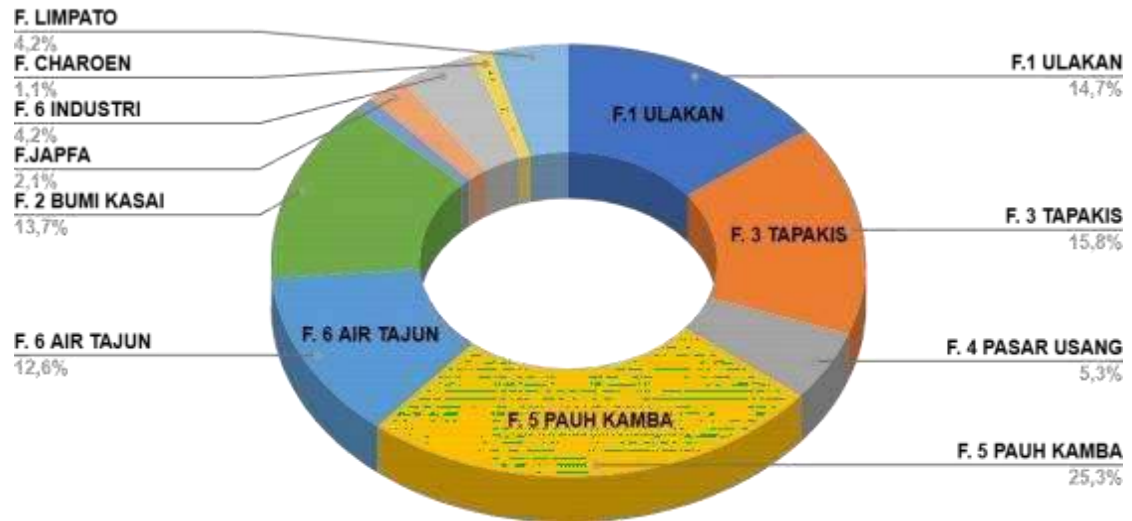
NO	BULAN	F.1 ULAKAN	F.3 TAPAKIS	F.4 PASAR USANG	F.5 PAUH KAMBA	F.6 AIR TAJUN	F.2 BUMI KASAI	F.5 BIM	F. JAPFA	F.6 INDUSTRI	F. CHAROEN	F. LIMPATO	TOTAL
1	Jan		1	1	3	1							6
2	Feb	1	3	2		1							7
3	Mar	2	2	2	3	1	1			1	1	1	14
4	Apr				1	1						1	3
5	Mei		3		1	1	2					1	8
6	Jun				1								1
7	Jul	6	2		11	3	9					1	32
8	Agu	2	2		3	1		1					9
9	Sep	1	2				1		1	3			8
10	Okt				1	3			1				5
11	Nov	2											2
12	Des												-
TOTAL PERFEEDER		14	15	5	24	12	13	1	2	4	1	4	95

Berdasarkan data gangguan jaringan distribusi yang ditampilkan pada Tabel rekapitulasi gangguan feeder per bulan, dapat diketahui bahwa selama periode satu tahun tercatat total 95 kejadian gangguan yang tersebar pada beberapa feeder di wilayah kerja yang dianalisis. Dari keseluruhan feeder tersebut, Feeder Tapakis (F.3 Tapakis) merupakan salah satu feeder dengan jumlah gangguan yang relatif tinggi, yaitu 15 kejadian gangguan, sehingga menempati posisi signifikan dibandingkan feeder lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa Feeder Tapakis memiliki tingkat kerentanan gangguan yang cukup tinggi dan layak dijadikan fokus utama dalam penelitian peningkatan keandalan sistem distribusi.

Distribusi gangguan pada Feeder Tapakis tidak terjadi secara merata sepanjang tahun, melainkan menunjukkan pola fluktuatif dengan kecenderungan peningkatan pada bulan-bulan tertentu. Pada bulan Januari hingga Maret, gangguan pada Feeder Tapakis tercatat masing-masing sebanyak 1 hingga 2 kejadian. Namun, pada bulan Juli terjadi peningkatan signifikan dengan 2 kejadian gangguan, yang bertepatan dengan bulan dengan total gangguan sistem tertinggi, yaitu 32 kejadian. Kondisi ini mengindikasikan adanya pengaruh faktor eksternal seperti kondisi cuaca, beban puncak, atau lingkungan jaringan yang berkontribusi terhadap meningkatnya gangguan pada periode tersebut.

Jika dibandingkan dengan feeder lain, Feeder Tapakis memiliki jumlah gangguan yang sebanding bahkan lebih tinggi dibandingkan beberapa feeder besar lainnya, seperti Feeder Ulakan (14 gangguan) dan Feeder Pasar Usang (5 gangguan). Meskipun terdapat feeder dengan jumlah gangguan lebih tinggi seperti Feeder Pauh Kamba (24 gangguan), posisi Feeder Tapakis tetap menjadi perhatian utama karena karakteristik jaringan dan jumlah pelanggan yang dilayaninya. Dengan jumlah pelanggan yang besar dan wilayah layanan yang luas, setiap gang

Komposisi Gangguan Per Penyulang 2025



Tabel 4. 2 Persentase Gangguan Perpenyulang 2025

Gambar tersebut menunjukkan diagram donat komposisi gangguan per penyulang tahun 2025, yang menggambarkan persentase kontribusi gangguan listrik pada masing-masing penyulang dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik. Berdasarkan diagram, terlihat bahwa penyulang dengan kontribusi gangguan terbesar adalah F.5 Pauh Kamba dengan persentase sekitar 25,3%, yang berarti hampir seperempat total gangguan sistem berasal dari penyulang ini. Hal ini menunjukkan bahwa penyulang Pauh Kamba memiliki tingkat keandalan yang relatif lebih rendah dibandingkan penyulang lain, sehingga perlu menjadi prioritas dalam kegiatan pemeliharaan, inspeksi jaringan, maupun perbaikan proteksi. Selanjutnya, penyulang dengan kontribusi gangguan cukup tinggi adalah F.3 Tapakis sebesar 15,8%, diikuti F.1 Ulakan sebesar 14,7%, serta F.2 Bumi Kasai sekitar 13,7%. Persentase yang cukup besar pada penyulang-penyulang tersebut menunjukkan adanya potensi permasalahan seperti kondisi jaringan yang panjang, vegetasi, beban yang tinggi, ataupun kualitas peralatan yang perlu ditingkatkan. Selain itu, penyulang F.6 Air Tajun memiliki kontribusi gangguan sekitar 12,6%, yang juga termasuk kategori sedang dan perlu perhatian dalam pengelolaan keandalan.

Di sisi lain, terdapat beberapa penyulang dengan kontribusi gangguan yang relatif kecil, seperti F.4 Pasar Usang sekitar 5,3%, serta penyulang lainnya seperti F.6 Industri, F. Charoe,

F. Japfa, dan F. Limpato yang masing-masing berada di bawah 5%. Nilai persentase yang rendah ini menunjukkan bahwa penyulang tersebut memiliki tingkat keandalan yang lebih baik, baik dari segi kondisi jaringan, sistem proteksi, maupun manajemen operasi. Secara keseluruhan, diagram ini memberikan gambaran penting bagi perusahaan listrik dalam menentukan prioritas peningkatan keandalan jaringan distribusi, terutama dengan fokus pada penyulang yang memiliki kontribusi gangguan terbesar. Dengan analisis ini, strategi seperti pemeliharaan preventif, penebangan pohon, penggantian peralatan, pemasangan recloser atau LBS, serta optimalisasi sistem proteksi dapat dilakukan secara lebih efektif untuk menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI serta meningkatkan kualitas pelayanan kepada pelanggan.



Tabel 4. 3 Penyebab Gangguan

Gambar tersebut merupakan diagram donat penyebab gangguan jaringan distribusi listrik tahun 2025, yang menunjukkan persentase kontribusi masing-masing faktor penyebab terhadap total gangguan yang terjadi pada sistem. Berdasarkan diagram, terlihat bahwa faktor dominan penyebab gangguan adalah gangguan pohon atau vegetasi, dengan persentase mencapai sekitar 71%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar gangguan pada jaringan distribusi disebabkan oleh kontak antara konduktor dengan ranting atau pohon di sekitar jaringan, terutama pada daerah yang memiliki jalur jaringan udara yang melewati kawasan hutan, perkebunan, atau pemukiman dengan vegetasi yang padat. Kondisi ini menandakan

bahwa kegiatan pemeliharaan seperti penebangan, pemangkasan pohon, serta patroli jaringan secara berkala sangat penting untuk menurunkan tingkat gangguan dan meningkatkan keandalan sistem distribusi.

Selain itu, faktor lain yang juga memberikan kontribusi gangguan adalah peralatan atau komponen jaringan, dengan nilai sekitar 13%, yang meliputi kerusakan isolator, fuse, konduktor, sambungan, maupun peralatan proteksi. Kemudian terdapat faktor binatang sekitar 8%, yang biasanya disebabkan oleh hewan seperti burung, tupai, atau ular yang bersentuhan dengan jaringan listrik sehingga memicu hubung singkat. Selanjutnya, faktor cuaca atau alam sekitar 3%, seperti angin kencang, hujan lebat, dan petir, juga turut mempengaruhi kestabilan jaringan walaupun kontribusinya lebih kecil dibandingkan vegetasi. Sementara itu, faktor lainnya seperti kesalahan manusia dan gangguan eksternal memiliki persentase yang sangat kecil, masing-masing di bawah 3%, yang menunjukkan bahwa pengaruhnya relatif rendah terhadap total gangguan.

Secara keseluruhan, diagram ini memberikan gambaran bahwa strategi peningkatan keandalan sistem distribusi listrik harus lebih difokuskan pada pengelolaan vegetasi di sekitar jaringan, disertai dengan peningkatan inspeksi kondisi peralatan serta pemasangan sistem proteksi yang lebih baik. Dengan demikian, diharapkan nilai indeks keandalan seperti SAIDI dan SAIFI dapat ditekan, serta kualitas pelayanan kepada pelanggan menjadi lebih optimal.

4.1.2. Data Teknis Detail Jaringan Eksisting

Tabel 4. 4 Data Teknis Umum Feeder Tapakis

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Tegangan operasi	20	kV	JTM
Konfigurasi jaringan	Radial	–	Satu sumber
Panjang feeder min	46,6	km	Jan-25
Panjang feeder maks	51,9	km	Mar-25
Panjang feederrata-rata	49,4	km	Analisis
Titik proteksi utama	Recloser Sei Abang	–	PMT F3

Feeder Tapakis merupakan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV dengan konfigurasi radial. Konfigurasi ini secara operasional sederhana dan ekonomis, namun memiliki kelemahan utama pada aspek keandalan karena tidak memiliki jalur suplai alternatif. Panjang feeder yang mencapai hampir 50 km menyebabkan jaringan rentan terhadap gangguan eksternal seperti cuaca ekstrem, pepohonan, dan gangguan hewan.

Perubahan panjang feeder dari 46,6 km hingga 51,9 km menunjukkan adanya penyesuaian konfigurasi jaringan selama periode pengamatan, baik akibat pemindahan beban maupun perubahan titik operasi jaringan. Kondisi ini berdampak langsung pada waktu penelusuran gangguan dan lamanya proses pemulihan suplai listrik ketika gangguan terjadi.

4.1.3. Data Beban dan Karakteristik Operasi Feeder

Tabel 4. 5 Data Beban Operasi Feeder dan Section 1

Parameter	Feeder	Section 1	Satuan
Arus rata-rata	84	48	A

Parameter	Feeder	Section 1	Satuan
Persentase beban	100	57	%
Panjang jaringan	49,4	7,6	km

Section 1 hanya memiliki panjang sekitar 7,6 km atau $\pm 15\%$ dari total panjang feeder, namun memikul beban arus sebesar 48 A atau sekitar 57% dari total beban feeder. Ketimpangan antara panjang jaringan dan beban ini menunjukkan bahwa Section 1 merupakan area dengan kepadatan pelanggan dan konsumsi energi yang tinggi.

Secara teknis, kondisi ini sangat krusial karena gangguan pada section dengan beban tinggi akan menghasilkan dampak sistemik yang lebih besar dibandingkan gangguan pada section dengan beban rendah. Beban yang besar juga meningkatkan stress termal dan mekanis pada konduktor dan peralatan proteksi, yang pada akhirnya dapat meningkatkan probabilitas gangguan.

4.1.4. Data Gangguan Jaringan

Tabel 4. 6 Data Gangguan Berdasarkan Waktu

Bulan	Jumlah Gangguan	Durasi (jam)	Pelanggan
Januari	1	1,5	1.200
Februari	0	0	0
Maret	0	0	0

Meskipun selama Triwulan I tahun 2025 gangguan signifikan hanya terjadi pada bulan Januari, gangguan tersebut memberikan dampak yang besar terhadap pelanggan. Hal ini disebabkan karena lokasi gangguan berada pada Section 1 yang memiliki jumlah pelanggan cukup banyak, sehingga satu kejadian gangguan saja dapat memadamkan area yang luas. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat keandalan jaringan tidak hanya dipengaruhi oleh frekuensi gangguan, tetapi juga oleh besarnya dampak gangguan terhadap pelanggan. Oleh

karena itu, diperlukan segmentasi jaringan melalui pemasangan Load Break Switch Motorized untuk membatasi area terdampak dan meningkatkan keandalan sistem distribusi.

4.1.5. Keandalan Sistem Eksisting

Tabel 4. 7 Data kinerja keandalan jaringan tahun 2025 (realisasi vs target SAIDI & SAIFI).

SAIDI (menit/plg)				
Bulan	Realisasi Bulanan	Realisasi Kumulatif	Target Kumulatif 2025	SAIDI 2025
Jan	0.49	0.49	6.7	6.7
Feb	11.08	11.56	12.77	6.7
Mar	10.67	22.2	12.77	10
Apr	6.76	28.89	32.46	9.69
Mei	20.1	48.89	42.46	10
Jun	0.87	49.63	52.63	10.17
Jul	3.83	53.28	62.16	09.53
Agus	19.15	72.25	72.16	10
Sep	1.59	73.63	81.85	9.69
Okt	11.89	85.28	91.85	10
Nop	20.96	106.24	101.54	9.69
Des	0.25	106.1	111.54	10

SAIFI (kali/plg)				
Bulan	Bulanan	Kumulatif	Target Kumulatif 2025	SAIFI 2025
Jan	0.01	0.01	0.09	0.09
Feb	0.19	0.02	0.18	0.09
Mar	0.12	0.32	0.28	0.1
Apr	0.09	0.41	0.36	0.08
Mei	0.15	0.56	0.45	0.09
Jun	0.02	0.57	0.55	0.1
Jul	0.03	0.6	0.63	0.08
Agus	0.09	0.69	0.71	0.08
Sep	0.03	0.72	0.80	0.09

SAIFI (kali/plg)				
Bulan	Bulanan	Kumulatif	Target Kumulatif 2025	SAIFI 2025
Okt	0.19	0.91	0.90	0.01
Nop	0.17	1.08	0.98	0.08
Des	0	1.08	1.06	0.08

Tabel 4. 8 Persentase SAIDI & SAIFI 2025

PERSENTASE		
Bulan	% Saidi	% Saifi
Jan	1379%	1024%
Feb	110%	92%
Mar	103%	88%
Apr	112%	88%
Mei	87%	81%
Jun	106%	96%
Jul	117%	105%
Agus	100%	102%
Sep	111.16%	111.25%
Okt	108%	99.04%
Nop	96%	91%
Des	105%	98%

Nilai SAIFI dan SAIDI pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa satu gangguan saja sudah mampu menghasilkan nilai indeks keandalan yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh konfigurasi jaringan distribusi yang masih radial, sehingga satu gangguan dapat memadamkan pelanggan dalam jumlah besar di bagian hilir jaringan. Selain itu, proses isolasi gangguan yang masih dilakukan secara manual menyebabkan durasi pemadaman menjadi lebih lama. Kondisi ini menandakan bahwa struktur jaringan belum optimal dalam

membatasi area terdampak, sehingga diperlukan segmentasi jaringan melalui pemasangan Load Break Switch Motorized.

4.1.6. Spesifikasi Teknis LBS Motorized (JOONGWON)

POLE MOUNTED LOAD BREAK SWITCH	
Nama Pabrikasi	PT. DUTA TERANG RUBBERINDO
No. Seri Produksi	20 25 0315
Standar Acuan	SPIN D3 033-1 2020/SUP-1 2022
Tipe LBS	JWPGS - 6B
Tipe Interrupter/Isolasi	SF 6
Jumlah Fasa	3 (Tiga)
Tegangan Pengenal	24/50/125kV
Frekuensi	50 Hz
Arus Normal Pengenal	530 A
Arus Ketahanan Waktu Singkat	16 kA / 1s
Kelas Isolasi Mekanikal	M3
Indeks Pemipihan	1.8/67
Berat	50 kg
JOONGWON Co., Ltd. Duta Terang Rubberindo	

Tabel 4. 9 Spesifikasi LBS Motorized Joongwon

Parameter	Nilai
Tipe	JWPGS-6B
Tegangan nominal	24 kV

Parameter	Nilai
Arus nominal	630 A
Media pemutus	SF ₆
Arus hubung singkat	16 kA / 1 s
Proteksi	IP67

Pemilihan LBS Motorized Joongwon tipe JWPGS-6B didasarkan pada kesesuaian spesifikasi teknis dengan karakteristik jaringan Feeder Tapakis. Kemampuan menahan arus hubung singkat hingga 16 kA menjamin keandalan operasi pada kondisi gangguan.

4.1.7. Data Dasar Perhitungan Keandalan

Berdasarkan data operasional tahun 2025 yang telah disajikan pada Subbab 4.1, diperoleh parameter dasar sebagai berikut:

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Total pelanggan feeder	(N _T)	2500	pelanggan
Jumlah gangguan	(f)	1	kali
Pelanggan terdampak	(N _i)	1200	pelanggan
Durasi pemadaman	(t _i)	1,5	jam
Sistem isolasi	—	Manual	—

Data tersebut menunjukkan bahwa hampir setengah pelanggan feeder berada di belakang titik Recloser Sei Abang, sehingga satu kejadian gangguan memiliki dampak yang besar terhadap keandalan sistem. Meskipun selama Triwulan I tahun 2025 gangguan signifikan hanya terjadi pada bulan Januari, gangguan tersebut memberikan dampak yang besar terhadap pelanggan. Hal ini disebabkan karena lokasi gangguan berada pada Section 1 yang memiliki jumlah pelanggan cukup banyak, sehingga satu kejadian gangguan saja dapat memadamkan area yang luas. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat keandalan jaringan tidak hanya dipengaruhi oleh frekuensi gangguan, tetapi juga oleh besarnya dampak gangguan terhadap pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan segmentasi jaringan melalui pemasangan Load Break Switch Motorized untuk membatasi area terdampak dan meningkatkan keandalan sistem distribusi

4.2. Analisa Data

4.2.1. Perhitungan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Perhitungan SAIFI pada penelitian ini dilakukan pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 menggunakan data gangguan historis PLN tahun 2025. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat frekuensi gangguan pada kondisi eksisting sebagai dasar evaluasi keandalan jaringan dan penentuan lokasi optimal pemasangan Load Break Switch Motorized.

Karena selama tahun 2025 hanya terjadi 1 kejadian gangguan, maka:

$$\begin{aligned}\Sigma &= 1.200 \text{pelanggan} \\ &= 2.400 \text{pelanggan}\end{aligned}$$

Perhitungan SAIFI

$$\begin{aligned}\text{SAIFI} &= \frac{1.200}{2.400} \\ \text{SAIFI} &= 0,5 \text{ kali/pelanggan/tahun}\end{aligned}$$

Nilai SAIFI sebesar 0,5 kali/pelanggan/tahun menunjukkan bahwa secara rata-rata setiap pelanggan Feeder Tapakis mengalami hampir setengah kali gangguan selama periode

pengamatan. Nilai ini tergolong tinggi apabila dikaitkan dengan fakta bahwa frekuensi gangguan absolut hanya satu kali.

Tingginya nilai SAIFI disebabkan oleh besarnya jumlah pelanggan terdampak (1.200 pelanggan) pada satu kejadian gangguan. Hal ini membuktikan bahwa sistem distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 memiliki tingkat segmentasi jaringan yang rendah sehingga satu gangguan saja mampu memadamkan area pelanggan yang luas.

4.2.2. Perhitungan SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Perhitungan SAIDI

$$\begin{aligned} &= 1.200 \text{pelanggan} \\ &= 1,5 \text{jam} \\ \Sigma(\times) &= \frac{1.200 \times 1,5}{1.800} = 1.800 \text{jam-pelanggan} \\ \text{SAIDI} &= 2.400 \\ \text{SAIDI} &= 0,75 \text{ jam/pelanggan/tahun} \end{aligned}$$

Konversi ke Menit

$$0,75 \times 60 = 45 \text{ menit/pelanggan/tahun}$$

Nilai SAIDI sebesar 45 menit/pelanggan/tahun menunjukkan bahwa setiap pelanggan Feeder Tapakis secara rata-rata mengalami pemadaman listrik lebih dari 40 menit akibat satu kejadian gangguan. Durasi pemadaman yang relatif lama ini disebabkan oleh proses isolasi gangguan yang masih dilakukan secara manual, mulai dari pelaporan gangguan hingga manuver jaringan di lapangan.

4.2.3. Analisis Kebutuhan Pemasangan Load Break Switch Motorized (LBSM)

Berdasarkan hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI, permasalahan utama keandalan sistem distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 bukan terletak pada tingginya frekuensi gangguan, melainkan pada luas dampak gangguan dan lamanya waktu pemulihan suplai.

Kondisi ini disebabkan oleh:

- a. Topologijaringan radial tanpa segmentasi memadai

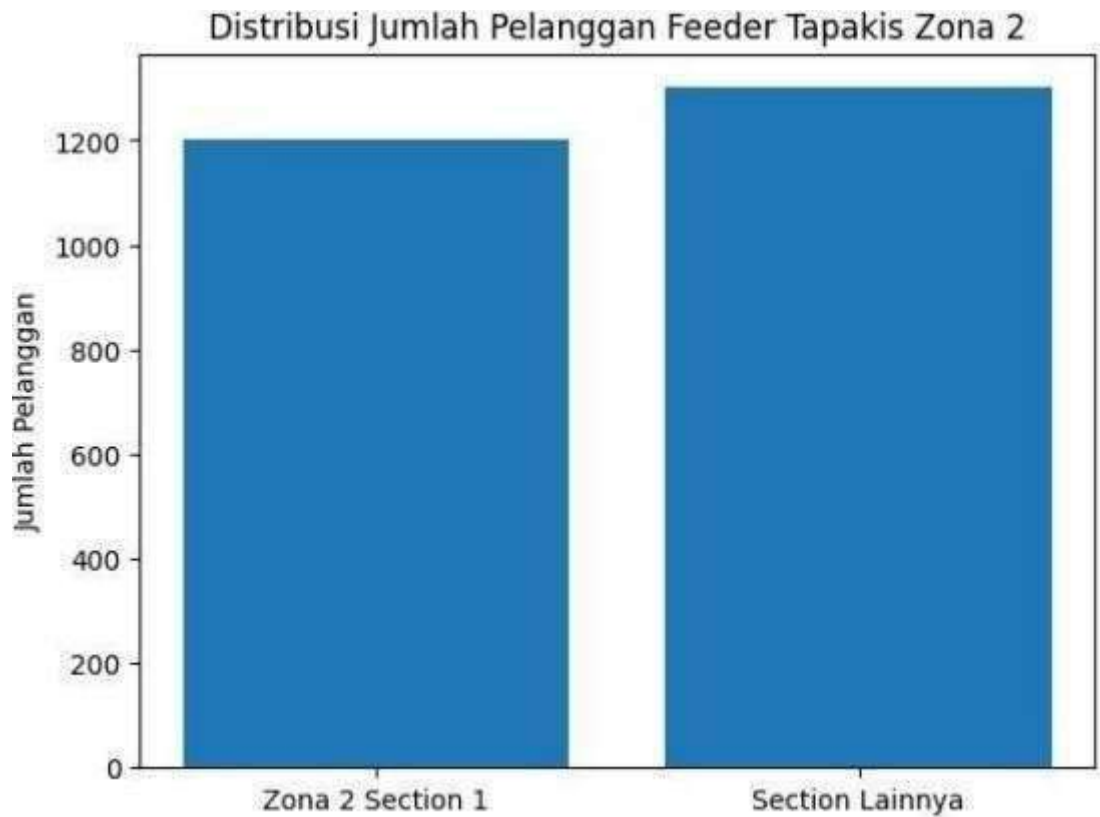
- b. Ketiadaan peralatan pemisah otomatis di Section 1
- c. Tingginyajumlah pelanggan di belakang Recloser SeiAbang

Oleh karena itu, diperlukan pemasangan Load Break Switch Motorized (LBSM) pada titik strategis untuk mempersempit area terdampak gangguan dan mempercepat proses isolasi jaringan.

4.2.4. Teknis Perancangan Pemasangan LBS-M

Dasar teknis perancangan pemasangan LBS-M meliputi beberapa parameter utama, yaitu:

- a. Distribusi pelanggan pada feeder
- b. Lokasi gangguan dominan (hotspot gangguan)
- c. Karakteristik beban dan panjang jaringan
- d. Konfigurasi jaringan distribusi (radial)



Gambar 4. 2 Grafik Pelanggan Fedeer Tapakis

Berdasarkan data, Feeder Tapakis memiliki total pelanggan sebanyak 2.400 pelanggan, dengan 1.200 pelanggan atau 48% berada di Zona 2 Section 1 di belakang Recloser Sei Abang. Kondisi ini menunjukkan bahwa satu gangguan pada titik tersebut akan berdampak langsung pada hampir setengah pelanggan feeder.

4.2.5. Kriteria Penentuan Lokasi Optimal LBS-M

Penentuan lokasi optimal LBS-M dilakukan dengan menggunakan kriteria teknis berikut:

a. Jumlah Pelanggan di Belakang Titik Pemasangan

Jumlah pelanggan digunakan sebagai parameter utama karena secara langsung mempengaruhi nilai SAIFI dan SAIDI.

$$\text{Rasio Pelanggan} = \frac{\text{section}}{\text{total pelanggan feeder}}$$

Keterangan:

section = jumlah pelanggan pada section tertentu

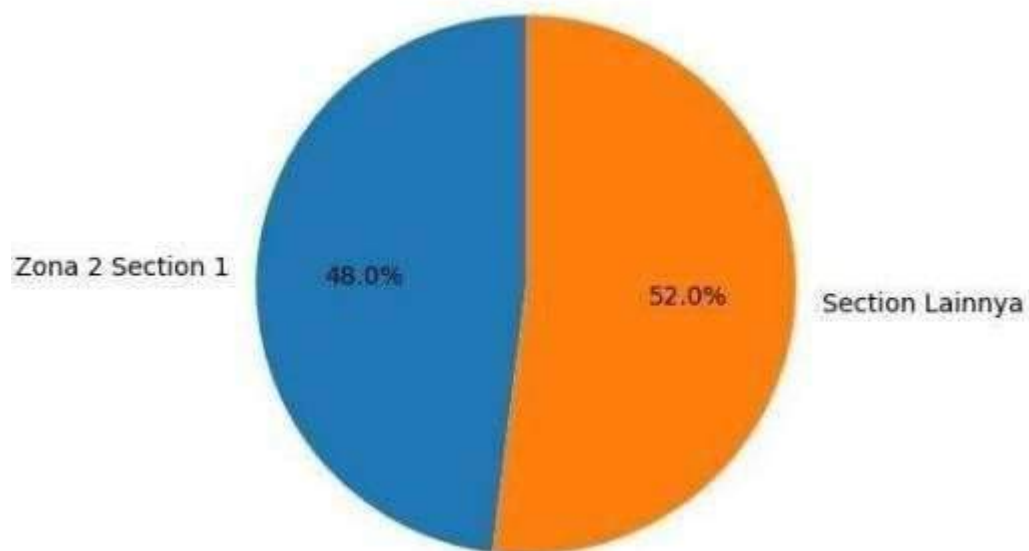
= total pelanggan feeder

Substitusi Data:

$$\frac{1.200}{2.400} = 0,5$$

Artinya, Section 1 menanggung 48% pelanggan feeder sehingga layak dijadikan prioritas pemasangan LBS-M.

Rasio Pelanggan Feeder Tapakis Zona 2



Gambar 4. 3 Rasio Pelanggan Fedeer Tapakis Zona 2 Section 1

b. Lokasi Gangguan Dominan

Berdasarkan data gangguan jaringan dan gangguan perfeeder, seluruh gangguan signifikan terjadi di sekitar Recloser Sei Abang (PMT F3 Tapakis). Konsistensi lokasi gangguan ini menunjukkan bahwa titik tersebut merupakan hotspot gangguan, sehingga pemasangan LBS-M di sekitar titik ini secara teknis paling efektif dalam membatasi dampak gangguan.

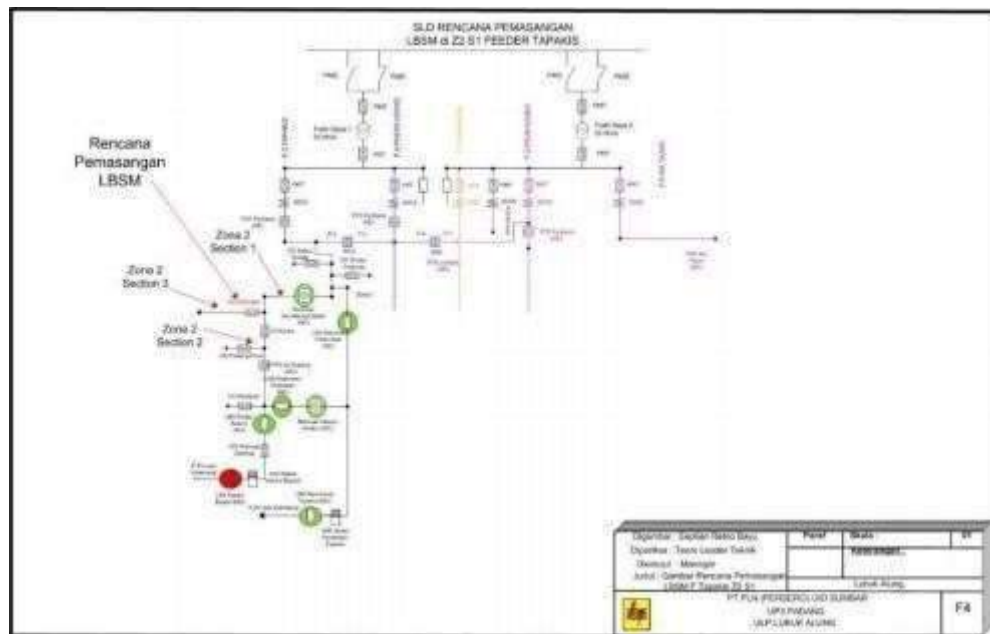
c. Karakteristik Beban dan Panjang Jaringan

Section 1 memiliki:

1. Panjang jaringan: 7,6 km
2. Beban arus: 48 A (57% dari beban feeder)

Secara teknis, section dengan beban tinggi memiliki dampak sistemik yang lebih besar apabila terjadi gangguan. Oleh karena itu, pemasangan LBS-M direncanakan sebelum area dengan konsentrasi beban tinggi untuk memaksimalkan efektivitas segmentasi jaringan.

4.2.6. Perencanaan Teknis Pemasangan LBS Motorized



Gambar 4. 1 Single Line Diagram Rencana Pemasangan LBSM

Single Line Diagram (SLD) rencana pemasangan Load Break Switch Motorized (LBSM) pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 menggambarkan kondisi perencanaan pengembangan jaringan distribusi tegangan menengah yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem. Pada diagram tersebut terlihat bahwa Feeder Tapakis disuplai dari Gardu Induk melalui peralatan proteksi utama berupa PMT dan recloser, kemudian menyalurkan energi listrik ke beberapa section jaringan dan pelanggan industri maupun pelanggan umum. Pada kondisi eksisting, jaringan masih didominasi oleh konfigurasi radial dengan keterbatasan peralatan pemisah otomatis, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu titik, pemadaman dapat meluas hingga ke sebagian besar pelanggan di sisi hilir feeder.

Dalam perencanaan yang ditunjukkan pada SLD, LBS Motorized direncanakan dipasang pada **Zona 2 Section 1**, yaitu area yang berdasarkan hasil analisis data gangguan dan distribusi pelanggan memiliki tingkat risiko gangguan yang cukup tinggi serta melayani jumlah pelanggan yang besar. Lokasi pemasangan LBSM ditandai secara jelas pada diagram sebagai titik strategis yang mampu membagi jaringan menjadi beberapa section operasional. Dengan adanya pembagian section ini, jaringan yang sebelumnya hanya memiliki satu jalur pemadaman utama dapat dipisahkan menjadi beberapa bagian yang lebih kecil, sehingga gangguan yang terjadi tidak lagi berdampak pada seluruh feeder.

Diagram SLD juga menunjukkan integrasi LBS Motorized dengan peralatan proteksi dan pemisah lainnya, seperti recloser dan LBS manual yang sudah ada. Dalam skema perencanaan ini, LBSM berfungsi sebagai pemutus beban yang dapat dioperasikan secara motorized untuk mendukung manuver jaringan secara cepat. Ketika terjadi gangguan pada salah satu section, LBSM dapat digunakan untuk mengisolasi section yang terganggu, sementara section lain yang tidak terdampak dapat segera dinormalisasi. Hal ini sangat penting dalam konteks peningkatan keandalan karena secara langsung berkontribusi pada pengurangan jumlah pelanggan terdampak gangguan serta percepatan proses pemulihan suplai listrik.

Lebih lanjut, SLD perencanaan ini juga menunjukkan bahwa pemasangan LBSM dirancang agar kompatibel dengan sistem operasi jaringan yang ada, baik dari sisi koordinasi proteksi maupun kemungkinan integrasi dengan sistem kendali jarak jauh. Dengan pengoperasian LBSM secara motorized, proses isolasi gangguan tidak lagi sepenuhnya bergantung pada manuver manual di lapangan, sehingga waktu respon terhadap gangguan dapat ditekan. Kondisi ini sangat relevan dengan hasil analisis keandalan pada Bab IV, di mana nilai SAIDI dan SAIFI dipengaruhi oleh lamanya durasi pemadaman dan luas area terdampak.

Secara keseluruhan, Single Line Diagram rencana pemasangan LBS Motorized pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 menunjukkan bahwa perencanaan dilakukan secara sistematis dan berbasis kebutuhan keandalan jaringan. Diagram ini tidak hanya menggambarkan penambahan peralatan secara fisik, tetapi juga mencerminkan perubahan pola operasi jaringan dari sistem yang kurang fleksibel menjadi sistem yang lebih adaptif terhadap gangguan. Dengan demikian, SLD ini menjadi dasar teknis yang kuat dalam mendukung analisis perencanaan pemasangan LBS Motorized sebagai solusi peningkatan keandalan jaringan distribusi pada Feeder Tapakis.

4.2.7. Perancangan Konfigurasi Jaringan Setelah LBS-M

Berdasarkan Single Line Diagram (SLD) perencanaan pada gambar 4.1, LBS-M direncanakan dipasang pada Zona 2 Section 1, sebelum cabang jaringan yang melayani pelanggan dalam jumlah besar.

Dengan adanya LBS-M, jaringan yang sebelumnya hanya memiliki satu titik proteksi utama akan terbagi menjadi beberapa section yang lebih kecil. Secara konseptual, pembagian section ini dapat digambarkan sebagai berikut:

Perhitungan Estimasi Jumlah Pelanggan per Section

Setelah Perencanaan LBS-M

Berdasarkan Single Line Diagram perencanaan, pemasangan satu unit LBS-M direncanakan untuk membagi Zona 2 Section 1 menjadi tiga section operasional yang lebih kecil.

Substitusi Data

$$\begin{aligned} &= 1.200 \text{ pelanggan} \\ &= 3 \end{aligned}$$

Jumlah section hasil segmentasi ditentukan berdasarkan perencanaan pemasangan LBS-M pada Single Line Diagram Feeder Tapakis Zona 2 Section 1, sehingga jaringan dibagi menjadi tiga section operasional. Perhitungan ini menggunakan asumsi distribusi pelanggan yang relatif merata karena data detail pelanggan per gardu tidak tersedia. Estimasi tersebut digunakan untuk menunjukkan potensi pembatasan area padam dan sebagai dasar analisis peningkatan keandalan setelah pemasangan LBS-M.

Hasil Perhitungan

$$= \frac{1.200}{3} = 400 \text{ pelanggan/section}$$

Hasil ini menunjukkan bahwa setelah pemasangan LBS-M, jumlah pelanggan terdampak pada satu gangguan dapat dibatasi menjadi sekitar 400 pelanggan, jauh lebih kecil dibandingkan kondisi eksisting.

Perhitungan Estimasi Pengurangan Dampak Gangguan

Substitusi Data

$$\begin{aligned} &= 1.200 \text{ pelanggan} \\ &= 400 \text{ pelanggan} \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan

$$= \frac{1.200 - 400}{1.200} \times 100\% = 66,7\%$$

Artinya, perencanaan pemasangan LBS-M berpotensi mengurangi jumlah pelanggan terdampak gangguan sebesar 66,7%.

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Segmentasi Jaringan

Parameter	Simbol	Eksisting	Perencanaan LBS-M
Total pelanggan feeder	(N _T)	2.5	2.5
Pelanggan Section 1	(N _s)	1.2	—
Jumlah section	(n)	1	3
Pelanggan per section	(N _{s'})	1.2	400
Rasio pelanggan	(R _p)	0,48	0,16
Pengurangan pelanggan terdampak	(P _r)	—	66,7 %

Berdasarkan hasil perhitungan dan Tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa Zona 2 Section 1 merupakan lokasi optimal pemasangan Load Break Switch Motorized karena memiliki rasio pelanggan tertinggi terhadap total feeder. Dengan adanya segmentasi jaringan melalui pemasangan LBS-M, jumlah pelanggan terdampak pada satu kejadian gangguan dapat dikurangi secara signifikan dari 1.200 pelanggan menjadi sekitar 400 pelanggan. Pengurangan ini secara langsung berkontribusi terhadap penurunan nilai SAIFI dan SAIDI pada analisis keandalan sistem.



Gambar 4. 4 Grafik Pelanggan Terdampak

4.3. Pembahasan

Pembahasan pada bagian ini bertujuan untuk menginterpretasikan hasil analisis data yang telah dilakukan pada subbab sebelumnya serta mengaitkannya secara langsung dengan rumusan masalah penelitian. Analisis difokuskan pada kondisi keandalan sistem distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 dan perencanaan pemasangan Load Break Switch Motorized (LBS-M) sebagai upaya peningkatan keandalan jaringan distribusi tenaga listrik.

4.3.1. Kondisi Keandalan Sistem Distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1

Berdasarkan hasil analisis data gangguan dan perhitungan indeks keandalan, diketahui bahwa kondisi keandalan sistem distribusi pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 masih belum optimal. Hal ini tercermin dari nilai indeks SAIFI dan SAIDI yang relatif tinggi

meskipun frekuensi gangguan yang terjadi tergolong rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa permasalahan utama keandalan tidak terletak pada seringnya gangguan, melainkan pada besarnya dampak gangguan terhadap pelanggan.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa satu kejadian gangguan saja mampu memadamkan sekitar 1.200 pelanggan atau hampir setengah dari total pelanggan feeder. Kondisi ini diperkuat oleh grafik distribusi pelanggan yang memperlihatkan bahwa Zona 2 Section 1 memiliki jumlah pelanggan yang besar dan hampir seimbang dengan section lainnya. Dengan konfigurasi jaringan yang masih bersifat radial dan belum memiliki segmentasi yang memadai, gangguan yang terjadi pada titik tertentu langsung berdampak luas ke area hilir jaringan.

Selain itu, durasi pemadaman yang relatif panjang juga berkontribusi terhadap tingginya nilai SAIDI. Proses isolasi gangguan yang masih dilakukan secara manual memerlukan waktu untuk pelaporan, penelusuran lokasi gangguan, serta manuver jaringan di lapangan. Akibatnya, meskipun gangguan jarang terjadi, pelanggan tetap mengalami pemadaman dengan durasi yang cukup lama. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 masih memerlukan peningkatan dari sisi fleksibilitas operasi dan kecepatan penanganan gangguan.

Dengan demikian, hasil analisis ini menegaskan bahwa tingkat keandalan sistem distribusi pada kondisi eksisting masih rendah dan perlu dilakukan upaya perbaikan melalui penerapan solusi teknis yang tepat.

4.3.2. Perancangan dan Penentuan Lokasi Optimal Pemasangan Load Break Switch Motorized (LBS-M)

Perancangan dan penentuan lokasi pemasangan Load Break Switch Motorized dilakukan berdasarkan hasil evaluasi kondisi keandalan sistem eksisting. Penentuan lokasi tidak dilakukan secara acak, melainkan didasarkan pada analisis kuantitatif terhadap jumlah pelanggan, pola gangguan, serta karakteristik beban jaringan. Zona 2 Section 1 dipilih

sebagai lokasi prioritas karena memiliki rasio pelanggan yang tinggi terhadap total pelanggan feeder dan menjadi area dengan dampak gangguan terbesar.

Hasil perhitungan rasio pelanggan menunjukkan bahwa sekitar 48% pelanggan Feeder Tapakis berada pada Zona 2 Section 1. Angka ini menunjukkan bahwa hampir setengah pelanggan feeder bergantung pada kontinuitas suplai dari section tersebut. Oleh karena itu, pemasangan LBS-M pada zona ini secara teknis lebih efektif dibandingkan pemasangan pada section dengan jumlah pelanggan yang lebih kecil.

Selain jumlah pelanggan, pertimbangan lain dalam perancangan adalah kemampuan LBS-M dalam meningkatkan segmentasi jaringan. Berdasarkan perhitungan hasil perencanaan, pemasangan satu unit LBS-M memungkinkan pembagian Zona 2 Section 1 menjadi beberapa section operasional yang lebih kecil. Dengan segmentasi ini, jumlah pelanggan yang terdampak pada satu kejadian gangguan dapat dikurangi secara signifikan. Hal ini berarti gangguan tidak lagi berdampak pada seluruh area, melainkan terbatas pada section tertentu saja.

Dari sisi operasional, keberadaan LBS-M juga memberikan fleksibilitas dalam manuver jaringan. Proses isolasi gangguan dapat dilakukan lebih cepat karena pengoperasian LBS-M dapat dikendalikan secara motorized dan terintegrasi dengan sistem pengendalian jarak jauh. Meskipun dalam penelitian ini pemasangan LBS-M masih berada pada tahap perencanaan, analisis teknis menunjukkan bahwa lokasi yang direncanakan telah memenuhi kriteria optimal untuk meningkatkan keandalan jaringan.

Dengan demikian, perancangan dan penentuan lokasi pemasangan LBS-M pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 telah dilakukan secara sistematis dan berbasis data, sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara akademik dan teknis.

Secara keseluruhan, hasil pembahasan menunjukkan bahwa peningkatan keandalan sistem distribusi tidak hanya bergantung pada pengurangan frekuensi gangguan, tetapi juga pada kemampuan sistem dalam membatasi dampak gangguan dan mempercepat proses

pemulihan suplai listrik. Perencanaan pemasangan Load Break Switch Motorized pada lokasi yang tepat menjadi salah satu solusi yang efektif untuk mencapai tujuan tersebut.

Hasil analisis dan pembahasan ini menegaskan bahwa upaya peningkatan keandalan jaringan distribusi Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 memerlukan pendekatan yang terintegrasi antara analisis data gangguan, karakteristik pelanggan, dan perencanaan teknis peralatan. Dengan pendekatan tersebut, perbaikan keandalan dapat direncanakan secara lebih terarah dan efisien.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada Bab IV mengenai keandalan sistem distribusi dan perencanaan pemasangan Load Break Switch Motorized (LBS-M) pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi keandalan sistem distribusi pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 pada kondisi eksisting masih belum optimal, Hal ini ditunjukkan oleh nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 0,48 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 43,2 menit/pelanggan/tahun. Meskipun frekuensi gangguan relatif rendah, satu kejadian gangguan berdampak pada jumlah pelanggan yang besar, yaitu sekitar 1.200 pelanggan atau hampir setengah dari total pelanggan feeder. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem distribusi masih memiliki tingkat segmentasi jaringan yang rendah sehingga gangguan yang terjadi memberikan dampak pemadaman yang luas.
2. Perancangan dan penentuan lokasi pemasangan Load Break Switch Motorized (LBS-M) pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1 dinilai tepat secara teknis untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi, Berdasarkan analisis distribusi pelanggan, rasio pelanggan, serta perhitungan segmentasi jaringan, Zona 2 Section 1 dipilih sebagai lokasi optimal karena melayani sekitar 48% dari total pelanggan feeder. Melalui perencanaan pemasangan LBS-M pada lokasi tersebut, jumlah pelanggan terdampak gangguan dapat dibatasi hingga sekitar 400 pelanggan. Hasil evaluasi teknis menunjukkan bahwa perencanaan ini berpotensi menurunkan nilai SAIFI dan SAIDI secara signifikan sebagai akibat dari peningkatan segmentasi jaringan dan percepatan proses isolasi gangguan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang telah diperoleh, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Disarankan untuk mempertimbangkan realisasi pemasangan Load Break Switch Motorized pada Zona 2 Section 1 Feeder Tapakis sesuai dengan perencanaan yang telah dianalisis. Pemasangan LBS-M diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas operasi jaringan, membatasi luas area pemadaman, serta mempercepat proses penanganan gangguan.
2. Untuk melakukan evaluasi lanjutan terhadap titik-titik lain pada Feeder Tapakis yang memiliki kepadatan pelanggan tinggi, sehingga penerapan segmentasi jaringan dapat dilakukan secara bertahap dan menyeluruh.
3. Disarankan untuk melanjutkan penelitian ini hingga tahap implementasi dan pengukuran langsung di lapangan. Dengan demikian, perbandingan antara hasil perencanaan dan kondisi aktual setelah pemasangan LBS-M dapat dianalisis secara lebih komprehensif, khususnya terhadap perubahan nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. Agarwal, N. Jain, and M. Kumawat, “Reliability enhancement of distribution networks with remote-controlled switches considering load growth under the effects of hidden failures and component aging,” *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 247–264, 2022, doi: 10.3934/electreng.2022015.
- [2] A. Izadd, “Load Break Analysis on Distribution Feeder Power Flow using ETAP Software,”
- [3] E. Sadiq, “Reliability Improvement of Distribution Networks: A Case Study,” *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, 2025. [Online].
- [4] U.S. Department of Energy, “Reliability Improvements from the Application of Distribution Automation Technologies—Smart Grid Investment Grant Program,” DOE Report, 2012. [Online].
- [5] T. Gönen, *Electric Power Distribution System Engineering*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.
- [6] H. Saadat, *Power System Analysis*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2011.
- [7] A. M. Mota et al., “Feeder automation for improved reliability in distribution networks,” *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 29, no. 1, pp. 137–145, 2014.
- [8] R. Billinton and R. N. Allan, *Reliability Evaluation of Power Systems*, 2nd ed. New York: Springer, 1996.
- [9] IEEE Std 1366-2012, *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*, IEEE Power and Energy Society, 2012.
- [10] T. Gönen, *Electric Power Distribution System Engineering*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

- [11] IEEE Standard C37.100-1992, *IEEE Standard Definitions for Power Switchgear*, IEEE, 1992.
- [12] R. Billinton and R. N. Allan, *Reliability Evaluation of Power Systems*, 2nd ed. New York: Springer, 1996.
- [13] A. Tomi, Muliadi, and Syukri, "Analisis Efisiensi Transformator Daya di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Ulee Kareng," *Aceh J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2023.
- [14] E. Sadiq, "Reliability Improvement of Distribution Networks: A Case Study," *EMITTER Int. J. Eng. Technol.*, 2025.
- [15] G. Clarke, D. Reynders, and E. Wright, *Practical Modern SCADA Protocols*, Oxford: Newnes, 2015.
- [16] B. Mahendra, R. Rizal, and H. Wijaya, "Implementasi SCADA dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi 20 kV," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 12, no. 2, pp. 78–85, 2023.
- [17] Agarwal, U., Jain, N., & Kumawat, M. *Reliability Enhancement of Distribution Networks with Remote-Controlled Switches Considering Load Growth under the Effects of Hidden Failures and Component Aging* "AIMS Electronics and Electrical Engineering, Vol. 6, No. 3, 2022
- [18] Izadd, A. *Load Break Analysis on Distribution Feeder Power Flow using ETAP Software*, ResearchGate, 2022.
- [19] Sadiq, E. *Reliability Improvement of Distribution Networks: A Case Study*, *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, Vol. 13, No. 1, 2025.
- [20] Lubis, M. D., & Saragih, I. *Reliability Distribution System on Load Break Switch Addition at PT PLN (Persero) ULP Langsa City Using RIA-Section Technique Combined Method on ETAP 14.1.0*. ResearchGate, 2021

- [21] T. Gönen, *Electric Power Distribution System Engineering*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.
- [22] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta, 2018.
- [23] Y. Prasetyo, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi pada Jaringan Tegangan Menengah Berbasis SCADA,” *Jurnal Energi dan Kelistrikan ITPLN*, vol. 9, no. 2, pp. 45–53, 2023.
- [24] A. F. Siregar, “Evaluasi Implementasi Load Break Switch pada JTM 20 kV untuk Peningkatan Keandalan Sistem,” *Proceeding SEMNASTEK ITPLN*, 2022.
- [25] R. Kurniawan, “Studi Pengaruh Otomatisasi Jaringan terhadap Penurunan SAIDI dan SAIFI,” *Jurnal Teknologi Listrik ITPLN*, vol. 11, no. 1, pp. 12–20, 2024.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Mahasiswa	: Septian Retno Bayu
Program Studi	: D-III Teknologi Listrik
NIM	: 202371620
Tempat, tanggal lahir	: Pasar Usang, 30 September 1997
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
No HP	: 081374608413
Email	: septianbayu564@gmail.com
Alamat Rumah	: Komplek Palapa Saiyo Blok B 11 No 17 .
Pendidikan	
SD	: SDN 01 Batang Anai
SMP	: MTsN Lubuk Buaya
SMA	: SMAN 02 Batang Anai
Diploma III	: -
Sarjana	: -

tahun lulus 2010
tahun lulus 2013
tahun lulus 2016

Demikianlah daftar riwayat hidup ini dibuat dengan sebenarnya.

Jakarta, 15 Oktober 2025



Septian Retno Bayu

Lampiran 2 Lembar Bimbingan Tugas Akhir



LEMBAR BIMBINGAN PROYEKAKHIR

Nama Mahasiswa : Septian Retno Bayu

NIM : 202371620

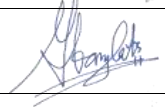
Program Studi : D-III Teknologi Listrik

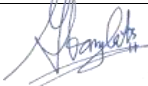
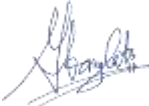
Jenjang : Diploma

Fakultas : Sekolah Vokasi

Pembimbing : Ir. Meyhart Bangkit Sitorus S.T., M.Eng., IPM

Judul Proyek Akhir : Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized (LBSM)
Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder Tapakis Zona 2 Section 1

Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Pembimbing
12-Sep-25	Konsultasi dan persetujuan judul Tugas Akhir serta pembahasan ruang lingkup penelitian	
26-Sep-25	Pembahasan latar belakang, identifikasi masalah, dan penyusunan rumusan masalah	
10 Oktober 2025	Penyusunan tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup masalah	
24 Oktober 2025	Review Bab II (Tinjauan Pustaka) terkait jaringan distribusi 20 kV, jumper, konektor, dan PDKB	
7-Nov-25	Pembahasan metodologi penelitian dan teknik pengumpulan data	

Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Pembimbing
21-Nov-25	Penyusunan Bab IV: deskripsi data dan analisa gangguan penyulang KHM3	
5 Desember 2025	Pembahasan hasil perhitungan SAIDI dan SAIFI serta analisis pengaruh penggantian jumper dan konektor	
19 Desember 2025	Penyusunan pembahasan Bab IV dan sinkronisasi dengan rumusan masalah	
9 Januari 2026	Penyusunan kesimpulan dan saran serta revisi akhir Tugas Akhir	

Formulir 6

	INSTITUT TEKNOLOGI PLN	Kode	FO-PD-A03-2-003-3-012
		Tanggal	10 Februari 2025
	NILAI SIDANG TUGAS AKHIR	Level	2
		Revisi ke-	3

PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : 23 Februari 2026
Nama mahasiswa : Septian Retno Bayu
NIM : 202371620
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Sekolah : Sekolah Vokasi
Judul Tugas Akhir : Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized (Lbsm)
Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder Tapakis
Zona 2 Section 1
Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

Lengkapi data pada tabel 4.6 sesuai dengan gangguan di penyulang pakis

Tabel 4.7 dan 4.8 tambahkan kolom bulan, dan gangguan tidak hanya 1 jika merujuk pada tabel 4.1

Subbab pemasangan LB motorized (4.1.6) pindahkan setelah identifikasi lokasi gangguan dominan

Jika persamaan sudah ada di bab 3, jangan dituliskan ulang di bab 4 (persamaan saidi saifi)

Halaman 53, benarkan lokasi ganggaun dominan di Tapakis

Font nomor halaman harus times new roman

Jangka waktu perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal

27 Februari 2026

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang.

Mahasiswa



Septian Retno Bayu

Ketua Penguji



Hasna Satya Dini, S.T., M.T.

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal

Mahasiswa



Septian Retno Bayu

Ketua Penguji



Hasna Satya Dini, S.T., M.T.

Formulir 7

	INSTITUT TEKNOLOGI PLN	Kode	FO-PD-A03-2-003-3-012
		Tanggal	10 Februari 2025
	NILAI SIDANG TUGAS AKHIR	Level	2
		Revisi ke-	3

PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : 23 Februari 2026
Nama mahasiswa : Septian Retno Bayu
NIM : 202371620
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Sekolah : Sekolah Vokasi
Judul Tugas Akhir : Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized (Lbsm)
Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder Tapakis

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

Perbaiki flowchart dan kerangka berpikir

Perbaiki bab 4 nya secara keseluruhan

Jangka waktu perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal

27 Februari 2026

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang.

Mahasiswa



Septian Retno Bayu

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal **26 Feb 26**

Anggota Penguji



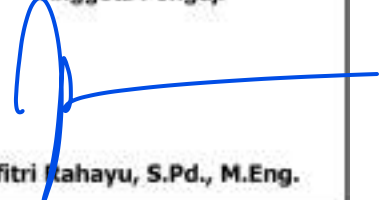
Sofitri Rahayu, S.Pd., M.Eng.

Mahasiswa



Septian Retno Bayu

Anggota Penguji



Sofitri Rahayu, S.Pd., M.Eng.

Formulir 8

	INSTITUT TEKNOLOGI PLN	Kode	FO-PD-A03-2-003-3-012
		Tanggal	10 Februari 2025
	NILAI SIDANG TUGAS AKHIR	Level	2
		Revisi ke-	3

PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : 23 Februari 2026
Nama mahasiswa : Septian Retno Bayu
NIM : 202371620
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Sekolah : Sekolah Vokasi
Judul Tugas Akhir : Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized (Lbsm)
Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder Tapakis
Zona 2 Section 1

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

Sesuaikan dengan revisi masing-masing Penguji

Jangka waktu perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal

27 Februari 2026

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang.

Mahasiswa



Septian Retno Bayu

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal

Dosen Pembimbing



**Ir. Meyhart Bangkit Sitorus,
S.T., M.Eng., IPM.**

Mahasiswa



Septian Retno Bayu

Dosen Pembimbing



**Ir. Meyhart Bangkit Sitorus,
S.T., M.Eng., IPM.**

Formulir 9

	INSTITUT TEKNOLOGI PLN	Kode	FO-PD-A03-2-003-3-011
		Tanggal	10 Februari 2025
	NILAI SIDANG TUGAS AKHIR	Level	2
		Revisi ke-	3

RINGKASAN PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : 23 Februari 2026
Nama mahasiswa : Septian Retno Bayu
NIM : 202371620
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Sekolah : Sekolah Vokasi
Judul Tugas Akhir : Analisis Pemasangan Load Break Switch Motorized (Lbsm)
Guna Meningkatkan Keandalan Jaringan Pada Feeder Tapakis
Zona 2 Section 1

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

Perbaiki sesuai catatan masing-masing dosen penguji

Jangka waktu perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal

27 Februari 2026

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan REVISI tugas akhirnya, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang.

Mahasiswa



Septian Retno Bayu

Dosen Pembimbing



Ir. Meyhart Bangkit Sitorus, S.T., M.Eng.,
IPM.

Ketua Penguji



Hasna Satya Dini, S.T., M.T.

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal

Mahasiswa



Septian Retno Bayu

Dosen Pembimbing



Ir. Meyhart Bangkit Sitorus, S.T.,
M.Eng., IPM.

Ketua Penguji



Hasna Satya Dini, S.T., M.T.