

TUGAS AKHIR

**OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER TERHADAP KEANDALAN
PADA SISTEM DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) KOTA
SUBULUSSALAM, ACEH
(Studi Analisa)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

DONI ARIADI PUTRA HASUGIAN
1407220056



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Doni Ariadi Putra Hasugian

NPM : 1407220056

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Pada Sistem
Distribusi Di PT. PLN (Persero) Kota Subulussalam, Aceh.

Bidang Ilmu : Konstruksi Tegangan Tinggi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Maret 2020

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



Rimbawati, ST. MT

Dosen Penguji II



Zulfikar, ST. MT

Dosen Penguji Pendamping I



Ir. Zul Arsil Siregar

Dosen Penguji Pendamping II



Elvy Sahnur Nasution, ST. MPd

Program Studi Teknik Elektro



Ketua,

Ir. P. S. T. M. T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Doni Ariadi Putra Hasugian
Tempat /Tanggal Lahir : Subulussalam/12 Desember 1995
NPM : 1407220056
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Pada Sistem Distribusi Di PT.PLN (Persero) Kota Subulussalam, Aceh.”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya 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 diproses 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 menegakan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Maret 2020

Saya yang menyatakan



Doni Ariadi Putra Hasugian

ABSTRAK

Pengaman sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu unsur dari pemenuhan pelayanan. Pemutus balik otomatis atau *recloser* merupakan salah satu peralatan pengaman Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV yang berfungsi untuk mengantisipasi gangguan sesaat sehingga pemadaman listrik dapat diantisipasi, penggunaan listrik pada saat ini telah meluas hampir keseluruhan daerah. Jaringan distribusi 20 kV sering mengalami gangguan baik secara *eksternal* maupun *internal*. Gangguan secara *eksternal* berupa surja yang diakibatkan oleh petir, dahan pohon atau ranting yang terkena pada saluran *transmisi*, sedangkan pada gangguan *internal* disebabkan oleh surja hubung diakibatkan karena buka dan tutup *Circuit Breaker*. Gangguan dapat bersifat sementara maupun permanen. Gangguan sementara akan hilang dengan sendirinya sedangkan permanen membutuhkan operator untuk menetralkan gangguan. Berdasarkan hasil analisa penempatan *recloser* pada saluran distribusi di PT. PLN (Persero) Subulussalan PK Penanggalan bisa dihitung perbandingan dengan menggunakan SAIDI, SAIFI, dan FITNES. Hasil yang diperoleh sesudah perhitungan penempatan *recloser* pada posisi trafo depan koramil Sp Kiri dengan nilai SAIDI (0,287), dan SAIFI (0,000517) dan nilai FITNES (746268,657).

Kata kunci : Penempatan *Recloser*, Jaringan Distribusi 20 kV, SAIDI, SAIFI, dan FITNES

ABSTRACT

Safeguarding the power distribution system is one element of the fulfillment of services. Automatic breaker or recloser is one of the safety equipment 20 kV Medium Voltage Air Channels (SUTM) that serves to anticipate momentary interruptions so that the power outage can be anticipated, the use of electricity has now expanded to almost all regions. The 20 kV distribution network often experiences interference both externally and internally. External disturbance in the form of surges caused by lightning, branches or twigs affected on the transmission line, while internal disturbances are caused by surge surges caused by opening and closing of Circuit Breakers. Disturbances can be temporary or permanent. Temporary interruptions will go away on their own while permanent requires the operator to neutralize the disturbance. Based on the analysis of the placement of reclosers on distribution channels at PT. PLN (Persero) Subulussalan PK Penanggalan can be calculated by using SAIDI, SAIFI, and FITNES. The results obtained after calculating the placement of reclosers in the position of the front transformer of the Left Sp Koramil with SAIDI (0.287), and SAIFI (0.000517) and FITNES values (746268,657).

Keywords: Recloser Placement, 20 kV Distribution Network, SAIDI, SAIFI, and FITNES

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul: **“OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER TERHADAP KEANDALAN PADA SISTEM DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) KOTA SUBULUSSALAM, ACEH”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana.

Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak yang telah ikut serta membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Untuk yang teristimewa, buat Ayahanda Baitin Hasugian dan Ibunda Nur'asiah br Munte yang telah memberikan dukungan yang sebesar-besarnya baik moril maupun materil sehingga saya mampu untuk tetap tegar dan kuat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Zul Arsil Siregar selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

3. Ibu Elvy Sahnur Nasution ST.MPd, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rimbawati ST. MT, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Zulfikar ST. MT selaku Dosen Pembanding yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Munawar A. Siregar ST. MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Dr. Ade Faisal, ST., M.Sc selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST.MT dan Bapak Partaonan Harahap, ST. MT. Selaku Prodi dan Sekertaris Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Kepada kakak dan adek tercinta Desi Nurmayanti SP, Rizky Ariansyah Putra Hasugian, dan Noviandi Indum Putra Hasugian

12. Sahabat-sahabat penulis: MZA. Ridho Bancin SH M.Kn, Ali Muda Hasibuan SH M.Kn, Taqwallah Febri Saputra, Maslim Bahri ST, Dhea Edy Pratomo ST, Dheo Edy Pratama, M.Zulfikri ST dan semua teman-teman yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, ntuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, Maret 2020

Doni Ariadi Putra Hasugian
NPM. 1407220056

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Tinjauan Umum	8
2.3 Sistem Distribusi	9
2.3.1 Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	11
2.3.2 Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik	12
2.3.3 Bentuk <i>Konfigurasi</i> Jaringan Distribusi	14
2.3.3.1 Sistem Jaringan Distribusi <i>Radial</i>	14
2.3.3.2 Sistem Jaringan Distribusi Loop/Ring	15
2.3.3.3 Jaringan Distribusi Tipe Spindel	17

2.4	Recloser	18
2.4.1	Bagian-bagian Dari <i>Recloser</i>	20
2.4.2	Prinsip Kerja Recloser	22
2.4.3	Cara Kerja Recloser	23
2.4.4	Konstruksi Jaringan Dalam Penempatan <i>Recloser</i>	23
2.5	Keandalan Sistem Tenaga Listrik	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Tempat Dan Jadwal Penelitian	29
3.2	Data Penelitian Yang Dianalisa	29
3.3	Bagan Diagram Alir.....	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa perhitungan SAIDI, SAIFI dan FITNES	32
4.2	Analisa Perbandingan nilai SAIDI, SAIFI dan FITNES	42
4.3	Analisa Penentuan Letak Recloser	43
4.4	Alur Kerja <i>Recloser</i> Saat Terjadi Gangguan	43

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konfigurasi Sistem Tenaga Listrik	11
Gambar 2.2 Komponen Sistem Distribusi	14
Gambar 2.3 Pola Jaringan Radial	14
Gambar 2.4 Pola Jaringan Loop/Ring	16
Gambar 2.5 Pola Jaringan Spindel	18
Gambar 2.6 Bentuk Buka Tutup Hingga Lock Out Pada Recloser	19
Gambar 2.7 Recloser Tipe VWVE	20
Gambar 2.8 Kontruksi Recloser Schneider N-Series (a) Tampak Dari Luar (b) Tampak Dari Atas	21
Gambar 2.9 Bagian-bagian Dalam Dari Recloser Schneider N-Series	21
Gambar 2.10 Wiring Pemasangan ABSW, DS, Recloser dan Surja Arester ..	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 4.1 Single Line Diagram PK. Penanggulangan	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data Penelitian Pada Trafo	29
Tabel 4.1 Perbandingan Nilai SAIDI, SAIFI, dan FITNES Pada Trafo ...	42

BAB 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. Oleh karena itu, sistem distribusi selalu dituntut untuk memiliki keandalan yang baik. Tingkat keandalan ini dipengaruhi oleh gangguan yang terjadi. Gangguan ini biasanya disebabkan oleh kondisi alam dan hewan di sekitar saluran yang mendistribusikan energi listrik. Semakin sering suatu jaringan distribusi mengalami gangguan maka kontinuitas penyaluran energi listrik juga akan semakin buruk.

Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan peralatan proteksi yang dapat mengatasi gangguan. Sebaik apapun saluran distribusi terpasang selalu memerlukan alat proteksi diantaranya *recloser* yang berkoordinasi mengamankan jaringan. *Recloser* adalah suatu peralatan proteksi yang berfungsi untuk meminimalisir daerah yang terkena dampak gangguan. Penempatan *recloser* pada jaringan distribusi sangat mempengaruhi tingkat keandalan sehingga diperlukan suatu optimasi agar tingkat keandalan yang diperoleh maksimal. 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.

Dalam penulisan skripsi penulis menggunakan perhitungan *indeks* penempatan *recloser* dengan menggunakan rincian gangguan yang dialami konsumen yang dikumpulkan dari data pertahun. Data tersebut dihitung menggunakan rumus persamaan *SAIDI*, *SAIFI*, dan *FITNES*.

Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimasi dapat juga diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal.

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). *Recloser* adalah suatu peralatan proteksi yang berfungsi untuk meminimalisir daerah yang terkena dampak gangguan. Penempatan *recloser* pada jaringan distribusi sangat mempengaruhi tingkat keandalan sehingga diperlukan suatu optimasi agar tingkat keandalan yang diperoleh maksimal.

Pemadaman listrik yang terlalu sering dengan waktu padam yang lama dan tegangan listrik yang tidak stabil, merupakan *refleksi* dari 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 secara tiba-tiba atau tegangan listrik yang tidak stabil, dimana aktifitasnya akan terhenti atau produk yang dihasilkannya menjadi rusak.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana mengetahui lokasi penempatan recloser sebagai pengaman pada jaringan distribusi.
2. Kerja dari *recloser* jika terjadi gangguan pada jaringan distribusi tegangan menengah.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun batasan – batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini ialah :

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

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui letak recloser yang optimal pada jaringan distribusi tegangan menengah pada PK. Penanggalan.
2. Sebagai patokan atau pedoman alternatif untuk meningkatkan keandalan sistem proteksi di PT. PLN (PERSERO) Rayon Kota Subulussalam, Aceh.

1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya tentang optimasi penempatan recloser.
2. Penulis berharap dari penelitian ini dapat mempelajari bagaimana meminimalisir area gangguan pada jaringan dan cara memperbaikinya.
3. Tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi atau pembanding untuk penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan tugas akhir tentang Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Pada Sistem Distribusi Di PT. PLN (Persero) Subulussalam,

Aceh ini terdiri dari lima bab dengan beberapa sub-bab yang terdapat dalam tiap bab nya.

Adapun sub-bab tersebut ialah:

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 analisa yang digunakan untuk tugas akhir, mulai dari persiapan hingga mendapat data – data yang digunakan.

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 Pustaka Relevan

Sistem distribusi digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi dalam lingkungan. (Hontong et al,2015)[1]

Jaringandistribusi 20 kV sering mengalami gangguan baik secara eksternal maupun internal. Gangguan secara eksternal berupa surja yang diakibatkan oleh petir, sedangkan gangguan internal disebabkan oleh surja hubung yang disebabkan karena buka dan tutup CB (circuit breaker). Gangguan bersifat temporer maupun permanen. Gangguan temporer akan hilang dengan sendirinya sedangkan permanen membutuhkan operator untuk menetralkan gangguan. Gangguan yang terjadi mengakibatkan naiknya arus dan tegangan sehingga dapat merusak peralatan yang terhubung pada jaringan listrik. (A.Bintoro,Hamzah Berahim, danT.Haryono,2012).[2]

Sistem tenaga listrik terdiri dari komponen-komponen listrik seperti *generator, transformator*, saluran transmisi, dan beban sistem yang merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem yang disebut sistem distribusi tenaga listrik. (A.Tanjung, 2012)[3]

Keandalan adalah kemungkinan dari sistem untuk dapat bekerja optimal dalam waktu yang telah ditentukan dalam berbagai kondisi. Keandalan sistem distribusi erat kaitanya dengan masalah pemutusan beban yang merupakan akibat

adanya gangguan pada sistem. Keandalan sistem distribusi berbanding terbalik dengan tingkat pemutusan beban sistem. Semakin tinggi *frekuensi* pemutusan beban pada sistem, maka keandalan sistem semakin berkurang, begitu juga sebaliknya. (H.P Wicaksono, dkk 2012)[4]

Menurut I Nengah Sunaya, dkk (2017). Keandalan sistem penyaluran distribusi tenaga listrik tergantung pada model susunan saluran, pengaturan operasi dan pemeliharaan serta koordinasi peralatan pengaman.[5]

Tingkat kontinuitas dibagi antara lain :

- a. Tingkat 1, Padam berjam-jam
- b. Tingkat 2, Padam beberapa jam
- c. Tingkat 3, Padam beberapa menit
- d. Tingkat 4, Padam beberapa detik
- e. Tingkat 5, Tanpa padam

Menurut Rahmahani Setiawati, dan Dian Yayan Sukma,(2017), Untuk meningkatkan keandalan pada feeder selain dengan melakukan penambahan recloser perlu diminimalkan waktu perbaikan recloser agar nilai SAIDI yang diperoleh menjadi lebih baik.[6]

Apabila hasil perhitungan kondisi riil tidak sesuai dengan standar SPLN, maka perlu dilakukan upaya perbaikan dengan cara optimasi penempatan *recloser*. Optimasi di mulai dengan melakukan perhitungan kondisi awal sebelum penempatan *recloser* menggunakan excel, etap, dan matlab.(Agung Warsito dan Hermawan 2017).[7]

Recloser merupakan sebagai alat untuk memutus dan menghubungkan daerah jaringan listrik yang terkena gangguan. Pengaman ini bekerja dengan

pengaturan otomatis, pengaturan umumnya mengatur buka dan tutup kontak sebanyak 3 kali dan pada operasi pembukaan yang ke-4 akan membuka selamanya (*lock out*). (Asep Rahmatul iklas, dkk,2017).[8]

Menurut Alimuddin

Penempatan *recloser* tidak boleh ditempatkan di sembarang titik, tetapi harus memperhatikan dimana daerah yang padat pelanggan dan sering terjadinya gangguan (Yogi Lesmana, 2015). Selama ini untuk menempatkan letak *recloser* hanya di dasarkan jarak aman antara *recloser* dengan komponen pemutus lainnya dalam satu saluran penyulang dan belum mempertimbangkan berapa banyak pelanggan yang terlindungi di daerah tersebut.

2.2 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[9].

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[10].

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem tenaga listrik, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan dengan cara melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau, pada periode tertentu[11].

Kontinuitas pelayanan yang merupakan salah satu unsur dari kualitas pelayanan tergantung kepada macam sarana penyalur dan peralatan pengaman. Jaringan distribusi sebagai sarana penyalur tenaga listrik mempunyai tingkat kontinuitas tergantung kepada susunan saluran dan cara pengaturan operasinya. Tingkat keandalan sistem distribusi dilihat berdasarkan suatu indeks dimana jika nilai indeks ini semakin kecil maka keandalannya semakin baik.

2.3 Sistem Distribusi

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen[12].

Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

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.

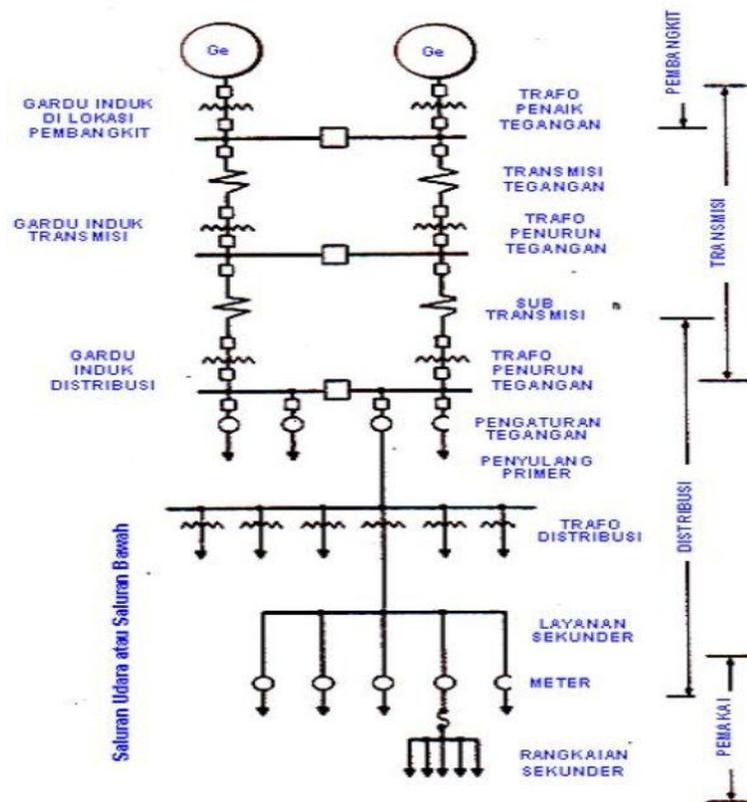
Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 KV sampai 24 KV dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 150KV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir. Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil.[13]

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 KV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu – gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen – konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo *step-up*. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan-perlengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo *step-down*. Akibatnya, bila ditinjau nilai

tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.

2.3.1 Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik



Gambar 2.1 Konfigurasi sistem tenaga listrik

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan – pembatasan seperti pada gambar diatas :

Daerah I : Bagian pembangkit (*Generation*).

Daerah II : Bagian penyaluran (*Transmission*), bertegangan tinggi (HV, UHV, EHV).

Daerah III : Bagian distribusi primer, bertegangan menengah (6 atau 20 KV).

Daerah IV : (Didalam bangunan pada beban / konsumen), Instalasi, bertegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup jaringan distribusi adalah :

1. SUTM, terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
2. SKTM, terdiri dari : Kabel tanah, *indoor* dan *outdoor termination* dan lain-lain.
3. Gardu trafo, terdiri dari : *Transformer*, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, *transformer band*, peralatan *grounding*, dan lain-lain.
4. SUTR dan SKTR, terdiri dari : sama dengan perlengkapan/material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.

2.3.2 Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum, saluran tenaga listrik atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

A. Menurut nilai tegangannya

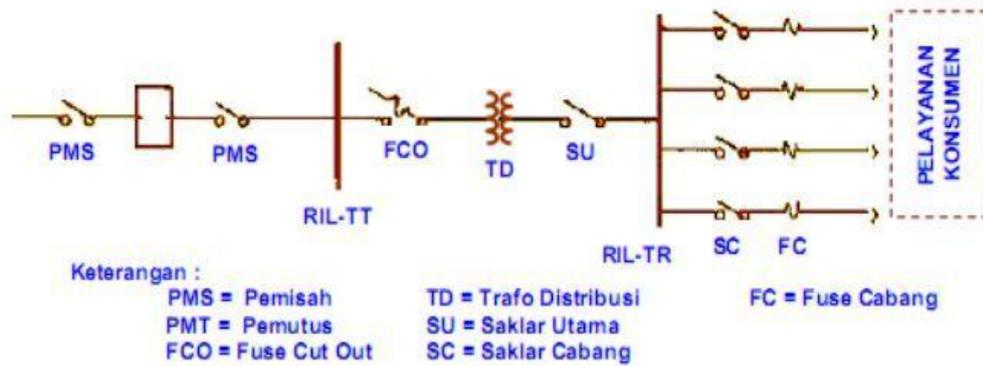
1. Saluran distribusi Primer : Yaitu jaringan distribusi yang berasal dari jaringan transmisi yang di turunkan tegangannya di gardu Induk menjadi tegangan menengah (TM) dengan nominal tegangan 20 kV (biasa disebut JTM atau Jaringan Tegangan Menengah) lalu disalurkan ke

lokasi-lokasi pelanggan listrik kemudian di turunkan tegangannya di trafo pada gardu distribusi untuk di salurkan ke pelanggan.

Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder trafo *substation* (Gardu Induk) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi.

2. Saluran Distribusi Sekunder, Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut :

1. Papan pembagi pada trafo distribusi
2. Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder).
3. Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai)
4. Alat Pembatas dan pengukur daya (kWh meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.



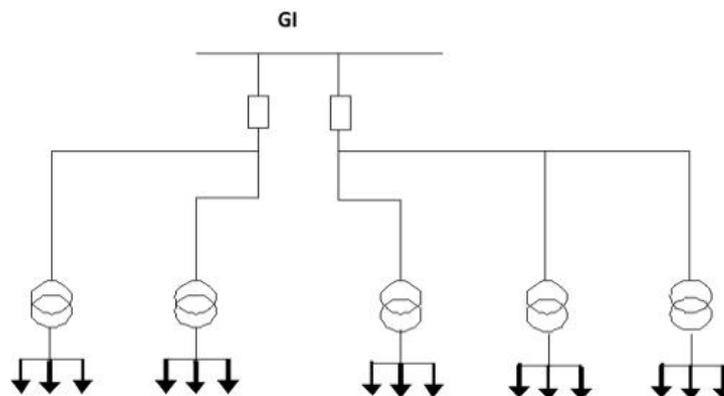
Gambar 2.2 Komponen Sistem Distribusi

2.3.4 Bentuk *Konfigurasi* Jaringan Distribusi

Berdasarkan *konfigurasi* jaringan distribusi dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) macam bentuk jaringan, yaitu sistem jaringan distribusi *radial*, *loop* dan *spindel*.

2.3.4.1 Sistem Jaringan Distribusi *Radial*

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk 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 menuju titik – titik beban yang dilayani, seperti terlihat pada gambar 2.3 dibawah :



Gambar 2.3 Pola Jaringan *Radial*

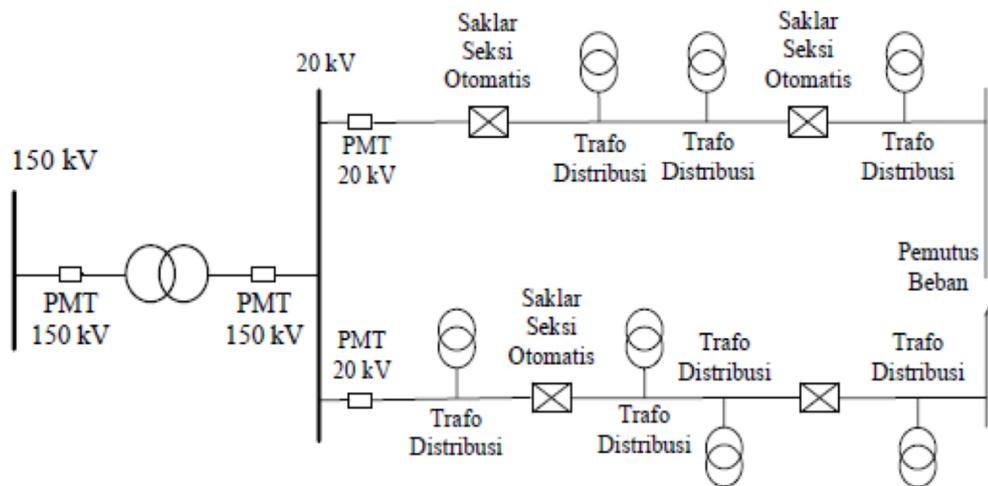
Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk *radial* ini ukurannya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk sehingga saluran yang paling dekat dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang – cabangnya makin ke ujung 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 pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

2.3.4.2 Sistem Jaringan Distribusi *Loop/Ring*

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup. Susunan rangkaian saluran membentuk *ring*, seperti terlihat pada gambar 2.4 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil.



Gambar 2.4 Pola jaringan *Loop/Ring*

Bentuk sistem jaringan distribusi *loop/ring* ini ada 2 macam yaitu :

1. Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normallly 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* 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[14].

2.3.3.3 Jaringan Distribusi Tipe *Spindel*

Jaringan distribusi *spindel* seperti pada Gambar 2.5 merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok digunakan pada kota – kota besar.

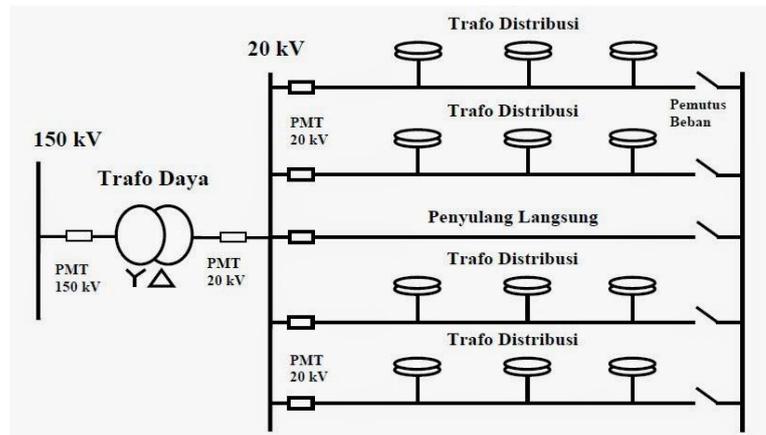
Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut :

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 pada seksi-seksi sisi gardu induk (GI) mendapat suplai dari GI, dan pada seksi-seksi gardu hubung mendapat suplai dari gardu hubung melalui saluran *express*.

Sistem jaringan distribusi *spindel* sangat cocok digunakan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan antara lain :

1. Peningkatan keandalan atau *kontinuitas* pelayanan sistem.
2. Menurunkan atau menekan rugi – rugi akibat gangguan.

3. Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi.
4. Perluasan jaringan mudah dilakukan.



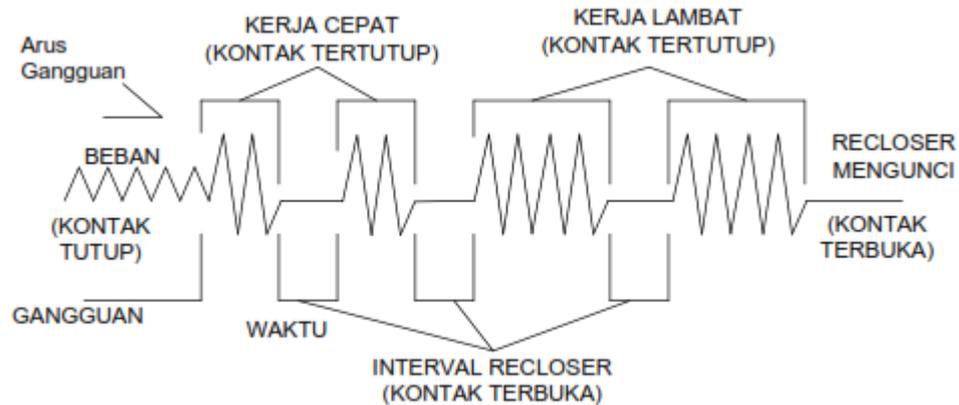
Gambar 2.5 Konfigurasi jaringan Spindel

2.4 Recloser

Recloser merupakan suatu peralatan proteksi yang berfungsi untuk meminimalisir area yang terkena dampak gangguan. *Recloser* bekerja untuk mengamankan jaringan dari gangguan hubung singkat baik gangguan antar fasa maupun gangguan fasa ke tanah. Sesuai dengan namanya *recloser* dapat menutup kembali (*re - close*) secara otomatis berdasarkan *setting* yang telah ditetapkan[15].

Pada dasarnya prinsip kerja *recloser* sama dengan pemutus daya (*circuit breaker*) namun dilengkapi dengan peralatan kontrol. Peralatan kontrol ini berfungsi untuk mengendalikan kerja *recloser*. *Recloser* bekerja secara otomatis membuka dan menutup kembali sesuai *setting* waktu yang ditentukan. Saat terjadi gangguan sementara *recloser* tidak akan membuka tetap (*lock out*) namun akan menutup kembali sampai gangguan itu hilang. Sedangkan saat terjadi gangguan

permanen setelah *recloser* membuka dan menutup kembali sebanyak *setting* yang telah ditentukan maka *recloser* akan membuka tetap (*lock out*).



Gambar 2.6 Bentuk buka tutup hingga *lock out* pada *recloser*

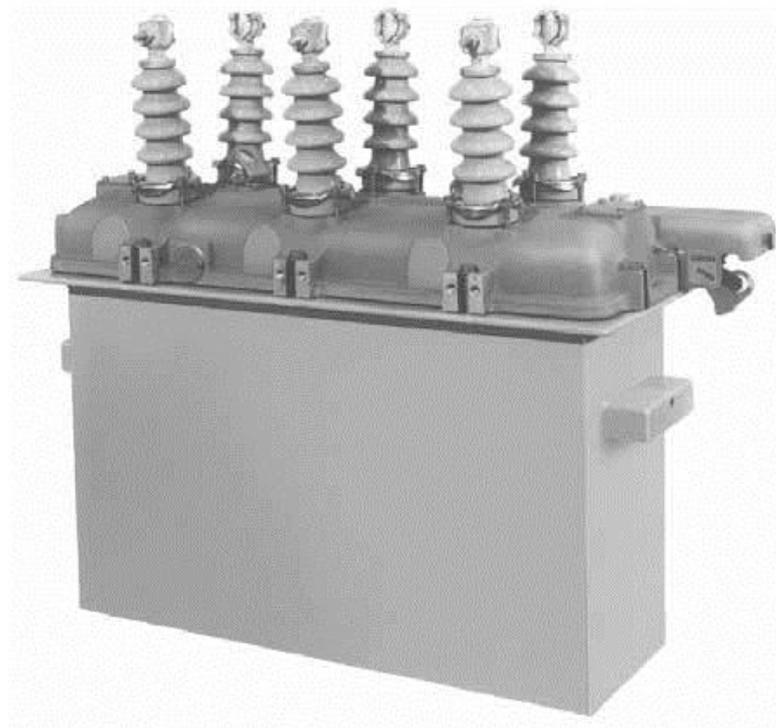
Pada gambar 2.6 dapat dilihat bahwa proses membuka dan menutup kembali pada *recloser* didasarkan pada waktu. Saat terjadi gangguan maka *recloser* akan trip kemudian setelah selang waktu tertentu *recloser* menutup kembali. Proses ini terus berulang jika gangguan masih terdeteksi sampai *recloser lock out*.

Pemakaian sebuah *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.

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[16].

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.

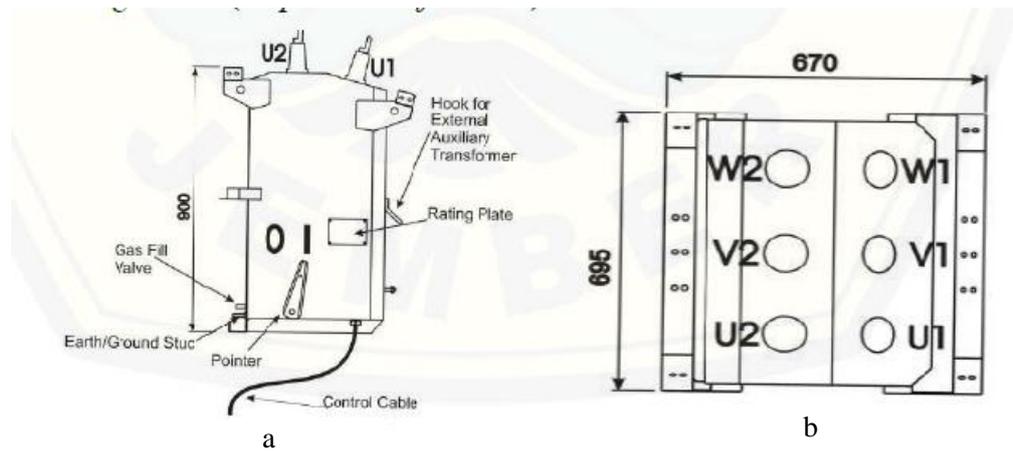
Jenis atau tipe *Recloser* yang digunakan di PT.PLN (Persero) Rayon Subulussalam seperti pada Gambar 2.7 adalah tipe *Recloser VWVE* merk *schneider N-Series* dengan arus pengaturan pemutusan sebesar 200% sampai 500% dari arus setting kumparan trip yang sebesar 100A.



Gambar 2.7 Recloser tipe VWVE

2.4.1 Bagian-bagian Dari Recloser

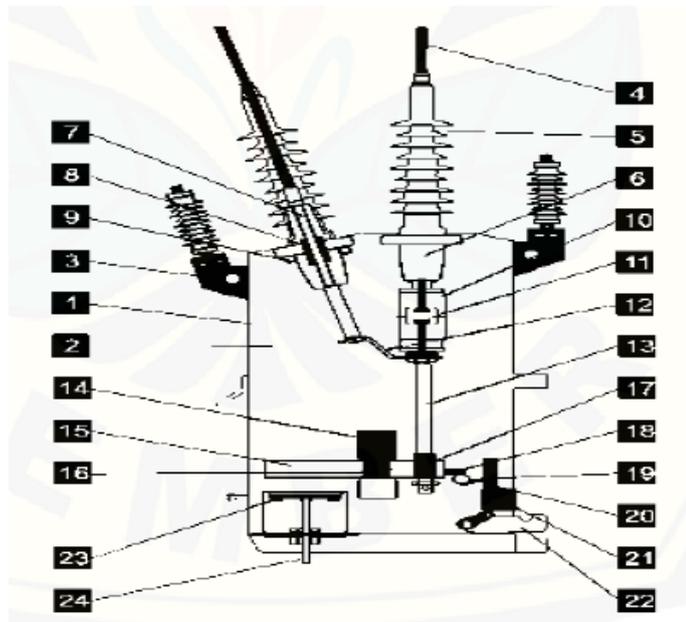
Bagian utama pada peralatan *recloser* adalah *bushing*, *manual trip*, *arreseter*, *ground stud*, dan peredam. Untuk *recloser* Schneider tipe *N-Series*, peredam *vakuu* diisi oleh gas SF₆ (*Sulphur Hexsflouride*).



Gambar 2.8 Konstruksi Recloser Schneider N-Series

(a)tampak dari luar (b)tampak dari atas

Bushing diidentifikasi U1, V1, dan W1 sebagai sumber, sedangkan sisi satunya U2, V2, dan W2 sebagai sisi beban.



Gambar 2.9 Bagian-bagian dalam dari Recloser Schneider N-Series

Keterangan gambar :

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Tangki | 13. Tongkat pendorong |
| 2. Gas isolasi SF 6 | 14. Tutup solenoida. |
| 3. Braket penangkal gelombang | 15. Pelat mekanisme |
| 4. Kabel HV | 16. Opening spring |
| 5. Bushing boot | 17. Contact spring |
| 6. Bushing | 18. Latch |
| 7. Konduktor pusat | 19. Trip bar |
| 8. Capacitive voltage Transformer (CVT) | 20. Trip bar armature |
| 9. Current Transformer (CT) | 21. Trip seleniod |
| 10. Vacuum interuptioner | 22. Manual trip lever |
| 11. Kontak | 23. SCEM |
| 12. Koneksi fleksibel | 24. Kabel kontrol |

2.4.2 Prinsip Kerja Recloser

Recloser hampir sama dengan *circuit breaker*, hanya *recloser* dapat *disetting* 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.

2.4.3 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 cepat kontak pada *recloser*.
3. Kontak *recloser* akan menutup kembali setelah beberapa detik, sesuai *setting* yang di tentukan. Tujuan memberi 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.

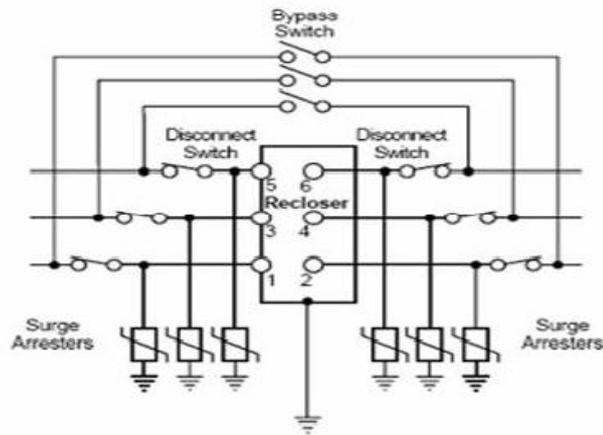
2.4.4 Konstruksi Jaringan Dalam Penempatan *Recloser* pada JTM

Berdasarkan buku pedoman standard konstruksi jaringan distribusi tahun 2008, pemasangan *recloser* 3 fasa tegangan 20 KV disertai dengan peralatan pendukung yang bertujuan agar *recloser* dapat bekerja secara handal dan mampu mem *back-up* kinerja *recloser* pada saat terjadi kerusakan pada *recloser* ataupun pada saat pemeliharaan *recloser*. Peralatan tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Air Break Switch* (ABSW)
2. *Disconnecting Switch* (DS)

3. *Grounding*
4. *Current/Potensial Transformer (CT/PT)*
5. *Control Box*

Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini :



Gambar 2.10 *Wiring pemasangan ABSW, DS, Recloser dan Surja Arestor*

Pada bagian atas dipasang ABSW yang berfungsi sebagai by pass, sehingga apabila dalam suatu kondisi tertentu recloser sedang dalam perbaikan, maka jaringan tetap akan continue karena bypass.

2.5 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[17]. 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.

Jaringan tegangan menengah mempunyai peranan yang sangat vital dalam menentukan tingkat keandalan penyaluran energi listrik. Karena jaringan yang baik dapat melokalisasi 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 sarana penyalur energi listrik mempunyai tingkat kontinuitas pelayanan berdasarkan jangka waktu mengoperasikan kembali saluran setelah mengalami gangguan.

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 otomatis penuh.

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 (λs), waktu pemadaman rata-rata (r), dan waktu pemadaman tahunan (us).

Tingkat keandalan suatu sistem distribusi ini dapat dihitung berdasarkan parameter keandalannya, yang sesuai dengan kondisi saat terjadi gangguan pada jaringan distribusi.

a) SAIDI (*System average Interruption Duration Index*)

System Average Interruption Duration Index merupakan indeks yang digunakan untuk menilai tingkat keandalan listrik dimana indeks ini menghitung rata – rata durasi pemadaman yang dirasakan per pelanggan dalam selang waktu tertentu. Indeks ini dihitung dengan menggunakan persamaan. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

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

N_i = jumlah pelanggan yang disuplai pada titik beban 'i'.

N = jumlah total beban pada satu sistem.

b) SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

System Average Interruption Frequency Index merupakan indeks yang digunakan untuk menilai tingkat keandalan listrik dimana indeks ini menghitung rata – rata jumlah pemadaman yang dirasakan per pelanggan dalam selang waktu tertentu.

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

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

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{\sum N} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

λ_i = indeks kegagalan rata – rata per tahun (*failure/year*).

N_i = jumlah pelanggan yang disuplai pada titik beban 'i'.

N = jumlah total beban pada satu sistem.

c) 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.

Secara sistematis dapat di tulisakan sebagai berikut :

$$\text{FITNESS} = \frac{1}{\text{SAIDI} \cdot \text{SAIFI}} \dots\dots\dots (2.3)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Jadwal Penelitian

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan di PT. PLN (Persero) Rayon Kota Subulussalam, Aceh. Penelitian mengenai Analisa Penempatan Recloser ini dilakukan selama 14 hari.

3.2 Data Penelitian Yang Dianalisa

Adapun data penelitian yang diperoleh didalam penulisan skripsi Optimasi Penempatan *Recloser* Terhadap Keandalan Pada Sistem Distribusi Di PT.PLN (Persero) Subulussalam, Aceh ialah pada tabel 3.1

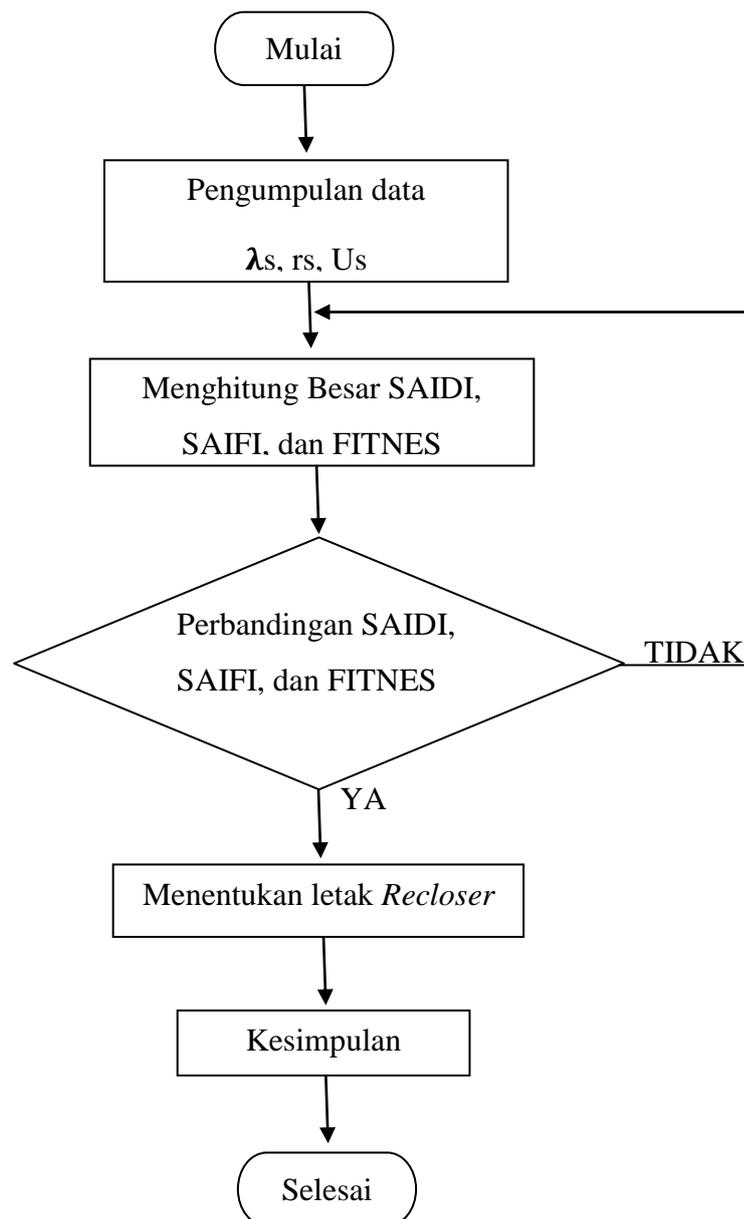
Adapun data penelitian di gardu jaringan pada masing masing trafo.

Tabel 3.1 Data Penelitian Pada Recloser.

No	Keterangan	Data Penelitian Pada Trafo	
		λ /Tahun	Ni (konsumen)
1	Pendopo Walikota	0,0073	133
2	Bank Mandiri	0,026	35
3	Depan Koramil Sp.Kiri	0,009	135
4	Double O	0,01	135
5	Indosat Depan Koramil	0,005	43
6	Depan R.M Azizah	0,0064	123
7	Depan Yamaha	0,0075	112
8	Depan Mesjid AT TAUBAH	0,0083	255
9	Depan Polantas	0,0063	130
10	Sp. SKPC	0,01	72
11	Depan TVRI (Lae Bersih)	0,0097	133
12	Lae Bersih	0,0075	75
13	Penuntungan	0,0093	77
14	Hotel Grand Mitra	0,0079	170
15	Simp SD Lae Bersih	0,0098	73
16	SMK Penanggalan	0,0087	71
17	Sosor	0,0096	210

18	SPBU Kasman	0,0078	130
19	Kantor PLN	0,0063	98
20	Perumahan Griya Bidadari	0,0083	132
Jumlah			2.347
Rata-rata lama waktu padam (U_i / tahun)			5 Jam

3.3 Bagan Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Menentukan Optimasi Penempatan Recloser harus mengetahui nilai SAIDI, SAIFI, dan FITNES perhitungan dilakukan menggunakan persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3 :

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{\sum N}$$

$$FITNES = \frac{1}{SAIDI \times SAIFI}$$

1. Analisa pada masing-masing trafo

a) Pada Trafo Pendopo Walikota (100 KVA 3 Phasa)

$$SAIDI = \frac{5 \times 133}{2347}$$

$$= 0,283 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$SAIFI = \frac{0,0073 \times 133}{2347}$$

$$= 0,00041 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$FITNES = \frac{1}{0,283 \times 0,00041}$$

$$= 8620,689$$

b) Pada Trafo Bank Mandiri (25 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 35}{2347}$$

$$= 0,074 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,026 \times 35}{2347}$$

$$= 0,00038 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,074 \times 0,00038}$$

$$= 35714,285$$

c) Pada Trafo Depan Koramil Sp kiri (100 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 135}{2347}$$

$$= 0,287 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,009 \times 135}{2347}$$

$$= 0,000517 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,287 \times 0,000517}$$

$$= 746268,657$$

d) Pada Trafo Double O (100 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 135}{2347}$$

$$= 0,287 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,01 \times 135}{2347}$$

$$= 0,000575 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,287 \times 0,000575}$$

$$= 6059,687$$

e) Trafo Pada Indosat Depan Koramil (25 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 43}{2347}$$

$$= 0,091 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,005 \times 43}{2347}$$

$$= 0,0000916 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,091 \times 0,0000916}$$

$$= 119967,368$$

f) Pada Trafo Depan RM. Azizah (100 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 123}{2347}$$

$$= 0,262 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0064 \times 123}{2347}$$

$$= 0,000335 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,262 \times 0,000335}$$

$$= 11393,414$$

g) Trafo Pada Depan Yamaha (100 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 112}{2347}$$

$$= 0,238 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0075 \times 112}{2347}$$

$$= 0,000357 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,238 \times 0,000357}$$

$$= 11769,413$$

h) Trafo Pada Depan Mesjid AT-TAUBAH (200 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 255}{2347}$$

$$= 0,543 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0083 \times 255}{2347}$$

$$= 0,000901 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,543 \times 0,000901}$$

$$= 2043,974$$

i) Trafo Pada Depan Polantas (100 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 130}{2347}$$

$$= 0,276 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0063 \times 130}{2347}$$

$$= 0,000348 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,276 \times 0,000348}$$

$$= 1041,146$$

j) Pada Trafo Sp. SKPC (50 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 72}{2347}$$

$$= 0,153 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,01 \times 72}{2347}$$

$$= 0,000306 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\begin{aligned} \text{FITNES} &= \frac{1}{0,153 \times 0,000306} \\ &= 21359,306 \end{aligned}$$

k) Pada Trafo Depan TVRI Lae Bersih (100 KVA 3 Phasa)

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{5 \times 133}{2347} \\ &= 0,283 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= \frac{0,0097 \times 133}{2347} \\ &= 0,000549 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FITNES} &= \frac{1}{0,283 \times 0,000549} \\ &= 6436,373 \end{aligned}$$

l) Pada Trafo Lae Bersih (50 KVA 3 Phasa)

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \frac{5 \times 75}{2347} \\ &= 0,159 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= \frac{0,0075 \times 75}{2347} \\ &= 0,000239 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FITNES} &= \frac{1}{0,159 \times 0,000239} \end{aligned}$$

$$= 26315,096$$

m) Pada Trafo Penuntungan (50 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 77}{2347}$$

$$= 0,164 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0093 \times 77}{2347}$$

$$= 0,000305 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,164 \times 0,000305}$$

$$= 19992,003$$

n) Pada Trafo Hotel Grand Mitra (400 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 170}{2347}$$

$$= 0,362 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0079 \times 170}{2347}$$

$$= 0,000572 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,362 \times 0,000572}$$

$$= 4829,424$$

o) Pada Trafo Simp. SD Lae Bersih (50 KVA 3 Phasa)

$$\begin{aligned}\text{SAIDI} &= \frac{5 \times 73}{2347} \\ &= 0,155 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SAIFI} &= \frac{0,0098 \times 73}{2347} \\ &= 0,000304 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FITNES} &= \frac{1}{0,155 \times 0,000304} \\ &= 21222,410\end{aligned}$$

p) Pada Trafo SMK Penanggalan (25 KVA 3 Phasa)

$$\begin{aligned}\text{SAIDI} &= \frac{5 \times 71}{2347} \\ &= 0,151 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SAIFI} &= \frac{0,0087 \times 71}{2347} \\ &= 0,000263 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FITNES} &= \frac{1}{0,151 \times 0,000263} \\ &= 25180,671\end{aligned}$$

q) Pada Trafo Sosor (50 KVA 3 Phasa)

$$\begin{aligned}\text{SAIDI} &= \frac{5 \times 210}{2347} \\ &= 0,447 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SAIFI} &= \frac{0,0096 \times 210}{2347} \\ &= 0,000858 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FITNES} &= \frac{1}{0,447 \times 0,000858} \\ &= 2607,385\end{aligned}$$

r) Pada Trafo SPBU Kasman (100KVA 3 Phasa)

$$\begin{aligned}\text{SAIDI} &= \frac{5 \times 130}{2347} \\ &= 0,276 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SAIFI} &= \frac{0,0078 \times 130}{2347} \\ &= 0,000432 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FITNES} &= \frac{1}{0,276 \times 0,000432} \\ &= 8387,010\end{aligned}$$

s) Pada Trafo Kantor PLN (100KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 98}{2347}$$

$$= 0,208 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0063 \times 98}{2347}$$

$$= 0,000263 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,208 \times 0,000263}$$

$$= 18280,198$$

t) Pada Trafo Perumahan Griya Bidadari (50 KVA 3 Phasa)

$$\text{SAIDI} = \frac{5 \times 132}{2347}$$

$$= 0,281 \text{ Jam/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{0,0083 \times 132}{2347}$$

$$= 0,000466 \text{ Kali/Tahun/Pelanggan}$$

$$\text{FITNES} = \frac{1}{0,281 \times 0,000466}$$

$$= 7636,735$$

4.2 Analisa Perbandingan nilai SAIDI, SAIFI dan FITNES

Dari data diatas, kita dapat membandingkan nilai SAIDI, SAIFI, dan FITNES, yang akan digunakan untuk menentukan titik penempatan Recloser yang optimal

Tabel 4.1 Perbandingan Nilai SAIDI, SAIFI, dan FITNES Pada Trafo

No	Section (Posisi)	SAIDI (jam/tahun/pelanggan)	SAIFI (kali/tahun/pelanggan)	FITNES
1	Pendopo Walikota	0,283	0,00041	8620,689
2	Bank Mandiri	0,074	0,0038	35714,285
3	Depan Koramil Sp.Kiri	0,287	0,000517	746268,657
4	Double O	0,287	0,000575	6059,687
5	Indosat Depan Koramil	0,091	0,0000916	119967,368
6	Depan R.M Azizah	0,262	0,000335	11393,414
7	Depan Yamaha	0,238	0,000357	11769,413
8	Depan Mesjid At TAUBAH	0,543	0,000901	2043,974
9	Depan Polantas	0,276	0,000348	1041,146
10	Sp. SKPC	0,153	0,000306	21359,306
11	TVRI (Lae Bersih)	0,283	0,000549	6436,373
12	Lae Bersih	0,159	0,000239	26315,096
13	Penuntungan	0,164	0,000305	19992,003
14	Hotel Grand Mitra	0,362	0,000572	4829,424
15	Simp SD Lae Bersih	0,155	0,000304	21222,410
16	SMK Penanggalan	0,151	0,000263	25180,671
17	Sosor	0,447	0,000858	2607,385
18	SPBU Kasman	0,276	0,000432	8387,010
19	Kantor PLN	0,208	0,000263	18280,198
20	Perumahan Griya Bidadari	0,281	0,000466	7636,735

4.3 Analisa Penentuan Letak Recloser

Dalam menentukan penempatan recloser dapat dilihat melalui perbandingan SAIDI, SAIFI, dan FITNES dari masing-masing *section* (posisi). Letak penempatan *recloser* yang optimal diambil dari nilai SAIDI dan SAIFI terkecil, atau nilai FITNES terbesar. (Asep Rahmatul Iklas dkk, 2017)

Oleh sebab itu disini penulis menentukan letak *recloser* di ambil dari FITNES terbesar yaitu pada posisi trafo di Depan Koramil Sp Kiri dengan nilai FITNES (746268,657), SAIDI (0,287), dan SAIFI (0,000517)

4.4 Kerja Recloser Saat Terjadi Gangguan

1. Kondisi normal *Switch* S menutup. Bila terjadi gangguan fasa tanah maka relai akan bekerja dan memberikan perintah *trip* ke PMT. Pada saat itu juga *recloser* mulai bekerja (saat mendapat tegangan positif dari relai), elemen yang start adalah elemen dead time (DT) dan block time (BT).
2. Setelah beberapa waktu (sesuai *setting*) elemen dead time menutup kontaknya dan memberi perintah PMT untuk masuk (reclose), bersamaan itu juga meng*energise* elemen block time.
3. Elemen block time ini segera membuka rangkaian closing coil PMT sehingga PMT tidak akan bisa reclose lagi.
4. Setelah waktu elemen block time terlampaui sesuai *settingnya* maka elemen block time akan reset kembali. Selanjutnya *recloser* siap kembali untuk melakukan reclose PMT bila terjadi gangguan baru. Secara umum setelan dead time adalah 1 detik dan block time adalah 40 detik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka dapat di simpulkan bahwa:

1. Penempatan recloser yang optimal pada PK. Penanggalan di lakukan pada posisi trafo Depan Koramil Sp Kiri dengan nilai SAIDI (0,287), dan SAIFI (0,000517) dan nilai FITNES (746268,657).
2. Optimasi penempatan recloser dengan analisa menghitung SAIDI, SAIFI, dan FITNES dapat menghasilkan beberapa solusi terbaik pada jaringan distribusi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapat, dengan menggunakan perhitungan perbandingan SAIDI,SAIFI, dan FITNES, maka disarankan kepada PT. PLN (Persero) Rayon Subulussalam, untuk penempatan recloser pada PK. Penanggalan di tempatkan pada posisi trafo depan koramil Sp Kiri, di jaringan distribusi 20 kV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. J. Hontong, M. T. ST. MT., and L. S. P. ST. MT., “Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan,” *E-jurnal Tek. elektro*, 2015.
- [2] T. H. A. Bintoro, Berahim Hamzah, “PENGARUH KERJA RECLOSER PADA DISTRIBUSI TEGANGAN TRANSIEN RUMAH TANGGA,” *Transient, pensakelaran, recloser,EMTP*, vol. 11, pp. 147–160, 2012.
- [3] A. Tanjung, “Analisis Sistem Distribusi 20 kV Untuk Memperbaiki Kinerja Dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analisis Program,” *J. Tek. Elektro*, 2012.
- [4] H. P. Wicaksono, S. Hernananda, and O. Panangsang, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique,” *J. Tek. ITS*, 2012, doi: 10.12962/j23373539.v1i1.860.
- [5] M. S. I Nengah Sunaya, I Gede Suputra Widharma, “ANALISIS POSISI RECLOSER TERHADAP KEANDALAN KINERJA PENYULANG SEMPIDI BERBASISKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION.” .
- [6] D. Y. S. Syahrul Ramadhan Indra, “Kajian Penempatan Recloser Pada Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Algoritma Genetika Berdasarkan Keandalan Maksimum,” *Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, p. 10, 2016, doi: 10.5151/cidi2017-060.
- [7] T. Febrian, L. Lambang, and A. Warsito, “Untuk Meminimalisir Nilai Saifi Dan Saidi Pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang Srl-02 Menggunakan Artificial Bee Colony Algorithm,” pp. 2–7, 2017.
- [8] A. R. Iklas, U. Situmeang, P. Studi, T. Elektro, and F. Teknik, “STUDI PENEMPATAN RECLOSER PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG 12 KUALA PT. PLN (PERSERO) RAYON PANAM,” *Kv Di Penyulang 12 Kualu Pt . Pln (Persero) Rayon*, no. Teknik elektro, 2017.

- [9] A. T. Prabowo, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kV pada Penyulang Pekalongan 8 dan 11," *Transient*, 2013.
- [10] N. Y. Irawan, A. A. N. Amrita, and W. Setiawan, "Optimasi Penempatan Recloser untuk Meningkatkan Keandalan Menggunakan Metode Virus Evolutionary Genetic Algorithm (VEGA)," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i02.p03.
- [11] A. Bayu, "Optimisasi Penempatan Recloser pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang PDP-03 Menggunakan Ant Colony Optimization (ACO)," *TRANSIENT*, 2017.
- [12] D. Suswanto, *Analisis Gangguan Pada Jaringan Distribusi*. 2010.
- [13] R. Syahputra, "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik," *LP3M UMY, Yogyakarta*, 2017.
- [14] I. W. S. Nindiyubudoyo, "PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK," in *Garamound*, 2012.
- [15] L. F. F. De Gutierrez, L. Mariotto, G. Cardoso, and F. Loose, "Recloser-fuse coordination protection for inverter-based distributed generation systems," in *Proceedings of the Universities Power Engineering Conference*, 2015, doi: 10.1109/UPEC.2015.7339778.
- [16] "ANALISA KOORDINASI OCR - RECLOSER PENYULANG KALIWUNGU 03," 2006, doi: 10.12777/transmisi.8.1.15-21.
- [17] A. Fatoni, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)," *J. Tek. ITS*, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16150.



UMSU
Kendal | Cerdas | Terpercaya
Istilah surat ini agar disebutkan
tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 4059/AU/UMSU-07/F/2018

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Elektro Tanggal 26 Desember 2018 dengan ini Menetapkan :

Nama : **DONI ARIADI PUTRA HASUGIAN**
Npm : 1407220056
Program Study : **TEHNIK Elektro**
Semester : **1X (Sembilan)**
Tugas Akhir : **OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER TERHADAP KEANDALAN
PADA SISTEM DISTRIBUSI DI PLN (PERSERO) SUBULUSSALAM**
Pembimbing 1 : **IR. ZUL ASRIL**
Pembimbing 11 : **ELVI SAHNUR ST. MPd.**

Dengan Demikian **diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :**

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Elektro
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dn tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.



Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 18 Rabiul Akhir 1440 H
26 Desember 2018 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202

Cc. File



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
 FAKULTAS TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
 Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

LEMBARAN ASISTENSI

Nama : DONI ARIADI PUTRA HASUGIAN
 Npm : 1407220056
 Judul Tugas Akhir : OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER TERHADAP KEANDALAN
 PADA SISTEM DISTRIBUSI DI PT.PLN (PERSERO)
 SUBULUSSALAM, ACEH

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	11 Oktober 2019	- Rumusan Masalah	f
2	19 Oktober 2019	- Penulisan sesuai dengan keoman skripsi.	f
3	29 Oktober 2019	- tambahkan penelitian yg relevan	f
4	5 November 2019	- Perbaiki rumus	f
5	10 November 2019	- Pahami rumus SAI/SATFI	f
6	23 November 2019	- Perbaiki tujuan	f
7	3 Desember 2019	- tambahkan rumusan masalah - Ace	f

Pembimbing II

Ely Sahnur ST.MPd



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

LEMBARAN ASISTENSI

Nama : DONI ARIADI PUTRA HASUGIAN

Npm : 1407220056

Judul Tugas Akhir : OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER TERHADAP KEANDALAN
PADA SISTEM DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO)
SUBULUSSALAM, ACEH

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	12 Desember 2019	-Pemeriksaan abstrak pembahasan lengkap	<u>ZI</u>
2	19 Desember 2019	-Pemeriksaan bab II dilempahi & diper- baiki	<u>ZI</u>
3	28 Desember 2019	-Pemeriksaan bab III diperbaiki	
4	10 Januari 2020	-Pemeriksaan bab IV keompulan <u>AC</u>	<u>ZI</u>
5	23 Januari 2020	-Dapat mengikuti Seminar	<u>ZI</u>

Pembimbing I

Ir. Zul Arsil Siregar