

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada zaman sekarang ini perkembangan teknologi semakin meningkat terutama pada bidang kelistrikan. Dapat dilihat dari salah satu perkembangan teknologi dalam mengantisipasi suatu gangguan jaringan distribusi PT PLN (Persero) ULP Siborongborong. Dalam hal ini dikarenakan di daerah Siborongborong sering terjadi gangguan di SUTM, maka digunakan pengaman arus lebih pada sistem distribusi di sisi tegangan menengah yaitu dengan menggunakan *recloser*. Penggunaan *recloser* ini akan sangat membantu dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi.

Recloser merupakan suatu peralatan pengaman yang dapat mendeteksi arus lebih karena hubung singkat antara fasa dengan fasa dan fasa dengan tanah, dimana *recloser* ini memutus arus dan menutup kembali secara otomatis dengan selang waktu yang dapat diatur misal dengan pengaturan interval reclose 1 sampai 5 detik dan setting interval *recloser* 2 sampai 10 detik dan pada trip ketiga *recloser* akan membuka tetap dengan sendirinya karena gangguan itu bersifat permanen. Peralatan itu digunakan sebagai pelindung saluran distribusi SUTM 20 kV yang berfungsi untuk mengantisipasi gangguan sesaat sehingga pemadaman listrik dapat diantisipasi dan mempunyai peranan penting dalam perlindungan sistem daya karena saluran distribusi karena elemen vital suatu jala-jala, yang menghujungkan gardu kepusat pusat beban. Dengan memanfaatkan teknologi ini PT PLN (Persero) ULP Siborongborong dan kepercayaan pelanggan akan semakin meningkat.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan pada penulisan ini adalah bagaimana mengetahui dan menganalisa penggunaan PBO/*Recloser* sebagai pengaman arus lebih karena adanya hubung-singkat antara fasa dengan fasa dan fasa dengan tanah.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan ini penulis membatasi pembahasan dan permasalahan hanya di penyulang 20 kV di PT PLN (Persero) serta akan membahas sistem kelistrikan yang digunakan membuat analisa bahasan pada penyulang 20 kV.

1.4. Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui penggunaan PBO/*Recloser* yang terpasang di penyulang 20 kV sebagai peralatan pengaman jaringan dari adanya arus hubung singkat, sehingga pelanggan dapat menikmati keberadaan listrik dengan nyaman serta salah satu cara peningkatan pelayanan bagi pelanggan.

1.5. Kontribusi Tugas Akhir

Dengan adanya penelitian ini dapat diketahui tentang penggunaan *Recloser* pada SUTM 20 kV dan hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi yang penting bagi pihak PLN untuk dapat mengantisipasi terjadinya arus lebih akibat adanya hubung singkat.

1.6. Metodologi Penulisan

Metode penulisan yang dilakukan adalah dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur ialah pendekatan penelitian yang dilakukan dengan cara mencari referensi atas landasan teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut dapat dicari dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian dan situs situs online di internet. Output yang dihasilkan dari studi literatur ialah terkoleksinya referensi yang relevan dengan rumusan masalah.

2. Observasi Lapangan

Melakukan observasi lapangan, dengan pengamatan secara langsung mengumpulkan data yang diperoleh melalui pencarian informasi yang ditinjau oleh penulis, sehingga penulis memperoleh gambaran yang jelas mengenai keadaan yang ada dilapangan.

3. Pengolahan Data dan Penulisan Laporan

Penulisan laporan disusun sesuai data yang diperoleh secara langsung dan dengan menggunakan rumus yang berkaitan dengan permasalahan, sehingga menjadi laporan penelitian yang dapat menggambarkan penelitian secara utuh.

1.7. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam pemahaman tugas akhir ini, maka diuraikan penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah batasan masalah, tujuan penulisan metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang teori yang menunjang penulisan seperti sistem jaringan tegangan menengah dan gangguannya serta pengetahuan dan prinsip kerja dari *recloser*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode penelitian, alat pengaman *recloser* yang digunakan dalam suatu jaringan distribusi

BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang data penelitian dan pembahasan dan hasil perhiungan yang diambil dari hasil penelitian.

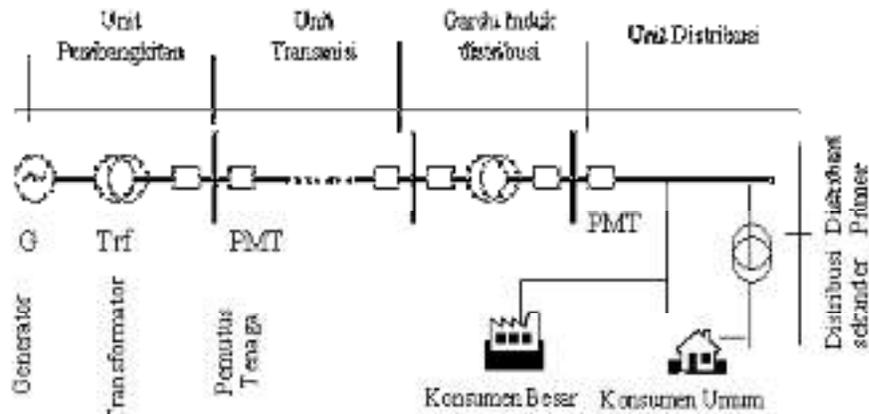
BAB V PENUTUP

Menjelaskan tentang kesimpulan penulisan tugas akhir, dan saran.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Jaringan dan Gangguan Distribusi

Sistem tenaga listrik adalah semua instalasi dan peralatan yang disediakan untuk tujuan penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik, dengan demikian sistem distribusi termasuk salah satu sistem tenaga listrik. Sedangkan pengertian dari distribusi tenaga listrik adalah semua bagian dari tenaga listrik yang terletak antara sumber tenaga listrik dengan konsumen. Sumber tenaga listrik ini dapat berupa pembangkit tenaga listrik kecil ataupun besar dan melalui gardu induk yang diberi tenaga listrik dari jaringan transmisi/subtransmisi. Jadi fungsi distribusi adalah menerima tenaga listrik dari sumber sumber tenaga listrik dan mendistribusikannya ke konsumen pada tegangan tertentu dan dengan kontinyu sehingga dapat diterima berbagai macam konsumen. Pada gambar 2.1 dapat dilihat diagram garis tunggal sistem tenaga listrik.



Gambar 2.1. Diagram Garis Tunggal Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan tenaga listrik adalah sarana untuk menyalurkan tenaga listrik sampai ke konsumen. Jaringan ini ada yang melalui udara yang bisa disebut penghantar udara/saluran udara dan ada pula yang melalui saluran bawah tanah yang bisa disebut penghantar kabel tanah.

Besarnya penampang penghantar berpengaruh terhadap parameter jaringan antara lain: rugi tegangan, rugi daya dan lain sebagainya. Dalam penggunaan dan

macam dari penghantar mana yang dipilih tergantung dari biaya, lingkungan, estetika dan lain-lain. Hal ini dikarenakan baik tidaknya jaringan tenaga listrik akan menimbulkan permasalahan dalam keandalan kontinuitas penyaluran.

2.2.Sistem Jaringan Tegangan Menengah

Saluran tegangan menengah yaitu saluran yang dimulai dari sisi sekunder trafo tenaga pada gardu induk sampai sisi primer trafo tenaga pada gardu induk sampai sisi primer trafo pada gardu distribusi. Tegangan nominal yang dipakai pada umumnya : 6 kV, 7 kV, 12 kV dan 20 kV.

Hantaran yang digunakan pada Jaringan Tegangan Menengah dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Jaringan hantaran udara yang dapat menggunakan kawat terbuka atau kabel udara. Ini juga disebut Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).
2. Jaringan hantaran bawah tanah yang hanya menggunakan kabel yang bisa disebut Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM).

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dipakai pada daerah pedesaan dan pinggiran kota dengan gardu distribusi cantol, portal beton. Pada daerah perkotaan dipakai sistem Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dengan menggunakan gardu distribusi beton, portal dan kios.

Perbedaan antara kedua macam jaringan tersebut secara umum dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1. Perbedaan antara Jaringan Udara dengan Bawah Tanah

No.	Perihal	Jaringan Udara	Jaringan Bawah Tanah
1	Biaya investasi	Murah	Lebih mahal
2	Perluasan system	Cepat, mudah	Lebih sulit
3	Pengoperasian	Mudah	Lebih sulit
4	Pemeliharaan	Mudah	Kabelnya praktis
5	Perbaikan	Mudah	Kabelnya praktis
6	Gangguan	Lebih banyak 30-40 % per tahun	Sedikit 10-12% per tahun

7	Dampak lingkungan	Besar	Kecil
8	Keamanan lingkungan	Rawan	Aman
9	Estetika	Kurang baik	Baik

2.3. Gangguan Jaringan Tegangan Menengah

Dalam sistem distribusi pada tegangan menengah bila gangguan terjadi berlangsung lama maka akan muncul pengaruh berikut:

1. Batas-batas keseimbangan untuk sistem itu
2. Berkurangnya rusaknya peralatan didekat gangguan tersebut akibat arus yang besar dan tegangan yang besar akibat hubung singkat.
3. Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu hubung-singkat dan mungkin menimbulkan kebakaran peralatan-peralatan lainnya.
4. Terpecahnya keseluruhan pelayan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem-sistem pengamanan yang diambil berbeda-beda.

Macam-macam Gangguan pada Saluran Distribusi

Berdasarkan penyebabnya, jenis gangguan dapat dibagi 3 kategori yaitu:

1. Gangguan akibat hubung-singkat termasuk hubung singkat satu atau dua fasa ke tanah atau ground, hubu
2. Hubung singkat antara dua fasa atau hubung singkat 3 fasa dengan tanah.
3. Gangguan akibat putusnya kawat penghantar (*open circuit*) dapat terjadi pada penghantar satu fasa dan tiga fasa. Dari gangguan ini menimbulkan:
 - a. Kontinuitas penyaluran daya terputus
 - b. Penurunan tegangan yang cukup besar dapat menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik.
 - c. Peralatan yang terdapat pada tempat terjadinya gangguan akan rusak.
 - d. Lamanya waktu gangguan

- Gangguan yang bersifat temporer yang dapat hilang dengan sendirinya atau memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya kemudian menutup balik secara manual ataupun secara otomatis, gangguan ini tidak dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan di SUTM. Gangguan yang bersifat temporer jika tidak dapat diperbaiki dengan segera dapat berubah menjadi gangguan yang permanen.
- Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskan gangguan diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan gangguan tersebut sehingga menyebabkan pemutusan tetap.
- Gangguan akibat tegangan lebih termasuk gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi, mengakibatkan tembusnya isolasi pada peralatan proteksi yang mampu merusak peralatan.

Berdasarkan penyebabnya maka gangguan tegangan lebih ini dapat dikelompokkan atas dua hal:

- Tegangan lebih power frekuensi
Pada sistem distribusi hal ini biasanya disebabkan oleh kesalahan pada AVR atau pengatur tap pada trafo distribusi.
- Tegangan lebih surja
Gangguan ini biasanya disebabkan surja hubung/surja petir.

Sebab-sebab Terjadinya Gangguan

- 1) Surja petir atau surja hubung sering menyebabkan gangguan pada sistem tegangan tinggi sampai 150 – 500 kV. Sedangkan pada sistem dibawah 20 kV yang menjadi penyebab utama adalah surja hubung.
- 2) Hewan burung, jika burung dekat pada isolator gantung dari saluran transmisi. Maka *clearance* (jarak aman) menjadi berkurang sehingga ada kemungkinan terjadi loncatan api.
- 3) Polusi karena debu-debu yang menempel pada isolator merupakan konduktor yang bisa menyebabkan terjadinya loncatan bunga api.
- 4) Pohon yang tumbuh dekat saluran transmisi.

- 5) Retak-retak pada isolator yang mengakibatkan secara mekanis apabila ada petir yang menyambar akan tembus (*breakdown*) pada isolator.

Pencegahan Gangguan

Sistem tenaga listrik dikatakan baik apabila dapat menyalurkan tenaga listrik ke konsumen dengan tingkat kehandalan yang tinggi. Keandalan disini meliputi kelangsungan dan stabilitas penyaluran sistem tenaga listrik. Pemadaman listrik sering terjadi akibat gangguan yang tidak dapat diatasi oleh sistem pengamannya. Keandalan ini sangat mempengaruhi kelangsungan penyaluran tenaga listrik. Naik turunnya kondisi tegangan dan bisa merusak peralatan listrik.

Sebagaimana dijelaskan di depan ada beberapa jenis gangguan pada saluran tenaga listrik yang memang tidak semuanya dapat dihindarkan. Untuk itu perlu dicari upaya pencegahan agar bisa memperkecil kerusakan pada peralatan listrik, terutama pada manusia akibat adanya gangguan.

Pencegahan gangguan pada sistem tenaga listrik bisa dikategorikan menjadi dua langkah sebagai berikut:

1. Usaha memperkecil terjadinya gangguan dengan cara sebagai berikut:
 - a) Membuat isolasi yang baik untuk semua peralatan.
 - b) Membuat koordinasi isolasi yang baik antara ketahanan isolasi peralatan dan penangkal (*arrester*).
 - c) Memasang kawat tanah pada SUTT dan GI untuk melindungi terhadap sambaran petir.
 - d) Memasang *lightning arrester* (penangkal petir) untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat sambaran petir.
 - e) Memakai kawat tanah dan membuat tahanan tanah sekecil mungkin pada kaki menara serta selalu mengadakan pengecekan.
 - f) Membuat perencanaan yang baik untuk mengurangi pengaruh luar mekanis dan mengurangi atau menghindarkan sebab-sebab gangguan karena binatang, polusi, kontaminasi dan lain-lain.

- Pemasangan yang baik artinya pada saat pemasangan harus mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku.
- Menghindarkan kemungkinan kesalahan operasi. Yaitu dengan membuat prosedur tata cara operasional dan membuat jadwal pemeliharaan yang rutin.

2. Usaha mengurangi kerusakan akibat gangguan

Beberapa cara untuk mengurangi kerusakan akibat gangguan:

- a) Mengurangi akibat gangguan misalnya dengan membatasi arus hubung singkat caranya dengan menghindari konsentrasi pembangkitan atau dengan memakai pembatas arus, pemasangan tahanan atau reaktansi untuk sistem pentanahannya sehingga arus gangguan satu fasa terbatas pemakaian peralatan yang tahan atau handal terhadap terjadinya arus hubung singkat.
- b) Secepatnya memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan memakai pengaman lebur atau relay pengaman pemutus beban dengan kapasitas pemutusan yang memadai.
- c) Merencanakan agar bagian sistem yang terganggu bila harus dipisahkan dari sistem tidak akan mengganggu operasi sistem secara keseluruhan atau penyaluran tenaga listrik ke konsumen tidak terganggu. Hal ini dapat dilakukan misal dengan:
 - Memakai saluran ganda atau saluran yang membentuk lingkaran.
 - Memakai penutup balik otomatis.
 - Memakai generator cadangan
- d) Mempertahankan stabilitas sistem selama terjadinya gangguan, yaitu dengan memakai pengatur tegangan otomatis yang cepat dan karakteristik kestabilan generator yang memadai
- e) Membuat data pengamatan gangguan sistematis dan efektif, misalnya dengan alat pencatat gangguan untuk mengambil langkah-langkah lebih lanjut.

2.4.Sistem Pengamanan

1. Pengertian pengaman sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman pada peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, busbar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi abnormal operasi sistem tenaga listrik tersebut.
2. Fungsi pengaman, kegunaan pengaman tenaga listrik antara lain:
 - a) Mencegah kerusakan peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal
 - b) Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas
 - c) Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi pada konsumen.
 - d) Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan.
3. Daerah – daerah perlindungan pengaman proteksi

Batas setiap daerah menentukan bagian sistem daya sedemikian rupa sehingga untuk gangguan yang terjadi di dalam daerah tersebut, sistem proteksi yang bertanggungjawab akan bertindak semua gangguan yang berada di daerah itu untuk seluruh bagian yang lain dari sistem, karena pemisah (pemutus daya = de-energization) dalam keadaan terganggu tadi dilakukan oleh pemutus rangkaian, jelas bahwa pada setiap titik hubung antara peralatan di daerah itu dengan bagian lainnya dari sistem harus menyisipkan pemutus rangkaian.

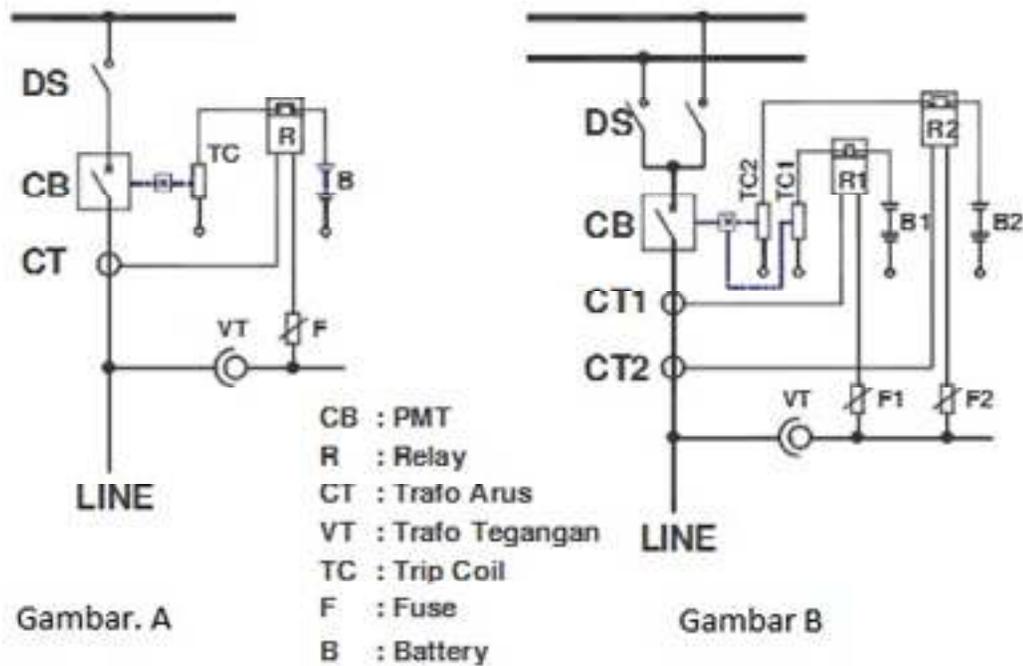
Pada saat gangguan atau ketidaknormalan pada sistem tenaga listrik, misal adanya arus lebih, tegangan lebih dan sebagainya maka perlu diambil suatu tindakan untuk mengatasi kondisi gangguan tersebut. Jika dibiarkan gangguan itu akan meluas keseluruh sistem sehingga bisa merusak semua peralatan sistem tenaga listrik yang ada. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sistem pengaman dan peralatan–peralatan yang andal. Pengaman pada sistem tenaga listrik pada dasarnya terdiri atas pemutus tenaga (PMT) atau *circuit breaker* (CB) mengakibatkan arus beban yang kecil tetapi arus

gangguan yang besar atau tegangan yang terjadi abnormal, operasinya dikendalikan oleh relay. Rusaknya peralatan mengakibatkan gangguan pada sistem daya, proses peniadaan hubung-singkat dilaksanakan secara otomatis menggunakan relay yang disetting tanpa campur tangan manusia. Daerah perlindungan pengaman (proteksi).

Relay Pengaman

Pada saat terjadi gangguan atau ketidaknormalan pada sistem tenaga listrik misalnya ada arus lebih, tegangan lebih atau sebagainya maka perlu diambil suatu tindakan untuk mengatasi kondisi gangguan tersebut. Jika dibiarkan, gangguan itu akan meluas sehingga bisa merusak seluruh peralatan sistem tenaga listrik yang ada. Untuk mengatasi hal itu, mutlak diperlukan sistem pengaman yang andal.

Salah satu komponen yang penting untuk pengaman tenaga listrik adalah relay. Relay pengaman (proteksi) tenaga listrik adalah suatu piranti baik elektronik ataupun magnetik yang direncanakan untuk mendeteksi suatu kondisi ketidaknormalan. Pada peralatan listrik yang bisa membahayakan atau tidak diinginkan. Jika bahaya itu muncul maka relay pengaman secara otomatis memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga agar bagian terganggu dapat dipisahkan dengan sistem yang normal. Relay pengaman dapat mengetahui adanya gangguan pada peralatan yang perlu diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fasa, frekuensi dan lain sebagainya sesuai dengan besaran yang ditentukan. Alat tersebut akan mengambil keputusan seketika dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga atau hanya memberikan tanda tanpa membuka pemutus tenaga. Pemutus tenaga dalam hal ini harus mempunyai kemampuan untuk memutus arus hubung-singkat maksimum yang melewatinya dan harus mampu menutup rangkaian dalam keadaan hubung-singkat dan kemudian membuka kembali.



Gambar 2.2. Diagram Relay secara Umum

Fungsi Relay

Pada prinsipnya relay mempunyai tiga macam fungsi, yaitu:

1. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya.
2. Mengurangi gangguan kerusakan lebih parah dari peralatan terganggu
3. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap sistem yang lain yang tidak terganggu dalam sistem tersebut serta dapat beroperasi normal juga untuk mencegah meluasnya gangguan.

Persyaratan Relay Pengaman

Pada sistem tenaga listrik, relay memegang peranan yang sangat penting, pengaman yang berkualitas yang baik memerlukan relay pengaman yang baik pula, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi relay pengaman yaitu:

- a) Keandalan

Pada sistem normal atau tidak ada gangguan, mungkin selama berbulan-bulan atau lebih relay tidak bekerja. Seandainya suatu saat terjadi gangguan maka relay tidak boleh gagal bekerja dalam mengatasi gangguan tersebut. Kegagalan kerja suatu relay dapat mengakibatkan alat yang diamankan rusak berat atau gangguanya meluas sehingga daerah yang mengalami pemadaman semakin luas. Relay tidak boleh gagal kerja artinya relay yang seharusnya tidak bekerja tetapi bekerja. Hal ini menimbulkan pemadaman yang tidak seharusnya dan menyulitkan analisa gangguan yang terjadi. Keandalan relay pengaman ditentukan dari rancangan, pengerjaan, beban yang digunakan dan perawatan.

b) Selektivitas

Sehingga mampu dengan tepat memilih bagian dari sistem tenaga listrik yang terkena gangguan. Kemudian relay bertugas mengamankan peralatan atau bagian sistem dalam jangkauan pengamannya. Tugas relay untuk mendeteksi adanya gangguan yang terjadi pada daerah dan pengamannya dan memberikan perintah untuk memutus tenaga dan memisahkan bagian dari sistem yang terganggu. Letak pemutus tenaga sedemikian sehingga setiap bagian dari sistem dapat dipisahkan. Dengan demikian, bagian sistem lainnya yang tidak terganggu jangan sampai dilepas dan masih beroperasi secara normal sehingga tidak terjadi pemutusan pelayanan. Jika terjadi pemutusan atau pemadaman hanya terbatas pada daerah yang terganggu.

c) Sentivitas

Relay hanya mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap besaran minimal (kritis) sebagaimana direncanakan. Relay harus dapat bekerja pada awal terjadinya gangguan. Oleh karena itu, gangguan lebih mudah diatasi pada awal kejadian. Hal ini memberikan keuntungan dimana kerusakan peralatan yang harus diamankan menjadi kecil.

Namun demikian relay harus stabil, artinya:

- Dapat membedakan antara arus gangguan atau arus beban maksimum.

- Pada saat pemasukan trafo daya, relay tidak boleh bekerja karena adanya arus *inrush*, yang besar seperti gangguan, yaitu 3 sampai 5 kali arus beban maksimum.
- Relay harus dapat membedakan adanya gangguan atau ayunan beban.

d) Kecepatan Kerja

Relay pengaman harus dapat bekerja dengan cepat jika ada gangguan, misalnya isolasi bocor akibat adanya gangguan tegangan lebih terlalu lama sehingga peralatan listrik yang diamankan dapat mengalami kerusakan. Pada sistem yang besar atau luas, kecepatan kerja relay pengaman mutlak diperlukan karena untuk menjaga kestabilan sistem agar tidak terganggu. Hal ini untuk mencegah relay salah kerja karena transient akibat surja petir.

e) Ekonomis

Satu hal penting yang harus diperhatikan sebagai persyaratan relay pengaman adalah harga atau biaya. Relay tidak akan diaplikasikan dalam sistem tenaga listrik jika harganya mahal. Persyaratan reabilitas, sensitivitas, selektivitas dan kecepatan kerja relay hendaknya tidak menyebabkan harga relay menjadi mahal.

2.5. Penutup Balik Otomatis

Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri dari pemutus tenaga yang dilengkapi kontak kontrol elektronik (Elektronik 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 control inilah pengaturan (setting) *recloser* dapat ditentukan.

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 meembuka tetap (*lock out*).

Fungsi Recloser

Pada suatu gangguan permanen, *recloser* berfungsi memaksimalkan daerah atau jaringan yang terganggu sistemnya secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah gangguan secara sesat sampai gangguan tersebut akan dianggap hilang, dengan demikian *recloser* akan masuk kembali secara otomatis.

Untuk lebih lengkapnya dibawah ini adalah beberapa setting waktu padagangguan yang terjadi di PT PLN (persero) ULP Siborongborong

1. Setting *recloser* terhadap gangguan permanen

Interval:

- a. 1 st : 5 detik
- b. 2 nd : 10 detik
- c. Lock out : $3 \times$ trip (reclose $2 \times$)
- d. Reset Delay : 90 detik

2. Setting *recloser* terhadap gangguan sesaat sama dengan gangguan permanen yang membedakan adalah tidak ada trip ketiga

Selang Waktu Penutup Balik Recloser

Ada bermacam-macam selang penutup kembali *recloser* interval dari *recloser* adalah sebagai berikut:

1. Menutup balik seketika atau instantaneous reclosing

Membuka kontak paling singkat agar untuk tidak mengganggu daerah-daerah beban yang terdiri dari motor industry, irigasi dan daerah yang tidak boleh padam terlalu lama. Ini sering dikerjakan untuk reclosing. Kerugian dari penutup pertama adalah cukup waktu untuk menghilangkan gangguan transient, seperti gangguan akibat cabang pohon yang mengenai penghantar, benang layang-layang, ionisasi dari gas bunga api yang timbul waktu gangguan dan belum hilang dalam waktu yang relative singkat.

2. Waktu tunda

- a) Menutup kembali 2 detik

Diharapkan dalam selang waktu ini telah cukup waktu untuk menghilangkan gangguan, transient dan menghilangkan ionisasi gas. Bila

digunakan diantara fase trip operational, maka waktu 2 detik ini cukup 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 untuk mendinginkan fuse disisi beban.
- c) Waktu reclosing yang lebih lama (*longer reclosing interval*) yaitu selang waktu 10 detik, 15 detik dan seterusnya biasanya digunakan bila pengaman cadangan terdiri dari breaker yang terkontrol relay lebih mempunyai cukup untuk reset.

Cara Kerja *Recloser*

Beberapa langkah cara kerja saat membuka dan menutup *recloser* yaitu:

1. Apabila tidak terjadi gangguan arus akan mengalir normal.
2. Apabila terjadi sebuah gangguan, lalu *recloser* mendeteksi adanya gangguan sehingga akan membuka kontak pada *recloser*.
3. Kontak *recloser* akan menutup kembali setelah merasa gangguan sudah tidak ada lagi, sesuai pengaturan waktu yang ditentukan. Tujuannya yaitu memberikan kesempatan gangguannya tersebut hilang dari system, terutama gangguan yang bersifat temporer.
4. Apabila ada gangguan bersifat permanen, maka *recloser* akan membuka secara otomatis selama gangguan masih ada.
5. Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas, baru dapat dikembalikan pada keadaan normal.

Klasifikasi *Recloser*

- a) Klarifikasi *recloser* berdasarkan jumlah fasanya:
 - Fasa Tunggal

Recloser tiga fasa tunggal digunakan untuk mengamankan saluran fasa tunggal, misal pada percabangan fasa tunggal dari sistem jaringan tiga fasa. Fasa tunggal ini adalah *line recloser* yang dipasang di tiang.

➤ Tiga Fasa

Recloser tiga fasa umumnya mengamankan saluran tiga fasa terutama pada saluran utamanya.

b) Berdasarkan media peredam busurnya:

- Media minyak
- Media hampa udara

c) Berdasarkan peralatan pengendaliannya:

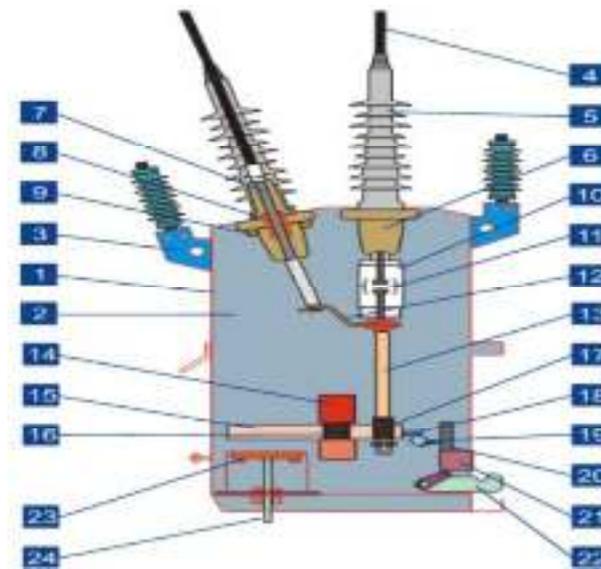
➤ *Recloser* terkendali hidrolik

Recloser dengan pengaturan hidrolik membuka dan menutup kontak-kontaknya dilakukan dengan cara hidrolik (memanfaatkan tekanan minyak). Arus gangguan dideteksi melalui kumparan kerja (trip coil) yang dihubungkan seri dengan beban.

Bila arus yang mengalir melewati kumparan kerja yang melebihi arus kerja minimum pengenalnya, maka akan tertarik kebawah yang disebabkan karena bekerjanya kumparan kerja sehingga membuka kontak-kontak dari *recloser*. Pengaturan kerja dan waktu yang dilakukan dengan pemompaan minyak terpisah secara besar-kecilnya diatur dengan menyetel lubang minyak.

➤ *Recloser* terkendali elektronik

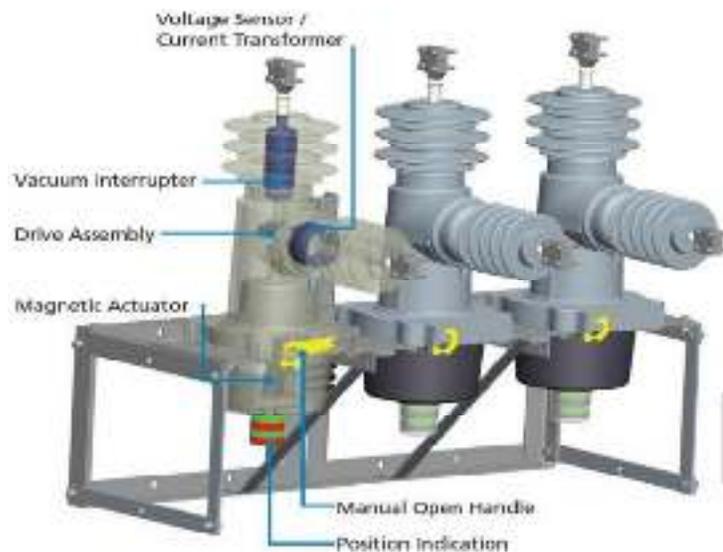
Recloser dengan pengaturan elektronik lebih mudah diatur dalam membuka dan menutup kontak-kontaknya. Alat pengaturan elektronik mempunyai kontak sendiri (*cabinet*) yang terpisah dari *recloser*. Pada pengaturan elektronik ini, karakteristik waktu arus dapat diatur dengan mengubah tingkat arus kerja kumparan serinya dan urutan kerja dari *recloser* tanpa melepas dari rangkaian dan mengeluarkan dari tangki.



Gambar 2.3. Recloser Terkendali Satu Fasa

Keterangan gambar:

- | | |
|---|-----------------------|
| 1) Tank | 13) Push rod |
| 2) SF ₆ insulating gas | 14) Close selenoid |
| 3) Surge Arrester bracket | 15) Mechanism Plate |
| 4) HV cable tail | 16) Opening Spring |
| 5) Bushing boot | 17) Contact Spring |
| 6) Bushing | 18) Latch |
| 7) Central conductor | 19) Trip Bar |
| 8) Capacitive Voltage Transformer (CVT) | 20) Trip Bar Armature |
| 9) Current Transformer (CT) | 21) Trip selenoid |
| 10) Vacuum Interrupter | 22) Manual Trip Lever |
| 11) Contacts | 23) SCEM |
| 12) Flexible Connection | 24) Control Cable |



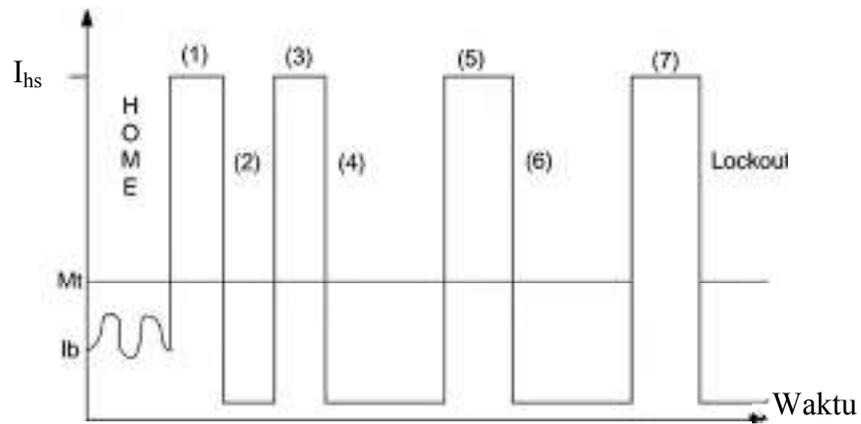
Gambar 2.4. Recloser terkendali tiga fasa

Urutan Kerja *Recloser*

Waktu membuka dan menutup *recloser* dapat diatur melalui kurva karakteristiknya. Secara garis besar urutan kerja *recloser* diperlihatkan pada gambar 2.5 dan 2.6 pengoperasiannya dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Sebelum terjadi gangguan, arus mengalir normal (I_b)
2. Saat terjadi gangguan, (I_{hs}) arus yang mengalir melalui *recloser* sangat besar dan menyebabkan kontak *recloser* bekerja dengan operasi “*fast*”.
3. Kontak *recloser* akan menutup kembali setelah melewati waktu beberapa detik ini, sesuai setting yang telah dilakukan apabila ada gangguannya yang bersifat temporer. Tujuan diberikan selang waktu beberapa detik ini memberikan kesempatan kepada penyebab gangguan agar hilang dari sistem terutama untuk gangguan yang sifatnya temporer.
4. Jika yang terjadi gangguan permanen maka *recloser* akan membuka dan menutup balik sesuai setting yang telah ditentukan dan akan *lock out*.

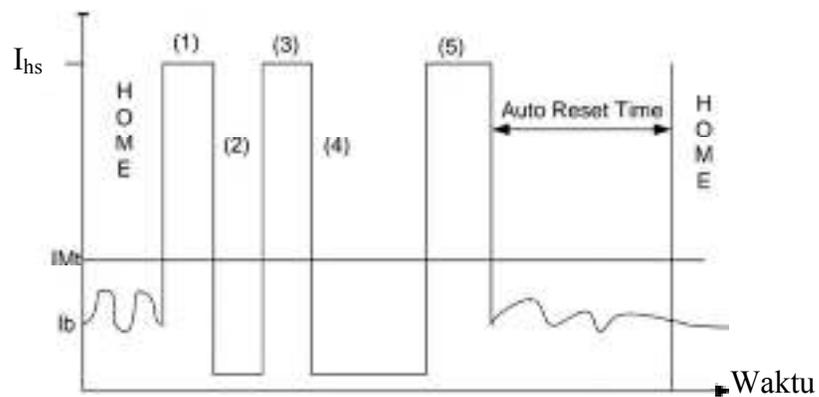
Arus



Gambar 2.5. Urutan operasi recloser untuk gangguan permanen

5. Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas maka *recloser* dapat dimasukkan lagi ke sistem.

Arus



Gambar 2.6. Urutan operasi recloser untuk gangguan temporer

Keterangan untuk gambar 2.5 dan 2.6:

I_b = arus beban normal

I_{Mt} = arus trip minimum

I_{hs} = arus hubung singkat

1 = Waktu trip cepat pertama

2 = Interval waktu reclose pertama

3 = Waktu trip cepat kedua

4 = Interval 3waktu reclose waktu kedua

- 5 = Waktu trip lambat pertama
- 6 = Interval waktu reclose waktu ketiga
- 7 = Waktu trip lambat kedua

Home adalah posisi saat *recloser* belum merasakan gangguan. Contoh pada gambar 2.5 operasi untuk gangguan permanen setelah merasakan gangguan dua kali maka *recloser* menghitung waktu trip kedua dan kontak dari *recloser* akan mengunci/membuka tetapi tidak kembali ke posisi semula (home), sedangkan pada gambar 2.6 untuk gangguan temporer pada saat terjadi gangguan hanya sekali maka posisi dari kontak *recloser* tidak mengunci tetapi kembali lagi ke posisi semula (home) arus kembali normal, tidak ada gangguan.

Waktu dan Jumlah Penutupan Kembali

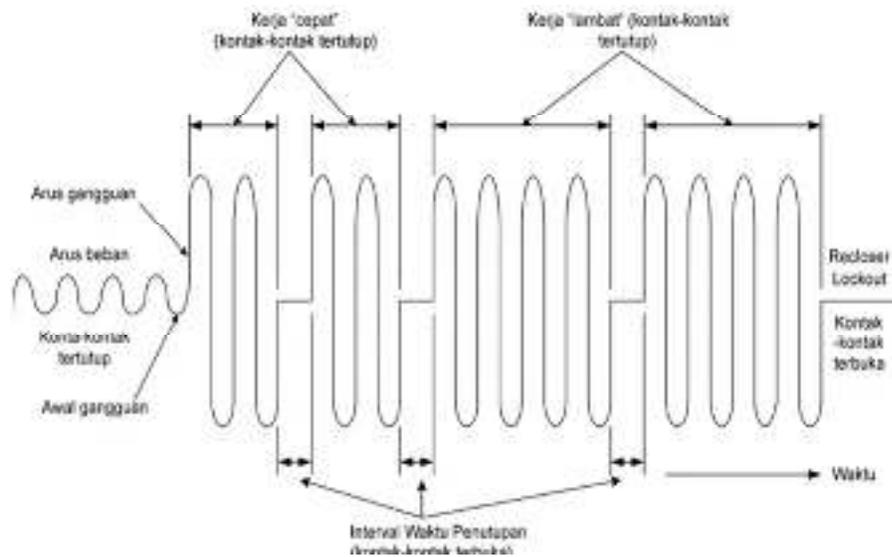
Beberapa pilihan waktu penutup balik dari *recloser* dapat dibuat, hal ini sangat dipengaruhi oleh koordinasi pada peralatan lainnya.

1. Penutup balik cepat

Penutup balik dinyatakan cepat bila waktu matinya hanya sebentar atau kurang dari satu detik. Penutup balik cepat ini umumnya digunakan pada SUTT yang pada SUTM pada penutupan pertama kali atau sampai kedua kali waktu minimum. Fungsi dari penutup balik cepat adalah untuk menghilangkan gangguan sementara.

2. Penutup balik lambat

Penutup balik lambat sering juga disebut sebagai '*longer-reclosing-interval*', yang digunakan apabila pengaman cadangan (pemutus tenaga) dikontrol dengan relay atau lebih. Hal ini untuk memungkinkan relay arus lebih mempunyai cukup waktu untuk reset.



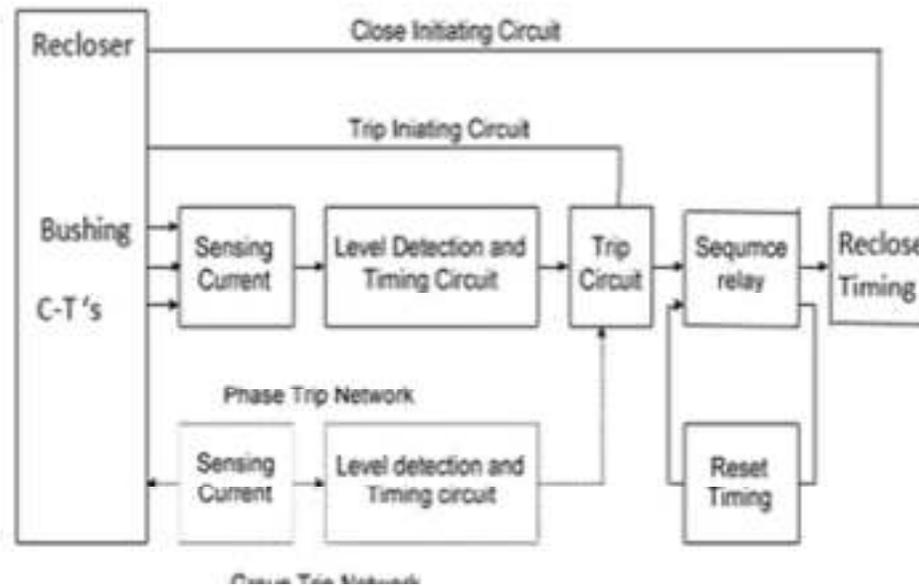
Gambar 2.7. Urutan Kerja Penutup Balik

Prinsip Kerja *Recloser*

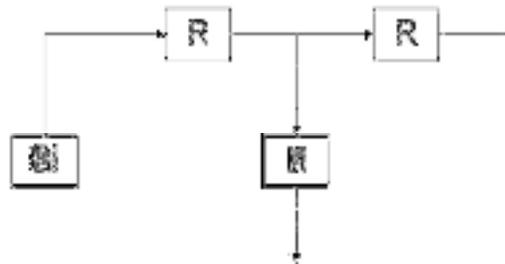
Prinsip kerja *recloser* ini tidak jauh berbeda (*recloser* terkendali hidrolik dan elektronik), misalnya dalam mendeteksi gangguan: keduanya menggunakan sensing trafo arus dan pengaturan elektronik. Perlengkapan elektroniknya ditempatkan pada sebuah kotak yang terpisah dari sebuah tangki *recloser*. Dalam melakukan perubahan dari karakteristik, tingkat arus penjatuh minimum dan urutan operasi *recloser* dapat dilakukan dengan mudah tanpa mengeluarkan dari *recloser* dari tangkinya. Pada gambar 2.8. Merupakan diagram blok *recloser* elektronik yang memperlihatkan urutan kerja dalam mendeteksi gangguan. Arus pada saluran dideteksi oleh trafo arus yang dipasang pada bushing *recloser*, kemudian arus sekundernya dialirkan ke elektronik control box.

Apabila arus itu melebihi batas nilai terendah dari arus penjatuh minimum, maka level detektor dan timing circuit akan bekerja. Setelah mencapai waktu tunda yang ditentukan oleh program karakteristik arus-waktu, maka rangkaian trip (penjatuh) mengirimkan sinyal untuk menjatuhkan (melepaskan) kontak utama *recloser*. Sementara itu relay urutan kerja akan bekerja mengatur waktu penutupan kembali sesuai dengan urutan yang diinginkan.

Relay urutan kerja akan diriset oleh riset timing pada posisi semula, untuk mengatur penutupan kembali berikutnya. Apabila ternyata gangguan yang terjadi belum hilang, maka pada pembukaan yang terakhir sesuai urutan kerja *recloser* akan berada pada posisi lock out (terkunci).



Gambar 2.8. Diagram Blok Recloser (Panel Control)



Gambar 2.9. Diagram Blok *Recloser* Beroperasi secara Radial

Setting Panel Kontrol

Panel kontrol disetting terlebih dahulu sebelum *recloser* benar-benar difungsikan, beberapa hal yang harus diperhatikan dalam mensetting panel kontrol yaitu berapa besar arus beban pada jaringan di sebelah *recloser* terpasang, berapa arus fault atau arus maksimal yang masuk sampai *recloser* trip, ratio CT (trafo arus) terpasang pada *recloser* dan berapa besar penampang kabel yang digunakan:

1. Arus beban : $\frac{1}{2}$ dari arus beban keseluruhan
2. Arus fault : sesuai arus pada jaringan (I_0)
3. Ratio CT : 300/1
4. Luas penampang : 150 mm²
5. Waktu selang : 1 (satu) menit 3 kali trip

Tabel 2.2 Setting Gangguan pada Panel Kontrol

Setting panel kontrol	Gangguan fasa – fasa	Gangguan fasa – tanah
Minimum Trip	100 Amp	20 Amp
Over Curren Alam	3200 Amp	1600 Amp
Alam Time Delay	100 Detik	100 detik
High Current Trip for Min. Trip	3 × min trip	1,25 × min. trip

2.6. Pengertian Sectionalizer

Sectionalizer sering disebut SSO (Saklar Seksi Otomatis) adalah peralatan pemisah yang secara otomatis akan bekerja sendiri untuk membuka jaringan setelah melakukan deteksi arus gangguan dan melakukan perhitungan operasi pemutusan dari peralatan pengaman disisi sumbernya, dan pembukaan dilakukan pada saat peralatan disisi sumber sedang dalam posisi terbuka.

Biasanya *sectionalizer* membuka setelah 2 atau 3 kali hitungan operasi dari pengaman back-upnya, jadi *sectionalizer* tidak memutus arus ganggguan. Misalkan bila terjadi gangguan, maka alat pengaman back-upnya yang berada di sisi hulu akan membuka sirkuit, maka *sectionalizer* mulai menghitung. *Sectionalizer* tidak memutus arus gangguan, tetapi dapat memutus arus normal beban penuh. Oleh sebab itu, *sectionalizer* dapat berfungsi sebagai saklar beban atau LBS (*Load Break Switch*) untuk memisah seksi-seksi saluran operasi normal.

Sectionalizer tidak mempunyai karakteristik waktu arus, sehingga yang perlu diperhatikan ialah pemilihan waktu mengingat (*memory time*) dan jumlah hitungan operasi pemutusan yang dilakukan oleh pengaman back-upnya. Pada alat pengaman *sectionalizer* dilengkapi dengan:

- a. Perlengkapan pembantu pengendali tegangan (*voltage restrain accessory*).

- b. Perlengkapan pembantu pengendali arus inrush (*current inrush restrain accessory*).
- c. Perlengkapan pembantu pendeteksi arus gangguan ke tanah (*ground fault sensing accessory*).
- d. Perlengkapan pembantu penyetelan waktu (*time riset accessory*).

Fungsi dari perlengkapan tersebut di atas adalah untuk menyetel waktu penutupan, waktu merasakan (*detecting time*), waktu tunda untuk mengatur operasi penutupan pada waktu arus mengalir, membuka pada saat pengaman hulunya membuka dan terkunci. Waktu penutupan dimulai dari diberinya energi pada peralatan pengaman pengaturannya sampai *sectionalizer* menutup, biasanya 5 - 10 detik. Waktu merasakan gngguan yang dimungkinkan untuk merasakan gangguan setelah seccionalizer tertutup, biasanya 4 – 7 detik. Waktu tunda adalah waktu dari hilangnya energi listrik dari sumber pada peralatan pengatur sampai terbukanya *sectionalizer* secara sempurna, biasanya 0,5 – 2 detik.

Setelah gangguan dibebaskan, letak gangguan harus segera diketahui. Untuk keperluan ini alat petunjuk gangguan yang dipasang pada gardu distribusi, biasanya petunjuk gangguan ini berupa jarum yang berputar.



Gambar 2.10. Sectionalizer Control Hidrolik 1 Fasa Dan 3 Fasa

Prinsip Kerja Sectionalizer

Setelah selang waktu penutupan tertentu, maka pengaman di sisi umbernya akan menutup kembali dan alat penghitung disisi *sectionalizer* akan kembali ke posisi semula. Jika gangguan bersifat sementara dan dapat dihilangkan sebelum *sectionalizer* membuka, maka peralatan penghitung *sectionalizer* yang sudah bergerak akan kembali keposisi semula dan siap melakukan perhitungan dari awal. Sedangkan bila gangguan sifatnya permanen maka penghitung akan berulang kembali sampai jumlah yang telah diatur, dan *sectionalizer* akan membuka kontaknya pada saat peralatan pengaman di sisi sumber melakukan penutupan kembali, maka *sectionalizer* sudah mengisolir jaringan yang terganggu.

BAB III METODOLOGI

Pendahuluan

Perancangan penelitian adalah suatu rencana yang terperinci dan spesifik tentang bagaimana menganalisis dan menginterpretasi data. Dalam perancangan penelitian ini metode yang digunakan adalah kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan suatu metode penelitian dimana datanya berupa angka dan analisis statistik. Sedangkan proses pengambilan data metode yang digunakan adalah observasi. Metode observasi adalah metode dimana peneliti terlibat langsung dalam pengambilan data. Berikut ini tahapan-tahapan dalam penelitian yaitu:

Studi Literatur

Penulis melakukan kegiatan dengan studi literatur untuk mencari teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang ditemukan. Pencarian dilakukan dari berbagai sumber yaitu buku referensi dan jurnal-jurnal. Sehingga informasi yang didapat dari studi ini dijadikan rujukan argumentasi yang ada.

Observasi Lapangan

Observasi adalah metode pengumpulan data melalui pengamatan atau peninjauan langsung di lapangan atau lokasi penelitian. Dalam hal ini peneliti perlu mengunjungi lokasi penelitian untuk mengamati langsung berbagai hal atau kondisi yang ada di lapangan. Penemuan ilmu pengetahuan selalu dimulai dengan observasi dan kembali kepada observasi untuk membuktikan kebenaran ilmu pengetahuan tersebut. Penelitian ini dilakukan secara langsung terjun ke lapangan di PT PLN (Persero) ULP Siborongborong.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian ini dilakukan secara langsung di PT PLN (Persero) ULP Siborongborong dengan dua cara, yaitu:

➤ Wawancara

Teknik pengumpulan data dengan cara melakukan tanya jawab secara langsung dengan pegawai/petugas yang berkaitan dengan judul penelitian.

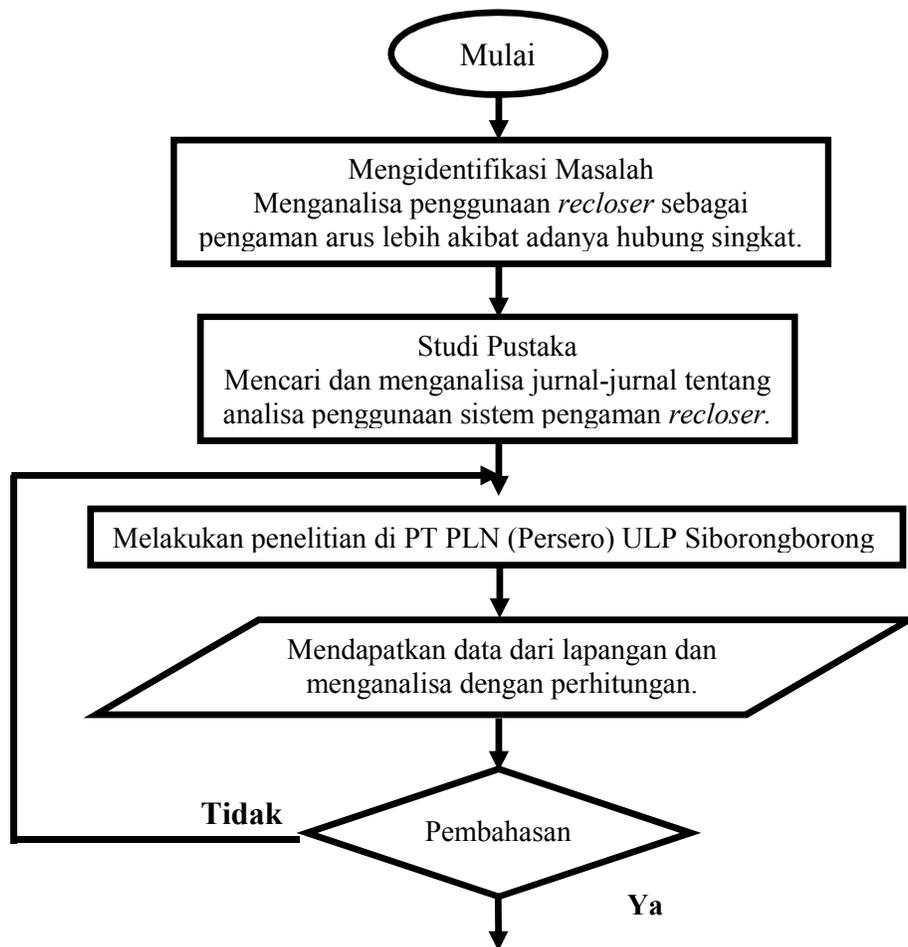
➤ Metode Lapangan

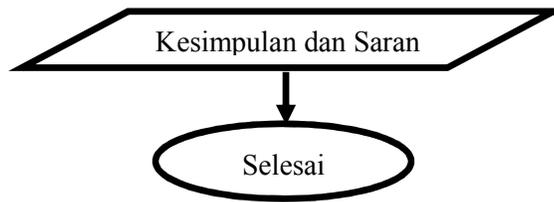
Metode lapangan dilakukan dengan mengambil data dari lapangan tempat alat pengaman *recloser* dipasang pada jaringan distribusi 20 kV.

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah pengambilan data di PT PLN (Persero) ULP Siborongborong. Data yang diperoleh diubah dalam bentuk matematis dan dianalisis menggunakan persamaan yang telah ada.

Diagram Alur Penelitian



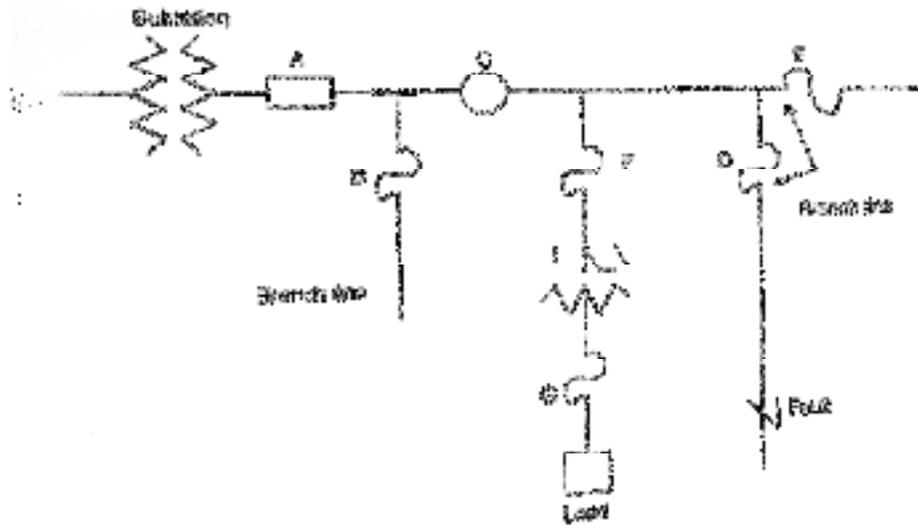


Gambar 3.1. Flowchart Tahapan Penelitian

Pengertian Koordinasi Peralatan Pengaman Arus Lebih

Koordinasi peralatan pengaman arus lebih, termasuk juga pemilihan dan penggunaannya bertujuan agar gangguan sementara dapat dihilangkan dengan segera dan gangguan permanen dapat diatasi hanya bagian terkecil dari sistem.

Lokasi-lokasi dari peralatan pengaman dikenal sebagai titik koordinasi dan biasanya titik koordinasi terdapat pada titik gardu induk sepanjang feeder (saluran), pada cabang saluran dan pada sisi trafo distribusi. Pada gambar diagram satu garis bentuk sistem distribusi sederhana titik-titik A,B,C,D,E,F dan G adalah titik koordinasi.



Gambar 3.2. Diagram 1 Garis Sistem Distribusi Sederhana

Semua peralatan pengaman yang ditempatkan pada titik-titik tersebut harus diseleksi, sehingga dapat dialiri arus beban normal dan bekerja bila ada arus lebih. Peralatan pengaman yang lebih terdekat dengan beban disebut peralatan pelindung

dan yang dekat dengan sumber disebut peralatan terlindung. Sedangkan A peralatan terlindung terhadap C adalah peralatan pelindung. Bila gangguan permanen terjadi pada cabang yang diamankan oleh peralatan oleh pengaman D seperti pada gambar 3.1. maka sebelum pengaman peralatan C bekerja, gangguan sudah harus dihilangkan oleh pengaman D. Sehingga sesudah D bekerja dan cabang yang bersangkutan sudah diisolir arus beban normal tetap mengalir pada sistem selebihnya. Untuk mendapatkan hasil kerja dari peralatan pengaman arus lebih secara optimal sesuai dengan tujuan pengaman, maka perlu dilakukan langkah-langkah koordinasi pengaman yang tepat.

Pada dasarnya prinsip pokok suatu peralatan koordinasi pengaman arus lebih sebagai berikut:

1. Peralatan pengaman pada sisi beban harus dapat menghilangkan gangguan menetap atau gangguan sementara yang terjadi pada saluran. Sebelum peralatan pengaman di sisi sumber beroperasi pada posisi terbuka terus.
2. Pemadaman yang terjadi akibat adanya gangguan menetap harus dibatasi sampai pada seksi yang sekecil mungkin.

Pemeliharaan peralatan pengaman peralatan selain ditentukan oleh koordinasi peralatan juga ditentukan oleh:

1. Tingkat keandalan yang diinginkan dalam sistem distribusi tersebut. Tingkat keandalan yang menentukan jenis-jenis peralatan pengaman yang akan dipergunakan.
2. Arus lebih maksimum yang mungkin dapat terjadi pada sistem. Arus lebih pada sistem akan menentukan rating arus dari peralatan pengaman yang dipergunakan.
3. Tegangan sistem menentukan rating tegangan dari peralatan pengaman yang dipergunakan.
4. Biaya yang tersedia.

Prinsip pokok ini mempengaruhi pemilihan kurva arus waktu dan urutan kerja dari peralatan kerja pengaman disisi sumber dan disisi beban, juga penempatan peralatan pengaman pada saluran distribusi tenaga listrik.

Koordinasi peralatan pengaman pada saluran udara tegangan menengah 20 kV sistem tiga fasa tiga kawat dapat dibagi menjadi:

- Koordinasi antara *recloser* dengan pemutus tenaga(PMT).
- Koordinasi antara *recloser* dengan pengaman lebur.
- Koordinasi antara *recloser* dengan sectionalizer.
- Koordinasi antara *recloser* dengan fuse cut-out

Pada kesempatan ini hanya akan membahas koordinasi antara *recloser* dengan *sectionalizer*

Koordinasi antara *Recloser* dengan *Sectionalizer*

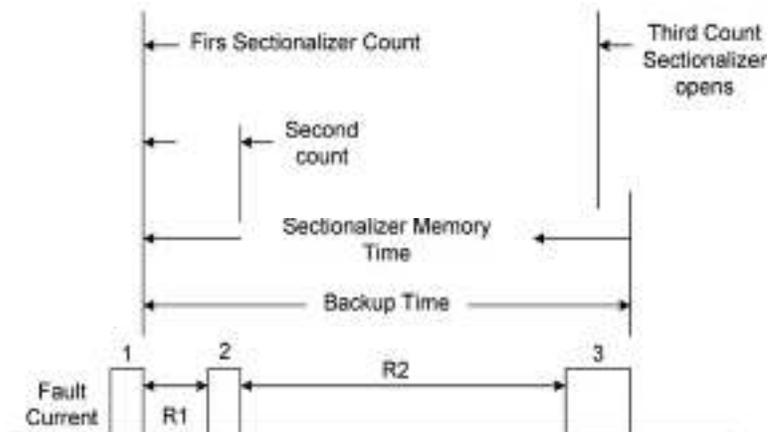
Sectionalizer adalah peralatan yang dirancang untuk mengisolir gangguan pada distribusi, sedangkan *recloser* adalah peralatan yang berfungsi untuk membedakan gangguan permanen dengan gangguan temporer. Walaupun kedua bentuknya sama tetapi *sectionalizer* tidak memutus arus gangguan, sehingga *sectionalizer* harus menunggu sampai *recloser* membuka line dan kemudian memotong/memisahkan line yang rusak ketika line memisah terbuka dan tidak ada arus mengalir.

Bila gangguan terjadi di belakang *sectionalizer*, *recloser* akan bekerja. Bila terjadi gangguan permanen maka *sectionalizer* akan menghitung jumlah operasi *recloser* dan trip serta mengunci dirinya sendiri sesudah operasi yang telah ditentukan, biasanya setelah operasi yang ketiga. *Recloser* melanjutkan operasi yang keempat dan memulihkan pelayanan sampai ke *sectionalizer*. Jadi *sectionalizer* harus dibantu oleh *recloser*.

Prinsip-prinsip koordinasi dari pemakaian *recloser* disisi sumber dengan *sectionalizer* disisi beban adalah sebagai berikut:

- 1) Pada *sectionalizer* pengaturan elektronis, arus penggerak minimumnya adalah $80\% \times$ arus trip minimum dari *recloser* disisi sumber. Sedangkan *sectionalizer* pengaturan hidrolik, maka arus penggerak minimumnya adalah $160\% \times$ rating coil dari *recloser*.

- 2) *Sectionalizer* yang tidak dipasang dengan perlengkapan detector gangguan tanah harus dikoordinasikan dengan tingkatan trip minimum gangguan fasa dari *recloser*. Pengaturan tingkatan arus penggerak dari *sectionalizer* dengan tingkatan arus minimum untuk gangguan tanah dari *recloser* akan menyebabkan kesalahan operasi pada waktu terjadi arus serbu.
- 3) Waktu untuk membuka dan menutup kembali dari *recloser* harus dikordinasikan dengan waktu penghitungan *sectionalizer*. Waktu untuk menutup dan membuka kembali dari *recloser* ini harus lebih kecil dari waktu ingatan *sectionalizer*. Apabila waktu ini ternyata lebih besar dari waktu ingatan *sectionalizer*, maka *sectionalizer* tidak akan mengingat dari sebagian jumlah operasi trip *recloser* dapat dilihat pada gambar 3.2.
- 4) *Sectionalizer* dibatasi untuk berkoordinasi dengan pembukaan yang serentak dari *recloser*. Jadi *sectionalizer* tiga fasa harus beroperasi dengan *recloser* tiga fasa.



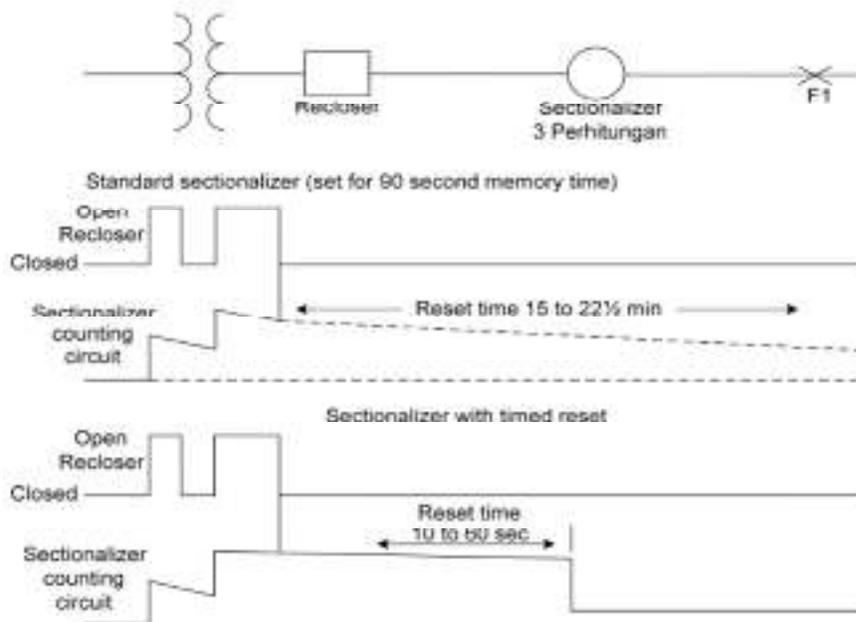
Gambar 3.3. Waktu Ingat Tiga Kali Perhitungan untuk Mengunci dari Sectionalizer

Penggunaan Accessories/Peralatan Tambahan

Dalam *sectionalizer* dengan kontroler elektronik standar waktu pengaturan ulang (reset time) setelah waktu gangguan sementara tergantung waktu ingat yang dipilih dan jumlah (angka) hitungan yang dipergunakan. Itu dapat berkisar dari 5 sampai 22 menit, waktu pengaturan ulang yang berhubungan dengan *recloser* dengan

kontrol elektronik adalah 10 sampai 180 detik. Rugi-rugi dari kesalahan koordinasi tidak perlu menyebabkan terputusnya aliran listrik jika gangguan sementara bertambah selama waktu *sectionalizer* diatur ulang (resetting). Perlengkapan reset time (waktu reset) memberikan pemasangan kembali dengan cepat setelah memory time berhasil menutup kembali dari peralatan/perlengkapan cadangan. Waktu yang dipilih ini dapat disesuaikan antara 10 sampai 60 detik. Pedoman berikut ini digunakan untuk accessories reset time (waktu reset).

1. Atur waktu ingat *sectionalizer* hingga 90 detik
2. Umumnya waktu reset (antara 10 sampai 60 detik) dipilih untuk mengkoordinasi dengan waktu reset dari peralatan/perlengkapan cadangan dengan pembatasan bahwa waktu reset harus melebihi waktu gangguan satu fasa pada pemutusan minimum di *recloser*.
3. Pengaturan waktu reset hanya ditentukan oleh *recloser* seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.4. Koordinasi *Recloser* dengan *Sectionalizer* untuk Gangguan Temporer di Sisi *Sectionalizer*

Aksesoris pembatasan tegangan menjaga *sectionalizer* dari hitungan arus lebih, *sectionalizer* untuk di sela sepanjang *recloser* atau fuse. Penggunaan aksesoris

ini pada *sectionalizer* lebih efektif waktu cepat, dua waktu tunda berurutan pada perlengkapan/peralatan cadangan. Aksesoris *ground fault sensing* memperbolehkan koordinasi secara lengkap dari *sectionalizer* dengan perlengkapan atau peralatan cadangan dengan aksesoris ini *sectionalizer* menggabungkan sensing yang terpisah dan karakteristik penggerak untuk kedua fasa dan gangguan pbumian. Minimum arus gangguan pbumian 80% dari pengaturan arus gangguan pbumian untuk di sisi *recloser*. Pembatasan pemakaian pada pbumian sistem Y, minimum gangguan pbumian dari arus penggerak harus diatur tidak lebih rendah dari arus beban melalui *sectionalizer*. Jika lebih rendah maka *sectionalizer* menghitung dan membuka untuk gangguan pada sumber. Aksesoris *ground fault sensing* termasuk pengendalian aliran fasa.

Perhitungan Arus Hubung-Singkat

Sebelum menggunakan alat pengamyang akan dipasang dan akan dipasang dan menentukan karakteristik dari peralatan pengaman, harus mengetahui dahulu besarnya arus hubung singkat yang akan terjadi.

Adapun gangguan hubung singkat yang terjadi dalam sistem distribusi adalah:

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa
2. Gangguan hubung singkat 2 fasa
3. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Dari ketiga jenis gangguan hubung-singkat dapat dihitung dengan menggunakan hukum ohm :

$$I = \frac{V}{Z} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dengan:

- I = Arus gangguan hubung singkat (Ampere)
- V = Tegangan (Volt)
- Z = Impedansi dari sumbaer ke titik interferensi (Ω)

Hubung-Singkat 3 Fasa

Untuk gangguan 3 fasa yaitu yaitu impedansi yang digunakan adalah urutan positif dengan nilai eivalen Z_1 dan tegangannya adalah tegangan fasa-netral.

$$I_{3fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan:

$$I_{fasa} = \text{Arus hubung-singkat 3 fasa (Ampere)}$$

$$V_{ph} = \text{Tegangan fasa-netral (20 kV } \sqrt{3} \text{ (Volt)}$$

$$Z_{1eq} = \text{Impedansi eivalen jaringan urutan positif } (\Omega)$$

Hubung-Singkat 1 Fasa-Tanah

Untuk gangguan hubung-singkat 1 fasa ke tanah yaitu impedansi yang digunakan adalah jumlah impedansi urutan positif ditambah urutan negatif dan ditambah urutan nol, nilai eivalennya $Z_1 + Z_2 + Z_0$ dimana $Z_1 = Z_2$ dan tegangannya adalah tegangan fasa-fasa.

$$I_{1fasa} = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Karena $Z_{1eq} = Z_{2eq}$ jadi rumus yang digunakan yaitu:

$$I_{fasa\ tanah} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan:

$$I_{1fasa} = \text{Arus hubug-singkat 1 fasa-tanah (Ampere)}$$

$$V_{ph} = \text{Tegangan fasa-netrals sistem 20 kV } \frac{20000}{\sqrt{3}} \text{ (Volt)}$$

$$Z_{1eq} = \text{Impedansi urutan positif } (\Omega)$$

$$Z_{0eq} = \text{Impedansi urutan nol } (\Omega)$$

Perhitungan Impedansi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber adalah:

$$Z_{sumber} = j \frac{(KV)^2}{MVA_{hs}} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan:

$$Z_{sumber} = \text{Impedansi sumber } (\Omega)$$

$(KV)^2 = \text{Tegangan di Bus (KVA)}$

$MVA = \text{Kapasitas hubung-singkat di busbar}$
(MVA)

Perhitungan Impedansi Trafo Tenaga

Adapun rumus untuk mencari impedansi trafo tenaga yaitu:

$$Z_t = 13\% \times Z_d \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan:

$Z_t = \text{Impedansi trafo}$

$Z_d = \text{Impedansi dasar trafo}$

Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan

- Untuk menghitung impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif adalah dengan menjumlahkan impedansi sumber (Z_s), impedansi trafo (Z_{t1}) dan impedansi jaringan urutan positif.

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_s + Z_{t1} + Z_{1penyulang} \dots\dots\dots (3.7)$$

- Untuk menghitung impedansi ekuivalen jaringan urutan nol adalah dengan menjumlahkan impedansi trafo (Z_s), tahanan dalam (RN) yang terdapat dalam trafo tenaga dan impedansi jaringan urutan nol.

$$Z_{0eq} = Z_s + Z_T + Z_{0penyulang} \dots\dots\dots (3.8)$$

Menghitung Nilai Setting *Recloser*

Untuk menghitung nilai setting *recloser* terlebih dahulu menghitung arus primer pada sisi beban, dengan rumus:

$$I_{set\ primer} = 1,2 \times I_{beban} \dots\dots\dots (3.9)$$

3.1. Menghitung Waktu Kerja (t)

Pertama hitung waktu setting TMS. Yang mana TMS merupakan faktor pengalih atau ukuran sensitivitas pada kerja relay dengan menggunakan rumus *standart invers*. Kemudian, nilai waktu TMS ditentukan dari hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat. Rumus yang digunakan untuk menentukan waktu kerja *recloser* berdasarkan *standart invers*, yaitu :

$$t = TMS \cdot K / (I_f / I_s)^\alpha - 1 \dots\dots\dots (3.10)$$

$$TMS = 0,14 \cdot t / (I_f / I_s)^{0,02} - 1 \dots\dots\dots (3.11)$$

Dengan :

t = *tripping time*

k = 0,14

I_f = arus gangguan ($I_{f\text{ault}}$)

I_s = arus *setting*

α = 0,02

TMS = *Time Multiplier Setting*

