

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA PENEMPATAN RECLOSER DAN FUSE CUT OUT TERHADAP KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) RAYON RIMO**

*Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan melengkapi persyaratan untuk  
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

**MASLIM BAHRI**

**13072200090**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISA PENEMPATAN RECLOSER DAN FUSE CUT OUT TERHADAP  
KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK  
DI JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN  
(PERSERO) RAYON RIMO

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diujikan Disidangkan Pada Tanggal :  
(15 Oktober 2018)

Oleh :

Maslim Bahri

1407220090

Pembimbing I

Pembimbing II

  
(Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc)

  
(M. Syafril ST., MT)

Penguji I

Penguji II

  
(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

  
(Partaonan Harahap, ST., MT)

Diketahui dan Disahkan  
Kepala Jurusan Teknik Elektro

  
(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Maslim Bahri  
NPM : 1407220090  
Tempat / Tgl Lahir : Rimo/04 Januari 1996  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

#### **ANALISA PENEMPATAN RECLOSER DAN FUSE CUT OUT TERHADAP KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) RAYON RIMO**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Oktober 2018

aya yang menyatakan



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum,Wr. Wb.*

Puji syukur kehadirat ALLAH.SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yan penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “ **ANALISA PENEMPATAN RECLOSER DAN FCO TERHADAP KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) RAYON RIMO**”. Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Alm. Zulkifli dan Ibunda Kasiani, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah, penulis juga mengucapkan terimah kasih kepada adik dan kaka saya Pipi Juliani dan Wahyuni , serta segenap keluarga yang telah memberikan do'a dan dukungan kepada penulis sampai saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST., MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST., MT, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Sekaligus Penguji I.
4. Bapak Partaonan Harahap, ST., MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc, Selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan nasihat, bimbingan, dorongan, dan pengarahan kepada Penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak M. Syafril ST., MT., selaku pembimbing II yang telah memberi wawasan dan arahan yang membangun pada penyusunan tugas akhir ini.
7. Segenap Bapak & Ibu dosen serta pegawai di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Segenap teman-teman sejawat dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Fakultas Teknik Elektro angkatan 2014 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.
9. Teman kos satu angkatan dan adik adik leting yg selalu menghibur.
10. Bapak kos yang membimbing dan mengawasi kelakuan saya di sini.

Penulis telah berupaya semaksimal mungkin dalam menyelesaikan skripsi ini, namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini di sebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak untuk memperbaiki skripsi ini

Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan

khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, .....2018

Penulis

Maslim Bahri

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Umum.....	6
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	7
2.3 Bentuk Konfigurasi Jaringan Distribusi.....	8
2.3.1 Jaringan Distribusi Tipe Radial .....	8
2.3.2 Jaringan Distribusi Tipe Ring / Loop.....	10
2.3.3 Jaringan Distribusi Tipe Spindel.....	11
2.4 Automatic Circuit Recloser (ACR).....	13
2.4.1 Single-shot Reclosing Relay.....	15

2.4.2 Multi Shot Reclosing Relay .....	15
2.4.3 Selang Waktu Penutup Balik Reclose .....	15
2.4.4 Prinsip Kerja Recloser .....	17
2.4.5 Cara Kerja Recloser .....	18
2.5 Fuse Cut Out (FCO) .....	21
2.5.1 Pemilihan Fuse Cut Out .....	21
2.5.2 Prinsip kerja Fuse Cut Out .....	22
2.5.3 Cara kerja Fuse Cut Out .....	23
2.6 Sistem Koordinasi Recloser dan Fuse Cut Out .....	24
2.7 Keandalan Sistem Tenaga Listrik .....	25

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Lokasi Penelitian .....	30
3.2 Data Penelitian .....	30
3.3 Metode Penelitian .....	31
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	32

### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Analisa perhitungan SAIDI dan SAIFI .....	34
4.2 Analisa Perbandingan Nilai SAIDI dan SAIFI .....	40
4.3 Analisa penentuan letak Recloser dan Fuse Cut Out .....	41
4.4 Optimasi Keandalan Penempatan Recloser .....	42

### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambari 2.1 .....	9
Gambar 2.2 .....	11
Gambar 2.3 .....	13
Gambar 2.4 .....	14
Gambar 2.5 .....	19
Gambar 2.6 .....	20
Gambar 3.1 .....	33
Gambar 4.1 .....	34
Gambar 4.2 .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 .....	29
Tabel 3.1 .....	30
Tabel 3.2 .....	31
Tabel 4.1 .....	40
Tabel 4.2 .....	41

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Surat balasan penelitian dari PT. PLN (PERSERO) RAYON RIMO

SPLN NO 68-2 tahun 1986

## ABSTRAK

Jaringan distribusi adalah suatu saluran atau jaringan yang menghubungkan dari sumber daya listrik besar (gardu induk) dengan para konsumen atau pemakai listrik baik itu pabrik, industri, atau rumah tangga. Sebaik apapun saluran distribusi terpasang selalu memerlukan alat proteksi diantaranya Recloser dan FCO (Fuse Cut Out) yang berkoordinasi mengamankan jaringan. Pemadaman listrik yang terlalu sering dengan waktu padam yang lama dan tegangan listrik yang tidak stabil, merupakan refleksi dari keandalan dan kualitas listrik yang kurang baik. Dengan adanya koordinasi Recloser dan FCO ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi. Sistem keandalan akan mengoptimalkan kerja jaringan distribusi. Tingkat keandalan dapat diperoleh dari perhitungan SAIDI, SAIFI dan Fitness di setiap komponen proteksi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan letak Recloser dan FCO (Fuse Cut Out) dalam meningkatkan nilai keandalan pada jaringan distribusi. Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out ditentukan oleh nilai Fitness tertinggi dari masing-masing komponen, semakin besar nilai Fitness nya maka semakin optimal letak dari komponen tersebut. Pada penelitian ini Titik penempatan Recloser yang optimal pada section (posisi) Trafo no 8, dengan besar Fitness 6656766,67, dan titik Fuse Cut Out pada section (posisi) FCO no 3, dengan besar Fitness 196850,3.

Kata Kunci : Keandalan, Sistem distribusi, SAIDI, SAIFI, Fitness, Recloser, FCO (Fuse Cut Out)

## ^BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Jaringan distribusi adalah suatu saluran atau jaringan yang menghubungkan dari sumber daya listrik besar (gardu induk) dengan para konsumen atau pemakai listrik baik itu pabrik, industri, atau rumah tangga. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen. Sistem distribusi daya listrik meliputi semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV dan semua Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt hingga ke KWh meter pelanggan. Pendistribusian daya listrik dilakukan dengan menarik kawat-kawat distribusi melalui penghantar udara. Penghantar bawah tanah dari mulai gardu induk hingga ke pusat – pusat beban. Pada sistem di Rayon Rimo ada terpasang jaringan bawah tanah karena keadaan kota atau daerahnya belum memungkinkan untuk dibangun jaringan tersebut. Jadi untuk daerah ini tetap disuplai melalui hantaran udara 3 fasa 3 kawat. Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan atau konsumen[1].

Sebaik apapun saluran distribusi terpasang selalu memerlukan alat proteksi diantaranya Recloser dan Fco (*Fuse Cut Out*) yang berkoordinasi mengamankan jaringan. Tujuan pengamanan sistem tenaga listrik ialah terjaminnya penyaluran tenaga listrik, artinya bila terjadi gangguan (misalnya gangguan pada sistem distribusi yang sering terjadi) kalau mungkin tidak menimbulkan pemutusan daya, ataupun bila terpaksa, pemutusan tersebut diusahakan sesingkat mungkin. Peralatan yang bertugas untuk memberikan perintah memutus atau

menghubungkan daya secara otomatis adalah Pemutus Balik Otomatis(PBO) atau Recloser. Dengan penambahan rele penutup balik maka gangguan sementara tidak mengakibatkan pemutusan daya secara keseluruhan, atau hanya terjadi pemutusan daya dalam waktu yang sangat singkat (beberapa detik)[1].

Jaringan distribusi tegangan menengah sebagian besar berupa saluran udara tegangan menengah dan kabel tanah. Pada saat ini gangguan pada saluran udara tegangan menengah ada yang mencapai angka 100 kali per 100 km per tahun. Sebagian besar gangguan pada saluran udara tegangan menengah tidak disebabkan oleh petir melainkan oleh sentuhan pohon, apalagi saluran udara tegangan menengah banyak berada di dalam kota yang memiliki bangunan-bangunan tinggidean pohon-pohon yang lebih tinggi dari tiang saluran udara tegangan menengah. Hal ini menyebabkan saluran udara tegangan menengah yang ada di dalam kota banyak terlindung terhadap sambaran petir tetapi banyak diganggu oleh sentuhan pohon. Hanya untuk daerah di luar kota selain gangguan sentuhan pohon juga sering terjadi gangguan karena petir. Gangguan karena petir maupun karena sentuhan pohon ini sifatnya temporer (sementara), oleh karena itu penggunaan penutup balik otomatis (recloser) akan mengurangi waktu pemutusan penyediaan daya (*supply interrupting time*)[2].

Pemadaman listrik yang terlalu sering dengan waktu padam yang lama dan tegangan listrik yang tidak stabil, merupakan refleksi dari keandalan dan kualitas listrik yang kurang baik, dimana akibatnya dapat dirasakan secara langsung oleh pelanggan. Sistem tenaga listrik yang andal dan energi listrik dengan kualitas yang baik atau memenuhi standar, mempunyai kontribusi yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat modern karena peranannya yang dominan dibidang

industri, telekomunikasi, teknologi informasi, pertambangan, transportasi umum, dan lain-lain yang semuanya itu dapat beroperasi karena tersedianya energi listrik. Perusahaan-perusahaan yang bergerak diberbagai bidang sebagaimana disebutkan diatas, akan mengalami kerugian cukup besar jika terjadi pemadaman listrik tiba-tiba atau tegangan listrik yang tidak stabil, dimana aktifitasnya akan terhenti atau produk yang dihasilkannya menjadi rusak[2].

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui lokasi penempatan pengaman jaringan distribusi yang optimal.
2. Bagaimana sistem koordinasi Recloser dan Fuse Cut Out sebagai alat proteksi.
3. Bagaimana tingkat keandalan jika terjadi gangguan pada jaringan distribusi tegangan menengah.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:.

1. Untuk menganalisa dan mengevaluasi tingkat keandalan jaringan distribusi tegangan menengah.
2. Sebagai patokan atau pedoman alternatif untuk meningkatkan keandalan sistem proteksi di PT.PLN (Persero) Rayon Rimo Kecamatan Gunung Meriah, Kabupaten Aceh Singkil, Aceh.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan-batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Keandalan yang di analisis hanya berdasarkan laju kegagalan, waktu keluar, *SAIFI* dan *SAIDI*..
2. Konfigurasi sistem tenaga listrik yang di analisis berbentuk radial.
3. Menggunakan perhitungan persamaan keandalan yaitu *SAIDI* dan *SAIFI* dalam mencari solusi terbaik.

#### **1.5 Manfaat Penulisan**

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Sekarang maupun yang akan datang Penulisan laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya tentang optimasi penempatan recloser.
2. Penulis berharap dengan penelitian ini dapat meminimalisir area gangguan pada jaringan dan mempercepat waktu perbaikannya.
3. Tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi atau pembanding untuk penelitian lebih lanjut.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan beberapa sub-bab yang terdapat dalam tiap bab yaitu sebagai berikut:

##### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini terdiri dari latar belakang yang mendasari penulisan tugas akhir, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah yang di bahas pada tugas akhir, manfaat penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas tentang dasar-dasar teori mengenai penggunaan kapasitas daya serta teori lainnya yang mendukung dari pembahasan masalah yang terdapat pada bab selanjutnya.

## BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang metode yang digunakan untuk tugas akhir, mulai dari persiapan hingga mendapatkan data-data yang digunakan untuk merencanakan kapasitas daya listrik di pabrik tersebut.

## BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas perhitungan penempatan recloser pada jaringan distribusi.

## BAB V. PENUTUP

Berisikan kesimpulan dan saran tentang hasil penempatan recloser pada jaringan distribusi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan sebagai sumber daya ekonomis yang paling utama yang dibutuhkan dalam berbagai kegiatan. Dalam waktu yang akan datang kebutuhan listrik akan meningkat sering dengan adanya peningkatan dan perkembangan baik dari jumlah penduduk, jumlah investasi, perkembangan teknologi termasuk didalamnya perkembangan dunia semua jenjang pendidikan[3].

Kebutuhan Teknik optimasi adalah suatu usaha atau kegiatan untuk mendapatkan hasil terbaik dengan persyaratan yang diberikan. Hasil yang di dapat yaitu usaha yang minimal dan keuntungan yang maksimal, usaha yang minimal dan hasil yang maksimal dapat digambarkan sebagai fungsi variabel, sedangkan optimasi di definisikan sebagai proses untuk mendapatkan fungsi tersebut[3].

Pada tipe jaringan sistem distribusi yang menyalurkan daya listrik ke konsumen umumnya dalam bentuk sistem *radial*. Beberapa variabel komponen yang digunakan untuk mengekspresikan Indeks kegagalan antara lain adalah[1]:

- a). Laju kegagalan (*failure rate*) dinyatakan dalam  $\lambda$ . Untuk saluran *radial*, laju kegagalan untuk suatulingkungan tertentu yang homogen, sebandingdengan panjang saluran yang bersangkutan,
- b). Lama pemadaman (*outage time*) dinyatakan dalam  $r$ , tergantung kepada waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan dan pemulihan.

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran *probabilitas*. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk

menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga listrik. Dalam sistem distribusi tenaga listrik evaluasi keandalan terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam ke dalam keseluruhan capaian. Indeks keandalan tersebut antara lain SAIFI, SAIDI dan Fitness[4].

## 2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar.

1) pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)  
2) merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ( $I^2 R$ ). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula[2].

Dua tipe jaringan distribusi sebagai berikut :

1. Distribusi Primer : Yaitu jaringan distribusi yang berasal dari Jaringan Transmisi yang di turunkan tegangannya di Gardu Induk menjadi tegangan

menengah (TM) dengan nominal tegangan 20 kV (biasa disebut JTM atau Jaringan Tegangan Menengah) lalu disalurkan ke lokasi-lokasi pelanggan listrik kemudian di turunkan tegangannya di trafo pada Gardu Distribusi untuk di salurkan ke pelanggan.

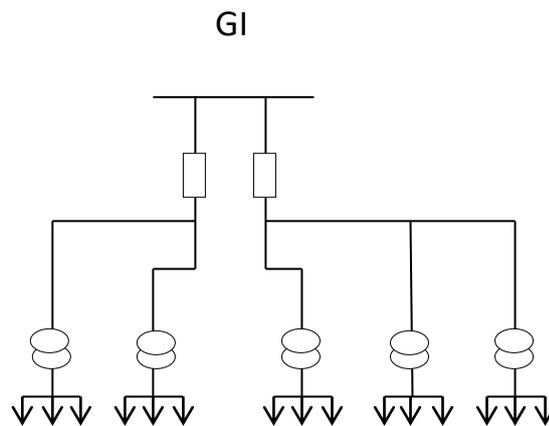
2. Distribusi Sekunder : Yaitu jaringan distribusi dari Gardu Distribusi untuk di salurkan ke pelanggan dengan klasifikasi tegangan rendah yaitu 220 V atau 380 V (antar fasa). Pelanggan yang memakai tegangan rendah ini adalah pelanggan paling banyak karena daya yang dipakai tidak terlalu banyak. Jaringan dari gardu distribusi dikenal dengan JTR atau Jaringan Tegangan Rendah, lalu dari JTR dibagi-bagi untuk ke rumah pelanggan, saluran yang masuk dari JTR ke rumah pelanggan disebut SR. Pelanggan tegangan ini banyaknya menggunakan listrik satu fasa, walau ada beberapa memakai listrik tiga fasa.

### **2.3 Bentuk Konfigurasi Jaringan Distribusi**

Sistem distribusi jaringan tegangan menengah memiliki beberapa jenis konfigurasi jaringan, dimana masing-masing konfigurasi jaringan mempunyai kelebihan dan kekurangan. Berdasarkan bentuk dan polanya, tipe sistem jaringan distribusi primer dapat dibagi menjadi tiga, yaitu tipe radial, loop dan spindel[5].

#### **2.3.1 Jaringan Distribusi Tipe Radial**

Bentuk jaringan ini seperti pada Gambar 2.1 merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani[6].



**Gambar 2.1 Konfigurasi jaringan Radial**

Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang paling dekat dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang-cabangnya makin keujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktornya lebih kecil pula. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah :

1. Bentuknya sederhana.
2. Biaya investasinya murah.
3. Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.

4. Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan maka akan mengalami “*black out*” secara total.

Untuk melokalisir gangguan pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman, fungsinya untuk membatasi daerah yang mengalami pemdaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

### **2.3.2 Jaringan Distribusi Tipe Ring / Loop**

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat pada gambar di bawah yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil.

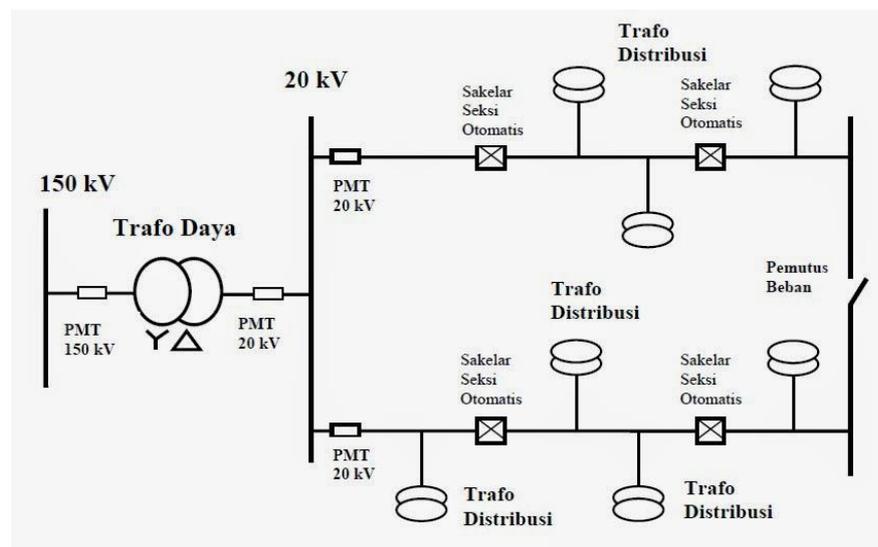
Bentuk sistem jaringan distribusi loop ini ada 2 macam yaitu :

1. Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normally open switch* yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
2. Bentuk *close loop*, bila dilengkapi dengan *normally close switch* yang terletak pada salah satu bagian diantara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial, dimana pada ujung dari dua buah jaringan dipasang sebuah pemutus

(PMT), pemisah (PMS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Pada umumnya penghantar dari struktur ini mempunyai struktur yang sama, ukuran konduktor tersebut dipilih sehingga dapat menyalurkan seluruh daya listrik beban struktur loop, yang merupakan jumlah daya listrik beban dari kedua struktur radial.

Jaringan distribusi loop seperti pada Gambar 2.2 mempunyai kualitas dan kontinuitas pelayanan daya yang lebih baik, tetapi biaya investasi lebih mahal dan cocok digunakan pada daerah yang padat dan memerlukan keandalan tinggi.



**Gambar 2.2 Konfigurasi jaringan Loop**

### 2.3.3 Jaringan Distribusi Tipe Spindel

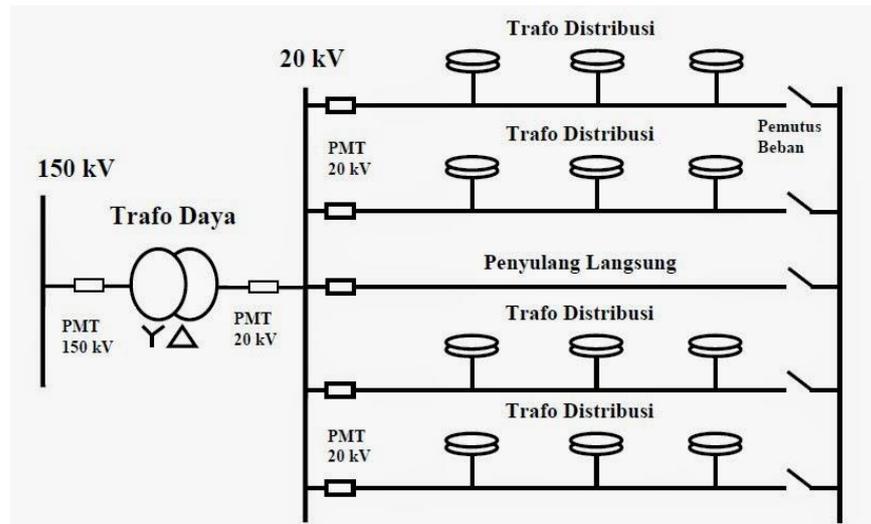
Jaringan distribusi spindel seperti pada Gambar 2.3 merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota – kota besar.

Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut :

1. Dalam keadaan normal semua saluran digardu hubung (GH) terbuka sehingga semua SKTM beroperasi radial.
2. Dalam keadaan normal saluran ekspres tidak dibebani dan dihubungkan dengan rel di gardu hubung dan digunakan sebagai pemasok cadangan dari gardu hubung.
3. Bila salah satu seksi dari SKTM mengalami gangguan, maka saklar beban di kedua ujung seksi yang terganggu dibuka. Kemudian seksi – seksi sisi gardu induk (GI) mendapat suplai dari GI, dan seksi – seksi gardu hubung mendapat suplai dari gardu hubung melalui saluran ekspres.

Sistem jaringan distribusi spindel sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan – kebutuhan antara lain :

- Peningkatan keandalan atau kontinuitas pelayanan sistem.
- Menurunkan atau menekan rugi – rugi akibat gangguan.
- Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi.
- Perluasan jaringan mudah dilakukan.



**Gambar 2.3 Konfigurasi jaringan Spindel**

#### **2.4 Automatic Circuit Recloser (ACR)**

Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri pemutus tenaga yang dilengkapi kotak kontrol elektronik (Electronic Control Box) recloser, yaitu suatu peralatan elektronik sebagai kelengkapan recloser dimana peralatan ini tidak berhubungan dengan tegangan menengah dan pada peralatan ini recloser dapat dikendalikan cara pelepasannya. Dari dalam kotak kontrol inilah pengaturan (setting) recloser dapat ditentukan[2].

Jenis atau tipe Recloser yang digunakan di PT.PLN (Persero) Rayon Rimo seperti pada Gambar 2.4 adalah tipe *Recloser VWVE* merk schneider dengan arus pengaturan pemutusan sebesar 200% sampai 500% dari arus setting kumparan trip yang sebesar 100A.



**Gambar 2.4 Recloser tipe VWVE**

Alat pengaman ini bekerja secara otomatis guna mengamankan suatu sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat. Cara bekerjanya adalah untuk menutup balik dan membuka secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya, dimana pada sebuah gangguan temporer, recloser tidak membuka tetap (lock out), kemudian recloser akan menutup kembali setelah gangguan itu hilang. Apabila gangguan bersifat permanen, maka setelah membuka atau menutup balik sebanyak setting yang telah ditentukan kemudian recloser akan membuka tetap (lock out)[1].

Pada suatu gangguan permanen, recloser berfungsi memisahkan daerah atau jaringan yang terganggu sistemnya secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu padagangguan sesaat, recloser akan memisahkan daerah gangguan secara sesaat sampai gangguantersebut akan dianggap hilang, dengan

demikian recloser akan masuk kembali sesuai settingannya sehingga jaringan akan aktif kembali secara otomatis[1].

#### **2.4.1 Single-shot Reclosing Relay**

Relai hanya dapat memberikan perintah reclosing ke PMT satu kali dan baru dapat melakukan reclosing setelah blocking time terakhir. Bila terjadi gangguan pada periode blocking time, PMT trip dan tidak bisa reclose lagi (lock – out ). *Close Trip Dead Time Bloking Time Waktu Relai Lock Out*[3].

#### **2.4.2 Multi Shot Reclosing Relay**

Relai ini dapat memberikan perintah reclosing ke PMT lebih dari satu kali. Dead time antar reclosing dapat diatur sama atau berbeda.. Bila terjadi gangguan , relai OCR/GFR memberikan perintah trip ke PMT. Pada saat yang sama juga mengerjakan (mengenergizing) Reclosing relay. Setelah dead time  $t_1$  yang sangat pendek ( kurang dari 0,6 detik), relai memberi perintah reclose ke PMT. Jika gangguan masih ada , PMT akan trip kembali dan reclosing relai akan melakukan reclose yang kedua setelah dead time  $t_2$  yang cukup lama (antara 15- 60 detik). Jika gangguan masih ada, maka PMT akan trip kembali dan reclosing relai akan melakukan reclose yang ke tiga setelah dead time  $t_3$  .

Bila gangguannya juga masih ada dalam periode blocking  $t_R$ , maka PMT akan trip dan lock out. Penggunaan multi shot reclosing harus disesuaikan dengan siklus kerja (duty cycle) dari PMT[7].

#### **2.4.3 Selang Waktu Penutup Balik Reclose**

Waktu membuka dan menutup pada recloser dapat diatur pada kurva karakteristiknya. Secara garis besarnya adalah sebagai berikut (PLN (Persero) 1997 : PBO) :

1. Arus yang mengalir normal bila tidak terjadi gangguan.
2. Ketika terjadi sebuah gangguan, arus yang mengalir melalui recloser membuka dengan operasi “fast”.
3. Kontak recloser akan menutup kembali setelah beberapa detik, sesuai setting yang ditentukan. Tujuan memberikan selang waktu adalah memberi kesempatan agar gangguan tersebut hilang dari sistem, terutama gangguan yang bersifat temporer.
4. Apabila yang terjadi adalah gangguan permanen, maka recloser akan membuka dan menutup balik sesuai setting yang ditentukan dan kemudian lock out.
5. Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas, baru dapat dikembalikan pada keadaan normal.

Ada bermacam-macam selang penutup kembali atau recloser interval dari recloser adalah sebagai berikut terjadi PT.PLN (Persero) Rayon Rimo :

1. Menutup kembali seketika atau instantaneous reclosing
2. Membuka kontak paling singkat, agar tidak mengganggu daerah-daerah beban yang terdiri dari motor industri, irigasi, dan daerah yang tidak boleh padam terlalu lama. Ini sering dikerjakan untuk reclosing pertama dari urutan reclosing. Kerugian dari penutup pertama adalah cukup waktu untuk menghilangkan gangguan transient, seperti gangguan akibat cabang pohon yang mengenai penghantar, benang layang-layang, ionisasi gas dari bunga api yang timbul waktu gangguan dan belum hilang dalam waktu-waktu yang relatif singkat.
3. Waktu tunda (time delay)

a. Menutup kembali 2 detik

Diharapkan dalam selang waktu ini telah cukup waktu untuk menghilangkan gangguan, transient dan menghilangkan ionisasi gas. Bila digunakan diantara fuse trip operational, maka waktu 2 detik ini cukup untuk mendinginkan di fuse beban.

b. Menutup kembali 5 detik.

Selang waktu ini sering digunakan diantara operasi penjatuh tunda dari recloser substation untuk memberikan kesempatan guna pendingin fuse disisi sumber, maka waktu 5 detik ini cukup untuk mendinginkan fuse disisi beban.

c. Waktu reclosing yang lebih lama (longer reclosing interval)

Yaitu selang 10 detik, 15 detik dan seterusnya, biasanya digunakan bila pengamanan cadangan terdiri dari breaker yang terkontrol rele. Ini memungkinkan timing disc pada rele lebih mempunyai cukup waktu untuk reset.

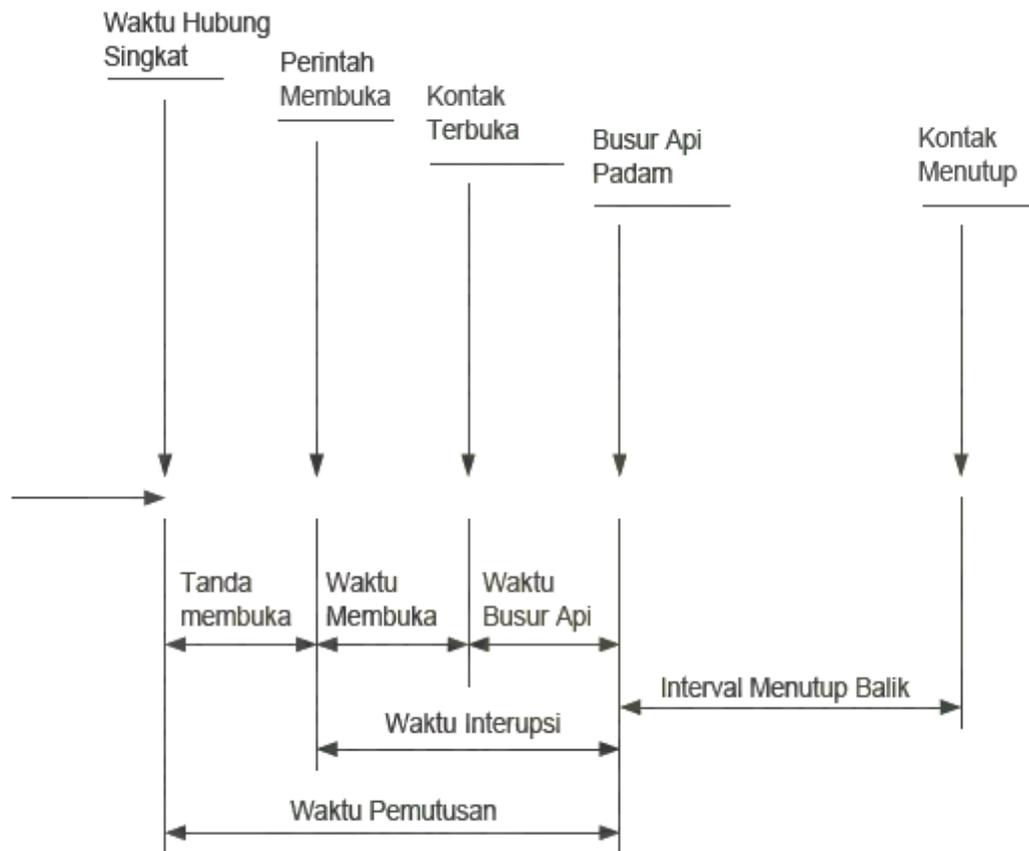
#### **2.4.4 Prinsip Kerja Recloser**

Recloser hampir sama dengan circuit bracker, hanya recloser dapat diseting untuk bekerja membuka dan menutup kembali beberapa kali secara otomatis. Apabila feeder mendapat gangguan sementara, bila circuit bracker yang digunakan untuk feeder yang mendapat gangguan sementara, Recloser Sebagai pengamanan pada jaringan tegangan menengah 20 KV akan menyebabkan hubungan feeder terputus. Tetapi jika recloser yang digunakan diharapkan gangguan sementara tersebut membuat feeder terputus, maka recloser bekerja beberapa kali sampai akhirnya recloser membuka[7].

### 2.4.5 Cara Kerja Recloser

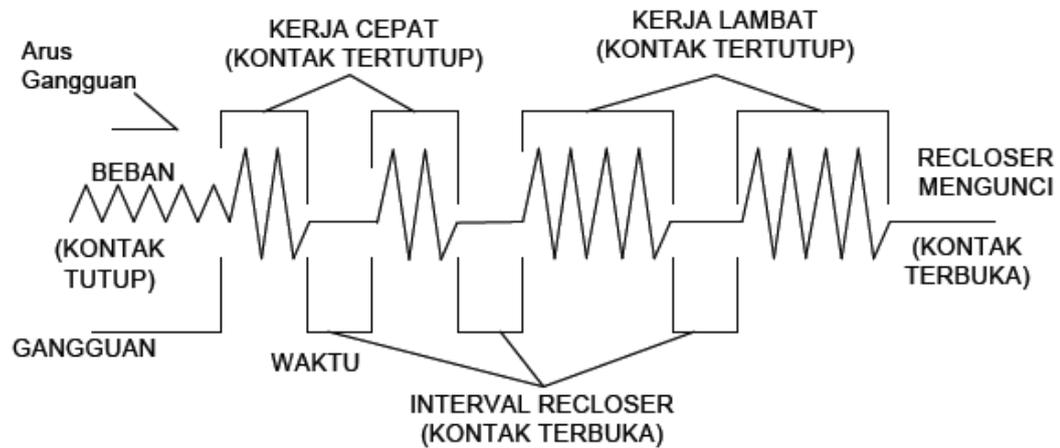
Waktu membuka dan menutup pada *recloser* dapat diatur pada kurva karakteristiknya. Secara garis besarnya adalah sebagai berikut :

1. Arus yang mengalir normal bila tidak terjadi gangguan.
2. Ketika terjadi sebuah gangguan, arus yang mengalir melalui *recloser* membuka dengan operasi "*fast*".
3. Kontak *recloser* akan menutup kembali setelah beberapa detik, sesuai setting yang ditentukan. Tujuan memberikan selang waktu adalah memberi kesempatan agar gangguan tersebut hilang dari sistem, terutama gangguan yang bersifat temporer.
4. Apabila yang terjadi adalah gangguan permanen, maka *recloser* akan membuka dan menutup balik sesuai setting yang ditentukan dan kemudian *lock out*.
5. Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas, baru dapat dikembalikan pada keadaan normal.



**Gambar 2.5 Proses Kerja Dari Auto Recloser**

Proses operasi kerja recloser dari saat mulai terjadinya arus hubung singkat sampai terjadi pembukaan kontak pemutus dayanya hingga menutup kembali kontak pemutus daya tersebut, dapat di lihat seperti Gambar 2.5 sementara bentuk urutan kerja recloser dari saat mulai terjadi arus gangguan, sampai terjadi proses buka tutup untuk beberapa kali dan akhirnya melakukan penguncian dapat dilihat seperti Gambar 2.6 berikut :



**Gambar 2.6 Bentuk buka tutup hingga terkunci dari recloser**

Pemakai recloser pada sistem distribusi tergantung pada peralatan-peralatan listrik dari sistem distribusi, dan koordinasinya dengan peralatan proteksi arus hubung singkat atau arus lebih yang lainnya. Recloser juga merupakan perlengkapan proteksi untuk meningkatkan keandalan saluran udara, baik pada saluran udara tegangan tinggi ( SUTT ) maupun pada saluran udara tegangan menengah ( SUTM ). Dalam penulisan ini hanya pada STUM yang dibicarakan. Telah diketahui bahwa jenis gangguan (STUM ) terdiri gangguan sementara dan gangguan menetap[2].

Gangguan sementara antara lain disebabkan oleh terjadinya arus susulan pada isolator akibat petir, pengotoran ( kontaminasi ) dari isolator, binatang yang melintas saluran, dahan / ranting yang menyentuh saluran yang lainnya.

Gangguan menetap antara lain disebabkan karna putusnya hantaran, pecahnya isolator dan lain sebagainya. Pada gangguan sementara, sesaat sesudah rele pemutus membuka dan gangguan telah hilang, maka alat pemutus dapat masuk kembali, sedangkan pada gangguan menetap sesudah alat pemutus

merasakangguan dan membuka, maka alat pemutus tidak dapat masuk kembali sebelum gangguan diatasi.

## **2.5 Fuse Cut Out (FCO)**

Fuse cut out atau biasa disingkat FCO adalah peralatan proteksi yang bekerja apabila terjadi gangguan arus lebih. Alat ini akan memutuskan rangkaian listrik yang satu dengan yang lain apabila dilewati arus yang melewati kapasitas kerjanya. Prinsip kerjanya adalah ketika terjadi gangguan arus maka fuse pada cut out akan putus, seperti yang ada pada SPLN 64 tabung ini akan lepas dari pegangan atas, dan menggantung di udara, sehingga tidak ada arus yang mengalir kesistem[8]. Adapun cara perlindungannya adalah dengan melelehkan fuse link, sehingga dapat memisahkan antara bagian yang sehat dan yang terganggu. Sedangkan fuse link itu sendiri adalah elemen inti dari FCO yang terletak di dalam fuse holder dan mempunyai titik lebur tertentu. Jika beban jaringan sesudah FCO menyentuh titik lebur tersebut, maka fuse link akan meleleh dan akan memisahkan jaringan sebelum FCO dengan jaringan sesudah FCO. Cut out biasanya digunakan pada jaringan distribusi 20 kV untuk proteksi trafo distribusi dari arus lebih[9].

Namun ada kelemahan dari pengaman jenis ini, yaitu penggunaannya terbatas pada penyaluran daya yang kecil, serta tidak dilengkapi dengan alat peredam busur api yang timbul pada saat terjadi gangguan hubung singkat.

### **2.5.1 Pemilihan Fuse Cut Out**

Pemilihan fuse cut out sebagai pengaman beban lebih ini haruslah secara cermat. Adapun dalam pemilihan tersebut, hal yang perlu dilakukan adalah menggunakan metode-metode pemilihan seperti perbandingan jenis, bentuk, serta

karakteristik fuse cut out. Sedangkan untuk menentukan nilai yang akan digunakan adalah dengan menghitung batas-batas ketahanan pelebur terhadap gangguan yang akan terjadi.

Hasil pemilihan fuse cut out sebagai pengaman beban lebih tersebut terbagi menjadi 4 tahapan. Yang pertama adalah membandingkan jenis fuse cut out berdasarkan prinsip kerja dan di hasilkan fuse cut out tipe ekspulsi. Tahapan yang kedua adalah membandingkan fuse cut out berdasarkan bentuk fisiknya dan didapatkan fuse cut out tipe open (terbuka). Untuk tahapan yang ketiga yaitu memilih fuse cut out dengan membandingkan berdasarkan tipe kelasnya dan didapatkan hasil berupa fuse cut out dengan tipe kelas 2 (tipe jatuh). Setelah melakukan perbandingan-perbandingan tersebut maka dihasilkan pemilihan fuse cut out berupa fuse cut out tipe ekspulsi (letupan) kelas 2 (tipe jatuh) bentuk open (terbuka). Sedangkan untuk penentuan arus pengenalnya dilakukan dengan menghitung batas ketahanan fuse cut out tersebut. Dan berdasarkan perhitungan yang disesuaikan dengan table, maka didapat fuse cut out tipe K 6,3 A sebagai pengaman beban lebih pada trafo 20 kV.

### **2.5.2 Prinsip kerja Fuse Cut Out**

Pada sistem distribusi fuse cut out yang digunakan mempunyai prinsip kerja melebur, apabila dilewati oleh arus yang melebihi batas arus nominalnya. Biasanya Fuse Cut Out dipasang setelah PTS maupun LBS untuk memproteksi feeder dari gangguan hubung singkat dan dipasang seri dengan jaringan yang dilindunginya, Fuse Cut Out juga sering ditemukan pada setiap transformator. Penggunaan fuse cut out ini merupakan bagian yang terlemah di dalam jaringan distribusi. Karena fuse cut out boleh dikatakan hanya berupa sehelai kawat yang

memiliki penampang disesuaikan dengan besarnya arus maksimum yang diperkenankan mengalir di dalam kawat tersebut[10].

Pemilihan kawat yang digunakan pada fuse cut out ini didasarkan pada faktor lumer yang rendah dan harus memiliki daya hantar (conductivity) yang tinggi. Faktor lumer ini ditentukan oleh temperatur bahan tersebut. Biasanya bahan-bahan yang digunakan untuk fuse cut out ini adalah kawat perak, kawat tembaga, kawat seng, kawat timbel atau kawat paduan dari bahan – bahan tersebut. Pada umumnya diantara kawat diatas, yang sering digunakan adalah kawat logam perak, hal ini karena logam perak memiliki Resistansi Spesifik ( $\mu\Omega/\text{cm}$ ) yang paling rendah dan Titik Lebur ( $^{\circ}\text{C}$ ) yang rendah. Kawat ini dipasangkan di dalam tabung porselin yang diisi dengan pasir putih sebagai pemadam busur api, dan menghubungkan kawat tersebut pada kawat fasa, sehingga arus mengalir melaluinya.

### **2.5.3 Cara kerja Fuse Cut Out**

Jika arus beban lebih melampaui batas yang diperkenankan, maka kawat perak di dalam tabung porselin akan putus dan arus yang membahayakan dapat dihentikan. Pada waktu kawat putus terjadi busur api, yang segera dipadamkan oleh pasir yang berada di dalam tabung porselin. Karena udara yang berada di dalam porselin itu kecil maka kemungkinan timbulnya ledakan akan berkurang karena diredam oleh pasir putih. Panas yang ditimbulkan sebagian besar akan diserap oleh pasir putih tersebut. Apabila kawat perak menjadi lumer karena tenaga arus yang melebihi maksimum, maka waktu itu kawat akan hancur. Karena adanya gaya hantakan, maka tabung porselin akan terlempar keluar dari kontaknya. Dengan terlepasnya tabung porselin ini yang berfungsi sebagai saklar

pemisah, maka terhidarlah peralatan jaringan distribusi dari gangguan arus beban lebih atau arus hubung singkat[11].

Umur dari fuse cut out ini tergantung pada arus yang melaluinya. Bila arus yang melalui fuse cut out tersebut melebihi batas maksimum, maka umur fuse cut out lebih pendek. Oleh karena itu pemasangan fuse cut out pada jaringan distribusi hendaknya yang memiliki kemampuan lebih besar dari kualitas tegangan jaringan, lebih kurang tiga sampai lima kali arus nominal yang diperkenankan. Fuse cut out ini biasanya ditempatkan sebagai pengaman transformator distribusi, dan pengaman pada cabang – cabang saluran feeder yang menuju ke jaringan distribusi sekunder.

## **2.6 Sistem Koordinasi Recloser dan Fuse Cut Out**

Dalam jaringan distribusi, khususnya saluran udara sering digunakan recloser dan fuse cut out bersama-sama untuk keperluan pengamanan. Recloser digerakan oleh relai dengan karakteristik tertentu, sedangkan fuse mempunyai karakteristik sendiri. Oleh karenanya perlu koordinasi antara kedua alat ini[8].

Apabila terjadi gangguan pada saluran cabang, recloser pada saluran utama harus segera trip dan jangan sampai di dahului oleh putusnya fuse yang ada di saluran cabang. Setelah recloser trip, kemudian ada dead time dengan harapan agar selama waktu mati ini penyebab gangguan sudah hilang dan recloser masuk kembali sehingga keadaan menjadi normal kembali. Hal ini terasa sebagai gangguan temporer. Tetapi apabila gangguan yang terjadi adalah gangguan permanen dan terjadi di saluran cabang di belakang fuse, maka setelah dead time

diatas habis dan recloser masuk kembali, diharapkan kali ini fuse bekerja terlebih dahulu mendahului recloser trip kembali.

Maka pada waktu recloser menutup kembali setelah trip yang pertama kali, fusetelah melebur terlebih dahulu sehingga gangguan permanen yang terjadi di saluran cabang tidak menyebabkan recloser trip kembali. Dengan demikian yang padam hanya saluran cabang yang mengalami gangguan permanen.

## **2.7 Keandalan Sistem Tenaga Listrik**

Keandalan sistem distribusi merupakan tingkat keberhasilan kinerja sebuah sistem atau bagian dari sebuah sistem, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada waktu dan kondisi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari sebuah sistem, perlu dilakukan kajian berupa perhitungan dan analisa terhadap tingkat keberhasilan pada sistem yang ditinjau pada periode tertentu, untuk kemudian dibandingkan dengan standar yang sudah ditetapkan sebelumnya. Keandalan tenaga listrik adalah menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan (terutama pelanggan daya besar). Apabila kontinuitas penyaluran energi listrik tersebut terputus atau terganggu, maka akan mengakibatkan kerugian di sisi pelanggan[4].

Jaringan tegangan menengah mempunyai peranan yang sangat vital dalam menentukan tingkat keandalan penyaluran energi listrik. Karena jaringan yang baik dapat melokalisir gangguan yang terjadi dan segera mungkin dapat melakukan perpindahan penyaluran energi melalui jaringan lainnya.

Kontinuitas pelayanan merupakan salah satu unsur dari kualitas pelayanan, dan kesemuanya tergantung pada jenis dan tipe penyalur dan peralatan pengamanan yang digunakan. Jaringan distribusi sebagai saran penyalur energi listrik mempunyai tingkat kontinuitas pelayanan berdasarkan jangka waktu mengoperasikan kembali saluran setelah mengalami gangguan[5].

Tingkatan-tingkatan tersebut antara lain:

**Tingkat 1:** dimungkinkan berjam-jam; yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan.

**Tingkat 2 :** padam beberapa jam; yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lokasi gangguan, melokalisasi dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain.

**Tingkat 3 :** padam beberapa menit; manipulasi oleh petugas yang jaga di gardu atau dilakukan deteksi atau pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh.

**Tingkat 4 :** padam beberapa detik; pengamanan atau manipulasi secara otomatis.

**Tingkat 5 :** tanpa padam; dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatisasi penuh.

Secara umum jaringan distribusi wilayah pedesaan terdiri dari jenis saluran udara dengan sistem radial dan mempunyai tingkat kontinuitas Tingkat 1. Sedangkan untuk pelayanan wilayah pusat perkotaan, susunan kabel yang digunakan umumnya kabel tanah dengan sistem jaringan spindle dengan tingkat kontinuitasnya adalah Tingkat 2.

Sudah bertahun-tahun lamanya, keandalan ataupun model keandalan sistem distribusi kurang begitu diperhatikan. Dibandingkan dari sistem pembangkitan yang mempunyai biaya infestasi yang lebih besar, dan dampak yang sangat luas apabila sebuah pembangkit mengalami kegagalan produksi.

Untuk melakukan evaluasi keandalan sebuah sistem distribusi tenaga listrik, umumnya digunakan parameter-parameter untuk mengevaluasi sistem distribusi radial. Parameter-parameter tersebut adalah angka-angka kegagalan rata-rata ( $\lambda_s$ ), waktu pemadaman rata-rata ( $r_s$ ), dan waktu pemadaman tahunan ( $U_s$ )[2].

$$\lambda_s = \sum_i \lambda_i \dots \dots \dots (2.1)$$

$$U_s = \sum_i \lambda_i r_i \dots \dots \dots (2.2)$$

Adalah  $\lambda_i$  = angka kegagalan rata-rata komponen ke-i, dan  $r_i$  = adalah waktu pemadaman rata-rata komponen ke-i.

Indeks keandalan yang dimaksud adalah indeks yang berorientasi pelanggan seperti *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*, *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)* dan *Fitness*.

SAIFI adalah rata-rata kali padam per pelanggan per satuan waktu ( bulan atau tahun ). Dengan menerapkan indeks ini diharapkan mendapat gambaran mengenai frekuensi kegagalan rata-rata yang terjadi pada bagian-bagian dari sistem. Yang selanjutnya dapat dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya[4].

Dengan satuan pemadaman per pelanggan, perhitungan sistematisnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Jumlah dari Perkalian Frekuensi Padam \& Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots (2.3)$$

Adalah :  $\lambda_i$  = angka kegalan rata-rata/frekuensi padam,  $N_i$  = jumlah pelanggan yang disuplai pada titik beban  $i$ .

SAIDI yaitu lama padam listrik yang dialami oleh pelanggan per satuan waktu ( per bulan atau per tahun.). Dengan indeks ini, gambaran mengenai lama pemadaman rata-rata yang diakibatkan oleh gangguan pada bagian-bagian dari sistem dapat dievaluasi. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut [2]:

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Jumlah dari Perkalian jam Padam \& Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots (2.4)$$

Adalah :  $U_i$  = waktu padam pelanggan dalam stuan waktu (perbulan atau pertahun).

Standar yang dipakai yaitu SPLN No 59 Tahun 1985 di tunjukan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 SPLN Recloser dan Fuse Cut Out

NO	Komponen	Laju kegagalan/thn	Waktu Perbaikan/jam	Peralihan/jam
1	Recloser	0,05	10	0,25
2	Fuse Cut Out	0,32	20	0,60

FITNESS merupakan nilai patokan dari hasil SAIDI dan SAIFI, dimana nilai Fitnes juga di perlukan dalam sistem keandalan. Dalm perhitungannya fitness lebih tepat nya peluang keandalan dimana fitness yang lebih besar meningkatkan peluang keandalan[5].

Secara sistematis dapat di tulisakan sebagai berikut :

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{\text{SAIDI} \cdot \text{SAIFI}} \dots \dots \dots (2.5)$$

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Dan Jadwal Penelitian

Penelitian pengambilan data dilakukan di PT.PLN (Persero) Rayon Rimo Kecamatan Gunung Meriah, Kabupaten Aceh Singkil, Aceh. Penelitian mengenai Analisa Penempatan Recloser akan dilakukan dalam waktu satu bulan.

#### 3.2 Data Penelitian yang Dianalisa

Adapun data penelitian yang didapat oleh penulis di dalam penulisan skripsi analisa penempatan Recloser dan Fuse Cut Out terhadap keandalan sistem tenaga listrik di jaringan distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Rimo seperti pada Tabel 3.1 dan 3.2 berikut:

Tabel 3.1 Data Penelitian Pada Fuse Cut Out

NO	Keterangan	$\lambda$ (kegagalan/bulan)	r (jam/bulan)
1	Fuse Cut .Out 1	0,009	2
2	Fuse Cut Out 2	0,0072	1,5
3	Fuse Cut Out 3	0,0076	1,5

Tabel 3.2 Data Penelitian di Gardu Jaringan

No	Keterangan	Data Penelitian
1	Jumlah laju kegagalan masing-masing gardu ( jumlah beban di titik beban )	a) 0,0093 (63) b) 0,01 (112) c) 0,0075 (47) d) 0,008 (124) e) 0,0069(91) f) 0,009(38) g) 0,0023(83) h) 0,0018(80) i) 0.0054(49) j) 0,0091(95) k) 0,0085 (60)
3	Jumlah seluruh beban pada jaringan radial (pelanggan)	842 pelanggan
4	Rata-rata lama nya waktu padam (jam)	5 jam

### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara-cara teknik / penjabaran suatu analisa / perhitungan yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian.

Adapun langkah-langkah metode penelitian ini yaitu :

1. Studi Literatur

Meliputi studi definisi jaringan distribusi dan perhitungan SAIDI dan SAIFI guna menentukan titik letak penempatan Auto Circuit Recloser dan Fuse Cut Out (FCO).

#### 1. Pengumpulan Data

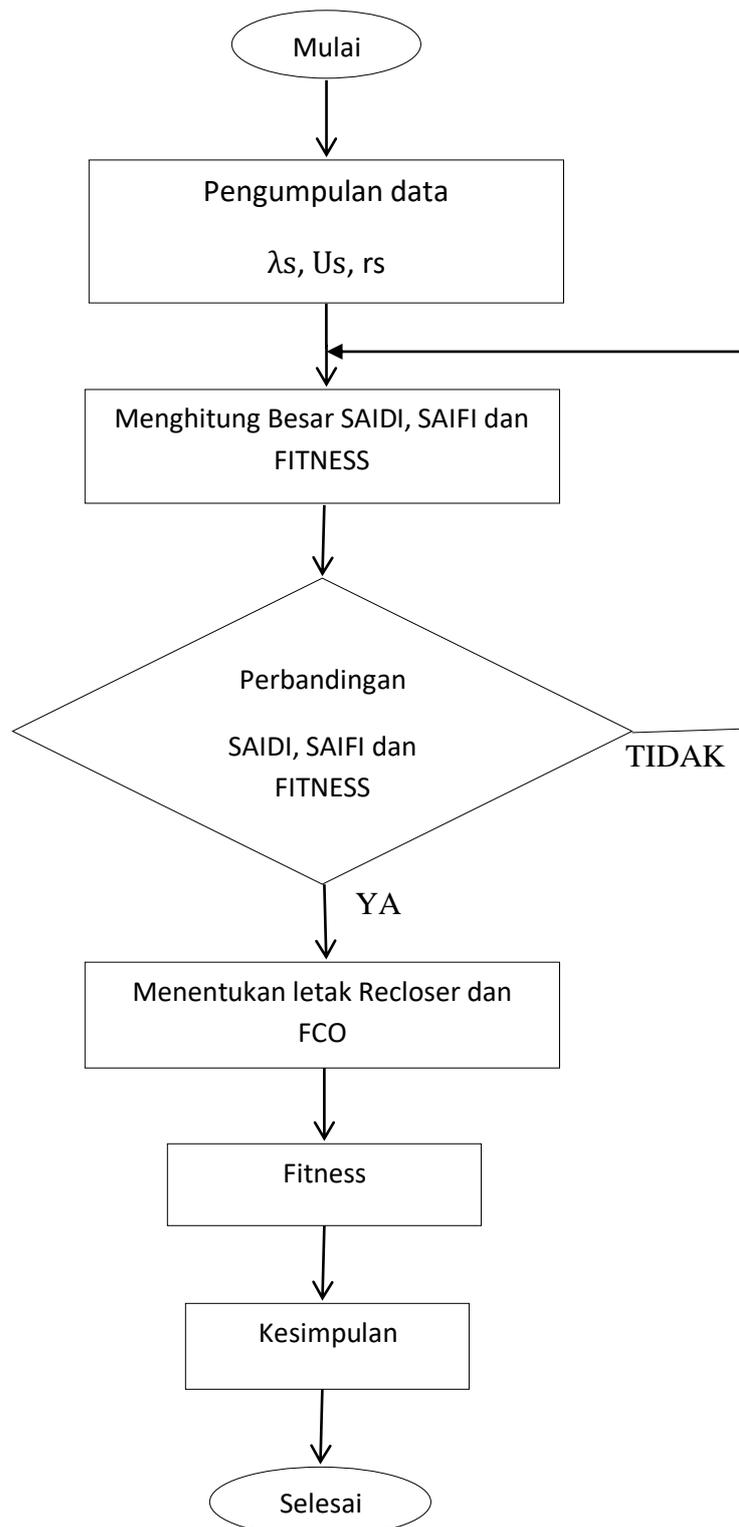
Meliputi pengambilan dan pengumpulan data yang didapat pada PT.PLN (Persero) Rayon Rimo Kecamatan Gunung Meriah, Kabupaten Aceh Singkil, Aceh.

#### 3. Pengolahan Data dan Analisa

Menganalisa laju kegagalan Recloser dan jumlah beban pada jaringan tipe radial untuk menemukan hasil terbaik dari nilai SAIDI dan SAIFI, sehingga dapat ditentukan optimasi penempatan Recloser. Data-data tersebut dapat disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

### **3.4 Diagram Alir Penelitian**

Adapun proses berlangsung nya pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk diagram alir berikut ini :



**Gambar 3.1 Diagram alir penelitian**

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa perhitungan SAIDI dan SAIFI

Untuk menganalisa letak optimal Recloser dan Fuse Cut Out terlebih dahulu menghitung nilai dari SAIDI dan SAIFI serta FITNESS di setiap gardu yang di teliti pada jaringan distribusi tipe radial.



**Gambar 4.1 Single Line Diagram Jaringan Radial PK. Tanah Merah**

Untuk optimasi penempatan recloser, sebelumnya harus menghitung nilai SAIDI, SAIFI dan Fitness dari masing-masing gardu dan FCO menggunakan persamaan 2.3, 2.4 dan 2.5 :

$$\text{SAIDI} = \frac{\lambda \text{TTR1} \cdot r \text{TTR1} \cdot t \text{LP1} + \lambda n \cdot r n \cdot t \text{LPn}}{t \text{LPm1} + t \text{LPmn}}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\lambda \text{TTR1} \cdot t \text{LP1} + \lambda n \cdot t \text{LPn}}{t \text{LPm1} + t \text{LPmn}}$$

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{\text{SAIDI} \cdot \text{SAIFI}}$$

1. Analisa pada gardu ( menggunakan persamaan 3,4, dan 5 )

a) Pada trafo 1 ( 50 KVA 3 phasa )

$$\text{SAIDI} = \frac{0,0093 \times 5 \times 63}{842}$$

$$= 0,003479$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0093 \times 63}{842}$$

$$= 0,000695$$

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{0,003479 \times 0,000695}$$

$$= 413223,14$$

b) Pada trafo 2 ( 100 KVA 3 phasa )

$$\text{SAIDI} = \frac{0,01 \times 5 \times 112}{842}$$

$$= 0,00665$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,01 \times 112}{842}$$

$$= 0,00133$$

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{0,00665 \times 0,00133}$$

$$= 113122,172$$

c) Pada trafo 3(25 KVA 3 phasa )

$$\text{SAIDI} = \frac{0,0023 \times 5 \times 47}{842}$$

$$= 0,002093$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0075 \times 47}{842}$$

$$= 0,000418$$

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{0,002093 \times 0,000418}$$

$$= 1149425,2$$

d) Pada trafo 4 ( 100 KVA 3 phasa )

$$\text{SAIDI} = \frac{0,008 \times 5 \times 124}{842}$$

$$= 0,006019$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,008 \times 124}{842}$$

$$= 0,00117$$

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{0,006019 \times 0,00117}$$

$$= 142045,455$$

e) Pada trafo 5 (50 KVA 3 phasa )

$$\text{SAIDI} = \frac{0,0069 \times 5 \times 91}{842}$$

$$= 0,003728$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0069 \times 91}{842}$$

$$= 0,0007457$$

$$\begin{aligned} \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,003728 \times 0,0007457} \\ &= 395712,23 \end{aligned}$$

f) Pada trafo 6 ( 25 KVA 3 phasa )

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{0,009 \times 5 \times 38}{842} \\ &= 0,002031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= \frac{0,009 \times 38}{842} \\ &= 0,0004061 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,002031 \times 0,0004061} \\ &= 1219512,2 \end{aligned}$$

g) Pada trafo 7 ( 50 KVA 3 phasa )

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{0,0023 \times 5 \times 83}{842} \\ &= 0,001133 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= \frac{0,0023 \times 83}{842} \\ &= 0,000226 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,001133 \times 0,000226} \\ &= 3846153,84 \end{aligned}$$

h) Pada trafo 8 ( 50 KVA 3 phasa )

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{0,0018 \times 5 \times 80}{842} \\ &= 0,000855 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= \frac{0,0018 \times 80}{842} \\ &= 0,000171 \\ \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,000855 \times 0,000171} \\ &= 6656766,67 \end{aligned}$$

i) Pada trafo 9 (25 KVA 3 phasa )

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{0,0054 \times 5 \times 49}{842} \\ &= 0,003520 \\ \text{SAIFI} &= \frac{0,0054 \times 49}{842} \\ &= 0,000314 \\ \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,003520 \times 0,000314} \\ &= 900901,9 \end{aligned}$$

j) Pada trafo 10 ( 50 KVA 3 phasa )

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{0,0091 \times 5 \times 95}{842} \\ &= 0,00116 \\ \text{SAIFI} &= \frac{0,0091 \times 95}{842} \\ &= 0,00102 \\ \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,00116 \times 0,00102} \\ &= 847457,62 \end{aligned}$$

k) Pada trafo 11 (25 KVA 3 phasa )

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{0,0085 \times 5 \times 60}{842} \\ &= 0,00302 \\ \text{SAIFI} &= \frac{0,0085 \times 60}{842} \\ &= 0,000605 \\ \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,00302 \times 0,000605} \\ &= 546448,08 \end{aligned}$$

2. Analisa Pada Fuse Cut Out( menggunakan persamaan 3,4,dan 5 )

a. Pada FCO 1 (Trafo 4 dan 5)

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{0,009 \times 2 \times 215}{842} \\ &= 0,00459 \\ \text{SAIFI} &= \frac{0,009 \times 215}{842} \\ &= 0,00229 \\ \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,00459 \times 0,00229} \\ &= 95147,47 \end{aligned}$$

b. Pada FCO2 ( Trafo 6,7 dan 8)

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{0,0072 \times 1,5 \times 201}{842} \\ &= 0,00257 \\ \text{SAIFI} &= \frac{0,0072 \times 201}{842} \\ &= 0,00171 \\ \text{FITNESS} &= \frac{1}{0,00257 \times 0,00171} \end{aligned}$$

$$= 110987,7$$

c. Pada FCO 3 (Trafo 9,10 dan 11 )

$$\text{SAIDI} = \frac{0,0076 \times 1,5 \times 204}{842}$$

$$= 0,00276$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0076 \times 204}{842}$$

$$= 0,00184$$

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{0,00276 \times 0,00184}$$

$$= 196850,3$$

#### 4.2 Analisa Perbandingan Nilai SAIDI dan SAIFI

Dari data yang telah di hitung, kita dapat membandingkan antara nilai SAIDI, SAIFI dan Fitness, yang akan digunakan untuk pemilihan titik penempatan Recloser dan Fuse Cut Out.

Perbandingan di sajikan dengan tabel :

Tabel 4.1 Perbandingan pada Trafo

NO	Section (Posisi)	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	Trafo 1	413223,14	0,003479	0,000695
2	Trafo 2	113122,172	0,00665	0,00133
3	Trafo 3	1149425,2	0,002093	0,000418
4	Trafo 4	142045,455	0,006019	0,00117
5	Trafo 5	395712,23	0,003728	0,0007457
6	Trafo 6	1219512,2	0,002031	0,0004061

7	Trafo 7	3846153,84	0,001133	0,000226
8	Trafo 8	6656766,67	0,000855	0,000171
9	Trafo 9	900901,9	0,003520	0,000314
10	Trafo 10	847457,62	0,00116	0,00102
11	Trafo 11	546448,08	0,00302	0,000605

Tabel 4.2 Perbandingan pada Fuse Cut Out

NO	Section (Posisi)	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	FCO 1	95147,47	0,00459	0,00229
2	FCO 2	110987,7	0,00257	0,00171
3	FCO 3	196850,3	0,00276	0,00184

### 4.3 Analisa penentuan letak Recloser dan Fuse Cut Out

Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out di tentukan melalui perbandingan SAIDI, SAIFI, dan Fitness dari masing-masing section atau posisi. Letak paling optimal diambil untuk nilai SAIDI dan SAIFI terkecil atau Fitness terbesar.

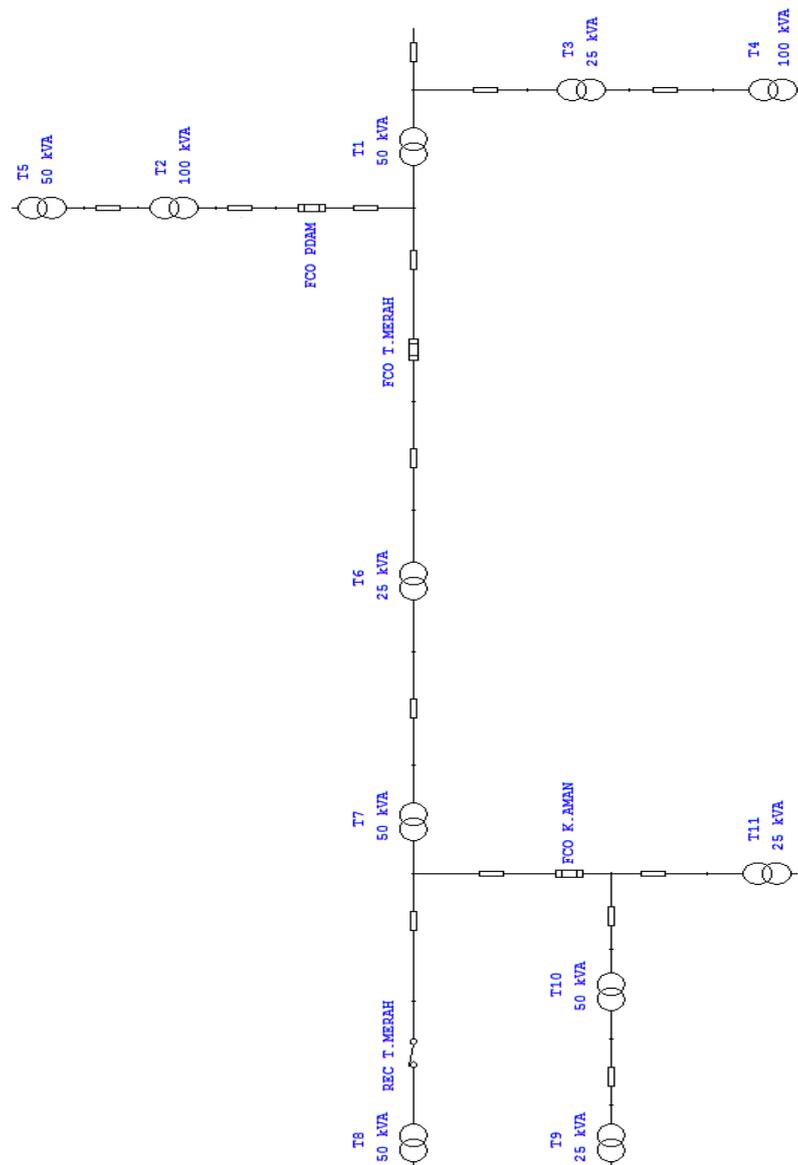
Untuk letak Recloser ditentukan dari fitness terbesar dari trafo yaitu pada posisi trafo no 8, dengan nilai SAIDI sebesar 0,000855, SAIFI sebesar 0,000171,

dan Fitness sebesar 6656766,67. Dan untuk Fuse Cut Out pada posisi FCO no 3, dengan nilai SAIDI sebesar 0,00276,SAIFI sebesar 0,00184 dan Fitness sebesar 196850,3.

#### **4.4 Optimasi Keandalan Penempatan Recloser**

Penempatan Recloser yang paling optimal setelah sistem keandalan di tunjukan pada gambar 4.4 berikut:

GI



**Gambar 4.2 Optimasi Penempatan Recloser**

Dari hasil perbandingan SAIDI, SAIFI dan Fitness dari masing;masing trafo di peroleh nilai keandalan penempatan recloser yaitu pada trafo ke 8 dengan nilai fitness sebesar 6656766,67.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Pada penulisan ini kita dapat membandingkan antara nilai SAIDI, SAIFI dan Fitness, yang akan digunakan untuk pemilihan titik penempatan Recloser dan Fuse Cut Out.
- 2) Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out ditentukan oleh nilai Fitness tertinggi dari masing-masing komponen, semakin besar nilai Fitness nya maka semakin optimal letak dari komponen tersebut.
- 3) Titik penempatan Recloser yang optimal pada section (posisi) Trafo no 8, dengan besar Fitness 6656766,67, dan titik Fuse Cut Out pada section (posisi) FCO no 3, dengan besar Fitness 196850,3.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dapat dikembangkan untuk tipe jaringan listrik yang lain seperti tipe jaringan loop dan tipe jaringan spindel.
2. Dapat dikembangkan untuk perhitungan *ASIDI* dan *ASIFI*.
3. Perlu dikembangkan untuk analisis dengan nilai laju kegagalan dan waktu keluar yang berbeda untuk masing-masing komponen.
4. Perlu dikembangkan untuk analisis dengan nilai laju kegagalan dan waktu keluar yang berbeda untuk masing-masing komponen.

5. Perlu dikembangkan untuk analisis yang mempertimbangkan fungsi recloser yang bisa mengatasi gangguan sementara.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Y. S. Syahru Ramadhan Indra\*, “Kajian Penempatan Recloser pada Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Algoritma Genetika Berdasarkan Keandalan Maksimum,” *Jom Fteknik, Teknik Elektro Univ. Riau, Pekanbaru.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [2] M. R. Sanaky, A. K. S. Distribusi, and B. M. S. Technique, “Peningkatan Indeks Keandalan dengan Penambahan Recloser pada Sistem Distribusi di PLTD Subaim Menggunakan Metode Section Technique,” *ISSN 2597-7881, Magnetika, Institut Teknol. Nas. Malang*, vol. 01, no. September, 2017.
- [3] D. Y. S. Rahmahani Setiawati\*, “Kajian Penempatan Penambahan Recloser Menggunakan Metoda Algoritma Genetika Studi Kasus Penyulang Out Going Feeder 19 Bakti PT PLN (Persero),” vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [4] P. Metode *et al.*, “Keandalan Sistem Distribusi Jumlah Total Durasi Gangguan Konsumen Jumlah Total Konsumen Terlayani Jumlah Total Konsumen Terganggu Jumlah Total Konsumen Terlayani  $\sum \lambda \cdot M$ ,” *Teknol. Elektro, Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran, Bali*, vol. 9, no. 1, 2010.
- [5] D. Wijayanti and S. Handoko, “Nilai Saifi Dan Saidi Pada Penyulang Pdp 04 Menggunakan Particle Swarm Optimization ( PSO ),” *ISSN 2302-9927, 317*, vol. 5, no. 3, pp. 1–5, 2016.
- [6] A. Rachman, “Optimasi Penempatan Recloser Pada Sistem Distribusi Radial Penyulang Kedonganan Gardu Induk Nusa Dua Bali Menggunakan

- Particle Swarm Optimization,” *Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. JEMBER*, Tugas Akhir, 2013.
- [7] D. A. Genetika, “Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Dengan Algoritma Genetika.”
- [8] H. Nugroho and I. Setiono, “Koordinasi Recloser Dengan FCO ( Fuse Cut Out ) Sebagai Pengaman Terhadap Gangguan Arus Lebih Pada Penyulang Dengan 1 Fasa Di Gardu Induk Sanggrahan Magelang ISBN : 979-26-0280-1 ISBN : 979-26-0280-1,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun. Ter. ISBN 979-26-0280-1*, pp. 215–218, 2015.
- [9] I. Setiono and D. Prasetyo, “Sistem Pengamanan Penyaluran Energi Listrik Satu Fasa Tegangan Rendah Dengan Menggunakan Fuse Cut Out,” *ISBN 978-979-3649-96-2, Unisbank Semarang*, pp. 298–305, 2016.
- [10] Bastian Aprido Tampubolon, “Analisis Putusnya Salah Satu Fuse Cut Out ( Fco ) Atau Nt Fuse Pada Transformator Distribusi Bj 134 Terhadap Tegangan Pada Pelanggan Pt . Pln ( Persero ) Rayon Binjai Kota,” *Tugas Akhir, Progr. Stud. Tek. List. Jur. Tek. Elektro Politek. Negeri Medan*, 2015.
- [11] D. Gi, W. A. Nugroho, and M. Facta, “Koordinasi Penempatan Peralatan Proteksi Jenis Arus Lebih (Ocr) Dan Pelebur (Fco) Di Penyulang 20 Kv Dari Gi 150/20 Kv Mrica Banjarnegara,” *Transient*, vol. 3, no. 2302–9927, p. 8, 2014.



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
 Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MASLIM BAHRI  
 NPM : 1407220090  
 Judul Tugas Akhir : **ANALISA PENEMPATAN RECLOSER DAN FUSE CUT OUT TERHADAP KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) RAYON RIMO**

No	Tanggal	Catatan	Paraf
	18/7/18	- menyalakan surat - mendiskusikan materi peralihan	#
	27/8/18	- mendiskusikan / kerangka bab 1, 2, 3	#
	29/9/18	menyempatkan skripsi kerangka bab 1, 2, 3, 4	#
	17/9/18	kerangka bab 2, 3, 4, 5	#
	14/9/18	Kerangka, 4, 5	#
	15/9/18,	Acc central seminar	#

Pembimbing I

Dr. H. Surya Hardi, M.Sc



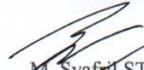
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
 Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MASLIM BAHRI  
 NPM : 1407220090  
 Judul Tugas Akhir : **ANALISA PENEMPATAN RECLOSER DAN FUSE CUT OUT TERHADAP KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) RAYON RIMO**

No	Tanggal	Catatan	Paraf
		Revisi Bab I	✓
		Revisi Bab II	✗
		Revisi Bab III	✗
		Revisi Bab IV	✗
		Revisi Bab V	✓
		Revisi Abstrak	✗
		Ae answer	✗

\* Pembimbing II

  
 M. Syafri ST., MT.,



**PT PLN (Persero) Wilayah Aceh**  
Area Subulussalam  
Rayon Rimo

JL. Iskandar Muda  
Telp. No : (0656) 21855

Facsimile : (0656) 21855

www.pln.co.id

Nomor : 087 /MUM.00.01/RMO/2018  
Surat Sdr No : 1274/II.3-AU/UMSU-07/F/2018  
Lampiran : -  
Sifat : Biasa  
Perihal : Pengambilan Data

03 September 2018

**Kepada Yth :**  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK  
ELEKTRO

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SUMATERA UTARA

Di  
Tempat

Menindak lanjuti surat Bapak Nomor 1274/II.3-AU/UMSU-07/F/2018 tanggal 11 September 2018 perihal Pengambilan Data di PT. PLN (Persero) dengan nama berikut :

- Nama : Maslim Bahri,
- NPM : 1407220090
- Semester : VIII (Delapan)
- Jurusan : Teknik elektro

Pada prinsipnya kami menerima dan memberikan izin untuk Mahasiswa bapak yang akan melakukan Pengambilan Data di PT. PLN (Persero) Rayon Rimo. Selama kegiatan berlangsung, mahasiswa agar mengikuti peraturan yang berlaku di PT. PLN (Persero) Rayon Rimo. Dan segala biaya akomodasi selama kegiatan tidak ditanggung oleh PT. PLN (Persero) Rayon Rimo.

Demikian disampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

  
**Manager**  
**Toni Setiawan**

Tembusan :

-Arsip

**STANDAR**

PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA

**SPLN 68 - 2 : 1986**Lampiran Surat Keputusan Direksi PLN  
No. 058/DIR/86, tanggal 27 Agustus 1986

## Tingkat jaminan sistem tenaga listrik

Bagian dua: Sistem distribusi

DEPARTEMEN PERTAMBANGAN DAN ENERGI

**PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA**

JALAN TRUNOJOYO BLOK M 1 135 - KEBAYORAN BARU - JAKARTA



Menurut kepustakaan  $\lambda$  SUTM dan SKTM masing-masing 0,2 dan 0,07, sedang kenyataannya masing-masing 1,4 dan 0,251 yang berarti masing-masing hampir 7 dan 3,6 kali lebih besar. Karena besarnya  $\lambda$  kenyataan ini, maka  $\lambda$  (dan tentunya  $f$ ) komponen-komponen yang lain dapat diabaikan.

Berbeda dengan  $\lambda$  dan  $f$  maka nilai  $d$  yang diperoleh dari laporan Gangguan tersebut dalam Ayat 18 di atas tidak jauh berbeda dengan Lampiran B dan karenanya  $d$  dari Lampiran B dapat dipakai.

Oleh karena itu indeks keandalan kelima konfigurasi jaringan yang direncanakan di lingkungan PLN dapat diperoleh dengan membandingkannya dengan nilai-nilai  $f$  dan  $d$  dari Lampiran B dan C, yaitu:

- (a) SUTM radial :  $f = 3,2$  kali/tahun  
:  $d = 21$  jam/tahun
- (b) SUTM radial dengan PBO:  $f = 2,4$  kali/tahun  
:  $d = 12,8$  jam/tahun
- (c) SKTM tanpa PPJD :  $f = 1,2$  kali/tahun  
:  $d = 4,36$  jam/tahun
- (d) SKTM dengan PPJD :  $f = 1,2$  kali/tahun  
:  $d = 3,33$  jam/tahun.

Keempat konfigurasi tersebut diperoleh dengan panjang SUTM/SKTM 16 km, sedang SKTM dengan gugus diperoleh dengan panjang 8 km, yaitu:

- (e) SKTM dengan gugus :  $f = 0,6$  kali/tahun  
:  $d = 1,75$  jam/tahun.

Dengan demikian indeks keandalan kelima konfigurasi tersebut dapat dihitung dengan catatan untuk SUTM & SKTM masing-masing dengan panjang 32 km dan 8 km, sebagai berikut;

- (a) SUTM radial:  
 $f = \frac{32}{16} \times \frac{1,4}{0,2} \times 3,2 = 14 \times 3,2 = 44,8$  kali/tahun  
 $d = 14 \times 21 = 294$  jam/tahun.
- (b) SUTM dengan PBO:  
 $f = \frac{32}{16} \times \frac{0,735}{0,2} \times 2,4 = 7,53 \times 2,4 = 18,08$  kali/tahun  
 $d = 7,53 \times 12,8 = 96,38$  jam/tahun.
- (c) SKTM tanpa PPJD:  
 $f = \frac{8}{16} \times \frac{0,251}{0,07} \times 1,2 = 1,79 \times 1,2 = 2,15$  kali/tahun  
 $d = 1,79 \times 4,36 = 7,82$  jam/tahun.

**ANALISA PENEMPATAN RECLOSER DAN FUSE CUT OUT  
TERHADAP KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK  
DI JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN  
(PERSERO) RAYON RIMO**

Maslim Bahri <sup>1)</sup>, Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc <sup>2)</sup>, M.Syafri ST.MT <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<sup>2,3)</sup>Staff Pengajar Dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro,  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

**ABSTRAK** Jaringan distribusi adalah suatu saluran atau jaringan yang menghubungkan dari sumber daya listrik besar (gardu induk) dengan para konsumen atau pemakai listrik baik itu pabrik, industri, atau rumah tangga. Sebaik apapun saluran distribusi terpasang selalu memerlukan alat proteksi diantaranya Recloser dan FCO (Fuse Cut Out) yang berkoordinasi mengamankan jaringan. Pemadaman listrik yang terlalu sering dengan waktu padam yang lama dan tegangan listrik yang tidak stabil, merupakan refleksi dari keandalan dan kualitas listrik yang kurang baik. Dengan adanya koordinasi Recloser dan FCO ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi. Sistem keandalan akan mengoptimalkan kerja jaringan distribusi. Tingkat keandalan dapat diperoleh dari perhitungan SAIDI, SAIFI dan Fitness di setiap komponen proteksi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan letak Recloser dan FCO (Fuse Cut Out) dalam meningkatkan nilai keandalan pada jaringan distribusi. Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out ditentukan oleh nilai Fitness tertinggi dari masing-masing komponen, semakin besar nilai Fitness nya maka semakin optimal letak dari komponen tersebut. Pada penelitian ini Titik penempatan Recloser yang optimal pada section (posisi) Trafo no 8, dengan besar Fitness 6656766,67, dan titik Fuse Cut Out pada section (posisi) FCO no 3, dengan besar Fitness 196850,3.

Kata Kunci : Keandalan, Sistem distribusi, SAIDI, SAIFI, Fitness, Recloser, FCO (Fuse Cut Out)

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jaringan distribusi adalah suatu saluran atau jaringan yang menghubungkan dari sumber daya listrik besar (gardu induk) dengan para konsumen atau pemakai listrik baik itu pabrik, industri, atau rumah tangga. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen. Sistem distribusi daya listrik meliputi semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV dan semua Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt hingga ke KWh meter pelanggan. Pendistribusian daya listrik dilakukan dengan menarik kawat-kawat distribusi melalui penghantar udara. Penghantar bawah tanah dari mulai gardu induk hingga ke pusat – pusat beban. Pada sistem di Rayon Rimo ada terpasang jaringan bawah tanah karena keadaan kota atau daerahnya belum memungkinkan untuk dibangun jaringan tersebut. Jadi untuk daerah ini tetap disuplai melalui hantaran udara 3 fasa 3 kawat. Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan atau konsumen[1].

Sebaik apapun saluran distribusi terpasang selalu memerlukan alat proteksi diantaranya Recloser dan Fco (*Fuse Cut Out*) yang berkoordinasi mengamankan jaringan. Tujuan pengamanan sistem tenaga listrik ialah terjaminnya penyaluran tenaga listrik, artinya bila terjadi gangguan (misalnya gangguan pada sistem distribusi yang sering terjadi) kalau mungkin tidak menimbulkan

pemutusan daya, ataupun bila terpaksa, pemutusan tersebut diusahakan sesingkat mungkin. Peralatan yang bertugas untuk memberikan perintah memutuskan atau menghubungkan daya secara otomatis adalah Pemutus Balik Otomatis (PBO) atau Recloser. Dengan penambahan rele penutup balik maka gangguan sementara tidak mengakibatkan pemutusan daya secara keseluruhan, atau hanya terjadi pemutusan daya dalam waktu yang sangat singkat (beberapa detik)[1].

Jaringan distribusi tegangan menengah sebagian besar berupa saluran udara tegangan menengah dan kabel tanah. Pada saat ini gangguan pada saluran udara tegangan menengah ada yang mencapai angka 100 kali per 100 km per tahun. Sebagian besar gangguan pada saluran udara tegangan menengah tidak disebabkan oleh petir melainkan oleh sentuhan pohon, apalagi saluran udara tegangan menengah banyak berada di dalam kota yang memiliki bangunan-bangunan tinggidean pohon-pohon yang lebih tinggi dari tiang saluran udara tegangan menengah. Hal ini menyebabkan saluran udara tegangan menengah yang ada di dalam kota banyak terlindung terhadap sambaran petir tetapi banyak diganggu oleh sentuhan pohon. Hanya untuk daerah di luar kota selain gangguan sentuhan pohon juga sering terjadi gangguan karena petir. Gangguan karena petir maupun karena sentuhan pohon ini sifatnya temporer (sementara), oleh karena itu penggunaan penutup balik otomatis (recloser) akan mengurangi waktu pemutusan penyediaan daya (*supply interrupting time*)[2].

Pemadaman listrik yang terlalu sering dengan waktu padam yang lama dan tegangan listrik yang tidak stabil, merupakan refleksi dari keandalan dan kualitas listrik yang kurang baik, dimana akibatnya dapat dirasakan secara langsung oleh pelanggan. Sistem tenaga listrik yang andal dan energi listrik dengan kualitas yang baik atau memenuhi standar, mempunyai kontribusi yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat modern karena peranannya yang dominan dibidang industri, telekomunikasi, teknologi informasi, pertambangan, transportasi umum, dan lain-lain yang semuanya itu dapat beroperasi karena tersedianya energi listrik. Perusahaan-perusahaan yang bergerak diberbagai bidang sebagaimana disebutkan diatas, akan mengalami kerugian cukup besar jika terjadi pemadaman listrik tiba-tiba atau tegangan listrik yang tidak stabil, dimana aktifitasnya akan terhenti atau produk yang dihasilkannya menjadi rusak[2].

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan sebagai sumber daya ekonomis yang paling utama yang dibutuhkan dalam berbagai kegiatan. Dalam waktu yang akan datang kebutuhan listrik akan meningkat sering dengan adanya peningkatan dan perkembangan baik dari jumlah penduduk, jumlah investasi, perkembangan teknologi termasuk didalamnya perkembangan dunia semua jenjang pendidikan[3].

Kebutuhan Teknik optimasi adalah suatu usaha atau kegiatan untuk mendapatkan hasil terbaik

dengan persyaratan yang diberikan. Hasil yang di dapat yaitu usaha yang minimal dan keuntungan yang maksimal, usaha yang minimal dan hasil yang maksimal dapat digambarkan sebagai fungsi variabel, sedangkan optimasi di definisikan sebagai proses untuk mendapatkan fungsi tersebut[3].

Pada tipe jaringan sistem distribusi yang menyalurkan daya listrik ke konsumen umumnya dalam bentuk sistem *radial*. Beberapa variabel komponen yang digunakan untuk mengekspresikan Indeks kegagalan antara lain adalah[1]:

- a). Laju kegagalan (*failure rate*) dinyatakan dalam  $\lambda$ . Untuk saluran *radial*, laju kegagalan untuk suatulingkungan tertentu yang homogen, sebandingdengan panjang saluran yang bersangkutan,
- b). Lama pemadaman (*outage time*) dinyatakan dalam  $r$ , tergantung kepada waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan dan pemulihan.

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran *probabilitas*. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untukmengevaluasi keandalan sistem tenaga listrik. Dalam sistem distribusi tenaga listrik evaluasi keandalan terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam ke dalam keseluruhan capaian. Indeks keandalan tersebut antara lain SAIFI ,SAIDI dan Fitness[4].

### 2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik.

Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar. 1) pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan 2) merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ( $I^2 R$ ). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula[2]. Dua tipe jaringan distribusi sebagai berikut :

3. Distribusi Primer : Yaitu jaringan distribusi yang berasal dari Jaringan Transmisi yang di turunkan tegangannya di Gardu Induk menjadi tegangan menengah (TM) dengan nominal tegangan 20 kV (biasa disebut JTM atau Jaringan Tegangan Menengah) lalu disalurkan ke lokasi-lokasi pelanggan listrik kemudian di turunkan tegangannya di trafo pada Gardu Distribusi untuk di salurkan ke pelanggan.
4. Distribusi Sekunder : Yaitu jaringan distribusi dari Gardu

Distribusi untuk di salurkan ke pelanggan dengan klasifikasi tegangan rendah yaitu 220 V atau 380 V (antar fasa). Pelanggan yang memakai tegangan rendah ini adalah pelanggan paling banyak karena daya yang dipakai tidak terlalu banyak. Jaringan dari gardu distribusi dikenal dengan JTR atau Jaringan Tegangan Rendah, lalu dari JTR dibagi-bagi untuk ke rumah pelanggan, saluran yang masuk dari JTR ke rumah pelanggan disebut SR. Pelanggan tegangan ini banyaknya menggunakan listrik satu fasa, walau ada beberapa memakai listrik tiga fasa.

### 2.3 Bentuk Konfigurasi Jaringan Distribusi

Sistem distribusi jaringan tegangan menengah memiliki beberapa jenis konfigurasi jaringan, dimana masing-masing konfigurasi jaringan mempunyai kelebihan dan kekurangan. Berdasarkan bentuk dan polanya, tipe sistem jaringan distribusi primer dapat dibagi menjadi tiga, yaitu tipe radial, loop dan spindel[5].

#### 2.3.1 Jaringan Distribusi Tipe Radial

Bentuk jaringan ini seperti pada Gambar 2.1 merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani[6].

Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya

pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang paling dekat dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang-cabangnya makin keujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktornya lebih kecil pula. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah :

5. Bentuknya sederhana.
6. Biaya investasinya murah.
7. Kualitas pelayanan dayanya relatif , karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
8. Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan maka akan mengalami “*black out*” secara total.

Untuk melokalisir gangguan pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman, fungsinya untuk membatasi daerah yang mengalami pemdaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

### 2.3.2 Jaringan Distribusi Tipe Ring / Loop

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian

saluran membentuk ring, seperti terlihat pada gambar di bawah yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil.

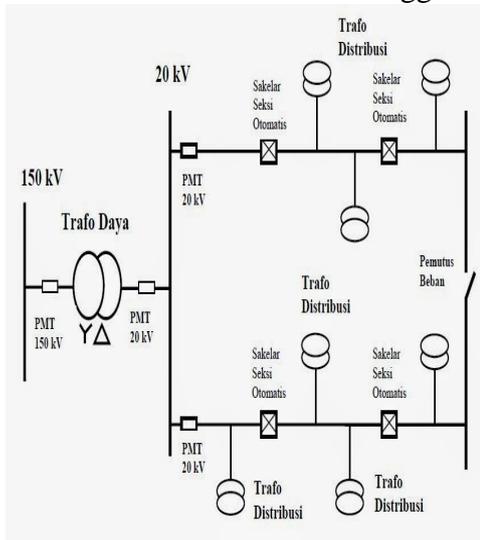
Bentuk sistem jaringan distribusi loop ini ada 2 macam yaitu :

3. Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normallly open switch* yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
4. Bentuk *close loop*, bila dilengkapi dengan *normally close switch* yang terletak pada salah satu bagian diantara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial, dimana pada ujung dari dua buah jaringan dipasang sebuah pemutus (PMT), pemisah (PMS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Pada umumnya penghantar dari struktur ini mempunyai struktur yang sama, ukuran konduktor tersebut dipilih sehingga dapat menyalurkan seluruh daya listrik beban struktur loop, yang merupakan jumlah daya listrik beban dari kedua struktur radial.

Jaringan distribusi loop seperti pada Gambar 2.2 mempunyai kualitas dan kontinuitas pelayanan

daya yang lebih baik, tetapi biaya investasi lebih mahal dan cocok digunakan pada daerah yang padat dan memerlukan keandalan tinggi.



Gambar 2.1 Konfigurasi jaringan Loop

### 2.3.3 Jaringan Distribusi Tipe Spindel

Jaringan distribusi spindel seperti pada Gambar 2.3 merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota – kota besar.

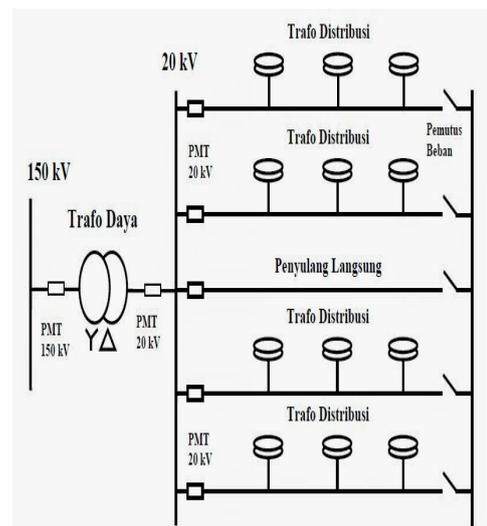
Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut :

4. Dalam keadaan normal semua saluran digardu hubung (GH) terbuka sehingga semua SKTM beroperasi radial.
5. Dalam keadaan normal saluran ekspres tidak dibebani dan dihubungkan dengan rel di gardu hubung dan digunakan sebagai pemasok cadangan dari gardu hubung.

6. Bila salah satu seksi dari SKTM mengalami gangguan, maka saklar beban di kedua ujung seksi yang terganggu dibuka. Kemudian seksi – seksi sisi gardu induk (GI) mendapat suplai dari GI, dan seksi – seksi gardu hubung mendapat suplai dari gardu hubung melalui saluran ekspres.

Sistem jaringan distribusi spindel sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan – kebutuhan antara lain :

- Peningkatan keandalan atau kontinuitas pelayanan sistem.
- Menurunkan atau menekan rugi – rugi akibat gangguan.
- Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi.
- Perluasan jaringan mudah dilakukan.



Gambar 2.2 Konfigurasi jaringan Spindel

## 2.4 Prinsip Kerja Recloser

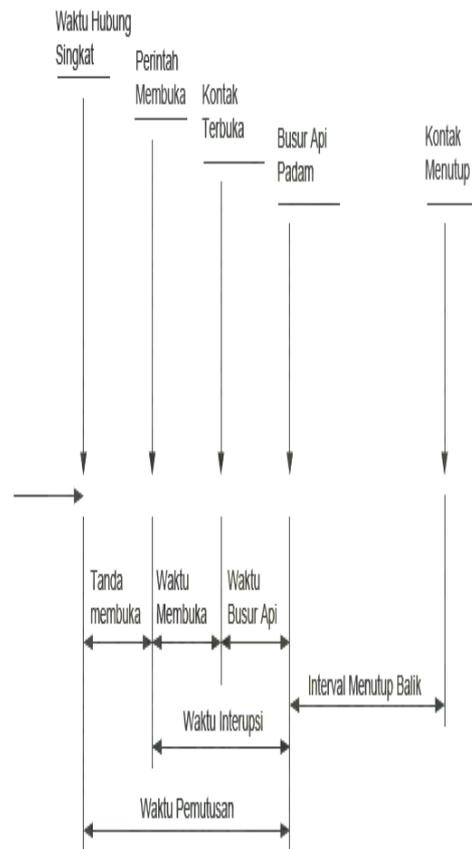
Recloser hampir sama dengan circuit breaker, hanya recloser dapat diseting untuk bekerja membuka dan menutup kembali beberapa kali secara otomatis. Apabila feeder mendapat gangguan sementara, bila circuit breaker yang digunakan untuk feeder yang mendapat gangguan sementara, Recloser sebagai pengaman pada jaringan tegangan menengah 20 KV akan menyebabkan hubungan feeder terputus. Tetapi jika recloser yang digunakan diharapkan gangguan sementara tersebut membuat feeder terputus, maka recloser bekerja beberapa kali sampai akhirnya recloser membuka[7].

## 2.5 Cara Kerja Recloser

Waktu membuka dan menutup pada *recloser* dapat diatur pada kurva karakteristiknya. Secara garis besarnya adalah sebagai berikut :

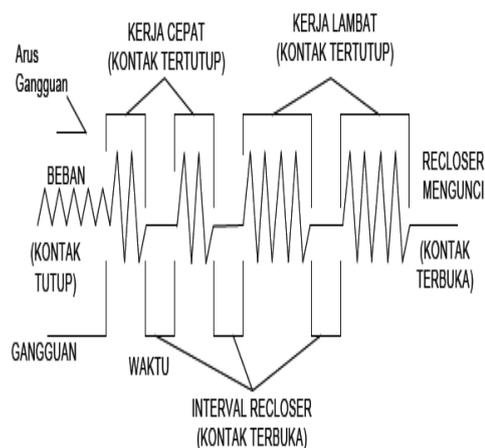
6. Arus yang mengalir normal bila tidak terjadi gangguan.
7. Ketika terjadi sebuah gangguan, arus yang mengalir melalui *recloser* membuka dengan operasi "fast".
8. Kontak *recloser* akan menutup kembali setelah beberapa detik, sesuai setting yang ditentukan. Tujuan memberikan selang waktu adalah memberi kesempatan agar gangguan tersebut hilang dari sistem, terutama gangguan yang bersifat temporer.
9. Apabila yang terjadi adalah gangguan permanen, maka *recloser* akan membuka dan menutup balik sesuai setting yang ditentukan dan kemudian *lock out*.

10. Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas, baru dapat dikembalikan pada keadaan normal.



Gambar 2.3 Proses Kerja Dari Auto Recloser

Proses operasi kerja recloser dari saat mulai terjadinya arus hubung singkat sampai terjadi pembukaan kontak pemutus dayanya hingga menutup kembali kontak pemutus daya tersebut, dapat di lihat seperti Gambar 2.5 sementara bentuk urutan kerja recloser dari saat mulai terjadi arus gangguan, sampai terjadi proses buka tutup untuk beberapa kali dan akhirnya melakukan penguncian dapat dilihat seperti Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.4 Bentuk buka tutup hingga terkunci dari recloser

Pemakai recloser pada sistem distribusi tergantung pada peralatan-peralatan listrik dari sistem distribusi, dan koordinasinya dengan peralatan proteksi arus hubung singkat atau arus lebih yang lainnya. Recloser juga merupakan perlengkapan proteksi untuk meningkatkan keandalan saluran udara, baik pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) maupun pada saluran udara tegangan menengah (SUTM). Dalam penulisan ini hanya pada STUM yang dibicarakan. Telah diketahui bahwa jenis gangguan (STUM) terdiri gangguan sementara dan gangguan menetap[2].

Gangguan sementara antara lain disebabkan oleh terjadinya arus susulan pada isolator akibat petir, pengotoran (kontaminasi) dari isolator, binatang yang melintas saluran, dahan / ranting yang menyentuh saluran yang lainnya. Gangguan menetap antara lain disebabkan karena putusannya hantaran, pecahnya isolator dan lain sebagainya. Pada gangguan sementara, sesaat sesudah rele pemutus membuka dan gangguan telah hilang, maka alat pemutus

dapat masuk kembali, sedangkan pada gangguan menetap sesudah alat pemutus merasakan gangguan dan membuka, maka alat pemutus tidak dapat masuk kembali sebelum gangguan diatasi.

## 2.6 Fuse Cut Out (FCO)

Fuse cut out atau biasa disingkat FCO adalah peralatan proteksi yang bekerja apabila terjadi gangguan arus lebih. Alat ini akan memutuskan rangkaian listrik yang satu dengan yang lain apabila dilewati arus yang melewati kapasitas kerjanya. Prinsip kerjanya adalah ketika terjadi gangguan arus maka fuse pada cut out akan putus, seperti yang ada pada SPLN 64 tabung ini akan lepas dari pegangan atas, dan menggantung di udara, sehingga tidak ada arus yang mengalir kesistem[8]. Adapun cara perlindungannya adalah dengan melelehkan fuse link, sehingga dapat memisahkan antara bagian yang sehat dan yang terganggu. Sedangkan fuse link itu sendiri adalah elemen inti dari FCO yang terletak di dalam fuse holder dan mempunyai titik lebur tertentu. Jika beban jaringan sesudah FCO menyentuh titik lebur tersebut, maka fuse link akan meleleh dan akan memisahkan jaringan sebelum FCO dengan jaringan sesudah FCO. Cut out biasanya digunakan pada jaringan distribusi 20 kV untuk proteksi trafo distribusi dari arus lebih[9].

Namun ada kelemahan dari pengaman jenis ini, yaitu penggunaannya terbatas pada penyaluran daya yang kecil, serta tidak dilengkapi dengan alat peredam busur api yang timbul pada saat terjadi gangguan hubung singkat.

## 2.7 Prinsip kerja Fuse Cut Out

Pada sistem distribusi fuse cut out yang digunakan mempunyai prinsip kerja melebur, apabila dilewati oleh arus yang melebihi batas arus nominalnya. Biasanya Fuse Cut Out dipasang setelah PTS maupun LBS untuk memproteksi feeder dari gangguan hubung singkat dan dipasang seri dengan jaringan yang dilindunginya, Fuse Cut Out juga sering ditemukan pada setiap transformator.

Penggunaan fuse cut out ini merupakan bagian yang terlemah di dalam jaringan distribusi. Karena fuse cut out boleh dikatakan hanya berupa sehelai kawat yang memiliki penampang disesuaikan dengan besarnya arus maksimum yang diperkenankan mengalir di dalam kawat tersebut[10].

Pemilihan kawat yang digunakan pada fuse cut out ini didasarkan pada faktor lumer yang rendah dan harus memiliki daya hantar (conductivity) yang tinggi. Faktor lumer ini ditentukan oleh temperatur bahan tersebut. Biasanya bahan-bahan yang digunakan untuk fuse cut out ini adalah kawat perak, kawat tembaga, kawat seng, kawat timbel atau kawat paduan dari bahan – bahan tersebut. Pada umumnya diantara kawat diatas, yang sering digunakan adalah kawat logam perak, hal ini karena logam perak memiliki Resistansi Spesifik ( $\mu\Omega/\text{cm}$ ) yang paling rendah dan Titik Lebur ( $^{\circ}\text{C}$ ) yang rendah. Kawat ini dipasangkan di dalam tabung porselin yang diisi dengan pasir putih sebagai pemadam busur api, dan menghubungkan kawat tersebut pada kawat fasa, sehingga arus mengalir melaluinya.

## 2.8 Cara kerja Fuse Cut Out

Jika arus beban lebih melampaui batas yang diperkenankan, maka kawat perak di dalam tabung porselin akan putus dan arus yang membahayakan dapat dihentikan. Pada waktu kawat putus terjadi busur api, yang segera dipadamkan oleh pasir yang berada di dalam tabung porselin. Karena udara yang berada di dalam porselin itu kecil maka kemungkinan timbulnya ledakan akan berkurang karena diredam oleh pasir putih. Panas yang ditimbulkan sebagian besar akan diserap oleh pasir putih tersebut. Apabila kawat perak menjadi lumer karena tenaga arus yang melebihi maksimum, maka waktu itu kawat akan hancur. Karena adanya gaya hantakan, maka tabung porselin akan terlempar keluar dari kontakannya. Dengan terlepasnya tabung porselin ini yang berfungsi sebagai saklar pemisah, maka terhidarlah peralatan jaringan distribusi dari gangguan arus beban lebih atau arus hubung singkat[11].

Umur dari fuse cut out ini tergantung pada arus yang melaluinya. Bila arus yang melalui fuse cut out tersebut melebihi batas maksimum, maka umur fuse cut out lebih pendek. Oleh karena itu pemasangan fuse cut out pada jaringan distribusi hendaknya yang memiliki kemampuan lebih besar dari kualitas tegangan jaringan, lebih kurang tiga sampai lima kali arus nominal yang diperkenankan. Fuse cut out ini biasanya ditempatkan sebagai pengaman transformator distribusi, dan pengaman pada cabang – cabang saluran feeder yang menuju ke jaringan distribusi sekunder.

## 2.9 Sistem Koordinasi Recloser dan Fuse Cut Out

Dalam jaringan distribusi, khususnya saluran udara sering digunakan recloser dan fuse cut out bersama-sama untuk keperluan pengamanan. Recloser digerakan oleh relai dengan karakteristik tertentu, sedangkan fuse mempunyai karakteristik sendiri. Oleh karenanya perlu koordinasi antara kedua alat ini[8].

Apabila terjadi gangguan pada saluran cabang, recloser pada saluran utama harus segera trip dan jangan sampai di dahului oleh putusnya fuse yang ada di saluran cabang. Setelah recloser trip, kemudian ada dead time dengan harapan agar selama waktu mati ini penyebab gangguan sudah hilang dan recloser masuk kembali sehingga keadaan menjadi normal kembali. Hal ini terasa sebagai gangguan temporer. Tetapi apabila gangguan yang terjadi adalah gangguan permanen dan terjadi di saluran cabang di belakang fuse, maka setelah dead time diatas habis dan recloser masuk kembali, diharapkan kali ini fuse bekerja terlebih dahulu mendahului recloser trip kembali.

Maka pada waktu recloser menutup kembali setelah trip yang pertama kali, fuse setelah melebur terlebih dahulu sehingga gangguan permanen yang terjadi di saluran cabang tidak menyebabkan recloser trip kembali. Dengan demikian yang padam hanya saluran cabang yang mengalami gangguan permanen.

## 2.7 Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Keandalan sistem distribusi merupakan tingkat keberhasilan kinerja sebuah sistem atau bagian dari sebuah sistem, untuk dapat

memberikan hasil yang lebih baik pada waktu dan kondisi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari sebuah sistem, perlu dilakukan kajian berupa perhitungan dan analisa terhadap tingkat keberhasilan pada sistem yang ditinjau pada periode tertentu, untuk kemudian dibandingkan dengan standar yang sudah ditetapkan sebelumnya. Keandalan tenaga listrik adalah menjada kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan (terutama pelanggan daya besar). Apabila kontinuitas penyaluran energi listrik tersebut terputus atau terganggu, maka akan mengakibatkan kerugian di sisi pelanggan[4].

Jaringan tegangan menengah mempunyai peranan yang sangat vital dalam menentukan tingkat keandalan penyaluran energi listrik. Karena jaringan yang baik dapat melokalisir gangguan yang terjadi dan segera mungkin dapat melakukan perpindahan penyaluran energi melalui jaringan lainnya.

Kontinuitas pelayanan merupakan salah satu unsur dari kualitas pelayanan, dan kesemuanya tergantung pada jenis dan tipe penyalur dan peralatan pengaman yang digunakan. Jaringan distribusi sebagai saran penyalur energi listrik mempunyai tingkat kontinuitas pelayanan berdasarkan jangka waktu mengoperasikan kembali saluran setelah mengalami gangguan[5].

Tingkatan-tingkatan tersebut antara lain:

**Tingkat 1:** dimungkinkan berjam-jam; yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan.

**Tingkat 2** : padam beberapa jam; yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lokasi gangguan, melokalisasi dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain.

**Tingkat 3** : padam beberapa menit; manipulasi oleh petugas yang jaga di gardu atau dilakukan deteksi atau pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh.

**Tingkat 4** : padam beberapa detik; pengamanan atau manipulasi secara otomatis.

**Tingkat 5** : tanpa padam; dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatisasi penuh.

Secara umum jaringan distribusi wilayah pedesaan terdiri dari jenis saluran udara dengan sistem radial dan mempunyai tingkat kontinuitas Tingkat 1. Sedangkan untuk pelayanan wilayah pusat perkotaan, susunan kabel yang digunakan umumnya kabel tanah dengan sistem jaringan spindle dengan tingkat kontinuitasnya adalah Tingkat 2.

Sudah bertahun-tahun lamanya, keandalan ataupun model keandalan sistem distribusi kurang begitu diperhatikan. Dibandingkan dari sistem pembangkitan yang mempunyai biaya investasi yang lebih besar, dan dampak yang sangat luas apabila sebuah pembangkit mengalami kegagalan produksi.

Untuk melakukan evaluasi keandalan sebuah sistem distribusi tenaga listrik, umumnya digunakan parameter-parameter untuk

mengevaluasi sistem distribusi radial. Parameter-parameter tersebut adalah angka-angka kegagalan rata-rata ( $\lambda_s$ ), waktu pemadaman rata-rata ( $r_s$ ), dan waktu pemadaman tahunan ( $U_s$ )[2].

$$\lambda_s = \sum_i \lambda_i \quad (2.1)$$

$$U_s = \sum_i \lambda_i r_i \quad (2.2)$$

Adalah  $\lambda_i$  = angka kegagalan rata-rata komponen ke-i, dan  $r_i$  = adalah waktu pemadaman rata-rata komponen ke-i.

Indeks keandalan yang dimaksud adalah indeks yang berorientasi pelanggan seperti *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) dan *Fitness*.

SAIFI adalah rata-rata kali padam per pelanggan per satuan waktu (bulan atau tahun). Dengan menerapkan indeks ini diharapkan mendapat gambaran mengenai frekuensi kegagalan rata-rata yang terjadi pada bagian-bagian dari sistem. Yang selanjutnya dapat dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya[4].

Dengan satuan pemadaman per pelanggan, perhitungan sistematisnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} \quad (2.3)$$

Adalah :  $\lambda_i$  = angka kegalan rata-rata/frekuensi padam,  $N_i$  = jumlah pelanggan yang disuplai pada titik beban i.

SAIDI yaitu lama padam listrik yang dialami oleh pelanggan

per satuan waktu ( per bulan atau per tahun.). Dengan indeks ini, gambaran mengenai lama pemadaman rata-rata

yang diakibatkan oleh gangguan pada bagian-bagian dari sistem dapat dievaluasi. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut [2]:

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots (2.4)$$

Adalah :  $U_i$  = waktu padam pelanggan dalam stuan waktu (perbulan atau pertahun).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Tempat Dan Jadwal Penelitian

Penelitian pengambilan data dilakukan di PT.PLN (Persero) Rayon Rimo Kecamatan Gunung Meriah, Kabupaten Aceh Singkil, Aceh. Penelitian mengenai Analisa Penempatan Recloser akan dilakukan dalam waktu satu bulan.

#### 3.2 Data Penelitian yang Dianalisa

Adapun data penelitian yang didapat oleh penulis di dalam penulisan skripsi analisa penempatan Recloser dan Fuse Cut Out terhadap keandalan sistem tenaga listrik di jaringan distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Rimo seperti pada Tabel 3.1 dan 3.2 berikut:

Tabel 3.1 Data Penelitian Pada Fuse Cut Out

No	Keterangan	$\lambda$ (kegagalan/ bulan)	r (jam/bulan)
1	Fuse Cut .Out 1	0,009	2

2	Fuse Cut Out 2	0,0072	1,5
3	Fuse Cut Out 3	0,0076	1,5

No	Keterangan	Data Penelitian
1	Jumlah laju kegagalan masing-masing gardu ( jumlah beban di titik beban )	l) 0,0093 (63) m) 0,01 (112) n) 0,0075 (47) o) 0,008 (124) p) 0,0069 (91) q) 0,009(38) r) 0,0023 (83) s) 0,0018 (80) t) 0.0054 (49) u) 0,0091 (95) v) 0,0085 (60)
3	Jumlah seluruh beban pada jaringan radial (pelanggan)	842 pelanggan
4	Rata-rata lamanya waktu padam (jam)	5 jam

### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara-cara teknik / penjabaran suatu analisa / perhitungan yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian. Adapun langkah-langkah metode penelitian ini yaitu :

## 2. Studi Literatur

Meliputi studi definisi jaringan distribusi dan perhitungan SAIDI dan SAIFI guna menentukan titik letak penempatan Auto Circuit Recloser dan Fuse Cut Out (FCO).

## 2. Pengumpulan Data

Meliputi pengambilan dan pengumpulan data yang didapat pada PT.PLN (Persero) Rayon Rimo Kecamatan Gunung Meriah, Kabupaten Aceh Singkil, Aceh.

## 4. Pengolahan Data dan Analisa

Menganalisa laju kegagalan Recloser dan jumlah beban pada jaringan tipe radial untuk menemukan hasil terbaik dari nilai SAIDI dan SAIFI, sehingga dapat ditentukan optimasi penempatan Recloser. Data-data tersebut dapat disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

SPLN No 59 Tahun 1985 di tunjukan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 SPLN Recloser dan Fuse Cut Out

No	Komponen	Laju kegagalan/thn	Waktu Perbaikan/jam	Peralihan/jam
1	Recloser	0,05	10	0,25
2	Fuse Cut Out	0,32	20	0,60

FITNESS merupakan nilai patokan dari hasil SAIDI dan SAIFI, dimana nilai Fitness juga di perlukan dalam sistem keandalan. Dalam perhitungannya fitness lebih tepatnya peluang keandalan dimana fitness yang lebih besar meningkatkan peluang keandalan[5].

Secara sistematis dapat di tulisakan sebagai berikut :

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{\text{SAIDI} \cdot \text{SAIFI}} \quad (2.5)$$

### 3.4 Analisa Perbandingan Nilai SAIDI dan SAIFI

Dari data yang telah di hitung, kita dapat membandingkan antara nilai SAIDI, SAIFI dan Fitness, yang akan digunakan untuk pemilihan titik penempatan Recloser dan Fuse Cut Out.

Perbandingan di sajikan dengan tabel :

Tabel 4.1 Perbandingan pada Trafo

No	Section (Posisi)	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	Trafo 1	41322 3,14	0,003 479	0,0 00 69 5
2	Trafo 2	11312 2,172	0,006 65	0,0 01 33
3	Trafo 3	11494 25,2	0,002 093	0,0 00 41

				8
4	Trafo 4	14204 5,455	0,006 019	0,0 01 17
5	Trafo 5	39571 2,23	0,003 728	0,0 00 74 57
6	Trafo 6	12195 12,2	0,002 031	0,0 00 40 61
7	Trafo 7	38461 53,84	0,001 133	0,0 00 22 6
8	Trafo 8	66567 66,67	0,000 855	0,0 00 17 1
9	Trafo 9	90090 1,9	0,003 520	0,0 00 31 4
10	Trafo 10	84745 7,62	0,001 16	0,0 01 02
11	Trafo 11	54644 8,08	0,003 02	0,0 00 60 5

Tabel 4.2 Perbandingan pada Fuse Cut Out

N O	Section (Posisi)	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	FCO 1	95147 ,47	0,004 59	0,0 02 29
2	FCO 2	11098 7,7	0,002 57	0,0 01 71
3	FCO 3	19685 0,3	0,002 76	0,0 01 84

### 3.5 Analisa penentuan letak Recloser dan Fuse Cut Out

Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out di tentukan melalui perbandingan SAIDI, SAIFI, dan Fitness dari masing-masing section atau posisi. Letak paling optimal diambil untuk nilai SAIDI dan SAIFI terkecil atau Fitness terbesar.

Untuk letak Recloser ditentukan dari fitness terbesar dari trafo yaitu pada posisi trafo no 8, dengan nilai SAIDI sebesar 0,000855, SAIFI sebesar 0,000171, dan Fitness sebesar 6656766,67. Dan untuk Fuse Cut Out pada posisi FCO no 3, dengan nilai SAIDI sebesar 0,00276, SAIFI sebesar 0,00184 dan Fitness sebesar 196850,3.

### 3.5 Optimasi Keandalan Penempatan Recloser

Penempatan Recloser yang paling optimal setelah sistem keandalan di tunjukan pada gambar 4.4 berikut:

Dari hasil perbandingan SAIDI, SAIFI dan Fitness dari masing;masing trafo di peroleh nilai keandalan penempatan recloser yaitu

pada trafo ke 8 dengan nilai fitness sebesar 6656766,67.

#### IV. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- m) Pada penulisan ini kita dapat membandingkan antara nilai SAIDI, SAIFI dan Fitness, yang akan digunakan untuk pemilihan titik penempatan Recloser dan Fuse Cut Out.
- 2) Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out ditentukan oleh nilai Fitness tertinggi dari masing-masing komponen, semakin besar nilai Fitness nya maka semakin optimal letak dari komponen tersebut.
- 3) Titik penempatan Recloser yang optimal pada section (posisi) Trafo no 8, dengan besar Fitness 6656766,67, dan titik Fuse Cut Out pada section (posisi) FCO no 3, dengan besar Fitness 196850,3.

##### 4.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dapat dikembangkan untuk tipe jaringan listrik yang lain seperti tipe jaringan loop dan tipe jaringan spindel.
2. Dapat dikembangkan untuk perhitungan *ASIDI* dan *ASIFI*.
3. Perlu dikembangkan untuk analisis dengan nilai laju kegagalan dan waktu keluar yang berbeda untuk masing-masing komponen.
4. Perlu dikembangkan untuk analisis dengan nilai laju

kegagalan dan waktu keluar yang berbeda untuk masing-masing komponen.

5. Perlu dikembangkan untuk analisis yang mempertimbangkan fungsi recloser yang bisa mengatasi gangguan sementara.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Y. S. Syahru Ramadhan Indra\*, "Kajian Penempatan Recloser pada Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Algoritma Genetika Berdasarkan Keandalan Maksimum," *Jom Fteknik, Teknik Elektro Univ. Riau, Pekanbaru.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [2] M. R. Sanaky, A. K. S. Distribusi, and B. M. S. Technique, "Peningkatan Indeks Keandalan dengan Penambahan Recloser pada Sistem Distribusi di PLTD Subaim Menggunakan Metode Section Technique," *ISSN 2597-7881, Magnetika, Institut Teknol. Nas. Malang*, vol. 01, no. September, 2017.
- [3] D. Y. S. Rahmahani Setiawati\*, "Kajian Penempatan Penambahan Recloser Menggunakan Metoda Algoritma Genetika Studi Kasus Penyulang Out Going Feeder 19 Bakti PT PLN (Persero)," vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [4] P. Metode *et al.*, "Keandalan Sistem Distribusi Jumlah Total Durasi Gangguan Konsumen Jumlah Total Konsumen Terlayani Jumlah Total Konsumen Terganggu

- Jumlah Total Konsumen Terlayani  $\sum \lambda \cdot M$ ,” *Tekno. Elektro, Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran, Bali*, vol. 9, no. 1, 2010.
- [5] D. Wijayanti and S. Handoko, “Nilai Saifi Dan Saidi Pada Penyulang Pdp 04 Menggunakan Particle Swarm Optimization ( PSO ),” *ISSN 2302-9927, 317*, vol. 5, no. 3, pp. 1–5, 2016.
- [6] A. Rachman, “Optimasi Penempatan Recloser Pada Sistem Distribusi Radial Penyulang Kedonganan Gardu Induk Nusa Dua Bali Menggunakan Particle Swarm Optimization,” *Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. JEMBER, Tugas Akhir*, 2013.
- [7] D. A. Genetika, “Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Dengan Algoritma Genetika.”
- [8] H. Nugroho and I. Setiono, “Koordinasi Recloser Dengan FCO ( Fuse Cut Out ) Sebagai Pengaman Terhadap Gangguan Arus Lebih Pada Penyulang Dengan 1 Fasa Di Gardu Induk Sanggrahan Magelang ISBN: 979-26-0280-1 ISBN: 979-26-0280-1,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun. Ter. ISBN 979-26-0280-1*, pp. 215–218, 2015.
- [9] I. Setiono and D. Prasetyo, “Sistem Pengamanan Penyaluran Energi Listrik Satu Fasa Tegangan Rendah Dengan Menggunakan Fuse Cut Out,” *ISBN 978-979-3649-96-2, Unisbank Semarang*, pp. 298–305, 2016.
- [10] Bastian Aprido Tampubolon, “Analisis Putusnya Salah Satu Fuse Cut Out ( Fco ) Atau Nt Fuse Pada Transformator Distribusi Bj 134 Terhadap Tegangan Pada Pelanggan Pt . Pln ( Persero ) Rayon Binjai Kota,” *Tugas Akhir, Progr. Stud. Tek. List. Jur. Tek. Elektro Politek. Negeri Medan*, 2015.
- [11] D. Gi, W. A. Nugroho, and M. Facta, “Koordinasi Penempatan Peralatan Proteksi Jenis Arus Lebih (Ocr) Dan Pelebur (Fco) Di Penyulang 20 Kv Dari Gi 150/20 Kv Mrica Banjarnegara,” *Transient*, vol. 3, no. 2302–9927, p. 8, 2014.

### Biodata Penulis

Nama : Maslim Bahri

NPM : 1407220090

TTL : Rimo, 04 Januari 1996

Alamat : Desa Rimo, Kec. Gunung

Meriah, Aceh Singkil

Email : [Maslimbahri9@gmail.com](mailto:Maslimbahri9@gmail.com)

Riwayat Pendidikan :

2001-2002 : TK Dharma Wanita

2002-2008 : SD N 1 Rimo

2008-2011 : SMPN 1 Rimo

2011-2014 : SMAN 1 GuMer

2014-Sekarang : S1 Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah  
Sumatera Utara



Medan, 05 Oktober 2018