

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mutu, keandalan, dan kontinuitas penyaluran daya listrik dari PT. PLN (persero) merupakan tuntutan masyarakat yang sejalan dengan tingkat kebutuhan terhadap daya listrik yang akan digunakan. Masalahnya sekarang adalah bagaimana PT. PLN (persero) dapat mendistribusikan tenaga listrik ini ke konsumen dengan baik, aman dan ekonomis. Untuk itu perlu adanya perencanaan yang baik.

Pendistribusian tenaga listrik ke konsumen biasanya sering terdapat gangguan. Gangguan pada sistem tenaga listrik antaralain disebabkan oleh gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat di SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah) yang terbanyak merupakan gangguan satu fasakan tanah yang sifatnya temporer (sementara). Frekwensi pemadam karena gangguan dapat diperkecil dengan memakai sistem dan alat pengaman yang sesuai, baik dan memadai.

Dalam hal ini di karenakan di daerah Pematang Siantar sering terjadi gangguan di SUTM, oleh karena itu PT. PLN Area Jaringan Pematang Siantar menggunakan pengaman arus lebih pada sistem distribusi di sisi tegangan menengah yaitu dengan menggunakan recloser yang diletakan di wilayah yang rawan terjadi gangguan. Penggunaan recloser ini akan sangat membantu dalam meningkatkan keandalan dalam sistem distribusi.

Tingkat keandalan dalam sistem distribusi dinyatakan dalam bentuk jumlah rata-rata pemutusan akibat gangguan yang sering terjadi, juga ditentukan oleh lamanya waktu pemutusan akibat gangguan tersebut dan pengembangan pelayanan pada bagian yang tidak terganggu maupun bagian yang terganggu setelah terjadi clearing ataupun setelah gangguan diisolir.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis gangguan hubung singkat di saluran udara tegangan menengah.

1.3 Perumusan Masalah

Dari uraian tersebut, maka perumusan masalah adalah sebagai berikut :

Menghitung besarnya gangguan hubung singkat pada saluran distribusi 20 KV dengan menggunakan proteksi Recloser di PT.PLN (persero) Sumatera Bagian Utara Area Pematang Siantar.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembahasan tentang reclosers sangat luas, oleh karena itu perlu dibatasi ruang lingkup masalah yang akan dibahas. Untuk itu penulis akan membahas tentang gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dan gangguan tiga fasa.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Metode kajian pustaka

Padanya penelitian perpustakaan adalah suatu usaha untuk memperoleh suatu pegangan atau bimbingan bagi penulis untuk memecahkan suatu masalah yang mungkin dihadapi dalam proses penelitian ini. Cara yang dilakukan antara lain dengan menggunakan buku – buku literature, diktat – diktat kuliah, internet, dan sumber – sumber pendukung lainnya dalam mencari landasan teori yang berhubungan dengan pokok pembahasannya.

b. Observasi Lapangan

Merupakan tahap pengumpulan data yang diperoleh melalui pencarian informasi yang ditinjau oleh penulis, sehingga penulis dapat memperoleh gambaran yang jelas mengenai keadaan yang ada di lapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dalam perinci dan pemaparan tugas akhir ini, maka penulis akan menguraikan dan menjelaskan secara singkat dan sederhana dalam beberapa bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang berisikan tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

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

BAB III SISTEM PENGAMAN PADA JARINGAN DI SISI TEGANGAN MENENGAH

Bab ini akan membahas tentang pengaman recloser dan data-data teknis dan alat pengaman.

BAB IV PERHITUNGAN GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DAN PENGGUNAAN RECLOSER DI SUTM

Bab ini akan membahas tentang perhitungan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dan tiga fasa dengan data-data teknis lapangan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisikan beberapa kesimpulan dan saran dari penulisan Tugas Akhir ini.

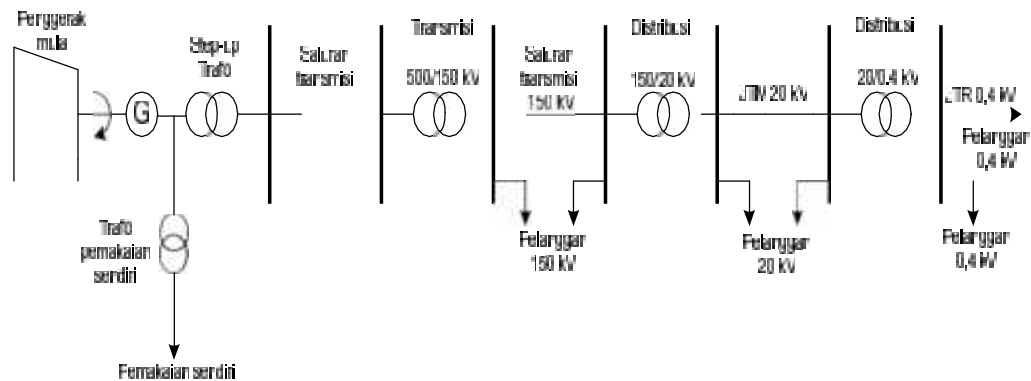
BAB II

SISTEM JARINGAN DAN GANGGUAN DISTRIBUSI

2.1 Umum

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 sistem 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 oleh berbagai macam konsumen. Pada gambar 2.1. dapat dilihat diagram garis tunggal sistem tenaga listrik.



Gambar 2.1. Diagram garis tunggal sistem tenaga listrik

Jaringan tenaga listrik adalah sarana untuk menyalurkan tenaga listrik sampai ke konsumen. Jaringan ini ada yang melalui udara yang biasa disebut penghantar udara/saluran udara dan ada pula yang melalui saluran bawah tanah yang biasa 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 pada gardu distribusi. Tegangan nominal yang dipakai umumnya : 6, 7, 12, 20 kV dan yang digunakan oleh PT. PLN (persero) ialah tegangan 20 kV. Untuk sistem jaringan tegangan menengah di Pematang Siantar digunakan sistem 3 fasa 3 kawat. Sedangkan untuk sistem yang dipakai di PT. PLN (persero) Wilayah Sumatera Utara, Cabang Pematang Siantar adalah sistem 3 fasa 4 kawat.

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

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

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dipakai pada daerah pedesaan dan pinggiran kota dengan gardu distribusi cantol, portal dan 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 table 2.1. dibawah ini :

	Perihal	JaringanUdara	JaringanBawahtanah
1	Biayainvestasi	Murah	Lebih mahal
2	Perluasansystem	Cepat, mudah	Lebih sulit
3	Pengoperasian	Mudah	Lebih sulit
4	Pemeliharaan	Mudah	Kabelnya praktis

5	Perbaikan	Mudah	Lebih sulit
6	Gangguan	Lebihbanyak 30 s/d 40% pertahun	Sedikit 10 s/d 12% pertahun
7	Dampaklingkungan	Besar	Kecil
8	Keamananlingkungan	Rawan	Aman
9	Estetika	Kurangbaik	Baik

Tabel 2.1. Perbedaan antara jaringan udara dengan bawah tanah

2.3 Gangguan Pada 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 di dekat 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 dan peralatan lainnya.
4. Terpecah-pecahnya keseluruhan pelayan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengaman yang diambil oleh sistem – sistem pengaman yang diambil berbeda-beda.

2.3.1. Macam – Macam Gangguan Pada Saluran Distribusi

Dari berbagai macam penyebab gangguan tersebut, jenis gangguan dapat dibagi menjadi 3 katagori yaitu:

1. Gangguan akibat hubung singkat termasuk hubungan singkat satu atau dua fasa ke tanah atau ground, hubung singkat antara dua fasa atau hubung singkat tiga fasa dengan tanah.
2. 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 – peralatan yang terdapat pada tempat terjadinya gangguan akan rusak.

d. Lamanya waktu gangguan:

1) Gangguan yang bersifat temporer, yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan 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 bersifat permanen.

2) Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskan gangguan diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan gangguan tersebut, sehingga gangguan ini menyebabkan pemutusan tetap.

3. 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:

1) Tegangan lebih power frekwensi

Pada sistem distribusi hal ini biasanya disebabkan oleh kesalahan pada AVR atau pengatur tap pada trafo distribusi.

2) Tegangan lebih surja

Gangguan ini biasanya disebabkan oleh surja hubung atau surja petir.

2.3.2. Sebab-Sebab Terjadinya Gangguan

1) Surja petir atau surja hubung sering menyebabkan gangguan pada sistem tegangan tinggi sampai 150 – 500kV. Sedangkan pada sistem dibawah 20kV, 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 – pohon yang tumbuh dekat saluran transmisi.

- 5) Retak – retak pada isolator. Dengan adanya retak-retak isolator maka secara mekanis apabila ada petir yang menyambar akan tembus (break down) pada isolator.

2.3.3 Pencegahan Gangguan

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

Sebagaimana di jelaskan didepan, ada beberapa jenis gangguan pada saluran tenaga listrik yang memang tidak semuanya bisa di hindarkan. 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 biasa di kategorikan menjadi dua langkah sebagai berikut:

1. Usaha memperkecil terjadinya gangguan

Cara yang ditempuh antara lain:

- 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.
- 1) Pemasangan yang baik, artinya pada saat pemasangan harus mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku.

2) 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 akibat gangguan, antara lain sebagai berikut:

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 pentahanannya 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 :

1) Memakai saluran ganda atau saluran yang membentuk lingkaran.

2) Memakai penutup balik otomatis.

3) Memakai generator cadangan.

d) Mempertahankan stabilitas sistem selama terjadinya gangguan, yaitu dengan memakai pengatur tegangan otomatis yang cepat dan karakteristik kesetabilan generator yang memadai.

e) Membuat data pengamatan gangguan sistematis dan efektif, misalnya dengan menggunakan alat pencatat gangguan untuk mengambil langkah-langkah lebih lanjut.

2.4 Sistem Pengaman

1. Pengertian pengaman sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman pada peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, bus bar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi ab-normal operasi sistem tenaga listrik tersebut.

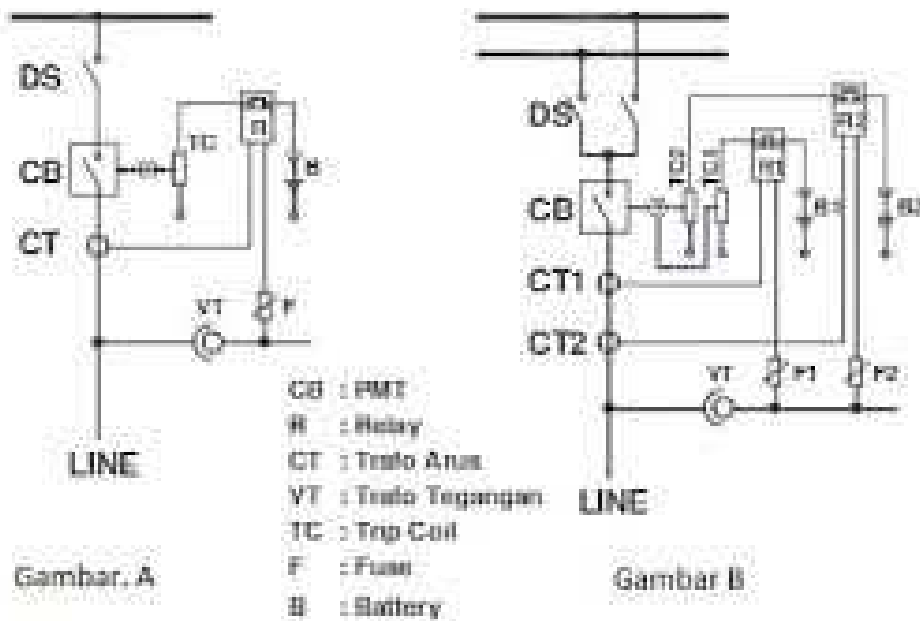
2. Fungsi Pengaman, kegunaan pengaman tenaga listrik antara lain:

- a) Mencegah kerusakan peralatan-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 oleh tenaga listrik.
3. Daerah – daerah perlindungan pengaman(proteksi)

Batas setiap daerah menentukan bagian sistem daya sedemikian rupa sehingga untuk gangguan yang terjadi didalam daerah tersebut, sistem proteksi yang bertanggung jawab akan bertindak semua gangguan yang berada didaerah 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 hubungan antara peralatan didalam daerah itu dengan bagian lainnya dari sistem harus menyisipkan pemutus rangkaian.

Pada saat gangguan atau ketidak normalan 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 suatu sistem pengaman dan peralatan - peralatan yang handal. Pengaman pada sistem tenaga listrik pada dasarnya terdiri atas pemutus tenaga (PMT) atau circuit breaker (CB) yang bekerja memutus rangkaian jika terjadi gangguan hubung singkat yang mengakibatkan arus beban yang kecil tetapi arus gangguan yang besar atau tegangan yang terjadi ab-normal, operasinya dikendalikan oleh rele. Rusaknya peralatan yang mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem daya, dimana pada sistem daya proses peniadaan hubung singkat dilaksanakan secara otomatis menggunakan rele yang di setting tanpa campur tangan manusia. Daerah-daerah Perlindungan pengaman (proteksi).

2.4.1 Rele Pengaman



Gambar 2.2 Diagram Rele Secara Umum

Pada saat terjadi gangguan atau ketidak normalan 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 ke seluruh sistem sehingga bisa merusak seluruh peralatan sistem tenaga listrik yang ada. Untuk mengatasi hal tersebut, mutlak diperlukan suatu sistem pengaman yang handal. Salah satu komponen yang penting untuk pengaman tenaga listrik adalah rele. Rele pengaman tenaga listrik adalah suatu piranti, baik elektronik atau magnetik yang direncanakan untuk mendeteksi suatu kondisi ketidak normalan. Pada peralatan listrik yang bisa membahayakan atau tidak diinginkan. Jika bahaya itu muncul maka rele pengaman secara otomatis memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga agar bagian terganggu dapat dipisahkan dengan sistem yang normal. Rele 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 kemudian 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.

2.4.2. Fungsi Rele

- a. Pada prinsipnya rele yang dipasang pada sistem tenaga listrik mempunyai tiga macam fungsi yaitu:
- b. Merasakan, mengukur, dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya.
- c. Mengurangi gangguan kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
- d. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap sistem yang lain yang tidak terganggu dalam sistem tersebut serta dapat beroperasi normal, juga untuk mencegah meluasnya gangguan.

2.4.3. Persyaratan Rele Pengaman

Pada sistem tenaga listrik, rele memegang peran yang sangat penting, pengaman berkualitas yang baik memerlukan rele pengaman yang baik pula, untuk itu ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh rele pengaman tersebut yaitu:

a. Reliability

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

b. Selektivitas

Selektivitas berarti rele harus mempunyai daya beda terhadap bagian yang terganggu, sehingga mampu dengan tepat memilih bagian dari sistem tenaga listrik yang terkena gangguan . Kemudian rele bertugas mengamankan peralatan

atau bagian sistem dalam jangkauan pengamannya. Tugas rele untuk mendeteksi adanya gangguan yang terjadipada daerah dan pengamannya dan memberikan perintah untuk membuka pemutus 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 pemutus pelayanan. Jika terjadi pemutusan atau pemadaman hanya terbatas pada daerah yang terganggu.

c. Sensitivitas

Rele harusnya mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap besaran minimal (kritis) sebagaimana direncanakan. Rele 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.

- 1) Namun demikian rele harus stabil, artinya
- 2) Rele harus dapat membedakan antara arus gangguan atau arus beban maksimum.
- 3) Pada saat pemasukan trafo daya, rele tidak boleh bekerja karena adanya arus inrush, yang besarnya seperti gangguan, yaitu 3 sampai 5 kali arus beban maksimum.
- 4) Rele harus dapat membedakan adanya gangguan atau ayunan beban.

d. Kecepatan Kerja

Rele 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 rele pengaman mutlak diperlukan karena untuk menjaga kestabilan sistem agar tidak terganggu. Hal ini untuk mencegah rele salah kerja karena transient akibat surja petir.

e. Ekonomis

Satu hal penting yang harus diperhatikan sebagai persyaratan rele pengaman adalah harga atau biaya. Rele tidak akan diaplikasikan dalam sistem tenaga listrik jika harganya mahal. Persyaratan reabilitas, sensitivitas, selektivitas, dan

kecepatan kerja rele hendaknya tidak menyebabkan harga rele menjadi mahal.

2.5. Penutup Balik Otomatis

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

Alat pengaman ini bekerja secara otomatis guna mengamankan suatu sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat. Cara bekerjanya adalah untuk menutup balik dan membuka secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya, dimana pada sebuah gangguan temporer, recloser tidak membuka tetap (lock out).

2.5.1. Fungsi Recloser

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

Untuk lebih lengkapnya dibawah ini adalah beberapa setting waktu pada gangguan yang terjadi (PT.PLN (persero) rayon Siantar : recloser)

1. Setting recloser terhadap gangguan permanen
 - a. Interval
 - b. 1 st : 5 detik
 - c. 2 nd : 10 detik
 - d. Lock out : 3X trip (reclose 2X)
 - e. Reset Delay : 90 detik
2. Setting recloser terhadap gangguan sesaat sama dengan gangguan permanen yang membedakan adalah tidak ada trip ke 3

2.5.2 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 industri, 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 gas dari bunga api yang timbul waktu gangguan dan belum hilang dalam waktu-waktu yang relatif 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 fuse trip operational, maka waktu 2 detik ini cukup untuk mendinginkan di fuse beban.

b. Menutup Kembali 5 detik Selang waktu ini sering digunakan diantara operasi penjatuh tunda dari recloser substation untuk memberikan kesempatan guna pendingin fuse disisi sumber, maka waktu 5 detik 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 rele. Ini memungkinkan timing disc pada rele lebih mempunyai cukup untuk reset.

2.5.3.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 yang mengalir melalui recloser.
2. Ketika terjadi sebuah gangguan, arus yang mengalir melalui recloser membuka dengan operasi "fast".
3. Kontak recloser akan menutup kembali setelah beberapa detik, sesuai setting yang ditentukan. Tujuan memberikan selang waktu adalah memberi

kesempatan agar gangguan tersebut hilang dari sistem, terutama gangguan yang bersifat temporer.

4. Apabila yang terjadi adalah gangguan permanen, maka recloser akan membuka dan menutup balik sesuai setting yang ditentukan dan kemudian lock out.
5. Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas, baru dapat dikembalikan pada keadaan normal.

2.5.4. Klasifikasi Recloser

a) Berdasarkan jumlah fasanya :

1. Fasa Tunggal

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

2. Fasa Tiga

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

b) Berdasarkan media peredam busurnya :

1. Media minyak

2. Media hampa udara

c) Berdasarkan peralatan pengendalinya :

1. Recloser terkendali hidrolis

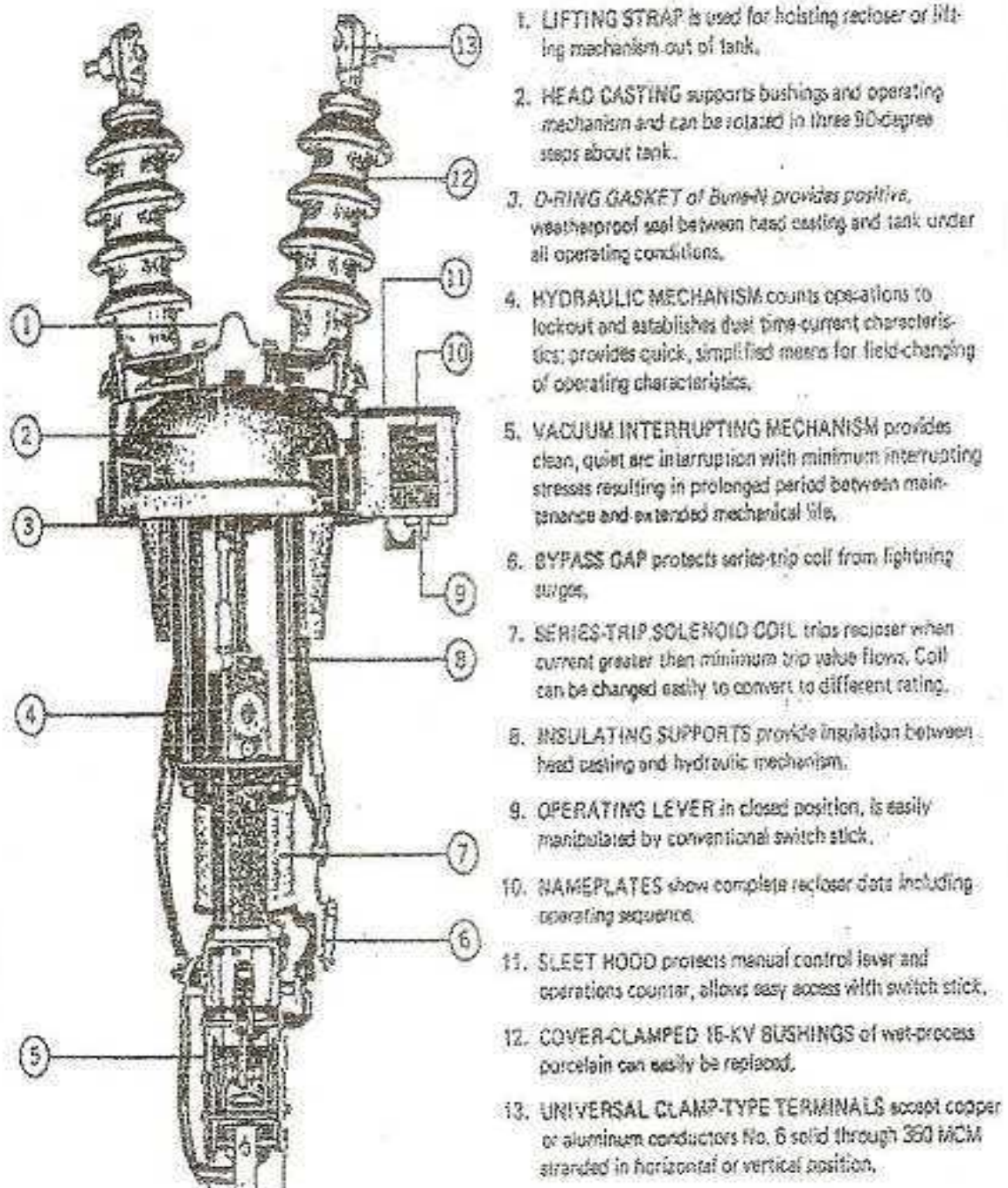
Recloser dengan pengaturan hidrolis, membuka dan menutup kontak-kontaknya dilakukan dengan cara hidrolis (tekanan minyak). Arus gangguan dideteksi melalui kumparan kerja (trip coil) yang dihubungkan seri dengan beban.

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

2. Recloser terkendali elektronik

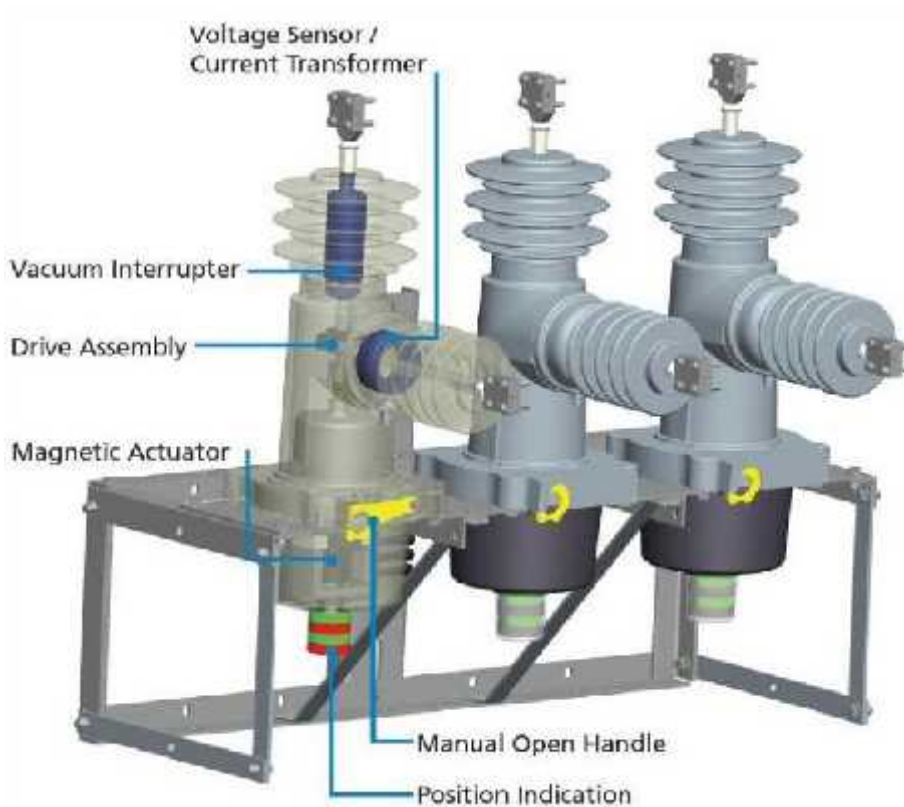
Recloser dengan pengaturan elektronik lebih mudah diatur dalam

membuka dan menutup kontak-kontaknya. Alat pengatur elektronik mempunyai kontak sendiri (kabinet) yang terpisah dari recloser. Pada pengaturan elektronik ini, karakteristik waktu-arus dapat diatur dengan mengubah tingkat arus kerja



kumbaran serinya dan urutan kerja dari recloser tanpa harus melepas recloser dari rangkaiannya dan mengeluarkannya dari tangki.

Gambar 2.3. Recloser kontrol hidrolis satu fasa

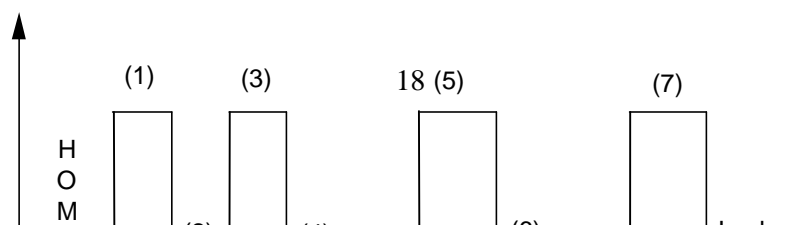


Gambar 2.4. Recloser kontrol hidrolis fasa tiga

2.5.5. Urutan kerja Recloser

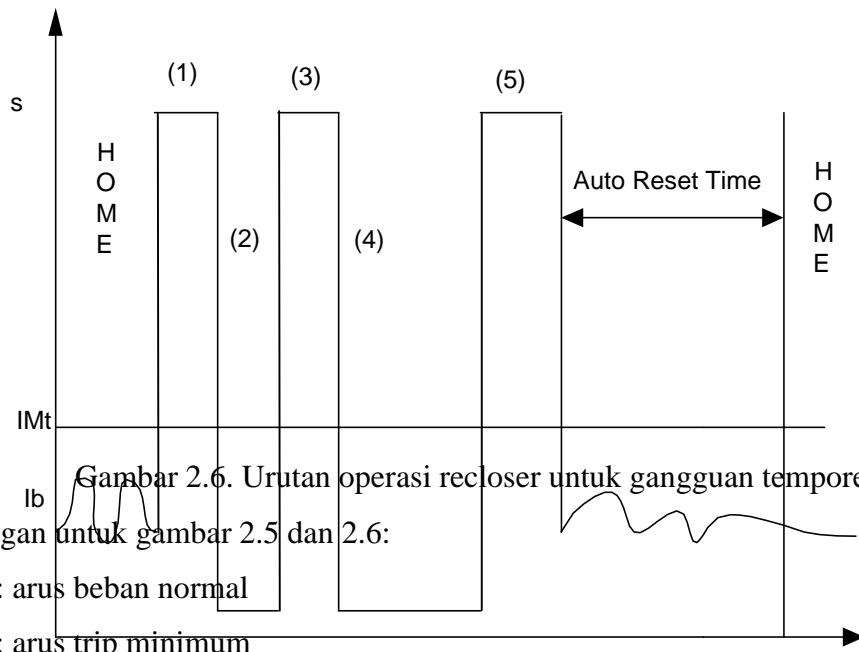
Waktu membuka dan menutup recloser dapat diatur melalui kurva karakteristiknya. Secara garis besar urutan kerja recloser diperlihatkan pada gambar 2.5 dan 2.6 pengoperasiannya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Sebelum terjadi gangguan, arus mengalir normal (I_b).
2. Pada 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, sesuai setting yang telah dilakukan apabila ada gangguannya 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.



Gambar 2.5. Urutan operasi recloser untuk gangguan permanen

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



Gambar 2.6. Urutan operasi recloser untuk gangguan temporer

Keterangan untuk gambar 2.5 dan 2.6:

- Ib : arus beban normal
- IMt : arus trip minimum
- Ihs : arus hubung singkat
- 1 : Waktu trip cepat pertama (TCC)
- 2 : Interval waktu reclose pertama
- 3 : Waktu trip cepat kedua
- 4 : Interval waktu 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.

2.5.6. Waktu Dan Jumlah Penutupan Kembali

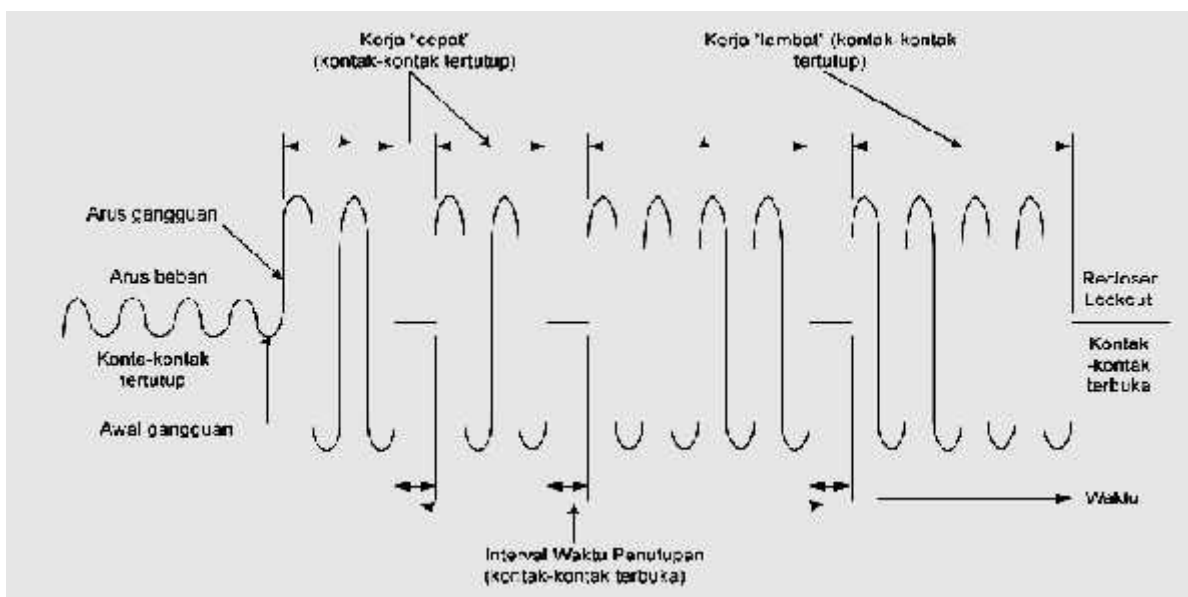
A. Beberapa pilihan waktu penutup balik dari recloser dapat dibuat, hal ini sangat dipengaruhi oleh koordinasi pada peralatan lainnya.

1. Penutup baik 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 menghilangkan gangguan sementara.

2. Penutup balik lambat

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



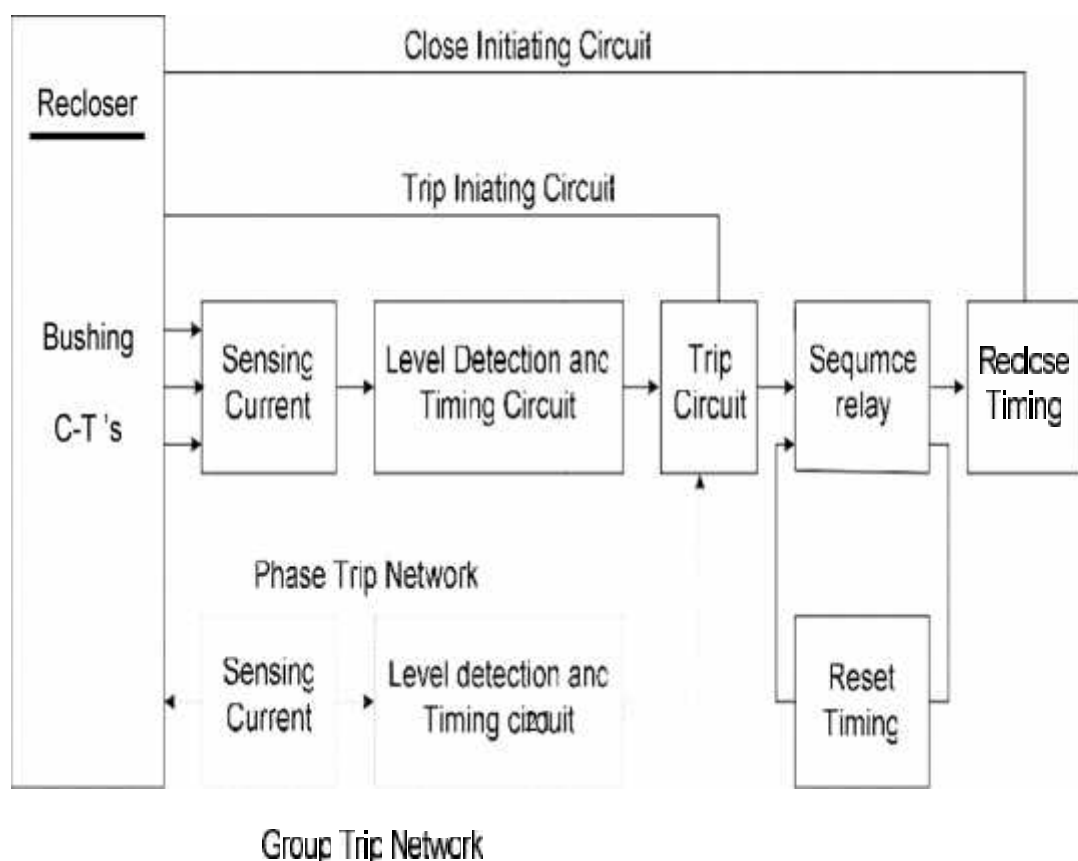
Gambar 2.7. Urutan kerja penutup balik

2.5.7 Prinsip Kerja Recloser

Cara kerja recloser ini tidak banyak berbeda (recloser terkendali hidrolis dan elektronik), misalnya dalam mendeteksi gangguan keduanya menggunakan sensing trafo arus dan pengaturan elektronik. Perlengkapan elektroniknya ditempatkan pada sebuah kotak yang terpisah dari tangki recloser. Dalam melakukan perubahan 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.

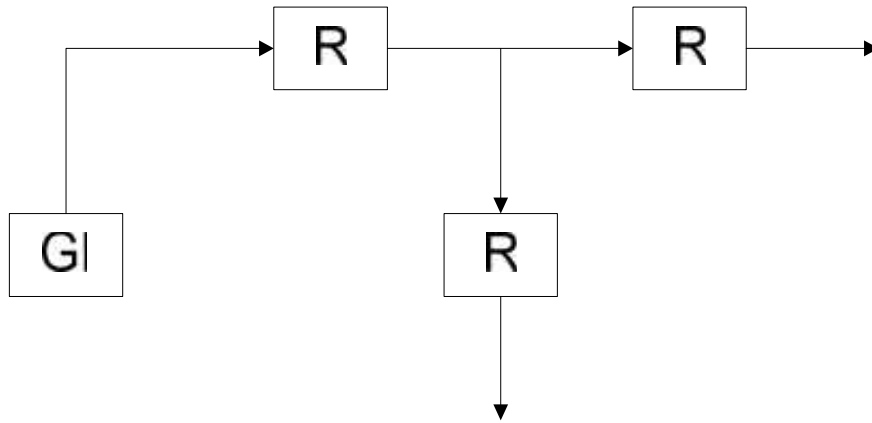
Apabila arus itu melebihi batas nilai terendah dari arus penjatuh minimum, maka level detektor dan timing circuit akan bekerja. Setelah mencapai waktu tunda yang ditentukan oleh program karakteristik arus-waktu, maka rangkaian trip (penjatuh) mengirimkan sinyal untuk menjatuhkan (melepaskan) kontak utama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

Rele urutan kerja akan di reset oleh reset 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 kontrol)



Gambar
2.9

Diagram Blok Recloser beroperasi secara radial

2.5.8 Setting Panel Kontrol

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

1. Arus beban : ½ dari arus beban keseluruhan
2. Arus fault : sesuai arus pada jaringan (I_o)
3. Ratio CT : 300/1
4. Luas penampang kabel : 150 mm²
5. Waktu selang : 1 (satu) menit 3 kali trip

Setting panel kontrol	Gangguan Fasa – Fasa	Gangguan Fasa -Tanah
Minimum Trip	100 Amp	20 Amp
Over Current Alarm	3200 Amp	1600 Amp
Alarm Time Delay	100 detik	100 detik
High Current Trip for Min Trip	3 x min trip	1,25 x min trip

Tabel 2.2 Setting gangguan pada panel kontrol

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 di sisi sumbernya, dan pembukaan dilakukan pada saat peralatan di sisi sumber sedang dalam posisi terbuka.

Biasanya sectionalizer membuka setelah 2 atau 3 kali hitungan operasi dari pengaman back-upnya, jadi sectionalizer tidak memutus arus gangguan. Misalkan bila terjadi gangguan, maka alat pengaman back-upnya yang berada di sisi hulu akan membuka sirkit, 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 dalam 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 pengaturnya sampai sectionalizer menutup, biasanya 5 - 10 detik. Waktu merasakan gangguan yang dimungkinkan untuk merasakan gangguan setelah sectionalizer 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 kontrol hidrolik satu fasa dan tiga fasa

2.6.1 Prinsip Kerja Sectionalizer

Setelah selang waktu penutupan tertentu, maka pengaman di sisi sumbernya akan menutup kembali dan alat penghitung disisi sectionalizer akan kembali ke posisi semula. Jika gangguannya bersifat sementara dan dapat dihilangkan sebelum sectionalizer membuka, maka peralatan penghitung sectionalizer yang sudah bergerak akan kembali ke posisi 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.

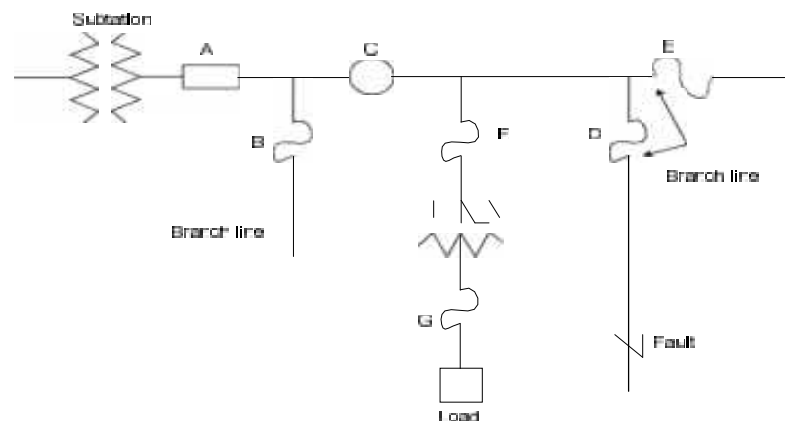
BAB III
SISTEM PENGAMANAN JARINGAN RECLOSER
PT. PLN (PERSERO) AREA PEMATANG SIANTAR

3.1. 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 gardu induk sepanjang feeder (saluran), pada cabang saluran, dan pada sistem 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 3.1. Diagram satu 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 pengaman D seperti pada gambar 3.1. maka sebelum peralatan pengaman C bekerja, gangguan harus sudah dihilangkan oleh pengaman D. Sehingga sesudah D bekerja dan cabang yang bersangkutan sudah diisolir arus beban normal dapat 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 memutuskan saluran sesaat atau beroperasi pada posisi terbuka terus.
2. Pemadaman yang terjadi akibat adanya gangguan menetap harus dibatasi sampai pada seksi yang sekecil mungkin.

Pemilihan peralatan pengaman arus lebih 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 pe

ralatan pengaman di sisi sumber dan di sisi beban,

jugapenempatan peralatan pengaman pada saluran distribusi tenaga listrik. Koordinasi

peralatan pengaman pada saluran udara tegangan menengah 20 kV

sistem tiga fase tiga kawat dapat dibagi menjadi:

1. Koordinasi antar recloser dengan pemutus tenaga (PMT).
2. Koordinasi antar recloser dengan pengaman lebur.
3. Koordinasi antar recloser dengan sectionalizer.
4. Koordinasi antar recloser dengan fuse cut-out.

Pada kesempatan ini akan membahas koordinasi antar recloser dengan sectionalizer.

3.2. Koordinasi Antara Recloser Dengan Sectionalizer

Sectionalizer adalah peralatan yang dirancang untuk mengisolir gangguan pada sistem distribusi, sedangkan recloser adalah peralatan yang berfungsi untuk membedakan gangguan permanen dengan gangguan temporer. Walaupun kedua bentuknya sama tetapi sectionalizer tidak memutuskan gangguan, sehingga sectionalizer harus menunggu sampai recloser membuka line dan kemudian memotong/memisahkan line yang rusak ketika line masih 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 menguncinya dirinyasendiri sudah operasi yang telah ditentukan, biasanya setelah operasi yang ketiga. recloser melanjutkan operasi yang keempat dan memulihkan pelayanan sampai ke sectionalizer.

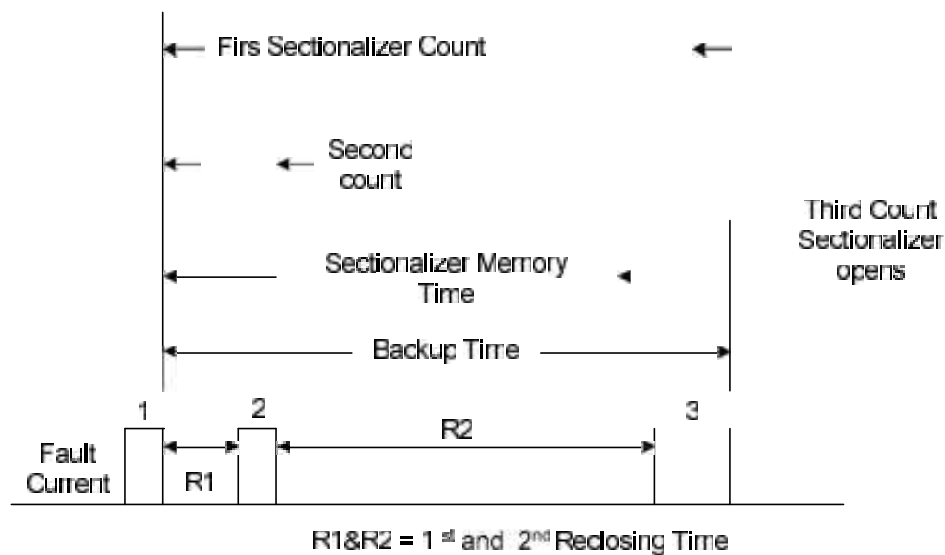
Jadi sectionalizer harus dibantu oleh recloser.

Prinsip-prinsip koordinasi dari pemakaian recloser di sisi sumber dengan sectionalizer di sisi beban adalah sebagai berikut :

- 1) Pada sectionalizer pengaturan elektronis, arus penggerak minimumnya adalah 80 % x arus trip minimum dari recloser di sisi sumber. Sedangkan

sectionalizer pengaturan hidrolik, maka arus penggerak minimumnya adalah $160\% \times \text{rating coil dari recloser}$

- 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 dikoordinasikan 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 3.2. Waktu ingatan tiga kali perhitungan untuk menguncikan sectionalizer

3.3. Penggunaan Accessories/Peralatan Tambahan

Dalam sectionalizer dengan kontrol elektronik standar waktu pengaturan ulang (reset time) setelah waktu gangguan sementara tergantung waktu ingatan yang dipilih dan jumlah (angka) hitungan yang dipergunakan. Itu dapat berkisar dari 5

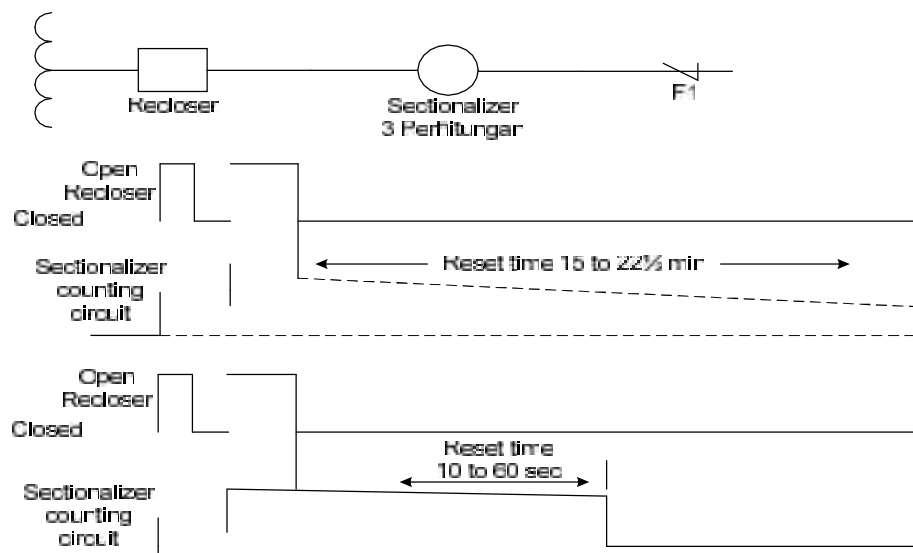
sampai 22 menit, waktu pengaturan ulang yang berhubungan dengan recloser dengan kontrol elektronik adalah 10 sampai 180 detik.

Rugi-

rugi dari kesalahan koordinasi tidak perlu menyebabkan terputusnya aliran listrik jika gangguan sementara bertambah selama waktu sectionalizer diatur ulang

(resetting). Perengkapan reset time (waktu reset) memberikan pemasangan kembali dengan cepat setelah memory time berhasil menutup kembali dari peralatan/perengkapan 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 ingatkan sectionalizer hingga 90 detik.
2. Umumnya waktu reset (antara 10 sampai 60 detik) dipilih untuk mengkoordinasikan dengan waktu reset dari peralatan/perengkapan cadangan dengan pembatasan bahwa waktu reset harus melebihi waktu gangguan satu fase pada pemutusan minimum di sisi recloser.
3. Pengaturan waktu reset hanya ditentukan oleh recloser seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Koordinasi recloser dengan sectionalizer untuk gangguan temporer di sisi sectionalizer

Aksesoris pembatas tegangan menjagasectionalizer dari hitungan arus lebih, sectionalizer untuk disela 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/peralatan cadangan, dengan aksesoris ini sectionalizer menggabungkan sensing yang terpisah dan karakteristik penggerakan untuk kedua fasa dan gangguan pembumian. Minimum arus gangguan pembumian 80 % dari pengaturan arus gangguan pembumian untuk disisi recloser. Pembatasan pemakaiannya pada pembumian sistem Y, minimum gangguan pembumian dari arus penggerak harus diatur tidak lebih rendah dari arus beban melalui sectionalizer. Jika lebih rendah maka sectionalizer menghitung dan membuka untuk gangguan pada sisi sumber. Aksesoris ground fault sensing termasuk pengendalian aliran fasa.

3.3. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Sebelum menggunakan alat pengaman yang 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 : Gangguan hubung singkat 3 fasa

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

Dari ketiga jenis gangguan hubung singkat dapat di hitung dengan menggunakan hukum ohm :

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

Dengan :

- I = Arus hubung singkat (Amper)
- V = Tegangan sumber (Volt)
- Z = Nilai ekuivalen dari seluruh impedansi dari sumber sampai titik gangguan (Ohm)

3.4.1. Hubung Singkat 3 Fasa

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

$$I_{3\phi} = \frac{V_f}{Z_{1eq}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan : $I_{3\phi}$ = Arus hubung singkat 3 fasa (Amper)
 V_f = Tegangan fasa-netral (20 KV/ $\sqrt{3}$) (Volt)
 Z_{1eq} = Impedansi ekivalen jaringan urutan positif (ohm)

3.4.2 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 urutan nol, nilai ekivalennya $Z_1 + Z_2 + Z_0$ dimana $Z_1 = Z_2$ dan tegangannya adalah tegangan fasa-fasa.

$$I_{1\phi} = \frac{3V_f}{2 Z_{1eq} + (Z_{0eq})} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan : $I_{1\phi}$ = Arus hubung singkat 1 fasa-tanah (Amper)
 $3V_f$ = Tegangan fasa-fasa (3×20 KV/ $\sqrt{3}$) (Volt)
 Z_{1eq} = Impedansi ekivalen jaringan urutan positif (ohm)
 Z_{0eq} = Impedansi ekivalen jaringan urutan nol (ohm)

3.5. Perhitungan Impedansi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber adalah :

$$Z_S = \frac{(KV)^2}{MVA} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan : Z_s = Impedansi sumber (ohm)
 $(KV)^2$ = Tegangan di Bus (KV)
MVA = Kapasitas hubung singkat di busbar (MVA)

3.6. Perhitungan Impedansi Trafo Tenaga

Impedansi urutan positif (X_t) adalah impedansi bocor trafo. Besarnya impedansi urutan negatif sama dengan besarnya impedansi urutan nol, tergantung Data Recloser dari hubungan trafo dan impedansi pentanahannya.

$$X_{t1} = X_{t2} = Z(\%) \times \frac{(KV)^2}{MVA} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$X_{t0} = (Y_y X_{t0}) = 10 \times X_t \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan: X_{t1} dan X_{t2} = Reaktansi urutan positif (ohm)
 X_{t0} = Reaktansi urutan negatif (ohm)
 Y_y = Hubungan bintang pada trafo
MVA = Kapasitas pada trafo tenaga (MVA)
KV = Tegangan di Bus (KVA)

3.7. Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan

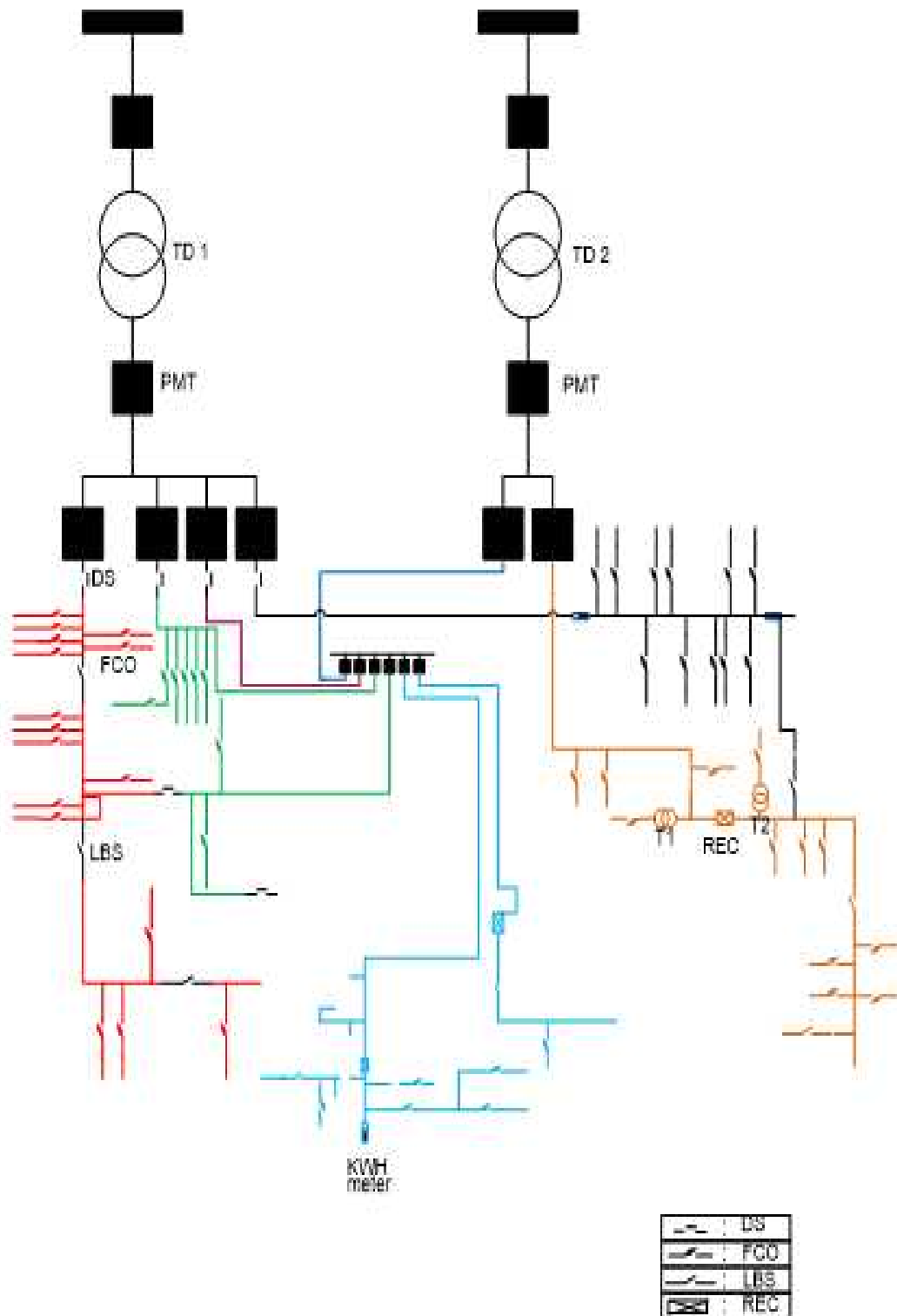
1. Untuk menghitung impedansi ekuivalen jaringan urutan positif adalah dengan menjumlahkan impedansi sumber (Z_s), impedansi trafo (Z_{t1}) dan impedansi jaringan urutan positif.

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

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

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3RN + Z_{0\text{penyulang}} \dots\dots\dots (3.8)$$

3.8. Analisa Terjadinya Gangguan Hubung Singkat



Gambar 3.4. diagram satu garis pada penyulang

Diperlihatkan terjadi gangguan hubung singkat satu fasa yang sifatnya sementara antara gardu T1 dengan T2, di mana recloser langsung berkegiatan membuka line, kemudian memotong atau memisahkan line yang rusak ketika line masih terbuka dan tidak ada arus yang mengalir. Pada saat itu juga rele akan bekerja dengan tripnya PMT, dengan tripnya PMT suplai arus terhenti dan busur api tidak akan hilang. Setelah beberapa saat PMT dimasukkan kembali dan saluran dapat beroperasi secara normal. Karena gangguan ini sifatnya sementara dan dapat dihilangkan sebelum sectionalizer membuka, maka peralatan penghitung sectionalizer akan kembali ke posisi semula dan siap untuk melakukan perhitungan dari awal.

Apabila terjadi gangguan yang sifatnya permanen, maka sectionalizer akan menghitung jumlah operasi recloser dan trip serta mengunci dirinya sendiri sesudah operasi yang telah ditentukan, biasanya setelah operasi ketiga.

Recloser melanjutkan operasi keempat dan memulihkan pelayanan sampai ke sectionalizer. Dengan itu bagian saluran sesudah sectionalizer yang terkenang gangguan akan dibebaskan dari sistem sehingga tidak mengganggu saluran lain.

3.9. Data Peralatan

3.9.1. Data Trafo Tenaga GI Pematang Siantar

Merk Pabrik	: UNINDO
Daya	: 30 MVA
Ratio Tenaga	: 70/20 KVA
Arus Nominal	: 115,47/1732 A
Impedansi	: 13,050 %
Vektor Group	: Ynyno

3.9.2. Data Recloser Penyulang Simpang Fikir GI Pematang Siantar

Merk pabrik	: Schneider Electric
Tipe	: ADVC-ULTRA-INT/FTIM-FLEX
Arus Kontinyu	: 200 A
Arus trip min fasa – fasa	: 380 A

Arus trip min fasa – tanah : 20 A
 Arus pemutus maksimum : 6000 A
 Waktu membuka : 0,13 detik
 Waktu menutup kembali : 2 detik

Tabel 3.1. Impedansi Urutan Positif Dan Nol Penghantar AAAC

Penampang nominal (mm ²)	jari-jari (mm)	Jumlah Urat	GMR (mm)	impedansi urutan positif (/ km)	Impedansi urutan nol (/ km)
16	2,2563	7	1,638	2,0161 + j0,4036	1,1641 + j1,6911
25	2,8203	7	2,0475	1,2903 + j0,3895	1,4384 + j1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,9217 + j0,3790	1,0697 + j1,6665
50	3,9886	7	2,8957	0,6452 + j0,3678	0,7932 + j1,6553
70	4,7193	7	3,4262	0,4608 + j0,3572	0,6088 + j1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3396 + j0,3449	0,4876 + j1,6324
120	6,1791	19	4,6837	0,2688 + j0,3376	0,4618 + j1,6251
150	6,9084	19	5,2365	0,2162 + j0,3305	0,3441 + j1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1744 + j0,3239	0,3224 + j1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1344 + j0,3158	0,2824 + j1,6003

3.10. DATA TRIP RECLOSER ULP KISARAN

Tabel 3.2. Data Trip Recloser ULP Kisaran

No	DATE	TIME	TYPE	IA (A)	IB (A)	IC (A)
1	17/11/18	16:07:29	NO CONTROL ALARM	0	0	0
2	17/11/18	08:03:40	CONTROL ALARMS	0	0	0
3	14/11/18	09:02:21	MANUAL/EXT CLOSE	0	0	0
4	14/11/18	09:01:11	HOT-LINE TAG OFF	0	0	0
5	14/11/18	09:56:51	HOT-LINE TAG ON 0	0	0	0
6	14/11/18	08:15:14	FAULT DATA (pri)	326	0	0
7	14/11/18	09:15:14	OVER CURRENT TRIP	219	0	0
8	14/11/18	09:49:14	CONTROL LOCK OUT	0	0	0
9	08/11/18	09:49:14	MANUAL/EXT CLOSE	0	0	0
10	08/11/18	09:49:14	HOT-LINE TAG OFF	0	0	0
11	08/11/18	09:49:07	HOT-LINE TAG ON	0	0	0
12	08/11/18	09:45:06	CONTROL LOCK OUT	0	0	0
13	08/11/18	09:45:05	NORMAL PROFILE	0	0	0
14	08/11/18	09:45:03	CONTROL LOCKOUT	0	0	0
15	08/11/18	09:44:24	ALT PROFILE #2	0	0	0
16	08/11/18	09:43:28	CONTROL LOCKOUT	0	0	0
17	08/11/18	09:43:26	ALT PROFILE #1	0	0	0
18	08/11/18	09:43:04	no control alarm	0	0	0
19	08/11/18	09:42:45	CONTROL LOCKOUT	0	0	0
20	08/11/18	09:42:43	CONTROL ALARM	0	0	0

21	08/11/18	09:42:43	NORMAL PROFILE	0	0	0
22	08/11/18	09:42:08	No control alarm	0	0	0
23	08/11/18	09:42:08	CONTROL ALARM	0	0	0
24	08/11/18	09:42:02	CONTROL LOCKOUT	0	0	0
25	08/11/18	09:41:50	ALT PROFILE #3	0	0	0
26	08/11/18	09:41:48	CONTROL LOCKOUT	0	0	0
27	08/11/18	09:41:07	ALT PROFILE #2	0	0	0
28	08/11/18	09:41:13	CONTROL LOCKOUT	0	0	0
29	08/11/18	09:40:11	ALT PROFILE #1	0	0	0
30	08/11/18	09:37:58	CONTROL LOCKOUT	0	0	0
31	08/11/18	09:23:23	HOT LINE TAG OFF	0	0	0
32	08/11/18	09:22:03	HOT LINE TAG ON	0	0	0
33	08/11/18	09:22:02	HOT LINE TAG OFF	0	0	0