

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV  
DI PT. PLN (Persero) ULP LIMA PULUH KOTA PADA FEEDER-1  
PANGKALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRS  
(LOOP RESTORATION SCHEME)**

**PROPOSAL TUGAS AKHIR**

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



**UIN SUSKA RIAU**

Oleh:

**TAUFIK HIDAYAT**

**11655103565**

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

**2021**

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

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



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DI PT. PLN (Persero) ULP LIMA PULUH KOTA PADA FEEDER-1 PANGKALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRS**

**(LOOP RESTORATION SCHEME)**

**TUGAS AKHIR**

oleh:

**TAUFIK HIDAYAT**

**11655103565**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 11 Agustus 2021

**Ketua Program Studi**

  
Digitally signed  
by Zulfatri Aini  
Tanggal:  
2021.08.11  
20:32:51 WIB

**Dr. Zulfatri Aini, ST.,MT**

**NIP. 1971021 200604 2 001**

**Pembimbing**

  
Digitally  
signed by  
Liliana  
Tanggal:  
2021.08.11  
18:11:26 WIB

**Dr. Liliana, ST., M.Eng**

**NIP. 19781012 200312 2 004**

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta dilindungi Undang-Undang UIN Suska Riau

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

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DI PT. PLN (Persero) ULP LIMA PULUH KOTA PADA FEEDER-1 PANGKALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRS**

**(LOOP RESTORATION SCHEME)**

**TUGAS AKHIR**

oleh:

**TAUFIK HIDAYAT**

**11655103565**

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 06 Agustus 2021

Pekanbaru, 11 Agustus 2021

Mengesahkan,

 **Dekan**  
**Dr. Drs. Hartono, B.A., M.Pd**  
 NIP. 19640301 199203 1 003

**Ketua Program Studi**

  
 Digitally signed by Zulfatri Aini  
 Tanggal: 2021.08.11 20:34:03 WIB

**Dr. Zulfatri Aini, ST., MT**

**NIP. 1971021 200604 2 001**

**DEWAN PENGUJI:**

- Ketua** : Sutoyo, ST., MT  
**Sekretaris** : Dr. Liliana, ST, M.Eng  
**Anggota I** : Dr. Zulfatri Aini, ST, MT  
**Anggota II** : Novi Gusnita, ST., MT

  
 Digitally signed by Sutoyo  
 Tanggal: 2021.08.11 21:46:43 WIB

  
 Digitally signed by Zulfatri Aini  
 Tanggal: 2021.08.11 20:33:47 WIB

  
 Digitally signed by Liliana  
 Tanggal: 2021.08.11 18:10:59 WIB

  
 Digitally signed by Novi Gusnita  
 Tanggal: 2021.08.11 1:19:47:58 WIB



## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

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

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



## LEMBAR PERNYATAAN

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

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

Pekanbaru,

Yang membuat pernyataan,

**TAUFIK HIDAYAT**  
**11655103565**

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



## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*“Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robbmulah hendaknya kamu berharap”.*

(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

*Alhamdulillahirobbil'alamin....*

Terima kasih ku ucapkan kepada mu ya Allah tuhan semesta alam, sujud syukur ku kusembahkan kepada-Mu ya Rabb Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdir mu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuahkan hasil berupa desain dan karya tulis yang menghantarkan ku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran.

*“Bukankah Dia (Allah) yang memperkenankan (do'a) orang yang dalam kesulitan apabila dia berdoa kepada-Nya, dan menghilangkan kesusahan dan menjadikan kamu (manusia) sebagai khalifah (pemimpin) di Bumi? Apakah di samping Allah ada Tuhan (yang lain)? Sedikit sekali (nikmat Allah) yang kamu ingat”.*

(Q.S An-Naml ayat: 62)

Teruntuk....

Kedua orang tuaku tercinta, terima kasih atas kesabaran mu selama ini, terima kasih atas do'a, semangat, motivasi, lidah, dan mulut yang tak pernah lelah menasihati ku walau terkadang nasihat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah ananda lakukan sehingga membuat hati Ayah dan Ibu terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang ananda jalani selama masa perkuliahan, sebagai bentuk rasa terima kasihku walau kasih dan sayang mu tak akan pernah bisa tergantikan semoga pahala dan rezeki selalu dilimpahkan oleh Allah SWT kepada Ayah dan Ibu.

*“Jangan pernah takut, ragu, malas untuk melakukan sesuatu hal yang benar, karena sesuatu hal yang didasari dengan niat baik maka akan menghasilkan sesuatu yang baik pula. Jangan berputus asa dan lari dari setiap masalah yang datang hadapilah dengan segenap kekuatan yang ada dan iringi setiap perjuangan dengan do'a niscaya Allah memberikan jalan yang terbaik”.*



# ANALISIS KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DI PT. PLN (Persero) ULP LIMA PULUH KOTA PADA FEEDER-1 PANGKALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRS (LOOP RESTORATION SCHEME)

**TAUFIK HIDAYAT**

**11655103565**

Tanggal Sidang:

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

## **ABSTRAK**

Keandalan merupakan hal yang sangat penting dalam penyaluran sistem tenaga listrik di jaringan distribusi tegangan menengah. Indeks keandalan digunakan untuk mengetahui seberapa sering tingkat pemadaman yang dirasakan oleh pelanggan dalam 1 tahun. Studi kasus yang dilakukan pada penelitian ini pada PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota Pada *Feeder-1* Pangkalan. Pada penelitian ini menganalisis indeks keandalan pada kondisi *existing* yang dievaluasi dengan SPLN 86:2-1986. Kemudian menerapkan *recloser* pada sistem distribusi dan menyimulasikan dengan *software* ETAP 12.6.0, dimana hasil yang didapatkan dievaluasi dengan standard SPLN. Kemudian menerapkan metode *Loop Restoration Scheme* (LRS) sebagai peningkatan indeks keandalan dalam sistem distribusi dengan menggunakan kondisi *perfect* dan kondisi *imperfect*. Hasil yang didapatkan bahwa evaluasi kondisi *existing* dan penambahan *recloser* dapat meningkatkan indeks keandalan SAIFI sebesar 65.94%, indeks keandalan SAIDI penurunan sebesar 37.73%. Nilai indeks keandalan dengan metode LRS didapatkan peningkatan keandalan SAIFI sebesar 83.44%, sedangkan indeks SAIDI mengalami peningkatan sebesar 15.339%. Pada kondisi *Imperfect* peningkatan keandalan SAIDI sebesar 83.56%, sedangkan pada indeks keandalan SAIDI mengalami peningkatan sebesar 15.04%. Pada kondisi *Perfect* nilai keandalan SAIFI mengalami kenaikan sebesar 99.51%, sedangkan nilai keandalan SAIDI mengalami kenaikan sebesar 97.57%.

Kata Kunci : *Loop Restoration Scheme* (LRS), indeks keandalan, Sistem Distribusi

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



**RELIABILITY ANALYSIS OF 20 kV DISTRIBUTION NETWORK  
SYSTEMS IN PT. PLN (Persero) ULP LIMA PULUH KOTA ON  
FEEDER-1 PANGKALAN USING THE LRS METHOD  
(LOOP RESTORATION SCHEME)**

**TAUFIK HIDAYAT**

**Student Number : 11655103565**

*Date of Final Exam:*

*Department of Electrical Engineering  
Faculty of Science and Technology  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau  
Soebrantas Street, Number.155 Pekanbaru*

**ABSTRACT**

*Reliability is very important in the distribution of electric power systems in medium voltage distribution networks. The reliability index is used to find out how often the level of blackout is felt by customers in 1 year. The case study of the research holds at PT. PLN (persero) ULP Lima Puluh Kota Pada Feeder-1 Pangkalan. In this study, we calculate the reliability index on existing conditions which are evaluated with SPLN 86:2-1986. Then apply the recloser to the distribution system and simulate it with software, where the results obtained are evaluated with PLN standards. The applications of the Loop Restoration Scheme (LRS) method as an increase in the reliability index in the distribution system using perfect and imperfect conditions. The result obtained that the evaluation of existing conditions and the implementation recloser can increase the SAIFI reliability index by 65.94%, the SAIDI reliability index decrease by 37.73%. The reliability index value with the Loop Restoration Scheme method obtained an increase in the reliability of SAIFI by 83.44%, while the SAIDI index increased by 15.339%. In the Imperfect condition, the SAIDI reliability increased by 83.56%, while the SAIDI reliability index increased by 15.04%. In Perfect condition, the reliability value of SAIFI has increased by 99.51%, while the reliability value of SAIDI has increased by 97.57%. In the LRS method, there are perfect and imperfect conditions also increasing the reliability index below the PLN standard.*

**Keywords:** *Loop Restoration Scheme (LRS), reliability index, Distribution System.*

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



## KATA PENGANTAR



*Assalammu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

*Alhamdulillah Rabbil Alamin*, Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Di PT. PLN (persero) ULP Lima Puluh Kota Pada Feeder-1 Pangkalan Dengan Menggunakan Metode LRS (loop restoration Scheme)**”. Shalawat beriringan salam penulis hadiahkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapatkan syafa'at beliau.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Prodi Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulus nya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Ayah, Ibu, dan keluarga yang telah mendo'akan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. H. Khairunnas, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Drs. Hartono, B.A., M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Dr. Zuulfatri Aini, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Sutoyo, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Ahmad Faizal S.T, M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan syarif Kasim Riau.
7. Ibu Dr. Liliana, S.T, M.Eng, selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing serta selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini maupun dalam proses pendidikan Strata 1 (S1) penulis.
8. Ibu Dr. Zufatri Aini, ST.,MT selaku Dosen penguji I yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.
9. Ibu Novi Gusnita, ST., MT selaku Dosen penguji II yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.



10. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat bermanfaat, terkhusus untuk Ibu Dr. Liliana, S.T, M.Eng, dan Ibu Marhamah Jelita, S.Pd., M.Sc,
11. Pimpinan, staff, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
12. Bapak Rizka Saputra Selaku SPV Jaringan Distribusi di PT. PLN (persero) UP3 Payakumbuh.
13. Rekan-rekan seperjuangan (Boby Desriyanto, Deri Wahyudi, Dwiki Imannusa, Erdianto, Fadel Muhammad, Hanif Naufal Q, Teguh Rahayu Selamat, Yahya Khoironi, Yogi Vernando, dan Gery Al Ardi) yang telah memberikan dukungan semangat dan motivasi selama penulis menempuh perkuliahan.
14. Rekan-rekan Angkatan 2016 dan Konsentrasi Energi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
15. Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
16. Rekan-rekan KKN Desa Pematang Benteng 2019 Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik di masa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca di masa mendatang. Amin.

*Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

Pekanbaru, 2021

Taufik Hidayat



## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	.....
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-6
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-6
1.4 Batasan Masalah .....	I-7
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>II-1</b>
2.1 Penelitian Terkait .....	II-1
2.2 Konsep Dasar Sistem Energi Listrik.....	II-3
2.3 Sistem Distribusi.....	II-5
2.3.1 Sistem Distribusi Langsung .....	II-5
2.3.2 Sistem Distribusi Tidak Langsung .....	II-6
2.3.3 Sistem Jaringan Distribusi Primer.....	II-6
2.4 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder .....	II-10
2.5 Jenis-Jenis Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Tegangan Menengah.....	II-10
2.6 Konstruksi Utama Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	II-11
2.6.1 Konstruksi Pada Jaringan Tegangan Menengah .....	II-12
2.6.2 Proteksi Pada Jaringan Tegangan Menengah.....	II-14
2.7 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik .....	II-17
2.7.1 Akibat Dari Gangguan Sistem Distribusi.....	II-18



2.7.2 Penyebab Gangguan Pada SUTM dan SKTM .....	II-19
2.8 Keandalan .....	II-19
2.8.1 Konsep Dasar Keandalan .....	II-20
2.8.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Keandalan Dalam Suatu Sistem Distribusi Sesuai Standar IEEE P1366.....	II-20
2.8.3 Indeks Keandalan.....	II-21
2.8.4 Standar Indeks Keandalan .....	II-23
2.8.5 Fungsi Indeks Keandalan.....	II-24
2.9 Metode LRS ( <i>Loop Restoration Scheme</i> ) .....	II-24
2.10 ETAP 12.6.0 (Electrical Transien And Analysis Program) .....	II-27
2.11 Kondisi <i>Perfect</i> dan <i>Imperfect</i> .....	II-27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	III-1
3.2 Lokasi Penelitian.....	III-1
3.3 Sumber Data Penelitian.....	III-1
3.4 Tahapan Penelitian.....	III-1
3.5 Identifikasi Masalah.....	III-3
3.6 Studi Literatur .....	III-3
3.7 Prosedur Penelitian .....	III-3
3.8 Pengumpulan Data .....	III-3
3.9 Perhitungan Indeks Keandalan .....	III-7
3.10 Analisis Indeks Keandalan Dengan Kondisi <i>Existing</i> .....	III-8
3.11 Standar SPLN 68-2 : 1986 .....	III-8
3.12 Analisis <i>Software</i> Etap 12.6.0.....	III-8
3.12.1 Input Data Jaringan .....	III-8
3.12.2 Langkah-Langkah Konfigurasi Penggunaan Metode LRS ( <i>Loop Restoration Scheme</i> ) Pada <i>Software</i> Etap 12.6.0 .....	III-12
3.13 Analisis Kondisi <i>Perfect</i> dan <i>Imperfect</i> .....	III-13
3.14 Hasil dan Analisa .....	III-13
3.15 Jadwal Penelitian .....	III-14
3.16 Kesimpulan dan Saran .....	III-16
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	IV-1
4.2 Keandalan dan Indeks Keandalan.....	IV-2
4.3 Analisis Hasil Perhitungan pada kondisi <i>Existing</i> .....	IV-2



4.4 Analisis Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV dengan Penempatan Recloser .....IV-4

4.5 Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20kV dengan Penerapan Loop Restoration Scheme (LRS) .....IV-7

4.6 Analisis Hasil Indeks Keandalan Sistem Jaringan DIstribusi 20kV .....IV-15

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... V-1**

5.1 Kesimpulan ..... V-1

5.2 Saran ..... V-2

**DAFTAR PUSTAKA**

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

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

© Hak Cipta dilindungi UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU



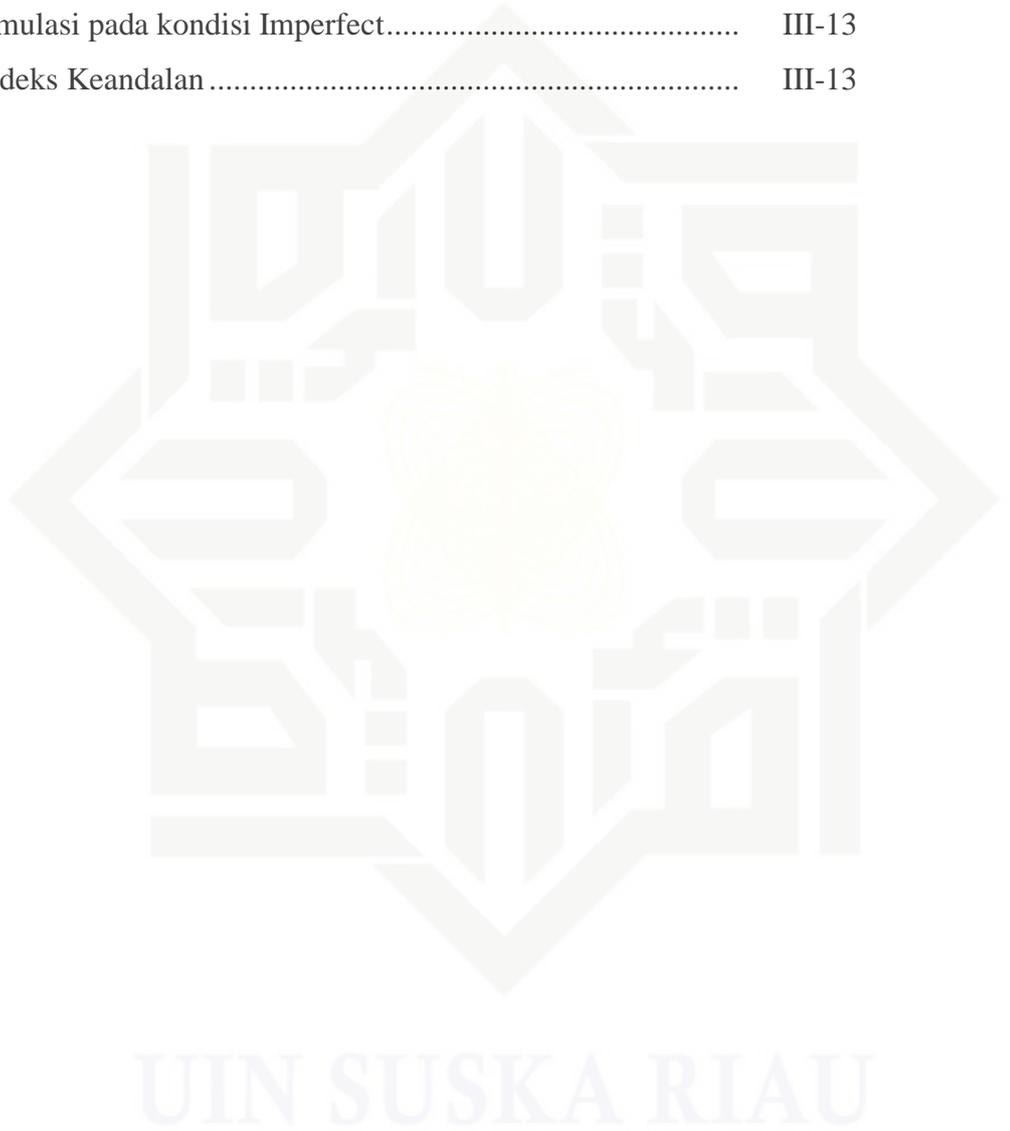
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Proses Distribusi Energi Listrik Di Indonesia .....	II-4
Gambar 2.2 Sisem Gugus atau <i>Klutser</i> .....	II-6
Gambar 2.3 Sistem <i>Spindel</i> .....	II-7
Gambar 2.4 Sistem LRS ( <i>Loop Restoration Scheme</i> ) .....	II-7
Gambar 2.5 Sistem <i>Tie Line</i> .....	II-8
Gambar 2.6 Sistem Radial .....	II-8
Gambar 2.7 Sistem Radial Tipe Pohon .....	II-9
Gambar 2.8 Sistem <i>Radial Tie Switch</i> .....	II-9
Gambar 2.9 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder .....	II-10
Gambar 2.10 Isolator Tarik .....	II-12
Gambar 2.11 Isolator Tumpu .....	II-13
Gambar 2.12 Letak Pemasangan FCO dan LBS .....	II-14
Gambar 2.13 Sistem LRS ( <i>Loop Restoration Scheme</i> ) .....	II-24
Gambar 2.14 <i>Loop Restoration Scheme</i> .....	II-24
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2 <i>Single Line Diagram Feeder-1</i> Pangkalan .....	III-5
Gambar 3.3 <i>Single Line Diagram</i> PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota.....	III-5
Gambar 3.4 <i>Input Data Recloser</i> .....	III-7
Gambar 3.5 <i>Input Data Impedansi</i> Sumber .....	III-9
Gambar 3.6 <i>Input Data Cable</i> Yang Menggunakan Isolasi.....	III-9
Gambar 3.7 <i>Input Data Cable Transmission Line</i> .....	III-10
Gambar 3.8 <i>Input Data Transformator</i> .....	III-10
Gambar 3.9 <i>Input Data Beban</i> .....	III-11
Gambar 3.10 <i>Input Data Saklar LBS (Load Break Switch)</i> .....	III-11
Gambar 4.1 Penambahan <i>Recloser</i> Rimbo Data .....	IV-4
Gambar 4.2 Penambahan Load Break Switch (LBS) .....	IV-4
Gambar 4.3 Simulasi Penambahan Recloser Menggunakan Software ETAP.....	IV-5
Gambar 4.4 Bagian 1 .....	IV-7
Gambar 4.5 Bagian 2 .....	IV-7
Gambar 4.6 Bagian 3 .....	IV-8

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



Gambar 4.7 Bagian 4 .....	III-8
Gambar 4.8 Bagian 5 .....	III-9
Gambar 4.9 Hasil indek keandalan dengan Penerapan LRS .....	III-10
Gambar 4.10 Hasil indek keandalan dengan Penerapan LRS .....	III-10
Gambar 4.11 Hasil Peningkatan keandalan dengan LRS .....	III-11
Gambar 4.12 Hasil simulasi ETAP pada kondisi <i>Perfect</i> .....	III-11
Gambar 4.13 kondisi <i>Imperfect</i> .....	III-12
Gambar 4.14 Hasil simulasi pada kondisi Imperfect.....	III-13
Gambar 4.15 Hasil Indeks Keandalan .....	III-13



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

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 perbedaan antara jaringan transmisi dan jaringan distribusi .....	II-4
Tabel 2.2 Standar Indeks Keandalan Berdasarkan SPLN 68 - 2 : 1986 .....	II-22
Tabel 3.1 Data Gangguan <i>Feeder-1</i> Pangkalan Tahun 2019.....	III-4
Tabel 3.2 Data Jumlah Pelanggan <i>Feeder-1</i> Pangkalan .....	III-6
Tabel 3.3 Data Panjang Saluran <i>Feeder-1</i> Pangkalan .....	III-6
Tabel 3.4 Data Beban Pada Trafo <i>Feeder-1</i> Pangkalan .....	III-6
Tabel 3.5 Durasi Lama Padam .....	III-6
Tabel 3.6 Standar Indeks Keandalan SPLN 68-2 : 1986.....	III-8
Tabel 3.7 Jadwal Penelitian .....	III-13
Tabel 4.1 Evaluasi Indeks Keandalan Kondisi existing dengan standard PLN.....	IV-3
Tabel 4.2 Hasil simulasi ETAP akibat adanya recloser.....	IV-5
Tabel 4.3 Perbedaan kondisi existing dan penambahan recloser .....	IV-6
Tabel 4.4 Peningkatan Keandalan dengan LRS .....	IV-10
Tabel 4.5 kondisi perfect switching LRS .....	IV-11
Tabel 4.6 kondisi Imperfect switching LRS .....	IV-12

## DAFTAR RUMUS

<b>Rumus</b>	<b>Halaman</b>
Rumus 2.1 SAIFI.....	II-20
Rumus 2.2 SAIDI.....	II-21
Rumus 2.3 CAIFI.....	II-21
Rumus 2.3 CAIDI.....	II-22

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

## DAFTAR LAMPIRAN

**PERHITUNGAN KONDISI *EXISTING***

**DATA PT. PLN (Persero) ULP LIMA PULUH KOTA**

**HASIL SIMULASI**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

### Hak Cipta Dan Undang-Undang

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



UIN SUSKA RIAU



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat dan industri yang harus terpenuhi untuk menghidupkan berbagai peralatan perabotan dan industri yang membutuhkan energi listrik. Disisi lain energi listrik juga berperan penting dalam menggerakkan roda perekonomian. Seiring dengan kemajuan zaman, permintaan terhadap energi listrik kian meningkat, karena hampir seluruh peralatan perabotan dan industri digerakkan dengan menggunakan energi listrik.

Sistem penyaluran energi listrik terhadap konsumen akan terhubung dengan jaringan distribusi. Energi listrik disalurkan dari sumber energi listrik sampai konsumen melalui jaringan distribusi. Jaringan distribusi terdiri dari gardu induk, gardu hubung, jaringan tegangan menengah, dan trafo distribusi yang kemudian dapat menghasilkan energi listrik sebesar 380 V/220 V untuk digunakan oleh masyarakat maupun industri [1].

Penyedia tenaga listrik di Indonesia adalah PT. PLN (Persero), merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang tenaga kelistrikan, dan selalu berusaha memberikan pelayanan yang terbaik agar konsumen merasa puas terhadap kontinuitas penyaluran energi listrik. PT. PLN (persero) tidak hanya menyediakan energi listrik, namun juga turut serta berkontribusi terhadap pengembangan masyarakat agar produktif dalam meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat [2].

Menurut Undang-Undang No.30 Tahun 2009 tentang tenaga kelistrikan pasal 28 tertulis bahwa pemegang izin usaha penyedia energi listrik wajib menyediakan energi listrik yang memenuhi standar mutu dan keandalan yang berlaku, memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada konsumen dan masyarakat, memenuhi ketentuan keselamatan ketenagalistrikan, dan mengutamakan produk serta potensi dalam negeri [2]. Kondisi tersebut akan menuntut penyedia ketenagalistrikan untuk meningkatkan kualitas produk serta layanannya, sehingga dapat meminimalisir pemadaman untuk menjaga kepuasan pelanggan.

PT. PLN (Persero) merupakan suatu perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang ditugaskan dalam mengatur keberlangsungan ketenagalistrikan mulai dari pembangkitan, transmisi, distribusi, perencanaan ketenagalistrikan, serta penyediaan



tenaga listrik sampai ke jasa perbaikan tenaga listrik yang berada di Indonesia. Usaha penyediaan energi listrik dikuasai oleh negara dan penyediaanya perlu terus ditingkatkan sejalan dengan meningkatnya teknologi, industri, serta meningkatnya kebutuhan energi listrik masyarakat dan sektor industri, maka sangat dibutuhkan penyediaan energi listrik dalam jumlah yang cukup, merata, dan bermutu. Keandalan terhadap penyaluran energi listrik akan membuat pelanggan menjadi puas, maka dari itu PT. PLN (Persero) untuk menjaga keandalan pada sistem penyaluran energi listrik menggunakan sistem pengoperasian yang mempunyai tingkat keandalan yang sangat tinggi, karena PT. PLN (Persero) mempunyai visi yaitu “Diakui Sebagai Perusahaan Kelas Dunia Yang Bertumbuh Kembang, Unggul Dan Terpercaya Dengan Bertumpu Pada Potensi Insani” [3].

Kepuasan maupun ketidakpuasan pelanggan menjadi topik yang hangat dibicarakan pada tingkat global, nasional, industri, perusahaan dan masyarakat. Kepuasan pelanggan merupakan aspek yang penting dalam memberikan pelayanan jasa atau barang, tujuannya agar apa yang diharapkan sesuai dengan apa yang diterima oleh konsumen. Salah satu upaya yang digunakan untuk memberikan pelayanan dengan baik adalah dengan menjaga mutu, kualitas, dan pelayanan keandalan penyaluran sistem energi listrik dengan menggunakan sistem pengoperasian yang mempunyai tingkat keandalan yang sesuai standar serta pelayanan yang memuaskan.

Keandalan merupakan tingkat berhasilnya kinerja dari suatu sistem, sedangkan untuk indeks keandalan adalah metode untuk mengevaluasi parameter keandalan peralatan distribusi energi listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Pada sistem distribusi, kualitas keandalan dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan seberapa sering terjadinya pemadaman dalam satu satuan waktu, misalnya dalam waktu satu tahun. Untuk dapat menentukan keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan maupun perhitungan terhadap tingkat keberhasilan kinerja ataupun operasi dari suatu sistem yang ditinjau pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang sudah ditetapkan [4]. Dalam penyaluran energi listrik, tingkat keandalan penyaluran energi listrik sangat diperlukan karena ini merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap kesinambungan energi listrik sampai ke konsumen, dengan indeks keandalan yang dipakai dalam sistem distribusi adalah SAIFI (*system average interruption frequency index*), SAIDI (*system average interruption duration index*), CAIDI (*customer average interruption duration index*), dan CAIFI (*customer average interruption frequency*



*index*). Untuk itu diperlukan sistem pengoperasian yang sangat baik, sehingga dapat meminimalisir pemadaman untuk menjaga kepuasan pelanggan.

Teknik analisis untuk menentukan keandalan jaringan distribusi telah berkembang dengan sangat pesat. Metode yang umum digunakan untuk menentukan keandalan sistem jaringan distribusi ialah metode *Section Technique*, metode RIA (*Realibility Index Assessment*), metode FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*), metode RNEA (*Realibility Network Equivalen Approach*), metode LRS (*Loop Restoration Scheme*), dan metode *Monte Carlo* yang akan penulis jabarkan secara satu persatu di bawah ini.

Pertama adalah metode *Section Technique* ialah suatu metode terstruktur untuk menganalisis suatu sistem, metode ini dalam mengevaluasi keandalan suatu sistem distribusi berdasarkan bagaimana suatu kegagalan dari suatu peralatan yang mempengaruhi suatu sistem. Metode ini menjadikan perhitungan lebih sederhana dan mudah dengan membagi struktur jaringan menjadi beberapa bagian atau *section* dan pada setiap bagian dilakukan perhitungan, lalu setiap bagian dijumlahkan sehingga menghasilkan nilai akhir dari keandalan [4].

Kedua adalah metode RIA (*Realibility Index Assesment*) adalah suatu metode yang dipakai untuk mengevaluasi indeks keandalan sistem jaringan distribusi dengan mengasumsikan kegagalan dari peralatan, serta mengidentifikasi peralatan tersebut dan analisa efek kegagalan yang mempengaruhi sistem distribusi. Metode RIA hanya mampu menghitung keandalan yang disebabkan oleh gangguan *temporer*[5].

Ketiga adalah metode FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) adalah metode yang bertujuan untuk mengidentifikasi mode-mode kegagalan dan penyebab kegagalan, serta dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh setiap komponen. Kekurangan terhadap metode FMEA tidak ada menggunakan perhitungan terhadap waktu perbaikan pada setiap kegagalan[6].

Keempat adalah metode RNEA (*Realibility Network Equivalen Approach*) adalah metode yang digunakan untuk menganalisis sistem radial yang kompleks, metode RNEA juga merupakan penyederhanaan dari metode FMEA. Metode RNEA merupakan metode pendekatan untuk mengevaluasi sistem distribusi yang menggunakan proses berulang dan berurutan untuk mengevaluasi indeks keandalan per titik beban (*load point*). Kekurangan dari metode RNEA ialah hanya mampu menghitung penyulang yang terpisah dan yang berbentuk *radial*[7].



Kelima adalah metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) adalah metode yang digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi dengan otomatisasi pada suatu *feeder*. Otomatisasi tersebut dapat digunakan untuk memperbaiki keandalan dan kualitas pelayanan, metode LRS juga dikendalikan oleh ACS (*automatic control system*) untuk memindahkan gangguan pada *section* yang lain dan mengembalikan gangguan pada *feeder*. Kelebihan dari metode LRS adalah dapat dianalisis dengan menggunakan bantuan *software* ETAP 12.6.0 untuk hal otomatisasinya[8].

Keenam adalah metode *monte carlo* ialah algoritma komputasi untuk simulasi berbagai perilaku sistem fisika dan matematika. Penggunaan klasik metode ini adalah untuk mengevaluasi integral definit terutama integral multidimensi dengan syarat dan batasan yang rumit. Data yang dibutuhkan untuk metode monte carlo adalah data laju kerusakan dan data laju perbaikan pada sistem.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh memiliki 4 cabang rayon atau ranting yang saat ini disebut dengan ULP, masing-masing berada pada daerah ULP Payakumbuh memiliki 17 *feeder*, ULP Batu Sangkar memiliki 9 *feeder*, ULP Lintau memiliki 5 *feeder*, dan ULP Lima Puluh Kota memiliki 12 *feeder*, total dari keseluruhan *feeder* pada UP3 Payakumbuh adalah 42 *feeder*. Berdasarkan data gangguan yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh bahwa yang sering terjadi gangguan adalah ULP Lima Puluh Kota pada *feeder-1* Pangkalan yang memiliki gangguan paling banyak di setiap tahunnya dan sering terjadi pemadaman, pada tahun 2017 memiliki gangguan sebanyak 78 gangguan, pada tahun 2018 memiliki gangguan sebanyak 48 gangguan, dan pada tahun 2019 memiliki gangguan sebanyak 49 gangguan. Data ini langsung saya dapatkan dari kantor PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh. Menurut penulis sebenarnya data tersebut telah diminimalisir agar kinerja PT. PLN (Persero) masih dianggap baik[9].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis ingin menganalisa *feeder* yang berada pada PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota, yaitu *feeder-1* Pangkalan dengan menggunakan metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) agar mampu meningkatkan keandalan *feeder* pada sistem jaringan distribusi, karena metode LRS ialah metode yang digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi. Pada penelitian nantinya akan ditambahkan *proteksi* berjenis *Recloser* serta tata letak penempatan *Recloser* yang tepat dan juga akan dilakukan analisis dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 untuk menurunkan indeks keandalan sistem jaringan distribusi. Penulis memilih *Recloser* karena



*Recloser* merupakan *proteksi* yang didalamnya sudah terdapat relai GFR dan relai OCR, *Recloser* juga dapat memproteksi gangguan *temporer* serta mengembalikan pada kondisi semula dan dapat membaca gangguan, memutuskan, dan menyambungkan kembali tegangan untuk pemeliharaan jaringan, *Recloser* sangat cocok karena *feeder-1* pangkalan terdapat 49 gangguan selama 1 tahun 2019 yang terdiri dari 28 gangguan permanen dan 21 gangguan *temporer*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV pada suatu *feeder*. Dikarenakan pada *feeder-1* pangkalan sering terjadi gangguan maka penulis akan meneliti *feeder* tersebut, penulis terlebih dahulu akan melakukan perhitungan indeks keandalan secara manual untuk menentukan apakah indeks keandalan yang terdapat pada *feeder-1* pangkalan sesuai standar SPLN 68-2 1986 atau tidak. Target kedua dalam penelitian ini adalah bagaimana caranya untuk mengurangi pemadaman kepada pelanggan agar kontinuitas penyaluran energi listrik dapat dinikmati oleh pelanggan dengan puas dan dapat menurunkan indeks keandalan dengan sesuai standar SPLN 68-2 1986, dengan menggunakan metode LRS serta penambahan dan penempatan *Recloser* yang tepat yang akan dibantu melalui *software* ETAP 12.6.0.

Sejauh ini solusi yang diberikan untuk keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV berdasarkan penelitian terkait [4] [5] [6]. Berdasarkan permasalahan yang terjadi dan berbagai solusi yang telah dijelaskan, maka perlu dilakukan analisis terhadap keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV. Pengembangan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan perhitungan manual terhadap indeks keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV dan membandingkannya dengan standar SPLN 68 – 2 : 1986, lalu menganalisis keandalan dengan menggunakan metode LRS serta penambahan dan penempatan alat *proteksi* yang tepat berupa *Recloser* untuk mengurangi frekuensi pemadaman dengan bantuan *software* ETAP 12.6.0. Selain itu hasil penelitian ini menggunakan skenario untuk meningkatkan indeks keandalan pada sistem yakni dengan membuat skenario 1 dan skenario 2. Dimana pada skenario 1 disebut kondisi perfect, sedangkan pada skenario 2 dalam kondisi imperfect. Maka dari itu penulis tertarik dengan melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota Feeder-1 Pangkalan Dengan Menggunakan Metode LRS (Loop Restoration Scheme)**”.





#### 1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terfokus pada pokok pembahasan, maka pembahasan hanya dilakukan untuk beberapa hal sebagai berikut:

1. Menganalisis indeks keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV pada kondisi *existing* terlebih dahulu, lalu menganalisis dengan menggunakan metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) yang dibantu dengan *software* ETAP 12.6.0.
2. Mendesain *single line* lalu disimulasikan dengan bantuan *software* ETAP 12.6.0.
3. Indeks keandalan dihitung dengan menggunakan data gangguan jaringan distribusi 20 kV *feeder-1* pangkalan selama 1 tahun yaitu tahun 2019.
4. Evaluasi yang dilakukan berdasarkan penyaluran energi listrik sampai ke pelanggan.
5. Lokasi penelitian di PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota *feeder-1* pangkalan.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai landasan untuk menganalisis keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota *feeder-1* pangkalan.
2. Untuk meminimalisir permasalahan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi 20 kV.
3. Untuk mengemban ilmu teknologi khususnya dibidang keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV.
4. Sebagai penambah referensi untuk penelitian selanjutnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

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



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

Pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur yang mencari referensi landasan teori yang relevan dengan masalah yang akan diselesaikan. Teori dan referensi didapat dari jurnal, buku, dan sumber lainnya yang berkaitan dengan keandalan jaringan distribusi yang dapat mendukung penelitian.

Penelitian [5] Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk analisis keandalan sistem distribusi 20 kV pada penyulang yang akan dianalisis. Sebelum dianalisis dengan menggunakan metode *section technique* peneliti terlebih dahulu melakukan pengumpulan data dan pengolahan data barulah selanjutnya dilakukan analisis terhadap keandalan sistem distribusi 20 kV. Setelah dilakukannya analisis dengan menggunakan metode *section technique* maka didapatkan hasil indeks keandalan berupa nilai SAIFI 2,4982 kali/tahun, SAIDI 7,6766 jam/tahun, dan CAIDI 3,072852 jam/tahun. Lalu penelitian tersebut dibandingkan dengan setelah menggunakan program analisis *transient* yang indeks keandalan berupa nilai SAIFI 2,9235 kali/tahun, SAIDI 7,8902 jam/tahun, dan CAIDI 2,699 jam/tahun. Untuk meningkatkan nilai keandalan yaitu dengan cara mengoptimalkan kondisi *tie switch* pada jaringan distribusi dan melakukan pemeliharaan *preventif*.

Penelitian [6] Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk menganalisis keandalan sistem jaringan distribusi pada penyulang pejangkungan pasuruan. Penelitian ini akan menganalisis indeks keandalan yang terdapat di penyulang pejangkungan pasuruan dengan menggunakan metode RIA (*reliability index assessment*) dan menggunakan *software* ETAP 12.6. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah indeks keandalan berupa nilai SAIFI 0,295 *fault*/tahun dan SAIDI 1,298 jam/tahun. Setelah dilakukan perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa nilai SAIFI dan SAIDI dipengaruhi oleh panjang saluran dan banyaknya trafo.

Penelitian [18] Dikarenakan pelanggan yang dilayani oleh rayon panam mengeluhkan terjadinya pemadaman yang sering terjadi, salah satu penyulang yang ada pada rayon panam yaitu penyulang kwalu. Penyulang kwalu mengalami gangguan sepanjang tahun 2016 sebanyak 54 kali dan durasi gangguan 21, 95 jam. Pada penelitian



ini penulis menggunakan metode gabungan (*section technique – reliability index assesment*) dari hasil perhitungan nilai keandalan untuk penyulang kwalu untuk SAIFI 5,096 gangguan/pelanggan/tahun, nilai SAIDI 15,296 jam/pelanggan/tahun dan CAIDI 3,001 jam/tahun. Nilai yang didapatkan dibandingkan dengan SPLN 59 tahun 1985 dan diketahui penyulang kwalu tidak andal karena nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI melebihi standar yang telah ditetapkan.

Penelitian [7] Penelitian ini menggunakan metode FMEA (*failure modes and effect analysis*) dan penelitian ini bertujuan untuk menghitung indeks keandalan yang terdapat pada PT. PLN (Persero) Rayon Lumajang. Penelitian ini dilakukan penambahan alat proteksi berupa *fuse* dan *sectionalizer* untuk menurunkan nilai indeks keandalan. Setelah *fuse* ditambah maka nilai SAIFI yang awalnya 6,6088 menjadi 5,4176. Sedangkan setelah ditambah *sectionalizer* maka nilai SAIDI yang awalnya 7,6737 menjadi 6,4431.

Penelitian [11] Penyulang pantai cermin memiliki tingkat kegagalan tertinggi dengan rata-rata 9,33 kali/bulan dan penyulang panam dengan rata-rata kegagalan 8,4 kali/bulan. Laporan kegagalan ini dihitung berdasarkan data PT. PLN (Persero) Rayon Panam tahun 2017. Dalam penelitian ini dengan menggunakan kombinasi metode *section technique – FMEA* dalam menganalisis keandalan dan mengetahui tingkat keandalan. Berdasarkan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dalam penelitian ini, pada penyulang pantai cermin dengan nilai SAIFI sebesar 16,7 kali/tahun, SAIDI 52,6 jam/tahun, dan CAIDI sebesar 12,7 jam/tahun. Dengan hasil indeks yang didapatkan maka penyulang pantai cermin dikatakan tidak memenuhi standart keandalan sesuai SPLN. Sedangkan penyulang panam memiliki nilai SAIFI 4,4 kali/tahun, SAIDI 14,4 jam/tahun, dan CAIDI 9,9 jam/tahun. Maka penyulang panam dikatakan tergolong andal.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka peneliti tertarik untuk melaksanakan penelitian di PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh *feeder-1* pangkalan. Untuk itu penulis mengangkat sebuah judul tentang “Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Di PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota Feeder-1 Pangkalan Dengan Menggunakan Metode LRS (*Loop Restoration Scheme*)”. Pada penelitian ini penulis mengambil data sekunder milik PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh *Feeder-1* Pangkalan. Adapun data tersebut meliputi data gangguan tahun 2019, data jumlah pelanggan, data trafo, data panjang saluran, data *single line diagram*, dan data lamanya pemadaman. Perbedaan yang terdapat pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penelitian ini akan dilakukan analisis dengan bantuan *software* ETAP



12.6.0 untuk penambahan serta penempatan *Recloser* yang tepat agar sistem bisa andal dan penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV pada *feeder-1* pangkalan.

Pada penelitian [12] didapatkan hasil penelitian dengan menggunakan metode *Loop Restoration Scheme* didapatkan nilai indeks keandalan pada kondisi normal didapatkan nilai SAIFI sebesar 4.7721 (*f/year*), SAIDI sebesar 12.078 (*hour/year*) dan CAIDI sebesar 2.531 (*hour/interruption*), sedangkan setelah penggunaan metode *Loop Restoration Scheme* didapatkan nilai SAIFI sebesar 0.4797 (*f/year*), SAIDI sebesar 2.1401 (*hour/year*) dan CAIDI sebesar 4.461 (*hour/interruption*). dari hasil simulasi yang dilakukan terlihat bahwa adanya perbedaan yang cukup signifikan, hal ini dikarenakan pada konfigurasi LRS dilakukan penambahan *Sectional Switch* dan *Automatic Recloser* pada setiap penyulang.

Penelitian [13] dievaluasi nilai indeks keandalan menggunakan metode Reliability Index Assesment (RIA) pada penyulang SRL03 dalam keadaan perfect switching dan imperfect switching. Indeks keandalan yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan metode RIA saat kondisi jaringan diasumsikan perfect switching, nilai SAIFI sebesar 1,1564 gangguan/tahun, nilai SAIDI sebesar 6,7839 jam/tahun, dan CAIDI sebesar 5,8664 jam/gangguan, sedangkan indeks keandalan saat kondisi jaringan diasumsikan imperfect switching, nilai SAIFI sebesar 1,1684 gangguan/tahun.

## 2.2 Konsep Dasar Sistem Energi Listrik

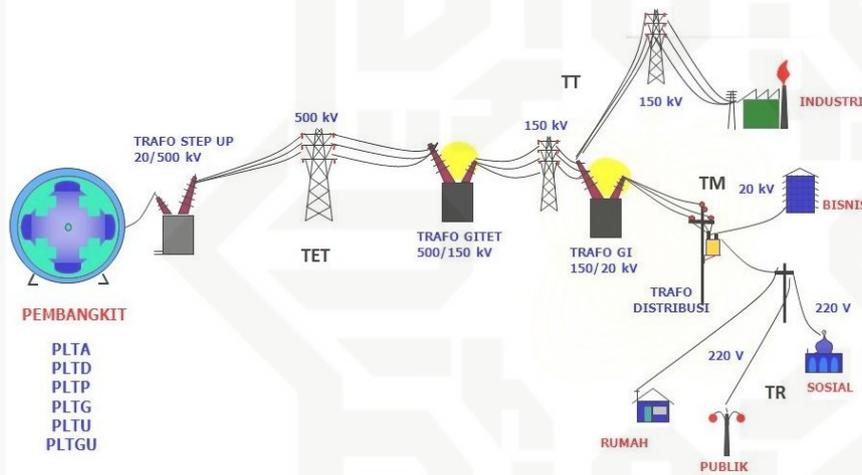
Energi listrik dibangkitkan oleh pusat-pusat pembangkit energi listrik seperti PLTA, PLTS, PLTD, PLTU, PLTG, PLTMG, PLTGU, PLTP dan pembangkit listrik lainnya yang dapat menghasilkan energi listrik, kemudian energi listrik tersebut disalurkan melalui saluran jaringan transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh *transformator step up* sebagai *Step up* tegangan yang ada di pusat listrik. Saluran udara tegangan ekstra tinggi di Indonesia disebut dengan (SUTET) yang memiliki tegangan 500 kV dan saluran udara tegangan tinggi disebut dengan (SUTT) yang memiliki tegangan sekitar 150 kV[7]. Saluran transmisi di Indonesia ada yang berupa saluran udara dan ada juga yang berupa saluran kabel tanah, dikarenakan saluran udara harganya yang lebih murah dibandingkan dengan saluran kabel tanah, maka saluran udara transmisi di Indonesia kebanyakan menggunakan saluran udara[14].

Setelah energi listrik disalurkan melalui saluran transmisi, maka sampailah energi listrik di gardu induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui saluran *transformator*



*step down* sebagai penurun tegangan atau disebut juga dengan tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer saat ini memiliki tegangan sekitar 20 kV. Jaringan yang memiliki tegangan sekitar 20 kV disebut juga dengan jaringan distribusi sedangkan jaringan transmisi memiliki tegangan sekitar 150 kV-500 kV[15]. Jaringan distribusi agar dapat disalurkan ke masyarakat maka harus diturunkan tegangannya terlebih dahulu dengan menggunakan gardu distribusi yang tegangannya sekitar 380 V/220 V. Yang kemudian disalurkan dengan tegangan rendah untuk selanjutnya digunakan oleh konsumen (masyarakat) maupun industri.

Pada gambar 2.1 di bawah ini dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dan dikirimkan ke konsumen melalui pusat pembangkit energi listrik, gardu induk, saluran transmisi, saluran distribusi, dan kemudian ke beban (konsumen tenaga listrik).



Gambar 2.1 Proses Distribusi Energi Listrik Di Indonesia[14].

Perbedaan antara jaringan transmisi dan jaringan distribusi bisa dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 perbedaan antara jaringan transmisi dan jaringan distribusi[1].

No	Dilihat Dari Segi	Jaringan Transmisi	Jaringan Distribusi
1	Isolator Jaringan	Jenis Gantung	Jenis Pasak PIN, Jenis Gantung, Jenis Cincin Jenis Batang
2	Kawat Tarikan	Tanpa Kawat Tarikan	Dengan Kawat Tarikan
3	Kawat Penghantar	ACSR dan ACAR	BCC, ASC, AAAC, ACC, dan Emphetic

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



4	Tinggi Jaringan		Kurang Dari 20 M
5	Penyangga Jaringan	Menara Jaringan	Tiang Jaringan
6	Komponen Rangkaian Yang Diperlukan	R, L, dan C	R dan L
7	Analisa Rangkaian	Lebih Sederhana	Lebih Kompleks
8	Konstruksi Jaringan	Lebih Sederhana	Lebih Rumit dan Beragam
9	Sistem Jaringan	Saluran Udara dan Bawah Tanah	Saluran Udara dan Bawah Tanah
10	Bentuk Jaringan	<i>Radial, Loop, dan Interkoneksi</i>	<i>Radial, Loop, Tie Line, Klutse, dan Spindel</i>
11	Tegangan Sistem	> 30 kV	< 30 kV
12	Letak Lokasi Jaringan	Luar Kota	Dalam Kota

### 2.3 Sistem Distribusi

Sistem distribusi tenaga listrik ialah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara sumber daya besar (*bulk power source*) dan peralatan hubung pelanggan (*customers service switches*). Fungsi sistem jaringan distribusi adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk distribusi (*distribution substation*) kepada pelanggan listrik dengan mutu pelayanan yang memadai[16].

Pada umumnya sistem jaringan distribusi tenaga listrik di Indonesia terdiri dari beberapa bagian, antara lain sebagai berikut[1]:

1. Gardu Induk (GI).
2. Saluran Tegangan Menengah (TM)/Distribusi Primer.
3. Gardu Distribusi (GD).
4. Saluran Tegangan Rendah (TR)/Distribusi Sekunder.

Gardu induk akan menerima daya dari saluran transmisi kemudian menyalurkan melalui saluran distribusi primer menuju gardu distribusi. Sistem jaringan distribusi terdiri dari dua sistem yaitu sistem distribusi langsung dan sistem distribusi tidak langsung, dan sistem jaringan distribusi juga terdiri dari dua buah bagian yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

#### 2.3.1 Sistem Distribusi Langsung

Penyaluran tenaga listrik yang dilakukan secara langsung dari pusat pembangkit tenaga listrik, dan tidak melalui jaringan transmisi terlebih dahulu disebut juga dengan



sistem distribusi langsung. Apabila pusat pembangkit tenaga listrik berada tidak jauh dari pusat beban maka sistem distribusi langsung yang akan digunakan, biasanya terletak didaerah pinggiran kota[1][17].

**2.3.2 Sistem Distribusi Tidak Langsung**

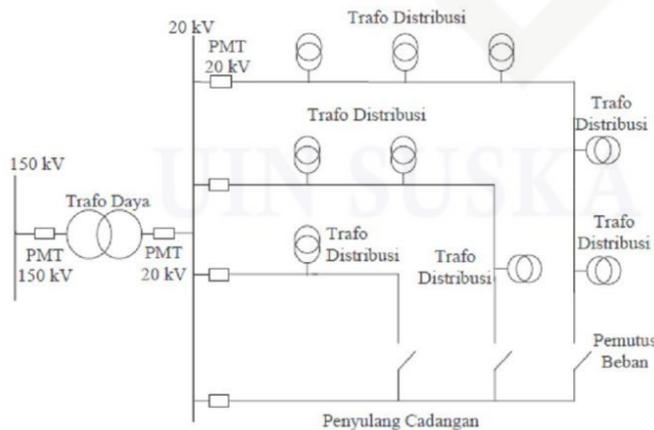
Penyaluran tenaga listrik yang dilakukan jika pusat pembangkit tenaga listrik jauh dari pusat beban maka disebut dengan sistem distribusi tidak langsung. Sehingga dibutuhkan jaringan transmisi sebagai jaringan perantara sebelum dihubungkan dengan jaringan distribusi[1].

**2.3.3 Sistem Jaringan Distribusi Primer**

Sistem jaringan distribusi primer atau sistem distribusi tegangan menengah tersusun dari penyulang utama (*main feeder*) dan penyulang pencabangan (*latera*). Sistem jaringan distribusi digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat listrik suplai daya besar (*bulk power source*) atau biasanya disebut juga dengan gardu induk hingga ke pusat beban. Pada sistem jaringan distribusi primer terdiri dari 5 sistem yaitu sebagai berikut [18]. :

1. Sistem Gugus atau *Kluster*

Sistem gugus atau *kluster* terdapat saklar pemutus beban dan penyulang cadangan. Dimana penyulang cadangan tersebut berfungsi bila terjadinya gangguan pada penyulang utama, maka penyulang cadangan yang akan menyuplai energi listrik kepada konsumen. Sistem ini biasanya juga banyak digunakan pada kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang sangat tinggi.

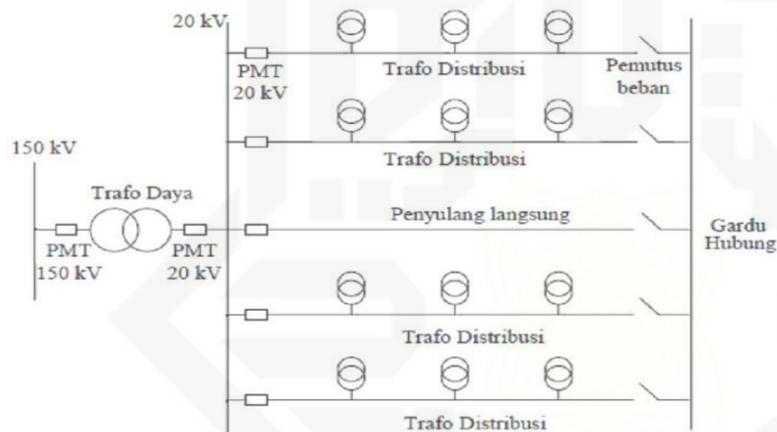


Gambar 2.2 Sisem Gugus atau *Klutser*[18].

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

## 2. Sistem Spindel

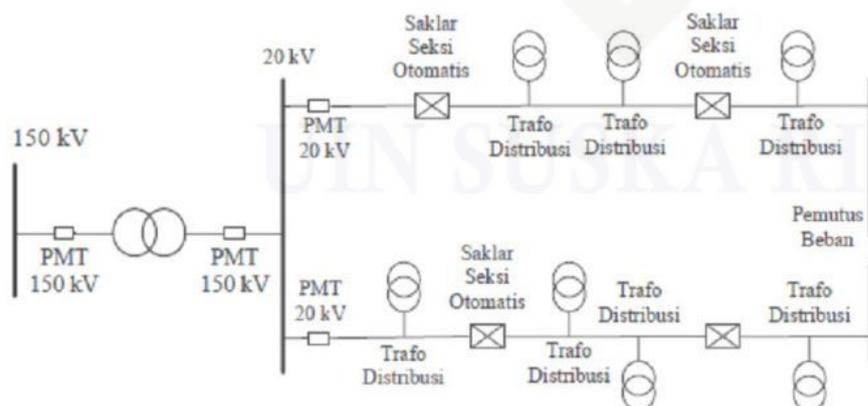
Pada pola pengoperasiannya sistem *spindel* difungsikan sebagai sistem *radial*. Pada sebuah penyulang aktif yang terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen, baik konsumen tegangan rendah (TR) ataupun konsumen tegangan menengah (TM). Sistem *spindel* biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah atau biasanya disebut juga dengan saluran kabel tegangan menengah (SKTM). Sistem *spindel* terdiri dari beberapa penyulang atau *feder* yang tegangannya diberikan dari gerdu induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah gardu hubung. Sistem *spindel* disebut juga dengan pola kombinasi antara jaringan *radial* dan *ring*.



Gambar 2.3 Sistem *Spindel*[18].

## 3. Sistem Loop

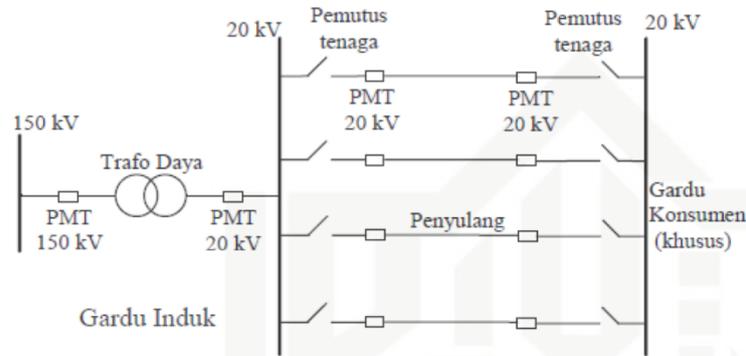
Pada jaringan tegangan menengah struktur lingkaran atau biasanya disebut juga dengan *loop* dimungkinkan pemasokan dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalan menjadi lebih baik.



Gambar 2.4 Sistem LRS (*Loop Restoration Scheme*)[8].

#### 4. Sistem Tie Line

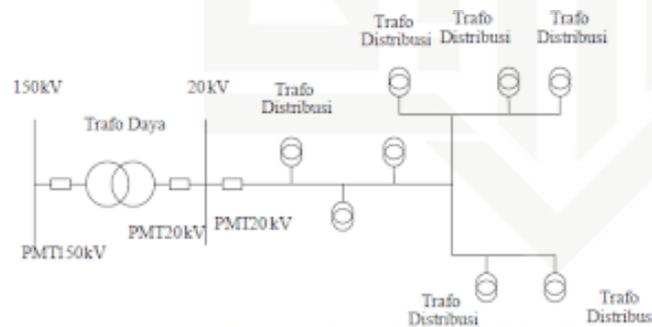
Sistem *tie line* memiliki dua buah penyulang atau *feeder* sekaligus dengan tambahan *automatic change over switch* atau *automatic transfer switch*, dan pada setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus seperti bandar udara, rumah sakit, dan lain sebagainya yang pelanggan tersebut dikategorikan sebagai pelanggan penting yang tidak boleh padam.



Gambar 2.5 Sistem Tie Line[18].

#### 5. Sistem radial

Sistem radial adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang atau *feeder* yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara *radial*, dalam penyulang atau *feeder* tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Sistem *radial* memiliki dua jenis sistem yaitu sistem *radial* pohon dan sistem radial *tie switch*.

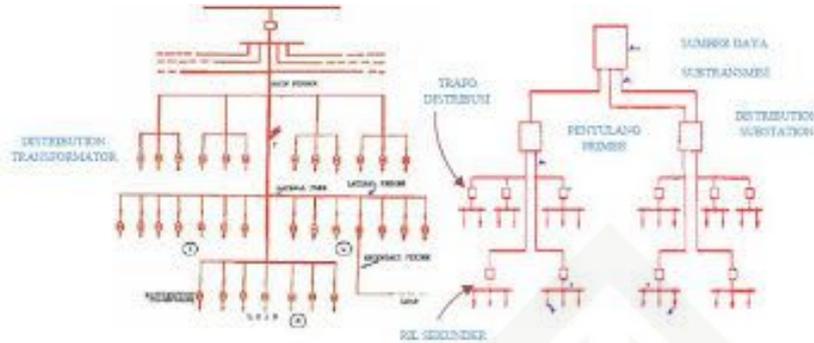


Gambar 2.6 Sistem Radial[18].

##### a. Sistem Radial Pohon

Sistem radial pohon merupakan bentuk yang paling dasar. Satu saluran utama dibentangi menurut kebutuhannya, selanjutnya dicabangkan dengan saluran cabang (*lateral* penyulang) dan *lateral* penyulang ini dicabang-cabang lagi dengan *sublateral* penyulang anak cabang. Sesuai dengan kerapatan arus yang ditanggung masing-

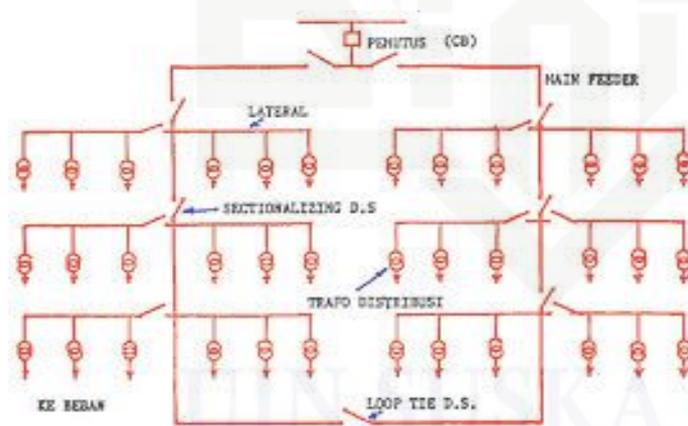
masing saluran, ukuran penyulang utama adalah yang paling besar, ukuran *lateral* adalah lebih kecil dari penyulang utama, dan ukuran *sublateral* adalah yang paling kecil.



Gambar 2.7 Sistem Radial Tipe Pohon[18].

b. Sistem *Radial Tie Switch*

Sistem *radial tie switch* merupakan modifikasi bentuk dasar dengan menambahkan *tie switch* atau pemisah, yang diperlukan untuk mempercepat pemulihan pelayanan bagi konsumen, dengan menghubungkan area-area yang tidak terganggu pada penyulang yang bersangkutan, dengan penyulang di sekitarnya. Dengan demikian bagian penyulang yang tergantung di lokasi, dengan melepas *switch* yang terhubung ke titik gangguan, dan menghubungkan bagian penyulang yang sehat ke penyulang di sekitarnya.



Gambar 2.8 Sistem *Radial Tie Switch*[18].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

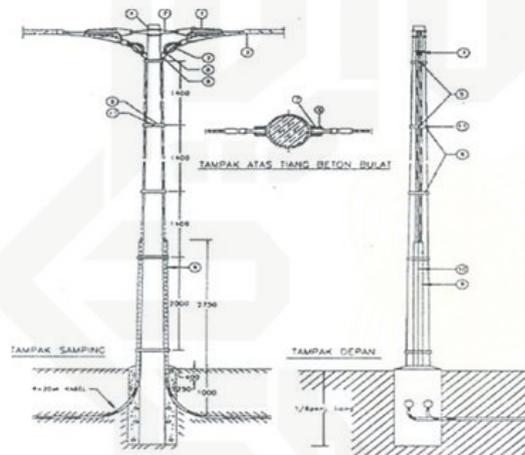
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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

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

## 2.4 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

Sistem jaringan distribusi sekunder biasanya disebut juga dengan sistem jaringan distribusi tegangan rendah. Biasanya di fungsikan sebagai penyalur tenaga listrik dari gardu pembagi (trafo distribusi) ke pusat beban (konsumen energi listrik). Besarnya tegangan untuk sistem lama pada jaringan distribusi sekunder adalah sebesar 127 V/220 V. Sedangkan untuk sistem baru biasanya tegangannya sebesar 220 V/380 V. Untuk keperluan industri biasanya tegangan yang dibutuhkan sebesar 440 V/550 V. Besarnya tegangan maksimum yang diizinkan adalah 3 sampai 4% lebih besar dari tegangan nominalnya. Penetapan ini sebanding dengan besarnya nilai tegangan jatuh (*voltage drop*) bahwa rugi-rugi daya pada suatu jaringan adalah sebesar 15%. Dengan adanya pembatasan tersebut, maka stabilitas penyaluran daya ke pusat beban tidak terganggu[16].



Gambar 2.9 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder[18].

## 2.5 Jenis-Jenis Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Tegangan Menengah

Jenis-jenis jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu[19]:

### 1. Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTTM)

Saluran kabel tanah tegangan menengah merupakan jaringan yang paling aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah, tetapi relatif mahal untuk penyaluran daya yang sama. Penyebab mahal tersebut dikarenakan isolasi penghantar per fasa dan pelindung mekanis yang di persyaratkan.

### 2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Saluran kabel udara tegangan menengah merupakan jaringan untuk meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik, dengan menggunakan



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

penghantar berisolasi pada jaringan saluran udara tegangan menengah 20 kV, bisa juga dengan menggunakan penghantar yang berisolasi yang lalu dipilin. Isolasi penghantar tiap fasa tidak perlu dilindungi dengan pelindung mekanis. Berat kabel pilin akan menjadi pertimbangan karena pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya.

### 3. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran udara tegangan menengah merupakan jaringan termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Jaringan saluran udara tegangan menengah sangat banyak digunakan untuk konsumen di Indonesia. Ciri yang terdapat pada saluran udara tegangan menengah yaitu dengan menggunakan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi atau beton. Saluran udara tegangan menengah juga terkadang menggunakan jenis penghantar yang berisolasi setengah AAACS (*half insulated single core*). Pengguna penghantar tersebut tidak menjamin keamanan terhadap tegangan sentuh yang dipersyaratkan. Akan tetapi hanya untuk mengurangi risiko gangguan *temporer* khususnya akibat sentuhan tanaman.

## 2.6 Konstruksi Utama Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Untuk mengurangi penyaluran rugi-rugi daya (*losses*) dengan kualitas persyaratan tegangan harus dipenuhi oleh PT. PLN (Persero) selaku pemegang usaha utama sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Ketenagalistrikan No. 30 Tahun 2009 tentang pendistribusian tenaga listrik dengan menggunakan sistem tegangan menengah sebagai jaringan utama[2].

Standar tegangan menengah telah ditetapkan sebagai standar tegangan operasi yang digunakan di Indonesia adalah sebesar 20 kV, konstruksi Jaringan tegangan menengah wajib memenuhi kriteria keamanan ketenagalistrikan, termasuk di dalamnya adalah jarak aman minimal antar fasa dengan lingkungan dan antar fasa dengan tanah, bila jaringan tersebut menggunakan saluran udara atau ketahanan isolasi jika menggunakan kabel udara pilin tegangan menengah atau kabel bawah tanah tegangan menengah serta kemudahan dalam hal pengoperasian atau pemeliharaan jaringan dalam keadaan bertegangan (PDKB) pada jaringan utama. Hal ini dimaksudkan agar kontinuitas penyaluran energi listrik kepada konsumen dapat berjalan dengan lancar [20].

Ukuran dimensi konstruksi selain untuk pemenuhan syarat pendistribusian daya, juga wajib memperhatikan syarat ketahanan isolasi penghantar untuk keamanan pada



tegangan 20 kV. Lingkup jaringan tegangan menengah pada sistem distribusi di Indonesia dimulai dari terminal keluar (*out going*) pemutus tenaga dari transformator penurun tegangan gardu induk atau trafo *Step up* tegangan pada pembangkit untuk sistem distribusi skala kecil, hingga peralatan pemisah atau proteksi sisi manual (*in comig*) trafo distribusi 20 kV. Berikut ini konstruksi utama pada jaringan tegangan menengah di bawah ini.

### 2.6.1 Konstruksi Pada Jaringan Tegangan Menengah

Konstruksi pada jaringan tegangan menengah dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian sebagai berikut [21]. :

#### 1. Tiang

Tiang merupakan konstruksi yang paling utama pada sistem jaringan tegangan menengah, karena tiang digunakan sebagai penopang *pin isolator*, gardu distribusi, *switching*, dan kabel. Terdapat 3 jenis tiang menurut standar SPLN sebagai berikut:

##### a. Tiang Besi

Ialah jenis tiang yang terbuat dari pipa besi yang disambungkan hingga diperoleh kekuatan beban tertentu sesuai kebutuhan. Walaupun lebih mahal, pilihan tiang besi untuk area atau wilayah tertentu masih diizinkan karena bobotnya lebih ringan dibandingkan dengan tiang beton.

##### b. Tiang Kayu

SPLN 115:1995 berisikan tentang tiang kayu untuk jaringan distribusi, kekuatan, ketinggian dan pengawetan kayu sehingga pada beberapa wilayah perusahaan PT. PLN (Persero) bila suplai kayu memungkinkan dapat digunakan sebagai tiang penopang penghantar SUTM [19].

##### c. Tiang Beton

Ialah jenis tiang yang terbuat dari beton yang dicor dengan terdapat besi di dalamnya. Tiang beton masih digunakan pada saat ini sebagai tiang penopang penghantar SUTM.

#### 2. Isolator

Isolator merupakan pengaman penghantar bertegangan dengan tiang penopang atau *travers*, isolator dibedakan menjadi 2 sebagai berikut:

##### a. Isolator Tarik



Gambar 2.10 Isolator Tarik

b. Isolator Tumpu



Gambar 2.11 Isolator Tumpu

3. Penghantar atau *Conductor*

Penghantar atau *conductor* merupakan kabel yang digunakan untuk mengalirkan arus listrik. Terdapat tiga jenis penghantar atau *conductor* di antaranya sebagai berikut:

a. Penghantar Telanjang

*Conductor* dengan bahan utama tembaga (Cu) atau aluminium (Al) yang dipilin bulat padat, sesuai standar SPLN 42-10:1986 dan SPLN 74:1987, pilihan *conductor* penghantar telanjang yang memenuhi dekade ini adalah AAC atau AAAC, sebagai akibat tingginya harga tembaga dunia, saat ini belum memungkinkan menggunakan penggunaan penghantar berbahan tembaga sebagai pilihan yang baik[21].

b. Penghantar Berisolasi Setengah AAACS (*half insulated single core*)

*Conductor* dengan bahan utama aluminium ini diisolasi dengan material XLPE (*crosslink polyetilene*), dengan batas tegangan 6 kV dan harus memenuhi SPLN No. 43-5-6 tahun 1995[21].

c. Penghantar Berisolasi Penuh (*three single core*)

XLPE dan berselubung PVC bergantung penghantar baja dengan tegangan pengenal 12/20 24 kV. Penghantar jenis ini khusus digunakan untuk SKUTM dan berisolasi penuh dengan memenuhi SPLN 43-52:1995-kabel[21].

4. Gardu Distribusi

Gardu distribusi merupakan gardu yang dapat menurunkan tegangan mulai dari 20 kV hingga menjadi tegangan 220 V/380 V yang digunakan nantinya oleh konsumen. Terdapat dua jenis gardu distribusi di antaranya sebagai berikut:

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

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



a. Gardu Portal

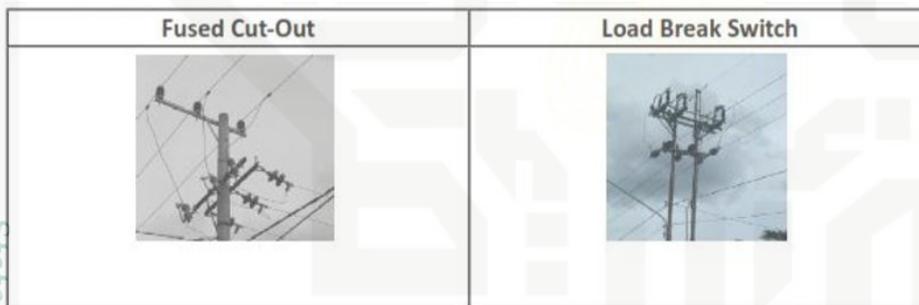
Gardu portal adalah gardu listrik tipe terbuka (*out door*) dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan transformator sekurang-kurangnya 3 meter di atas tanah dan ditambahkan *platform* sebagai fasilitas kemudahan kerja teknisi operasi dan pemeliharaan. Transformator dipasang pada bagian atas dan lemari panel atau PHB-TR pada bagian bawah.

b. Gardu Cantol

Gardu cantol adalah tipe gardu listrik dengan transformator yang dicantolkan pada tiang listrik besarnya kekuatan tiang minimal 500 daN. Gardu Cantol (*single pole mounted distribution substation*), dimana transformator dan panel tegangan rendah menjadi satu yang dicantolkan pada tiang dan umumnya adalah transformator jenis *completely self protected* (CSP).

5. Peralatan Hubung (*Switching*)

Pada pencabangan atau pengalokasian seksi pada jaringan saluran udara tegangan menengah untuk maksud kemudahan dalam pengoperasian harus dipasang pemutus beban LBS (*load break switch*) dan FCO (*fuse cut off*).



Gambar 2.12 Letak Pemasangan FCO dan LBS

**2.6.2 Proteksi Pada Jaringan Tegangan Menengah**

1. Relai Arus Lebih (*Over Current Relay*)

*Over current relay* atau relai arus lebih adalah relai yang bekerja berdasarkan kenaikan arus yang melewati dan juga dapat berdasarkan *setting* waktu yang ditentukan. Pengukuran waktu berhubungan dengan masalah koordinasi pengamanan. Terdapat 2 karakteristik relai arus lebih yaitu:

a. Relai Arus Lebih Seketika (*Instantaneous Over Current Relay*)

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



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

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

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

Relai arus lebih seketika adalah jenis relai arus lebih yang paling sederhana di mana jangka waktu kerja relai yaitu mulai saat kerja relai mengalami *pick up* sampai selesainya kerja.

b. Relai Arus Lebih Tertentu (*Definite time*)

Relai arus lebih tertentu adalah jenis relai arus lebih di mana jangka waktu relai mulai *pick up* sampai selesainya kerja relai dapat diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang mengerjakannya (tergantung dari besarnya arus *setting* maka waktu kerja relai ditentukan oleh waktu *setting*-nya).

2. Relai Arus Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*)

Relai arus gangguan tanah berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik akibat adanya gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Terdapat 2 karakteristik relai arus gangguan tanah yaitu sebagai berikut:

a. Relai Hubung Tanah Seketika (*Instantaneous Ground Fault Relay*)

Relai hubung tanah seketika adalah jenis relai hubung tanah yang prinsip kerjanya sama dengan *instantaneous over current relay*.

b. Relai Hubung Tanah Tertentu

Relai hubung tanah seketika adalah jenis relai hubung tanah yang prinsip kerjanya sama dengan relai arus lebih tertentu.

3. *Under Frequency Relay*

*Under frequency relay* atau relai frekuensi rendah adalah relai yang bekerja ketika terjadi penurunan frekuensi atau telah mencapai nilai frekuensi yang di *setting*. Relai UFR digunakan pada pengaturan sistem tenaga listrik untuk menjaga kestabilan frekuensi dengan cara digunakan sebagai pelepas beban secara otomatis jika terjadi penurunan frekuensi.



#### 4. Arrester

*Arrester* merupakan alat pengaman bagi peralatan listrik terhadap gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh petir. Alat ini berfungsi untuk meneruskan arus petir ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang merusak aliran daya sistem frekuensi 60 Hz. Agar tidak mengganggu aliran sistem, maka pada saat terjadi gangguan *arrester* berfungsi sebagai *conductor* yang mempunyai tahanan rendah. Akibatnya *arrester* dapat meneruskan arus yang tinggi ketanah untuk di *netralisir* dan setelah gangguan hilang, *arrester* kembali berfungsi normal sebagai *isolator*, pada umumnya *arrester* dipasang pada jaringan *transformator* distribusi, *cubicle*, dan gardu induk [20].

#### 5. Saklar Beban (SB) atau *Load Break Switch*

*Load break switch* atau saklar pemutus beban adalah peralatan hubung yang digunakan sebagai pemisah ataupun pemutus tenaga dengan beban nominal. Berfungsi untuk membuka dan menutup aliran listrik dalam keadaan berbeban atau tidak berbeban, termasuk memutus pada saat terjadi gangguan hubung singkat.

#### 6. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga (PMT) atau *circuit breaker* (CB) adalah suatu saklar yang bekerja secara otomatis memutuskan hubungan listrik pada jaringan dalam keadaan berbeban pada saat mengalami gangguan yang disebabkan baik dari luar atau *external* maupun dari dalam atau *internal* pada jaringan listrik. Dalam sistem pengoperasiannya, alat ini dilengkapi dengan relai arus lebih atau *over current relay* (OCR) yang berfungsi sebagai pengaman jaringan dari arus lebih. Pengaruh pemutus tenaga terhadap keandalan yaitu terdapat pada waktu terjadinya gangguan, apabila terjadi gangguan, menggunakan pemutus tenaga membutuhkan waktu kembali itu cukup lama[19].

#### 7. Pengaman Lebur atau *Fuse Cut Off*

Pengaman lebur *fuse cut off* adalah suatu alat pemutus aliran daya listrik pada jaringan tegangan menengah bila terjadi gangguan arus lebih. Alat ini dilengkapi dengan *fuse link* yang terdiri dari elemen lebur. Bagian inilah yang akan melebur jika dialiri arus lebih pada jaringan. Besarnya *fuse link* yang digunakan tergantung dari perhitungan jumlah beban atau arus maksimum yang dapat mengalir pada jaringan yang diamankan[20].



#### 8. Pemutus Balik Otomatis atau *Recloser*

Pemutus balik otomatis atau *Recloser* digunakan sebagai pengaman terhadap gangguan *temporer* dan membatasi luas daerah yang padam akibat gangguan. *Recloser* juga merupakan *proteksi* yang didalamnya sudah terdapat relai GFR dan relai OCR, *Recloser* juga dapat memproteksi gangguan *temporer* serta mengembalikan pada kondisi semula dan dapat membaca gangguan, memutuskan, dan menyambungkan kembali tegangan untuk pemeliharaan jaringan.

#### 9. Saklar Seksi Otomatis atau *Sectionalizer*

Saklar seksi otomatis atau *sectionalizer* adalah alat pemutus untuk mengurangi luas daerah gangguan, *sectionalizer* membagi jaringan distribusi ke dalam *section-section*, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu *section*, luas daerah yang padam dapat diperkecil[20].

### 2.7 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan dalam sistem operasi tenaga listrik merupakan suatu kejadian pada sistem yang mengakibatkan bekerjanya relai dan menjatuhkan pemutus tenaga yang melalui (PMT) di luar kehendak dari operator, sehingga menyebabkan terputusnya aliran daya yang melewati PMT tersebut. Hal tersebut tentu akan mengganggu kegiatan konsumen listrik baik masyarakat maupun industri pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi 20 kV dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem [20].

Gangguan yang berasal dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan pemutus beban, dan kesalahan pada alat pendeteksi. Sedangkan gangguan dari luar dapat disebabkan berupa oleh sentuhan daun atau pohon pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain. Berikut ini adalah klasifikasi gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi[18]. :

1. Dari Jenis Gangguannya:
  - a. Gangguan Dua Fasa Atau Tiga Fasa Melalui Hubung Tanah
  - b. Gangguan Fasa Ke Fasa
  - c. Gangguan Dua Fasa Ke Tanah
  - d. Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Atau Gangguan Tanah



## 2. Dari Lamanya Gangguan:

### a. Gangguan *Temporer*

Gangguan *temporer* merupakan gangguan yang tidak akan lama terjadi dan dapat normal kembali. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Apabila gangguan *temporer* sering terjadi maka dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan *permanen*. Contoh gangguan *temporer* ialah gangguan yang diakibatkan oleh sentuhan pohon, binatang seperti kelelawar, ular, dan layangan.

### b. Gangguan *Permanen*

Gangguan *permanen* ialah gangguan yang tidak dapat hilang jika penyebab gangguan tidak diatasi terlebih dahulu. Gangguan ini biasa disebabkan oleh kerusakan peralatan. Terjadinya gangguan ditandai dengan jatuhnya pemutus tenaga. Gangguan *permanen* biasanya disebabkan oleh kawat yang putus, gangguan hubung singkat, dahan yang menimpa kawat fasa pada saluran udara.

### 2.7.1 Akibat Dari Gangguan Sistem Distribusi

Akibat yang sangat fatal terjadi pada gangguan sistem distribusi adalah kebakaran yang tidak hanya merusak peralatan, di mana gangguan tersebut terjadi tetapi bisa berkembang ke sistem dan akan mengakibatkan kegagalan total dari sistem. Berikut ini akibat yang disebabkan oleh gangguan sistem distribusi[18]. :

1. Menyebabkan penurunan tegangan sehingga *coil* tegangan *relay* gagal bertahan.
2. Terganggunya stabilitas sistem sehingga dapat menimbulkan pemadaman menyeluruh pada sistem tenaga listrik.
3. Bahaya kerusakan pada peralatan akibat *over heating* atau pemanasan yang berlebih dan akibat tekanan mekanis atau alat dapat pecah dan sebagainya.
4. Bahaya kerusakan pada peralatan yang diakibatkan oleh *arcing* atau busur api listrik.
5. Penurunan tegangan yang cukup besar pada sistem daya sehingga dapat merugikan pelanggan atau mengganggu kerja peralatan listrik.



### 2.7.2 Penyebab Gangguan Pada SUTM dan SKTM

#### 1. Penyebab Gangguan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah

- a. Kegagalan atau kerusakan peralatan dan saluran
- b. Alam (pohon, angin, hujan, panas, petir)
- c. Binatang dan benda-benda asing
- d. Manusia

#### 2. Penyebab Gangguan Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah

##### a. Gangguan Dari Dalam *Internal Fault*

Karena pemasangan kurang baik, penuaan beban lebih, tegangan dan arus *abnormal*

##### b. Gangguan Dari Luar *External Fault*

Disebabkan karena gangguan mekanis seperti pekerjaan galian saluran air, kendaraan yang lewat di atasnya, *impuls* petir lewat saluran udara, binatang dan *deformasi* tanah

### 2.8 Keandalan

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja dari suatu sistem, sedangkan indeks keandalan merupakan suatu metode pengevaluasian parameter keandalan suatu peralatan distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan[7]. Terdapat lima faktor yang memegang peranan terhadap keandalan sistem diantaranya sebagai berikut[7]. :

1. Fungsi, dalam menentukan keandalan suatu komponen yang perlu dilihat adalah apakah fungsi suatu komponen tersebut dapat melakukan kerjanya secara baik pada jangka waktu tertentu atau tidak. Kegagalan fungsi dari komponen dapat disebabkan oleh perawatan yang tak terencana (*unplanned maintenance*).
2. Probabilitas, yaitu angka yang menyatakan berapa kali gangguan terjadi dalam waktu tertentu pada suatu sistem atau saluran.
3. *Performance*, menunjukkan kriteria kontinuitas suatu saluran sistem penyaluran tenaga listrik tanpa mengalami gangguan.
4. Waktu, yaitu lama suatu saluran bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya. Semakin lama saluran digunakan, maka akan semakin banyak kemungkinan terjadi kegagalan.



5. Kondisi operasi, ialah keandalan lingkungan kerja dari suatu jaringan seperti pengaruh suhu, kelembapan udara, dan getaran yang mempengaruhi kondisi operasi.

### 2.8.1 Konsep Dasar Keandalan

Terdapat empat konsep dasar keandalan yaitu sebagai berikut[22]. :

1. Kegagalan, merupakan berakhirnya kemampuan suatu peralatan untuk melaksanakan fungsi yang diperlukan.
2. Penyebab kegagalan, dikarenakan keadaan lingkungan selama desain pembuatan atau yang akan menuntun kegagalan.
3. Mode kegagalan, akibat yang diamati untuk mengetahui kegagalan, misalnya suatu keadaan rangkaian terbuka atau hubung singkat.
4. Mekanisme kegagalan, merupakan proses fisik kimia atau proses lain yang menghasilkan kegagalan. Besaran yang dapat digunakan untuk menentukan nilai keandalan suatu peralatan listrik adalah besarnya suatu laju kegagalan atau kecepatan kegagalan (*failure rate*) yang dinyatakan dengan simbol  $\lambda$ .

### 2.8.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Keandalan Dalam Suatu Sistem Distribusi Sesuai Standar IEEE P1366

1. Pemadaman (*Interruption Of Supply*), yaitu terhentinya pelayanan pada satu atau lebih konsumen akibat dari salah satu atau lebih komponen mendapat gangguan.
2. Keluar (*Out gate*), yaitu keadaan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut, suatu (*out gate*) dapat atau tidak dapat menyebabkan pemadaman, hal ini tergantung dari konfigurasi sistem.
3. Lama Keluar (*Out gate Duration*), merupakan periode dari saat permulaan komponen mengalami *out gate* sampai dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya.
4. Lama Pemadaman (*Interruption Duration*), yaitu waktu dari saat permulaan terjadinya pemadaman sampai saat menyala kembali.
5. Jumlah Total Konsumen Terlayani (*Total Number Of Customer Served*), merupakan jumlah total konsumen yang terlayani sesuai dengan periode laporan terakhir.
6. Periode Laporan, merupakan laporan diasumsikan sebagai satu tahun.





2. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

Indekss keandalan SAIDI menggambarkan mengenai lama pemadaman rata-rata yang diakibatkan oleh gangguan pada bagian-bagian dari sistem dapat dievaluasi. Satuan dari perhitungan nilai SAIDI adalah jam/pelanggan/tahun. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{\text{jumlah perkalian dari jam pemadaman dan jumlah pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan dalam sistem}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i.N_i}{N_t} \tag{2.2}$$

Keterangan:

$U_i$  = Durasi gangguan

$N_i$  = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban

$N_t$  = Jumlah konsumen yang dilayani

3. CAIFI (*Customer Average Interruption Frequency Index*)

Indeks keandalan CAIFI adalah memberikan informasi berapa kali rata-rata setiap pemadaman terhadap pelanggan. Indekss keandalan CAIFI dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CAIFI = \frac{\text{jumlah frekuensi gangguan pelanggan}}{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}} = \frac{\sum \lambda_i.N_i}{\sum N_i.U_i}$$

$$CAIFI = \frac{SAIFI}{SAIDI} \tag{2.3}$$

Keterangan:

$U_i$  = Durasi gangguan

$N_i$  = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban

$\lambda_i$  = Angka kegagalan rata-rata atau frekuensi padam

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

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



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

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

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

Indekss keandalan CAIDI adalah memberikan informasi lama waktu durasi rata-rata setiap pemadaman terhadap pelanggan. Indekss keandalan CAIDI dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CAIDI = \frac{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{jumlah frekuensi gangguan pelanggan}} = \frac{\sum U_i.N_i}{\sum N_i.\lambda_i}$$

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \tag{2.4}$$

Keterangan:

$U_i$  = Durasi gangguan

$N_i$  = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban

$\lambda_i$  = angka kegagalan rata-rata atau frekuensi padam

**2.8.4 Standar Indekss Keandalan**

Standar PT. PLN (Persero) yang sudah ditetapkan dan bersifat wajib adalah SPLN. Standar tersebut dapat berupa peraturan, pedoman, instruksi, cara pengujian dan spesifikasi teknik. Sejak tahun 1976 sudah lebih dari 264 buah standar yang berhasil dirampungkan. 61 standar dibidang pembangkitan, 71 standar dibidang transmisi, 99 standar dibidang distribusi, dan 33 standar dibidang umum. Standar tersebut digunakan untuk menjelaskan dan menetapkan tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Tujuannya untuk memberikan pegangan yang terarah dalam menilai dan menentukan tingkat keandalan dari sistem distribusi dan juga sebagai tolak ukur terhadap kemajuan atau menentukan proyeksi yang akan dicapai PT. PLN (Persero). Standar indkss keandalan sistem jaringan distribusi berdasarkan SPLN 68 - 2 : 1986 terlihat pada tabel di bawah ini[23].

Tabel 2.2 Standar Indeks Keandalan Berdasarkan SPLN 68 - 2 : 1986[23].

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,3	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	21,9	Jam/Pelanggan/Tahun



### 2.8.5 Fungsi Indeks Keandalan

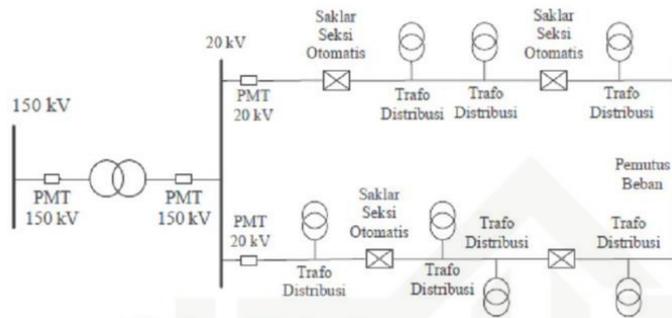
1. Melengkapi manajemen dengan data capaian mengenai mutu layanan pelanggan pada sistem energi listrik secara keseluruhan.
2. Untuk mengidentifikasi sub sistem dan sirkit dengan cara capaian dibawah standar untuk memastikan penyebabnya
3. Melengkapi manajemen dengan data capaian mengenai mutu layanan pelanggan untuk masing-masing area operasi.
4. Menyediakan sejarah keandalan dari sirkit individu untuk diskusi dengan pelanggan sekarang atau calon pelanggan.
5. Memenuhi syarat pelaporan.
6. Menyediakan suatu basis untuk menetapkan ukuran-ukuran kesinambungan layanan.
7. Menyediakan data capaian yang penting bagi suatu pendekatan probabilitas untuk studi keandalan sistem jaringan distribusi.

### 2.9 Metode LRS (*Loop Restoration Scheme*)

Metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) merupakan metode yang digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV dengan otomatisasi pada suatu *feeder*. Otomatisasi tersebut dapat digunakan untuk memperbaiki keandalan dan kualitas pelayanan, metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) juga dikendalikan oleh ACS (*automatic control system*) untuk memindahkan gangguan pada *section* yang lain dan mengembalikan gangguan pada *feeder*. Kelebihan dari metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) adalah dapat menganalisis keandalan sistem jaringan distribusi dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 untuk hal otomatisasinya[8].

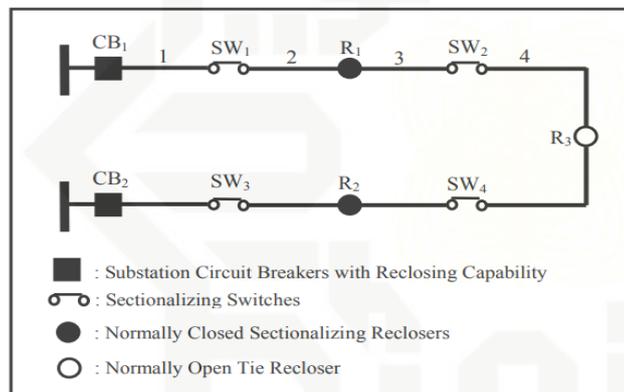
Pada sistem jaringan distribusi 20 kV dengan menggunakan metode LRS (*loop restoration scheme*) harus terdapat gabungan dari dua *feeder* yang akan membentuk sistem *loop* pada saat kondisi tertentu. Ciri dari sistem *loop* yang dimaksud adalah dimana pada antar *feeder* satu dengan *feeder* lain terdapat *tie* LBS (*load break switch*) atau *recloser* sebagai penghubung antar *feeder* tersebut, fungsi dari *tie* LBS (*load break switch*) atau *recloser* adalah menghubungkan apabila diperlukan pemindahan beban pada *feeder* lainnya saat terjadi gangguan pada salah satu *feeder*[8].

Pada *loop restoration scheme without communication link* ini, sistem bekerja berdasarkan kerja yang sudah dimiliki dari setiap *switching device* yang digunakan, jadi tidak ada komunikasi antar *device* tersebut dan berdasarkan konfigurasi seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.13 Sistem LRS (*Loop Restoration Scheme*)[8].

Konsep dasar Loop Restoration Strategy (LRS) dimodelkan seperti pada gambar 2.14 secara sederhana.



Gambar 2.14 *Loop Restoration Scheme* (LRS)

Skema kerja LRS tanpa komunikasi dengan mengacu pada gambar 2.14, secara konsep digambarkan :

- Pada saat terjadi gangguan permanen pada *section 1*, gardu induk *circuit breaker* CB1 yang pertama akan membuka dan Recloser dan setelah penyalaan ulang dari gangguan membuka lagi dan kemudian terkunci. *Automatic control system* (ACS) akan menutup pada saat kondisi normal pada seksi Recloser R1 merasakan hilang sisi sumber tegangan, ACS akan membuat pada keadaan normal tie recloser R3 saat merasakan hilang tegangan pada sisi R1. *Timer* pada kedua Recloser mulai beroperasi. Sistem pengontrol didesain di jalur di mana waktu relai pada R1 pertama berakhir, dan kemudian R1 membuka dan terkunci. Waktu relai pada R3 berakhir selanjutnya, dan R3 menutup dan mengembalikan pelayanan untuk feeder tanpa gangguan pada seksi



antara R1 dan R3. Setelah penentuan gangguan, *Sectionalizing switch* (SW1 dapat dibuka dan R1 ditutup secara manual dan melayani kembali untuk feeder tanpa gangguan pada seksi 2 [24].

Ketika terjadi gangguan permanen pada seksi 2, prosedur yang sama untuk kasus Ketika terjadi gangguan permanen pada seksi 1 akan mengikuti. Kecuali, setelah terjadi gangguan, SW1 akan dibuka dan CB1 akan ditutup secara manual dan pelayanan Kembali untuk penyulang tanpa gangguan pada seksi 1

Ketika terjadi gangguan permanen pada seksi 3, R1 pertama membuka dan Recloser dan kemudian menyala ulang untuk gangguan buka lagi dan terkunci. Tie Recloser R3 merasakan hilang tegangan pada sisi R1. Setelah berakhir waktu tunda, akan menutup dan merasakan gangguan arus, kemudian trip dan terkunci. Porsi tidak ada gangguan dari penyulang, antara CB1 dan R1, dalam penggunaan layanan. Setelah gangguan ditemukan, *sectional* saklar SW2 akan dibuka dan R3 akan secara manual menutup dan pelayanan Kembali untuk penyulang seksi 4 tanpa gangguan[24].

Ketika terjadi gangguan secara permanen pada seksi 4, R1 dan R3 membuka dan terkunci setelah urutan kegagalan proteksi mereka. Porsi tanpa ada gangguan, di antara CB1 dan R1, dalam penggunaan layanan. Setelah kegagalan ditemukan, SW2 dapat dibuka dan R1 menutup secara manual dan pelayanan kembali ke penyulang tanpa gangguan pada seksi 3[24].

Ketika terjadi gangguan secara temporer pada seksi 1 dan 2, CB1 bekerja secara normal pada urutan Recloser dan penggunaan ditutup sekali pada kejadian di benarkan. Selama urutan tersebut, semua pelanggan sejauh penyulang terjadi gangguan temporer[24].

Ketika gangguan temporer terjadi pada seksi 3 atau 4, R1 bekerja pada recloser urutan normal dan penggunaan ditutup sekali saat gangguan ditemukan. Selama urutan ini, hanya pelanggan diantara R1 dan R3 yang terjadi gangguan temporer[24].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

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

Satya Ismaric University of Sultan Syarif Kasim Riau



## 2.10 ETAP 12.6.0 (Electrical Transien And Analysis Program)

Etap 12.6.0 (*electrical transien and analysis program*) merupakan *software* yang digunakan untuk menyimulasikan sistem tenaga listrik. Software Etap 12.6.0 dapat digunakan untuk analisis simulasi hasil perancangan dan analisis sistem tenaga listrik yang meliputi hal-hal sebagai berikut[25]. :

1. Menggambar denah beban
2. Mengatur data beban dan jaringan
3. Mendesain *one line diagram*
4. Analisis *load flow*
5. Menghitung gangguan *short circuit*
6. Menganalisis motor *starting* atau keadaan *transien*
7. Koordinasi proteksi

Pada etap terdapat dua standar yang digunakan, yaitu standar IEC dan standar ANSI. Perbedaan yang terletak pada kedua simbol tersebut adalah simbol komponen yang digunakan. Setiap komponen dapat digambarkan di ruang kerja dengan simbol-simbol tertentu, untuk spesifikasinya dapat disesuaikan dengan kondisi yang berada di lapangan, atau dapat juga dengan menggunakan spesifikasi yang tersedia di *library* pada etap.

## 2.11 Kondisis *Perfect* dan *Imperfect*

kondisi *Perfect* merupakan kondisi dimana sistem tersebut dianggap memiliki keandalan yang baik. Nilai *perfect* kondisi ini menganggap peralatan saluran distribusi memiliki indeks keandalan 0 dan peralatan switching juga memiliki indeks keandalan 0. Indeks keandalan 0 diartikan bahwa peralatan tersebut tidak pernah mengalami gangguan pemadaman sedangkan kondisi *imperfect* mempertimbangkan dari kondisi peralatan switching yang memiliki tingkat indeks keandalan 0. Kondisi ini menganggap bahwa peralatan switching seperti recloser dan LBS memiliki nilai indeks keandalan 0. Apabila indeks keandalan 0 maka dianggap peralatan tersebut tidak pernah mengalami kegagalan atau tidak pernah mengalami pemadaman.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah penelitian yang berjenis kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang sistematis, terencana, terstruktur dengan jelas dan tepat. Dengan menggunakan pendekatan deskriptif merupakan pendekatan yang berfungsi untuk mendeskripsikan dan memberikan gambaran terhadap objek yang akan diteliti melalui data dan sampel yang telah dikumpulkan tanpa melakukan rekayasa.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Tempat lokasi penelitian adalah PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh Jl. Moh Yamin, Padang Tiakar Hilir, Payakumbuh Timur, Kota Payaumbuh, Sumatera Barat 26212. Peneliti memilih *feeder-1* Pangkalan yang terletak di Pangkalan Kabupaten Lima Puluh Kota, dikarenakan *feeder-1* Pangkalan sering terjadinya gangguan yang mengakibatkan kontinuitas penyaluran energi listrik terputus dan terjadinya pemadaman terhadap pelanggan.

### 3.3 Sumber Data Penelitian

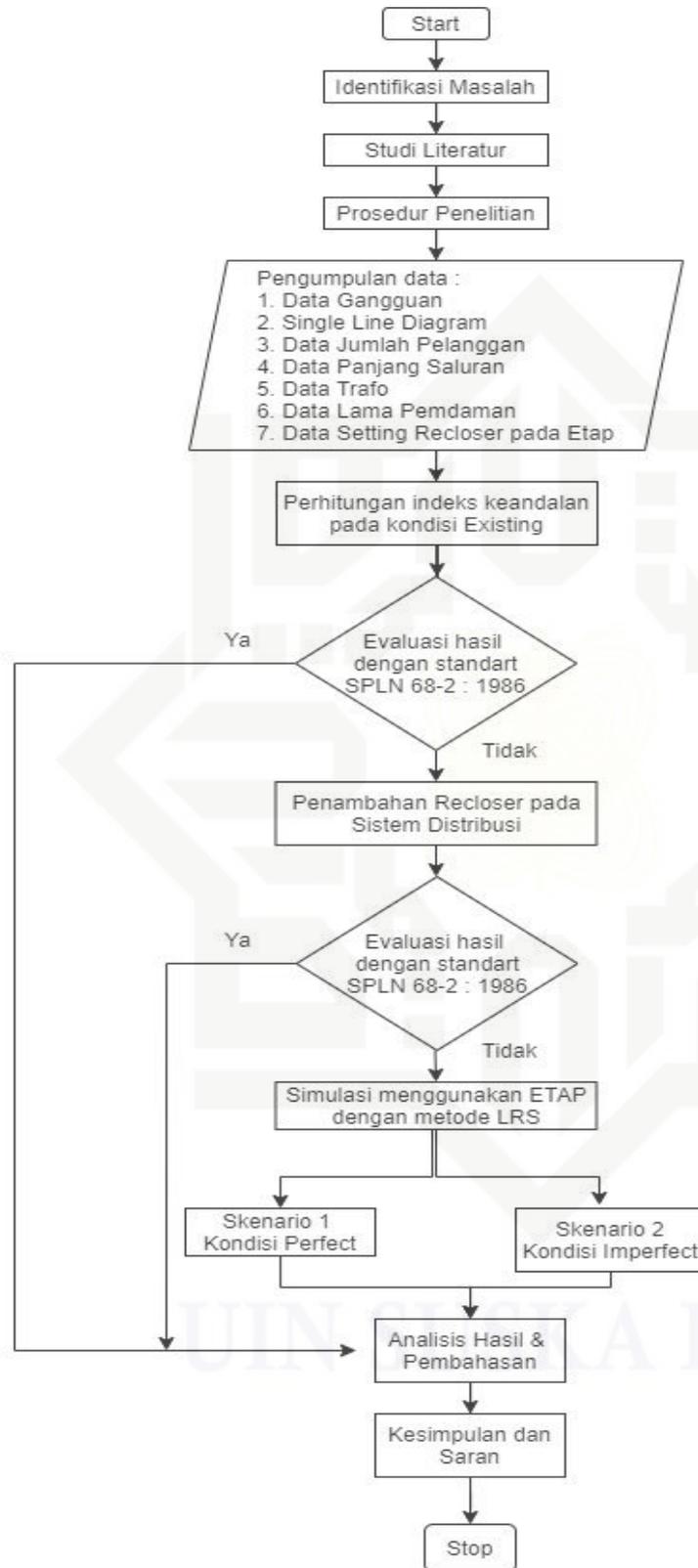
Sumber data yang didapat yaitu berjenis data sekunder, ialah data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada, seperti data gangguan, data *single line diagram*, data jumlah pelanggan, data panjang saluran, data beban trafo, dan data lama pemadaman yang didapatkan secara langsung dalam buku laporan tahunan 2019 di PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian pada penelitian ini adalah dengan mengawali proses studi literatur, identifikasi masalah, menentukan masalah, dan meninjau penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Kemudian melakukan observasi terkait objek penelitian, dalam proses observasi.

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

Pada penelitian ini melakukan pengumpulan data sekunder yang diperlukan dalam penelitian. Adapun diagram alur pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



3.1 Flow Chart Penelitian

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



### 3.5 Identifikasi Masalah

Pada identifikasi masalah yang terdapat pada penelitian ini terdiri dari rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian dan manfaat penelitian yang dijelaskan pada bab I pendahuluan.

### 3.6 Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini dimanfaatkan sebagai landasan logika berpikir dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah. Studi literatur dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mempelajari teori-teori terkait pada jurnal maupun buku yang berhubungan dengan analisa keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV untuk mencapai tujuan penelitian.

### 3.7 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian pada penelitian ini ialah langkah-langkah dalam melakukan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah, yaitu masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah tentang keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV yang mengakibatkan kontinuitas penyaluran energi listrik terputus sehingga pelanggan mengalami pemadaman.
2. Membuat Tujuan Penelitian, dalam penelitian ini tujuan yang ingin dicapai ialah bagaimana caranya menentukan keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV dan bagaimana caranya untuk meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi 20kV sehingga kontinuitas penyaluran energi listrik dapat terhubung kepada pelanggan.
3. Menentukan Judul Penelitian, sebagai kerangka dasar berpikir dalam suatu penelitian untuk menggambarkan penelitian secara garis besar, maka perlu direpresentasikan ke dalam suatu judul yaitu Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Di PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota Pada *Feeder-1* Pangkalan dengan menggunakan metode LRS (*Loop Restoration Scheme*).

### 3.8 Pengumpulan Data

Setelah studi literatur dilakukan, kemudian penulis akan melakukan pengamatan langsung lapangan dan melakukan pengumpulan data-data sistem serta tinjauan pustaka yang didapatkan dari jurnal-jurnal terkait, buku-buku referensi, dan data-data dari lokasi tempat penelitian yaitu PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh, selain itu untuk meyakini



kondisi sistem juga dilakukan tanya jawab dengan pihak PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam proses pengumpulan data adalah sebagai berikut:

### 1. Data Gangguan

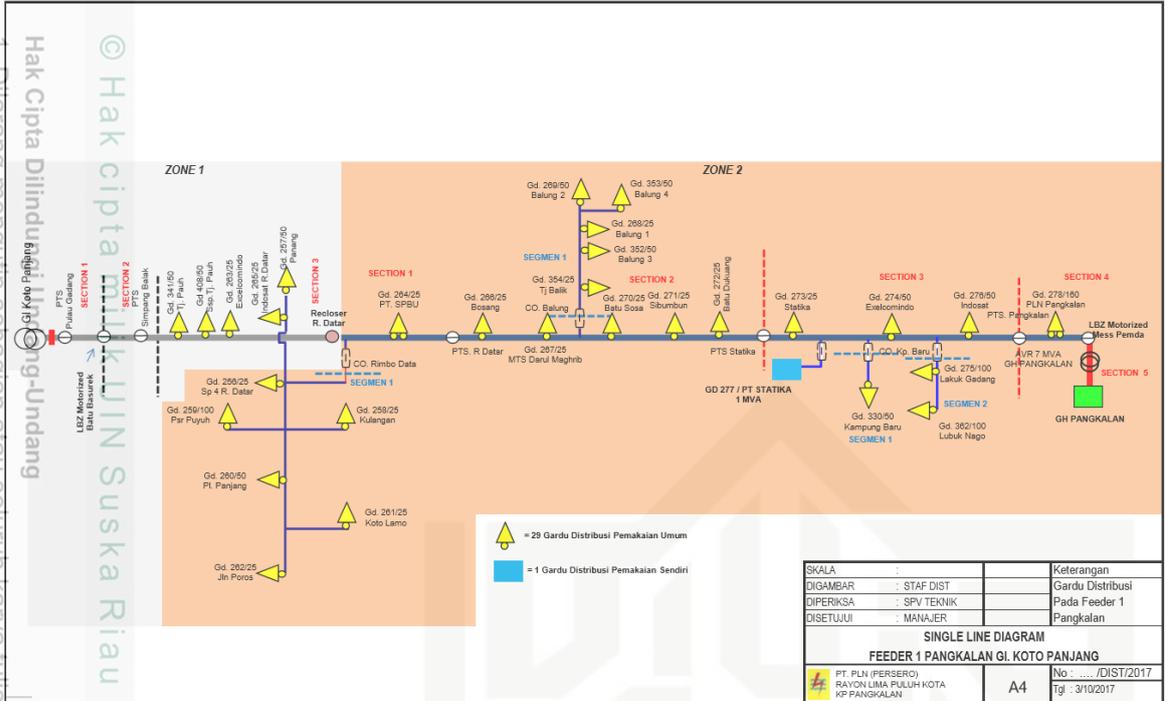
Data gangguan pada *feeder* ialah untuk mengetahui tingkat keandalan pada suatu *feeder* dalam satu tahun. Data gangguan tersebut berupa data penyebab terjadinya gangguan dan juga kerusakan yang terjadi pada peralatan seperti *Circuit Breaker*, *Trafo*, *Recloser*, *Isolator*, dan lain-lain. Berikut ini terlampir data gangguan pada *feeder-1* Pangkalan selama 1 tahun yakni tahun 2019.

Tabel 3.1 Data Gangguan *Feeder-1* Pangkalan Tahun 2019[10].

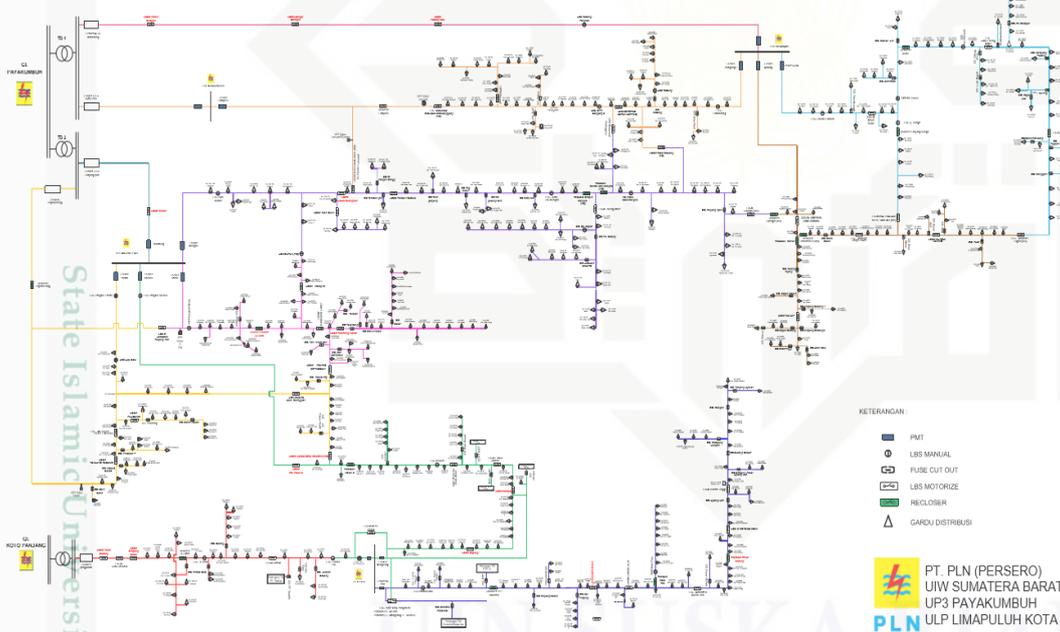
No	Bulan	Gangguan <i>Primer</i>	Gangguan <i>Temporer</i>	Jumlah
1	Januari	5	-	5
2	Februari	3	1	4
3	Maret	3	7	10
4	April	1	2	3
5	Mei	3	2	5
6	Juni	1	2	3
7	Juli	-	2	2
8	Agustus	5	1	6
9	September	-	-	-
10	Oktober	1	2	3
11	November	3	-	3
12	Desember	3	2	5
	Total	28	21	49

### 2. Data *Single Line Diagram*

Data *single line diagram* untuk mengetahui komponen-komponen apa saja yang berada pada *plant* dan titik beban (*load point*) *plant* tersebut. Berikut ini terlampir data gangguan pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.2 Single Line Diagram Feeder-1 Pangkalan[10].



Gambar 3.3 Single Line Diagram PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota[10].

### 3. Data Jumlah Pelanggan

Data jumlah pelanggan tiap *load point* digunakan untuk mengetahui jumlah total pelanggan setiap *load point* pada suatu *feeder*, dan juga untuk mengetahui keandalan tiap *load point* tersebut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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



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

Tabel 3.2 Data Jumlah Pelanggan *Feeder-1* Pangkalan[9].

No	Nama <i>Feeder</i>	Jumlah Pelanggan
1	<i>Feeder-1</i> Pangkalan	1.970
2	<i>Feeder</i> Muaro Paiti	7.636
Total		9.606

#### 4. Data Panjang Saluran

Data panjang saluran dibutuhkan untuk mengetahui panjang saluran distribusi *feeder* tersebut untuk mendapatkan hasil indeks keandalan pada suatu *feeder*. Adapun data jumlah saluran yang dibutuhkan berdasarkan panjang saluran suatu *feeder*.

Tabel 3.3 Data Panjang Saluran *Feeder-1* Pangkalan[9].

No	Nama <i>Feeder</i>	Panjang Saluran
1	<i>Feeder-1</i> Pangkalan	46 KM

#### 5. Data Beban Trafo

Data trafo dibutuhkan untuk mengetahui kapasitas suatu trafo dan berapa beban yang ditanggung oleh trafo untuk mengetahui nilai suatu keandalan sistem pada saat disimulasikan melalui *software* Etap 12.6.0.

Tabel 3.4 Data Beban Pada Trafo *Feeder-1* Pangkalan[9].

No	Trafo Umum/Pemakaian Sendiri	Jumlah Trafo	Beban Trafo
1	Trafo Umum	29	503,31 kVA
2	Trafo Sendiri PT. Statika	1	1 MVA
3	Trafo Sendiri Intan Bersaudara 1	1	150 kVA
4	Trafo Sendiri Intan Bersaudara 2	1	150 kVA

#### 6. Data Lama Pemadaman

Data dibawah ini menunjukkan durasi lama padam dalam satuan jam.

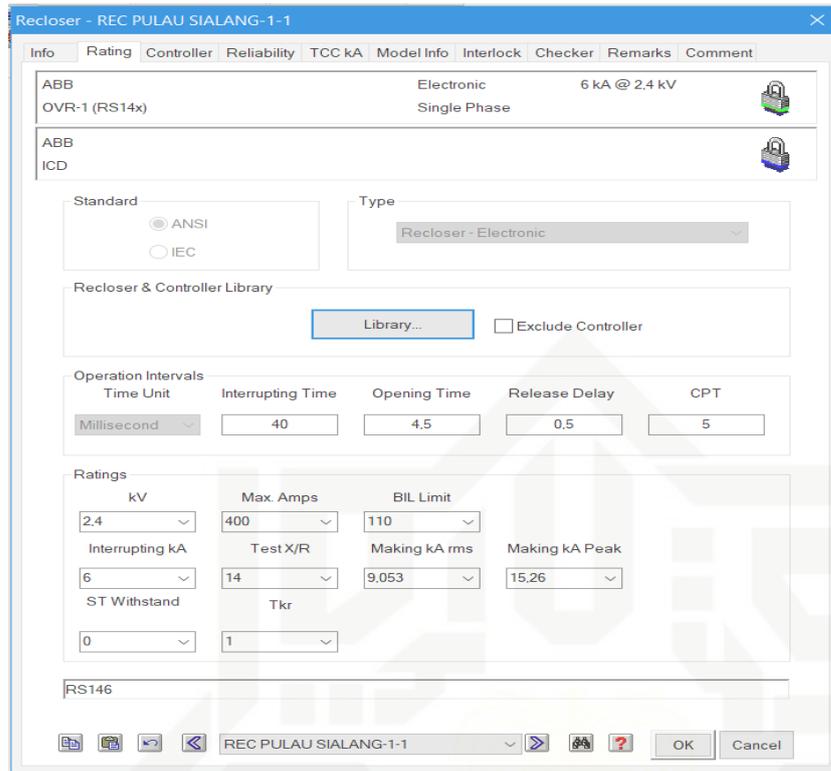
Tabel 3.5 Durasi Lama Padam[9].

No	Nama <i>Feeder</i>	Durasi Pemadaman Tahun 2019
1	<i>Feeder-1</i> Pangkalan	51,35 Jam

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

## 7. Data Setting Recloser Pada etap



Gambar 3.4 *Input Data Recloser*

### 3.9 Perhitungan Indeks Keandalan

Sebelum menentukan keandalan sistem jaringan distribusi 20kV, peneliti mencari info terlebih dahulu tentang dimana banyak terdapat gangguan pada *feeder* di PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh. Setelah didapatkannya data gangguan tersebut barulah peneliti menghitung indeks keandalan sistem jaringan distribusi 20kV dengan menggunakan rumus pada 2.1 sampai dengan 2.4. Apabila keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV tidak memenuhi standar SPLN 68-2 : 1986 maka peneliti akan melakukan analisa sebagai berikut:

1. Harus meningkatkan indeks keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV agar memenuhi standar SPLN 68-2 : 1986.
2. Melakukan simulasi pada Etap 12.6.0 untuk menurunkan indeks keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV.
3. Melakukan Simulasi dan analisis pada Etap 12.6.0 untuk penggunaan alat proteksi *Recloser*.



**3.10 Analisis Indeks Keandalan Dengan Kondisi Existing**

Dalam menganalisis indeks keandalan dengan kondisi *existing* adalah dengan cara melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dan (2.2). bahwasanya dalam perhitungan menggunakan persamaan rumus tersebut ada beberapa data yang digunakan seperti :

1. Angka kegagalan rata-rata atau frekuensi padam
2. Jumlah konsumen yang terganggu pada beban
3. Jumlah konsumen yang dilayani
4. Durasi gangguan

**3.11 Standar SPLN 68-2 : 1986**

Standar indeks keandalan sistem jaringan distribusi berdasarkan SPLN 68-2 : 1986 terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.6 Standar Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Menurut SPLN 68-2 : 1986

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,3	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21,9	Jam/pelanggan/tahun

**3.12 Analisis Software Etap 12.6.0**

Dalam simulasi menggunakan Etap 12.6.0 tahap awal yang dilakukan adalah input data jaringan sesuai dengan data *sekunder* dari pihak PLN. Kemudian dalam simulasi ini dilakukan pada dua kondisi, yaitu kondisi dengan menggunakan 4 *Recloser* pada *feeder-1* pangkalan dan kondisi tanpa *Recloser*. Adapun analisis yang dilakukan pada dua kondisi ini adalah analisis aliran daya, analisis gangguan hubung singkat, dan analisis *reability*. Sebagai rincian dalam simulasi ini peneliti menjabarkan sebagai berikut:

**3.12.1 Input Data Jaringan**

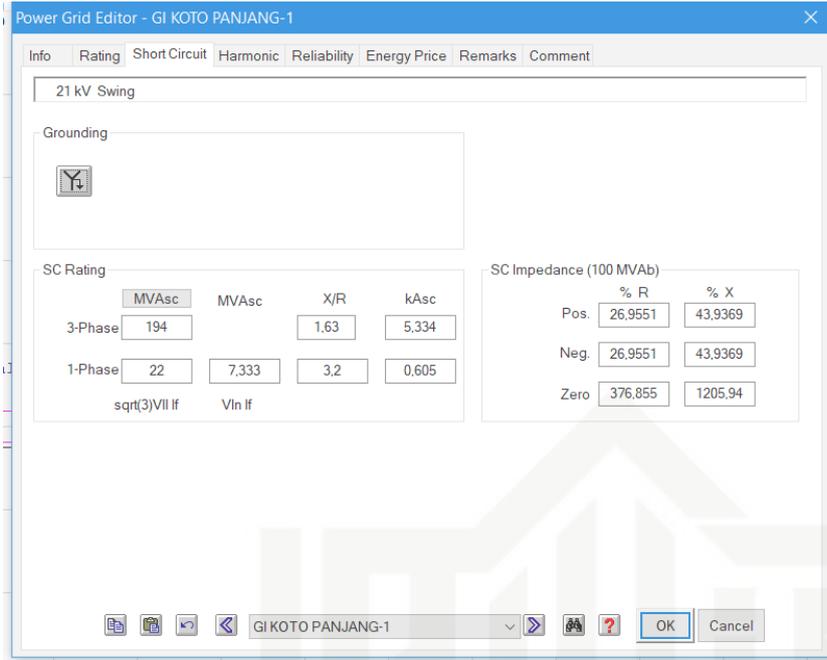
Adapun langkah dalam menentukan parameter jaringan yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan *Impedansi* Sumber

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

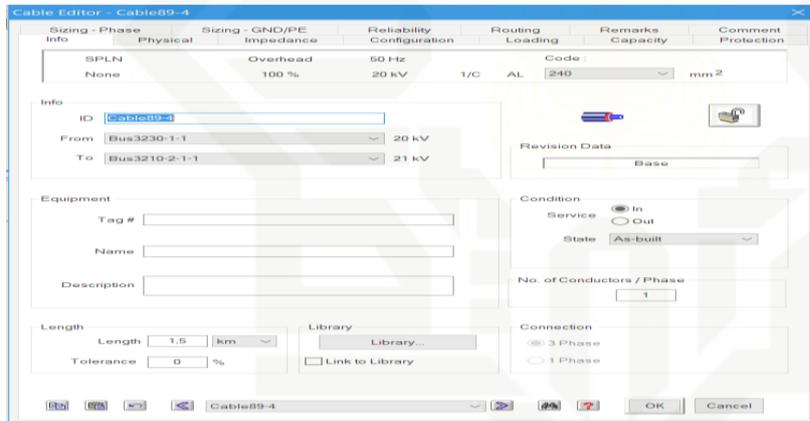
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 3.5 Input Data Impedansi Sumber

2. Input Data Cable yang menggunakan Isolasi



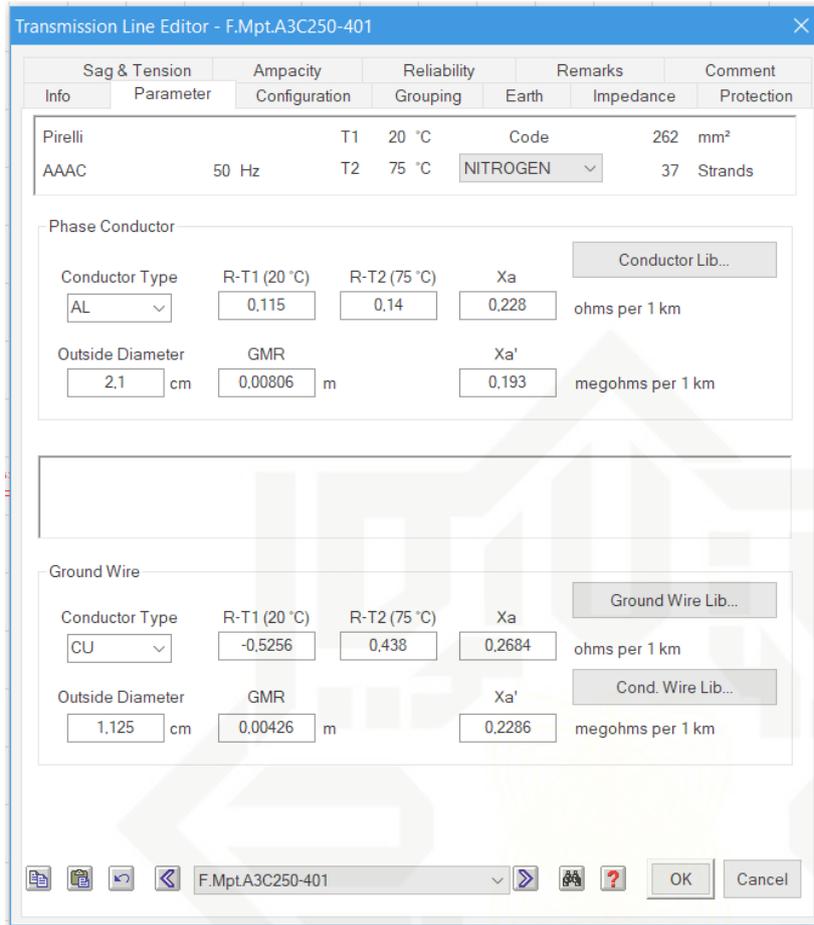
Gambar 3.6 Input Data Cable Yang Menggunakan Isolasi

### 3. *Input Data Cable Transmission Line*

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

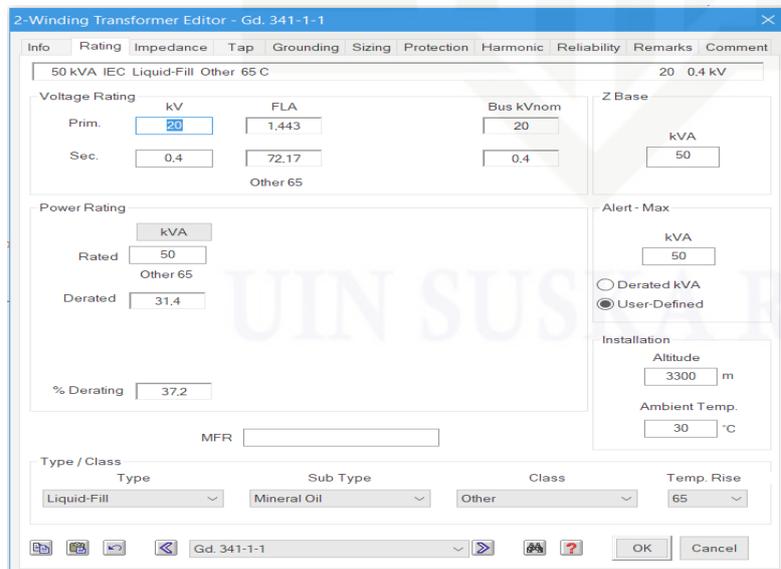


The screenshot shows the 'Transmission Line Editor - F.Mpt.A3C250-401' window. It features a table at the top with columns: Sag & Tension, Ampacity, Reliability, Remarks, and Comment. Below the table are input fields for 'Phase Conductor' and 'Ground Wire'. The 'Phase Conductor' section includes fields for Conductor Type (AL), R-T1 (20 °C) (0.115), R-T2 (75 °C) (0.14), Xa (0.228), Outside Diameter (2.1 cm), GMR (0.00806 m), and Xa' (0.193). The 'Ground Wire' section includes fields for Conductor Type (CU), R-T1 (20 °C) (-0.5256), R-T2 (75 °C) (0.438), Xa (0.2684), Outside Diameter (1.125 cm), GMR (0.00426 m), and Xa' (0.2286). Buttons for 'Conductor Lib...', 'Ground Wire Lib...', and 'Cond. Wire Lib...' are also visible.

Gambar 3.7 *Input Data Cable Transmission Line*

### 4. *Input Data Transformator Berdasarkan Spesifikasinya*

Site Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



The screenshot shows the '2-Winding Transformer Editor - Gd. 341-1-1' window. It has a tabbed interface with 'Info' selected. The 'Info' tab contains fields for '50 kVA IEC Liquid-Fill Other 65 C' and '20 0.4 kV'. The 'Voltage Rating' section includes Prim. (20 kV), FLA (1.443), Bus kVnom (20), Sec. (0.4), and Other 65 (72.17). The 'Power Rating' section includes Rated (50 kVA), Derated (31.4), and % Derating (37.2). The 'Alert - Max' section includes Alert - Max (50 kVA) and a radio button for 'User-Defined'. The 'Installation' section includes Altitude (3300 m) and Ambient Temp. (30 °C). The 'Type / Class' section includes Type (Liquid-Fill), Sub Type (Mineral Oil), Class (Other), and Temp. Rise (65). Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

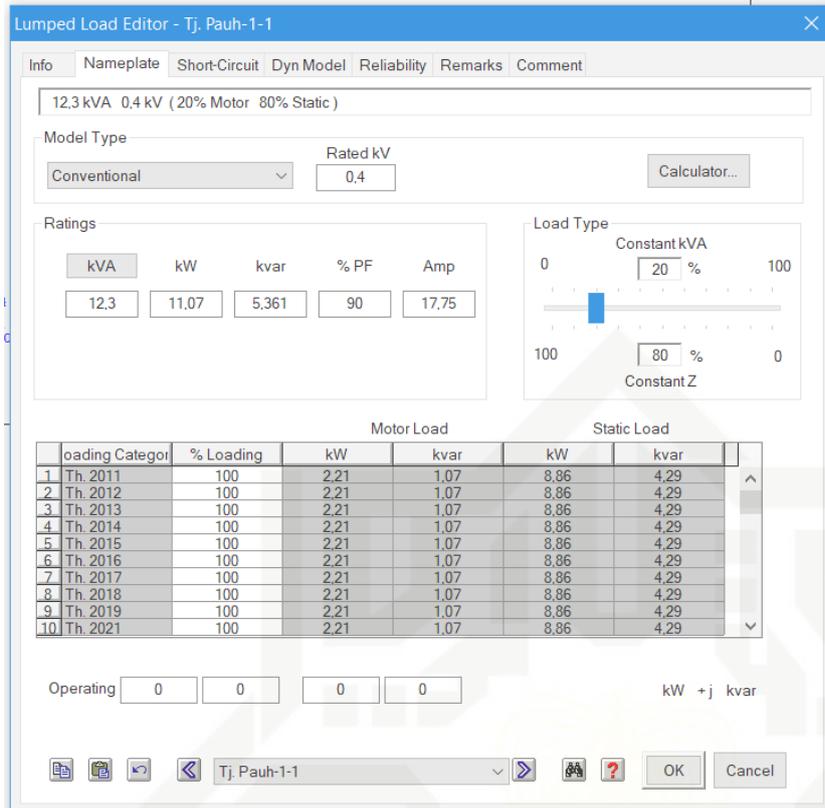
Gambar 3.8 *Input Data Transformator*

## 5. Input Data Beban

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



The screenshot shows the 'Lumped Load Editor' window with the following details:

- Info:** 12.3 kVA, 0.4 kV (20% Motor, 80% Static)
- Model Type:** Conventional, Rated kV: 0.4
- Ratings:**

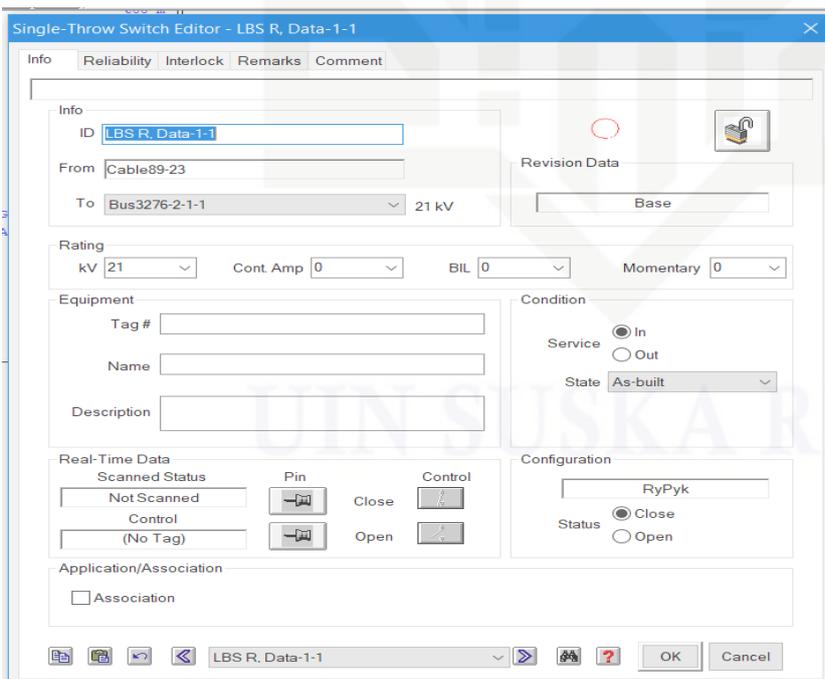
kVA	kW	kvar	% PF	Amp
12.3	11.07	5.361	90	17.75
- Load Type:** Slider set to 20% Constant kVA and 80% Constant Z.
- Motor Load Table:**

loading Categor	% Loading	kW	kvar	kW	kvar
1 Th. 2011	100	2.21	1.07	8.86	4.29
2 Th. 2012	100	2.21	1.07	8.86	4.29
3 Th. 2013	100	2.21	1.07	8.86	4.29
4 Th. 2014	100	2.21	1.07	8.86	4.29
5 Th. 2015	100	2.21	1.07	8.86	4.29
6 Th. 2016	100	2.21	1.07	8.86	4.29
7 Th. 2017	100	2.21	1.07	8.86	4.29
8 Th. 2018	100	2.21	1.07	8.86	4.29
9 Th. 2019	100	2.21	1.07	8.86	4.29
10 Th. 2021	100	2.21	1.07	8.86	4.29
- Operating:** 0 kW, 0 kvar

Gambar 3.9 Input Data Beban

## 6. Input Data Saklar LBS (Load Break Switch)

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



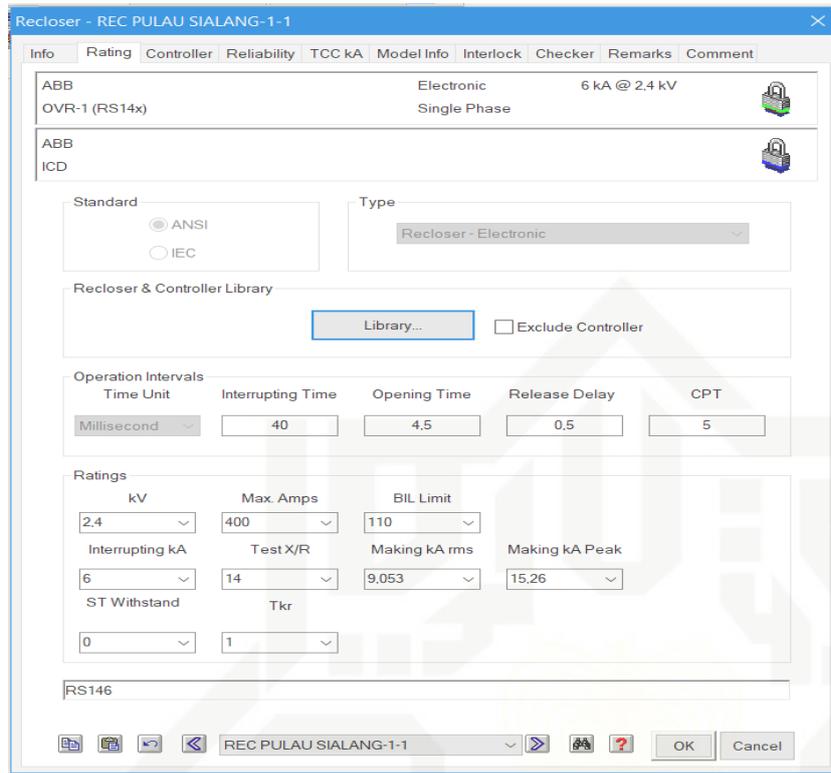
The screenshot shows the 'Single-Throw Switch Editor' window with the following details:

- Info:** ID: LBS R, Data-1-1; From: Cable89-23; To: Bus3276-2-1-1 (21 kV)
- Revision Data:** Base
- Rating:** kV: 21, Cont. Amp: 0, BIL: 0, Momentary: 0
- Equipment:** Tag #, Name, Description (empty fields)
- Condition:** Service: In (selected), Out; State: As-built
- Real-Time Data:** Scanned Status: Not Scanned; Control: (No Tag); Pin: Close, Open; Control: (empty)
- Configuration:** RyPyk; Status: Close (selected), Open
- Application/Association:** Association (checkbox)

Gambar 3.10 Input Data Saklar LBS (Load Break Switch)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

### 7. Input Data Recloser



Gambar 3.11 Input Data Recloser

### 3.12.2 Langkah-Langkah Konfigurasi Penggunaan Metode LRS (Loop Restoration Scheme) Pada Software Etap 12.6.0

1. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mendesain *single line diagram* sesuai dengan *single line diagram feder-1* pangkalan pada gambar 3.1.
2. Langkah kedua adalah desainlah *single line diagram* tersebut menjadi dua *single line diagram*.
  - a. Dengan menggunakan kabel tidak berisolasi serta tanpa menggunakan *proteksi recloser*.
  - b. Dengan menggunakan kabel berisolasi dan menggunakan *proteksi recloser*.
3. Langkah ketiga adalah simulasikan aliran daya pada *software* Etap 12.6.0 dan lihatlah besar beban pada setiap *section* yang terdapat pada kedua *single line diagram* tersebut.
4. Langkah keempat ialah dengan cara memberikan gangguan 1 fasa ketanah, 2 fasa ketanah, fasa ke fasa, dan gangguan 3 fasa kepada kedua *single line diagram* tersebut, lalu perhatikan apakah *recloser* bekerja sesuai fungsinya atau tidak.



5. Langkah kelima adalah keterkaitan antara metode LRS (*loop restoration scheme*) dengan *proteksi recloser* ialah metode LRS dapat mengurangi frekuensi pemadaman dengan cara *meloooping* ataupun *memanuver* tegangan apabila terjadi gangguan. Sedangkan *recloser* ialah *proteksi* otomatis yang apabila terjadi gangguan *temporer* maka *recloser* dapat mengurangi durasi pemadaman serta dapat membaca gangguan apa saja yang terjadi di lapangan.
6. Langkah keenam adalah simulasikan *realibility* dengan melihat nilai dari SAIFI, SAIDI, dan CAIDI pada kedua *singel line diagram* tersebut lalu bandingkan dengan standar SPLN 68-2 : 1986.

### 3.13 Analisis Kondisi *Perfect* dan *Imperfect*

Kondisi *Perfect* merupakan kondisi dimana sistem tersebut dianggap memiliki keandalan yang baik. Nilai *perfect* kondisi ini menggap peralatan saluran distribusi memiliki indeks keandalan 0 dan peralatan switching juga memiliki indeks keandalan 0. Indeks keandalan 0 diartikan bahwa peralatan tersebut tidak pernah mengalami gangguan pemadaman sedangkan kondisi *imperfect* mempertimbangkan dari kondisi peralatan switching yang memiliki tingkat indeks keandalan 0. Kondisi ini mengaggap bahwa peralatan switching seperti *recloser* dan *LBS* memiliki nilai indeks keandalan 0. Apabila indeks keandalan 0 maka dianggap peralatan tersebut tidak pernah mengalami kegagalan atau tidak pernah mengalami pemadaman.

### 3.14 Hasil dan Analisa

Hasil merupakan keluaran dari proses pengolahan data dalam penelitian yang disesuaikan dengan tujuan penelitian yang telah dibuat. Sedangkan untuk analisa adalah mendeskripsikan hasil pengolahan data agar lebih mudah untuk dipahami.

### 3.15 Jadwal Penelitian

Berikut inilah ialah jadwal penelitian yang telah direncanakan dalam penyusunan proposal tugas akhir.

Tabel 3.7 Jadwal Penelitian

Bulan dan Tahun	Minggu	Kegiatan						
		Menentukan Judul dan Studi Literatur	Penyusunan Proposal Tugas Akhir dan Bimbingan	Pengambilan Data Sekunder	Praseminar Proposal Tugas Akhir	Seminar Proposal Tugas Akhir	Revisi Proposal	Sidang Akhir
Desember 2019	1							
	2							
	3							
	4							
Januari 2020	1							
	2							
	3							
	4							
Februari 2020	1							
	2							
	3							
	4							
Maret 2020	1							
	2							
	3							
	4							
April 2020	1							
	2							
	3							
	4							
Mei 2020	1							
	2							
	3							
	4							
Juni 2020	1							
	2							
	3							
	4							
Juli 2020	1							
	2							
	3							
	4							
	1							

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



Agustus 2020	2								
	3								
	4								
	1								
September 2020	2								
	3								
	4								
	1								
Oktober 2020	2								
	3								
	4								
	1								
November 2020	2								
	3								
	4								
	1								
Desember 2020	2								
	3								
	4								
	1								
Januari 2021	2								
	3								
	4								
	1								
Februari 2021	2								
	3								
	4								
	1								
Maret 2021	2								
	3								
	4								
	1								
April 2021	2								
	3								
	4								
	1								
Mei 2021	2								
	3								
	4								
	1								
Juni 2021	2								
	3								
	4								
	1								

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



Juli 2021	1							
	2							
	3							
	4							
Agustus 2021	1							
	2							
	3							
	4							

**3.16 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan merupakan rangkuman mengenai penelitian yang telah dilakukan dan sesuai dengan tujuan yang telah dicapai. Saran merupakan suatu masukan yang bersifat membangun untuk menjadi acuan dan rekomendasi pada penelitian selanjutnya.

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan menggunakan perhitungan rumus dan implementasi Teknik LRS (*Loop Restoration Scheme*), penulis dapat menyimpulkan menjadi beberapa poin berikut:

1. Indeks keandalan pada kondisi *existing* sistem distribusi memiliki nilai SAIFI adalah 10.048 *f/customer/year*, SAIDI adalah 10.530 *hour/customer/year*. Sedangkan pada batasan standard SPLN nilai SAIFI adalah 3.3 *f/customer/year* dan nilai SAIDI adalah 21.9 *hour/customer/year*. Sehingga nilai indeks SAIFI pada kondisi *existing* masih diatas standard SPLN.
2. Dalam peningkatan keandalan dengan penerapan peralatan *recloser* pada sistem distribusi belum signifikan dalam meningkatkan indeks SAIFI pada sistem distribusi. Pada penambahan *recloser* didapatkan nilai indeks SAIFI adalah 3.4212 *f/customer/year*, sedangkan nilai SAIDI adalah 16.9116 *hour/customer/year*. Pada penambahan *recloser* terjadi kenaikan nilai indeks SAIDI dikarenakan banyak peralatan *switching* pada penambahan *recloser*
3. Metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) terbukti dapat meningkatkan keandalan pada sistem jaringan distribusi tegangan menengah. Peningkatan yang dilakukan dalam metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) ini yakni dengan menambahkan beberapa peralatan *switching* tersebar di penyulang tersebut. Nilai indeks keandalan dengan metode LRS didapatkan SAIFI sebesar 1.664 *f/customer/year*, nilai SAIDI sebesar 8.9155 *hour/customer/year*, dan nilai CAIDI sebesar 5.358 *day/interrupt*. Penempatan metode LRS (*Loop Restoration Scheme*) terdapat kondisi *perfect* dan kondisi *imperfect*. Pada kondisi *perfect* dapat meningkatkan indeks keandalan SAIFI secara signifikan dikarena *availability* peralatan penghantar dan peralatan *switching* tanpa adanya kondisi padam. Besarnya nilai indeks keandalan pada kondisi *Perfect* didapatkan nilai SAIFI 0.0615 *f/customer/year*, nilai SAIDI sebesar 0.3292 *hour/customer/year*. Sedangkan nilai pada kondisi *Imperfect* didapatkan nilai SAIFI sebesar 1.6517 *f/customer/year*, dan nilai SAIDI sebesar 8.8413 *hour/customer/year*.



**5.2 Saran**

Dari penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang perlu dipertimbangkan untuk peneliti selanjutnya seperti :

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menghitung biaya penambahan *switching* seperti *fuse cut off*, *load break switch*, *recloser*, dan lainnya
2. Penelitian selanjutnya coba melakukan pemeliharaan berkala untuk mengurangi gangguan akibat peralatan dan penebangan pohon secara berkala untuk mengurangi gangguan atau memperkecil gangguan dari gesekan pohon dengan kawat.
3. Penelitian selanjutnya dicoba untuk melakukan penelitian keandalan dengan membandingkan simulasi software matlab dan etap dengan menggunakan metode lainnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daman Suswanto. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Padang, Juli 2009.
- [2] PT. PLN (Persero). Budaya Perusahaan PT. PLN Persero.
- [3] Undang-Undang Republik Indonesia No.30 Tahun 2009 Tentang Ketenagalistrikan.
- [4] PLN, “Visi dan Misi PT. PLN (Persero)” [online]. Tersedia: <http://www.bumn.go.id/pln/halaman/41/tentang-perusahaan.html> [Diakses 01 Januari 2020].
- [5] Henki, dkk. 2012. “Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique”. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)
- [6] Alen, dkk. “Analisis keandalan Sistem Distribusi 20 kV Pada penyulang Pejangkungan di PLN Pasuruan dengan Menggunakan Metode RIA (Reliability Index Assemenent” Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
- [7] Achmad, dkk. “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Affect Analysis” Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)
- [8] Rahmad S. 2016. “Analisis Keandalan Pengaruh Tie Switch Sistem Jaringan Distribusi Menggunakan Metode RNEA”. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau: Pekanbaru.
- [9] Ghescik, dkk. 2013. “Evaluasi Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di Surabaya Menggunakan Loop Restoration Scheme”. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)
- [10] Dokumen PT. PLN (Persero) UP3 Payakumbuh (*accessed* at 13 Januari 2020)
- [11] Muhammad Fajri. “Analisis Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Dan Evaluasi Tingkat Kepuasan Pelanggan Pada Penyulang Kualu”. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru. 2018.
- [12] Nur Kosim. “Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Di PT. PLN (Persero) Rayon Panam Menggunakan Kombinasi Metode Section Technique – FMEA”. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru. 2018.
- [13] S. dkk Muslim, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*, 2008.
- [14] T.S Hutauruk, *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1993



- [15] R. Khomarudin, J. T. Putra, R. Syahputra, A. Nur, and N. Chamim, "Hosting Capacity Distribution System Yogyakarta with Ant Lion Optimization: A Case Multiobjective," vol. 7, no. 1, pp. 88–100, 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i1.20473.
- [16] Normalasari, Dewi, 2010. "Analisa Keandalan Sistem Distribusi dengan Metode RIA Pada Sistem Distribusi 20 kV Di PT. PLN (Persero) APJ Jember". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jember, Jember.
- [17] Rendra, Prambudhi Setyo, 2008. "Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Penambahan Sectinalizer". Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [18] Jamaris. "Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Panam Feeder 4 Lobak Menggunakan Metode Section Technique dan Metode Realibility Indexs Assesment (RIA)". Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Negri Riau, Pekanbaru. 2016.
- [19] PT, PLN (Persero). Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. Keputusan Direksi PT. PLN Persero No. 606.K/DIR/2010
- [20] Brown, R. 2009. Electric Power Distribution Reliability. Second Edition. New York : CRC Press Tylor & Francis Group.
- [21] Departemen Pertambangan dan Energi, 1986. Perusahaan Umum Listrik Negara, Lembaga Masalah Ketenaga Listrikan, SPLN 68-2 : 1986 Jakarta.
- [22] E. 12.6, "ETAP 12.6 User Guide", Oper., no. 10002889, 2014

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

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



## LAMPIRAN A

### Perhitungan Pada Kondisi *Existing*

#### a. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Dalam menghitung index keandalan SAIFI digunakan persamaan 3.1, sehingga didapatkan perhitungan SAIFI pada *feeder-1* Pangkalan:

$$SAIFI = \frac{49 \times 1.970}{9.606} = 10,048927 \text{ f/customer/year}$$

Untuk nilai SAIFI semakin banyak pelanggan yang padam maka semakin besar nilai SAIFI tersebut. Setelah dilakukan perhitungan indeks keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV maka dapat dinyatakan bahwa nilai SAIFI tidak memenuhi standar dari SPLN 68-2 : 1986 dikarenakan nilai standar 3,2 kali/pelanggan/tahun.

#### b. SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Dalam menghitung Indeks keandalan SAIDI digunakan persamaan 3.2 sehingga didapatkan perhitungan SAIDI pada *feeder-1* Pangkalan:

$$SAIDI = \frac{51,35 \times 1.970}{9.606} = 10,530866 \text{ hour/customer/year}$$

Untuk nilai SAIDI semakin lama terjadinya pemadaman maka semakin besar nilai SAIDI tersebut. Setelah dilakukan perhitungan indeks keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV maka dapat dinyatakan bahwa nilai SAIDI telah kecil dari standar SPLN 68-2 : 1986 yang menyatakan bahwa untuk nilai SAIDI yaitu sebesar 21 jam/pelanggan/tahun.

#### c. CAIFI (Customer Average Interruption Frequency Index)

Indeks perhitungan keandalan CAIFI didapatkan dengan persamaan 3.3 dalam perhitungan dihasilkan nilai berikut:

$$CAIFI = \frac{10,048927}{10,530866} = 0,954235 \text{ (f/ customer)}$$

#### d. CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

Nilai indeks keandalan CAIDI didapatkan dari persamaan 3.4, didapatkan persamaan nilai berikut:

$$CAIDI = \frac{10,530866}{10,048927} = 1,047959 \text{ (day/interrupt)}$$

Tabel Evaluasi Indeks Keandalan Kondisi *existing* dengan standard PLN

	SAIFI ( <i>f/customer/year</i> )	SAIDI ( <i>hour/customer/year</i> )	CAIDI ( <i>day/interrupt</i> )
SPLN 68:2-1986	3.3	21.9	
Kondisi <i>Existing</i>	10,048927	10,530866	1,047959

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

## LAMPIRAN B

Data Gangguan *Feeder-1* Pangkalan Tahun 2019

No	Bulan	Gangguan <i>Primer</i>	Gangguan <i>Temporer</i>	Jumlah
1	Januari	5	-	5
2	Februari	3	1	4
3	Maret	3	7	10
4	April	1	2	3
5	Mei	3	2	5
6	Juni	1	2	3
7	Juli	-	2	2
8	Agustus	5	1	6
9	September	-	-	-
10	Oktober	1	2	3
11	November	3	-	3
12	Desember	3	2	5
	Total	28	21	49

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

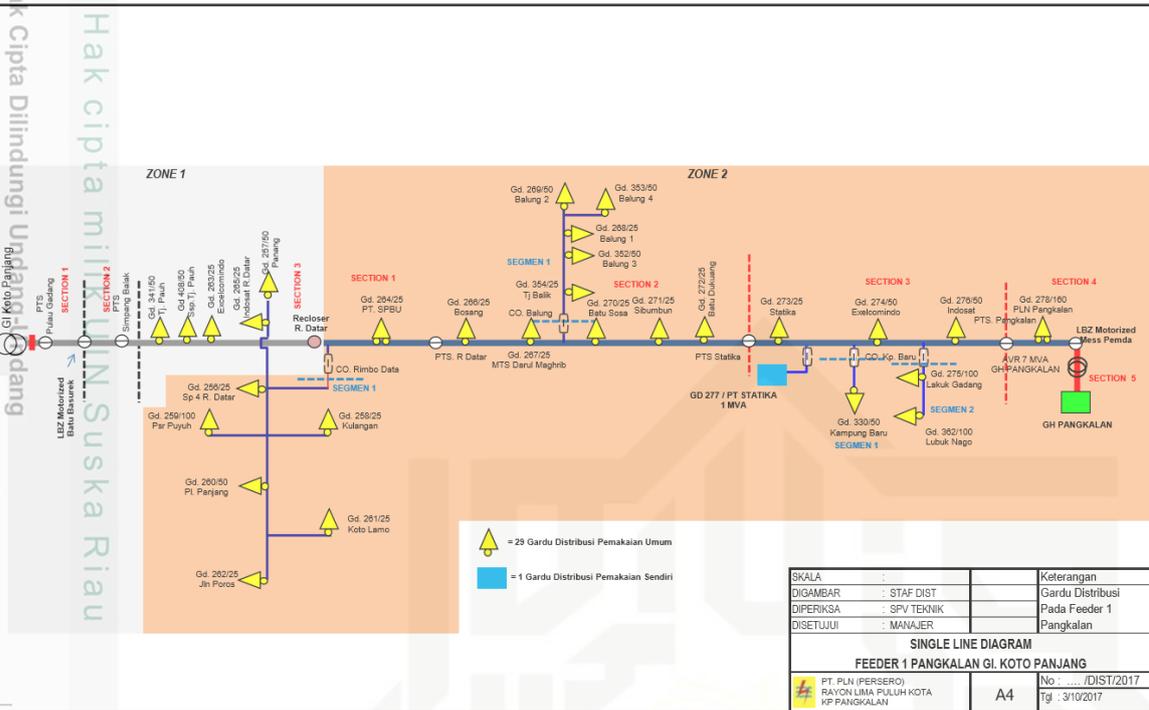
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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

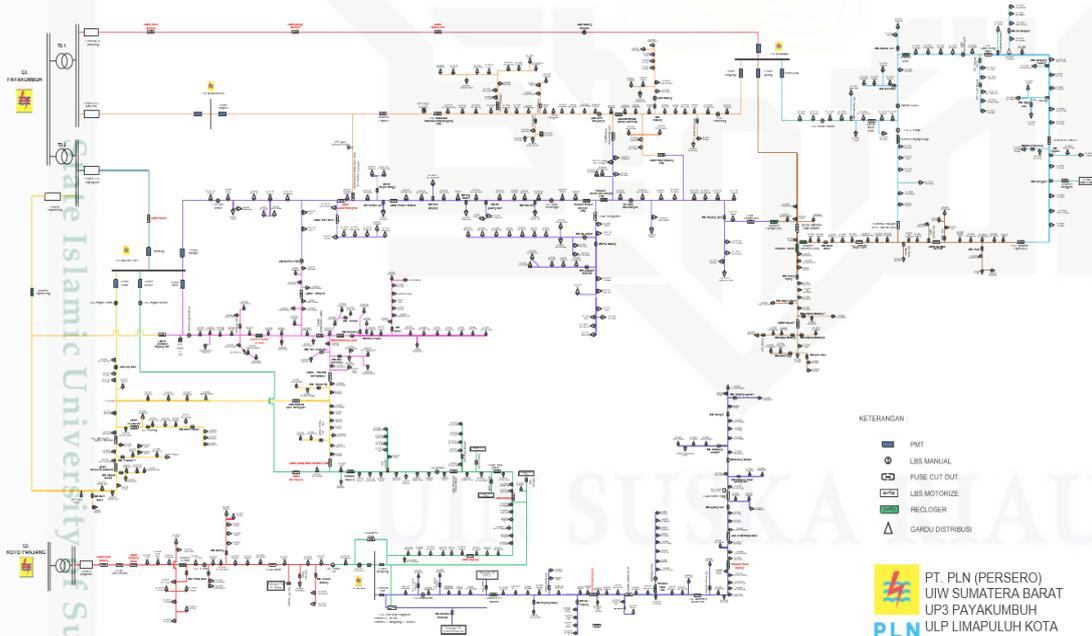
## 2. Data Singel Line Diagram

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

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



Single Line Diagram Feeder-1 Pangkalan



Single Line Diagram PT. PLN (Persero) ULP Lima Puluh Kota

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Data Jumlah Pelanggan *Feeder-1* Pangkalan

No	Nama <i>Feeder</i>	Jumlah Pelanggan
1	<i>Feeder-1</i> Pangkalan	1.970
2	<i>Feeder</i> Muaro Paiti	7.636
Total		9.606

Data Panjang Saluran *Feeder-1* Pangkalan

No	Nama <i>Feeder</i>	Panjang Saluran
1	<i>Feeder-1</i> Pangkalan	46 KM

Data Beban Travo *Feeder-1* Pangkalan

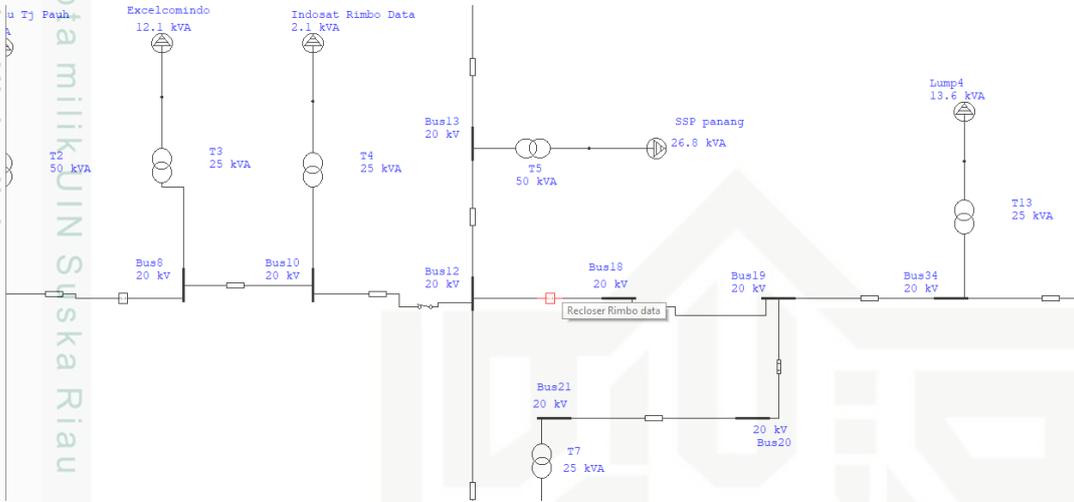
No	Trafo Umum/Pemakaian Sendiri	Jumlah Trafo	Beban Trafo
1	Trafo Umum	29	503,31 kVA
2	Trafo Sendiri PT. Statika	1	1 MVA
3	Trafo Sendiri Intan Bersaudara 1	1	150 kVA
4	Trafo Sendiri Intan Bersaudara 2	1	150 kVA

Data Lama Pemadaman *Feeder-1* Pangkalan

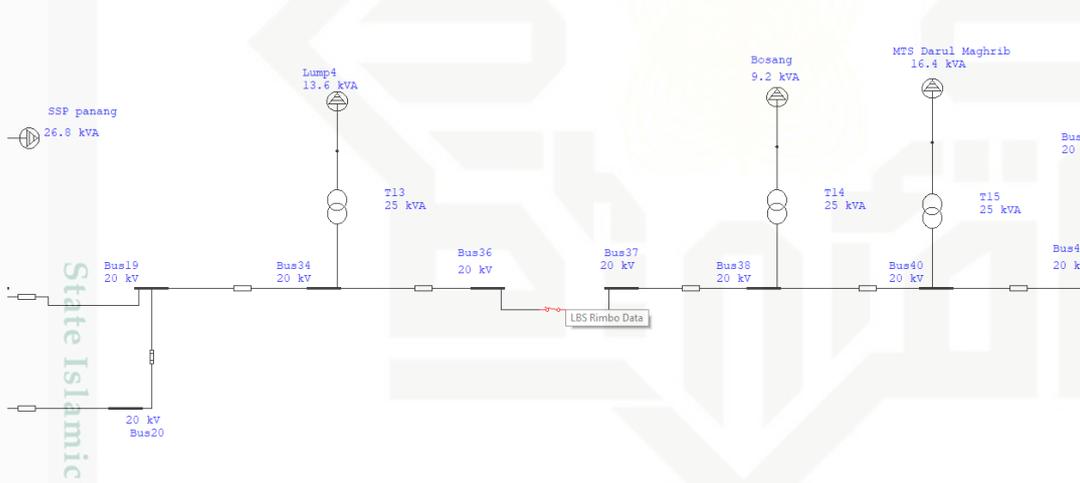
No	Nama <i>Feeder</i>	Durasi Pemadaman Tahun 2019
1	<i>Feeder-1</i> Pangkalan	51,35 Jam

## LAMPIRAN C

### 1. Penambahan *Recloser* Rimbo Data



### 2. Penambahan *Load Break Switch*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

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

### 3. Hasil Simulasi Penambahan *Recloser* Menggunakan *Software* ETAP

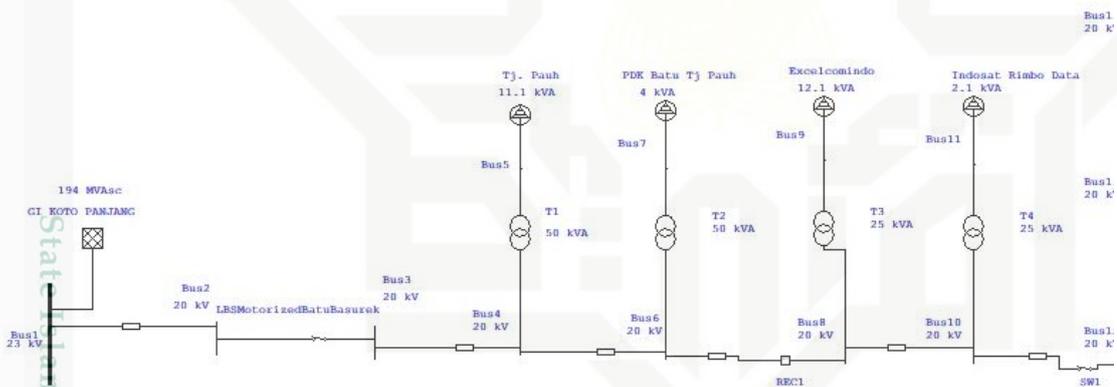
Project:	Pangkalan kota 50	ETAP	Page:	1
Location:	lima puluh kota	12.6.0H	Date:	15-04-2021
Contract:	6 months		SN:	
Engineer:	Riki Khomarudin,S.T.	Study Case: RA	Revision:	Base
Filename:	PANGKALAN50KOTA		Config.:	Normal

#### SUMMARY

##### System Indexes

SAIFI	3.4212 f / customer.yr
SAIDI	16.9116 hr / customer.yr
CAIDI	4.943 hr / customer interruption
ASAI	0.9981 pu
ASUI	0.00193 pu
EENS	9.484 MW hr / yr
ECOST	0.00 \$ / yr
AENS	0.3059 MW hr / customer.yr
IEAR	0.000 \$ / kW hr

### 4. Bagian 1



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

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

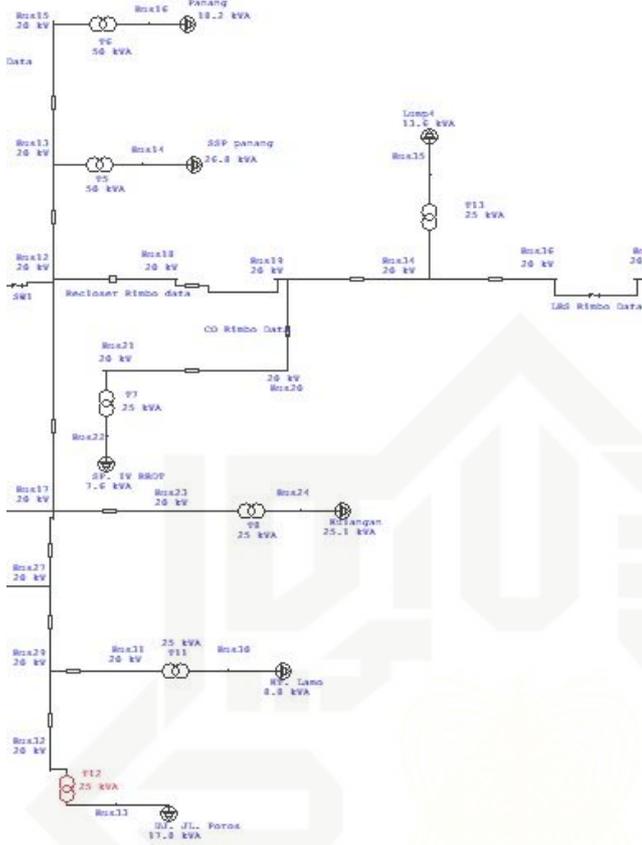
5. Bagian 2

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

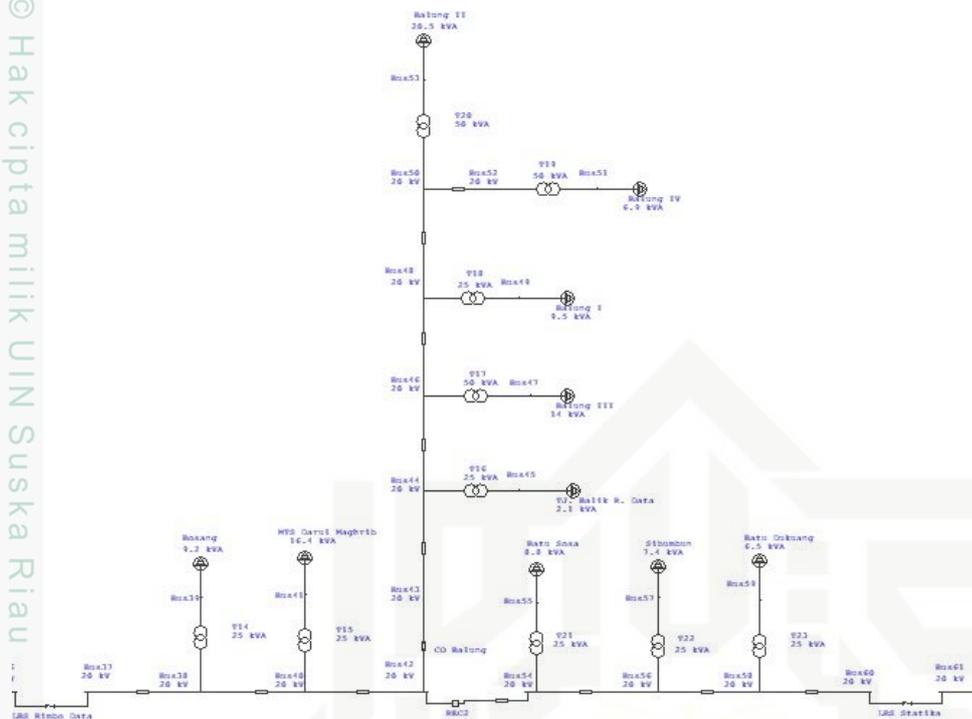


6. Bagian 3

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

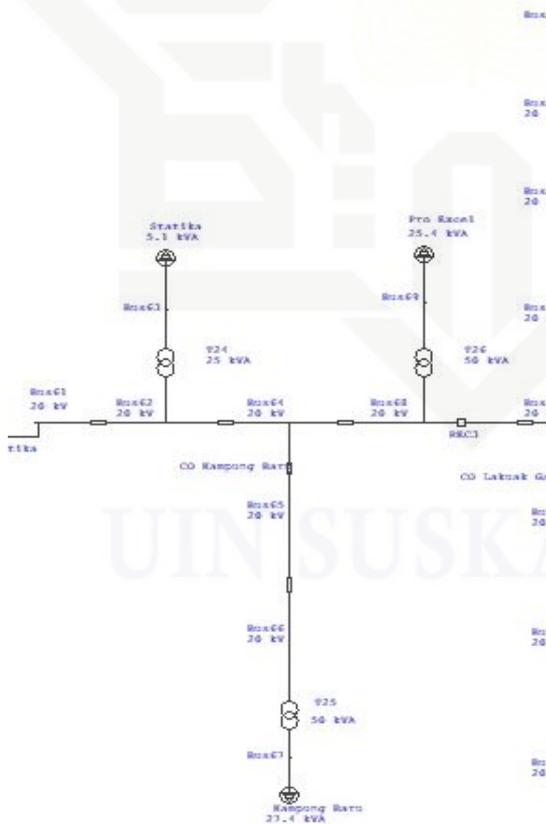
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



7. Bagian 4

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

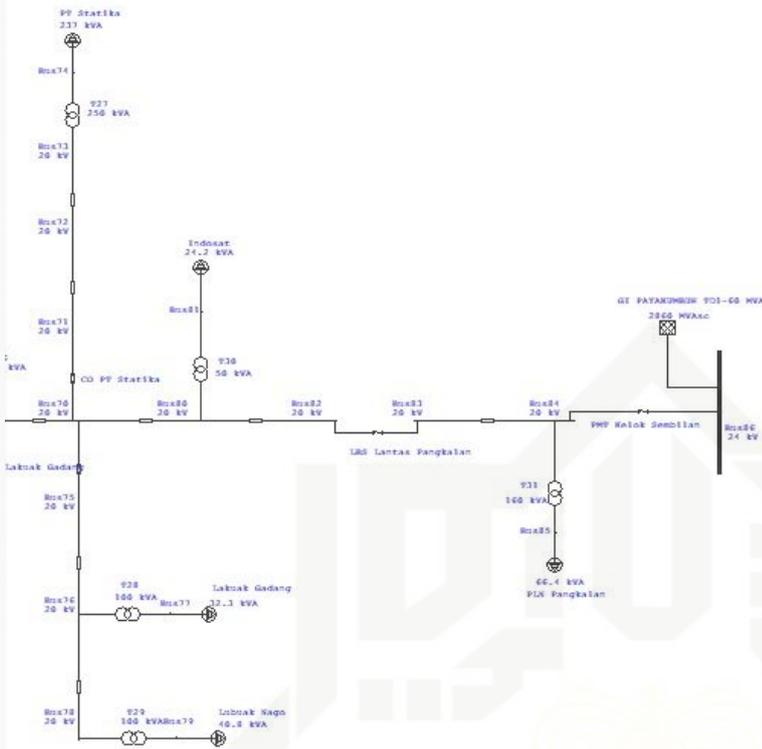


## 8. Bagian 5

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



## 9. Hasil Indeks Keandalan Dengan Penerapan LRS

Project: Pangkalan kota 50  
 Location: lima puluh kota  
 Contract: 6 months  
 Engineer: Riki Khomarudin,S.T.  
 Filename: PANGKALAN50KOTA

**ETAP**

12.6.0H

Study Case: RA

Page: 1  
 Date: 15-04-2021  
 SN:  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

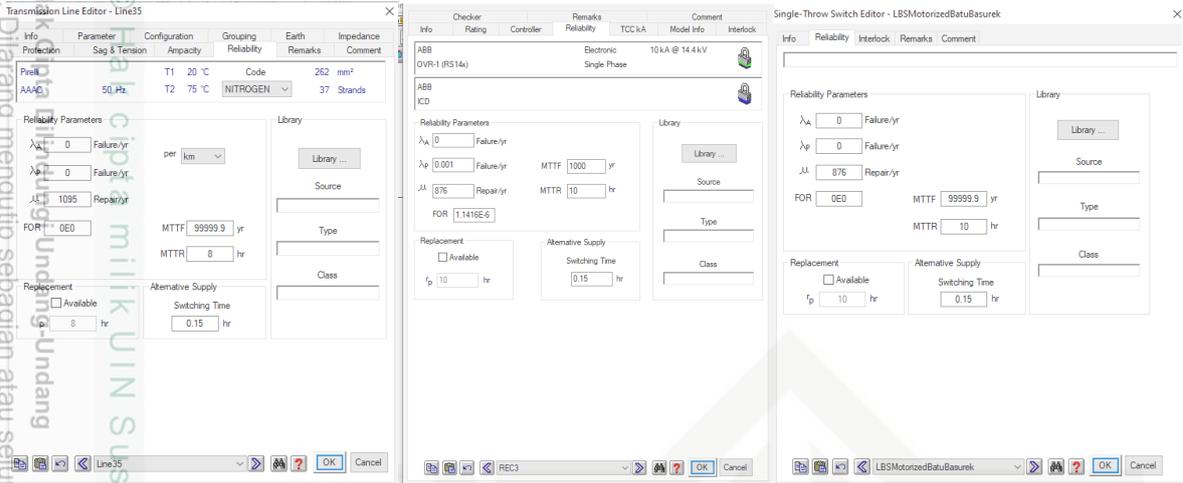
### SUMMARY

#### System Indexes

SAIFI	1.6640 f / customer.yr
SAIDI	8.9155 hr / customer.yr
CAIDI	5.358 hr / customer interruption
ASAI	0.9990 pu
ASUI	0.00102 pu
EENS	4.403 MW hr / yr
ECOST	0.00 \$ / yr
AENS	0.1420 MW hr / customer.yr
IEAR	0.000 \$ / kW hr



### 10. Setting Perfect Condition



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

### 11. Hasil Simulasi Etap Pada Kondisi Perfect

Project:	Pangkatan kota 50	<b>ETAP</b>	Page:	1
Location:	lima puluh kota	12.6.0H	Date:	17-04-2021
Contract:	6 months		SN:	
Engineer:	Riki Khomarudin,S.T.	Study Case: RA	Revision:	Base
Filename:	PANGKALAN50KOTA		Config:	Normal

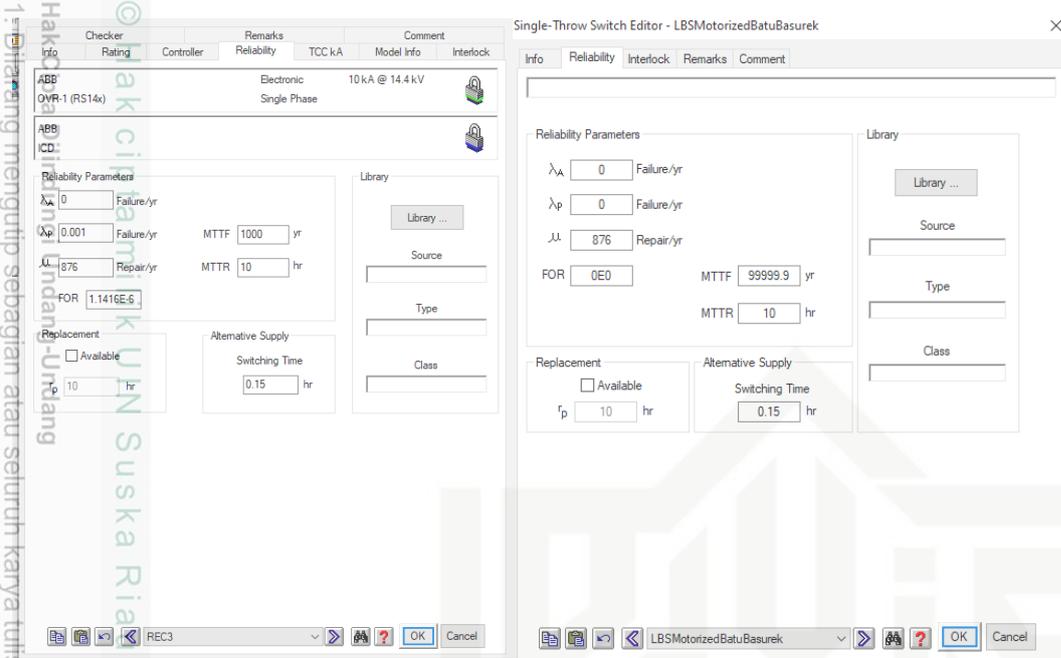
**SUMMARY**

**System Indexes**

SAIFI	0.0615	f / customer.yr
SAIDI	0.3292	hr / customer.yr
CAIDI	5.351	hr / customer interruption
ASAI	1.0000	pu
ASUI	0.00004	pu
EEENS	0.257	MW hr / yr
ECOST	0.00	\$ / yr
AENS	0.0083	MW hr / customer.yr
IEAR	0.000	\$ / kW hr



## 12. Setting Imperfect Condition



## 13. Hasil Simulasi Etap Pada Kondisi Imperfect

Project:	Pangkalan kota 50	<b>ETAP</b>	Page:	1
Location:	lima puluh kota	12.6.0H	Date:	17-04-2021
Contract:	6 months		SN:	
Engineer:	Riki Khomarudin,S.T.	Study Case: RA	Revision:	Base
Filename:	PANGKALAN50KOTA		Config.:	Normal

### SUMMARY

#### System Indexes

SAIFI	1.6517 f / customer.yr
SAIDI	8.8413 hr / customer.yr
CAIDI	5.353 hr / customer interruption
ASAI	0.9990 pu
ASUI	0.00101 pu
EENS	4.340 MW hr / yr
ECOST	0.00 \$ / yr
AENS	0.1400 MW hr / customer.yr
IEAR	0.000 \$ / kW hr

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