

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai pengaman *Over Current Rele (OCR)* telah banyak dilakukan sebelumnya . Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait pengaman terhadap arus lebih tersebut dijadikan sebagai acuan (referensi) dalam pengembangan pembahasan proyek akhir ini. Hal ini dilakukan bertujuan untuk menentukan batasan-batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini.

(Faizal Nurul Wahyudi, 2009) melakukan penelitian tentang kegagalan kerja relai arus lebih akibat kejenuhan transformator arus. Dalam penelitian ini diperoleh hasil analisa bahwa trafo arus jika telah mencapai atau melampaui batas akan mengakibatkan kejenuhan trafo arus, sehingga tidak menutup kemungkinan relai arus lebih gagal bekerja dan dampak lainnya akan merusak peralatan pada sistem tersebut.

(Jon Berlinson Siadari, 2009) melakukan penelitian tentang penyetelan relai arus lebih terhadap gangguan hubung singkat pada jaringan tegangan menengah 20 KV. Dalam penelitiannya, diketahui metode perhitungan serta penyetelan *Over Current Rele (OCR)* pada jaringan 20 KV.

Sejalan dengan beberapa penelitian diatas maka pada penelitian ini akan dianalisa kembali sebab – sebab *Over Current Rele (OCR)* gagal melakukan fungsinya sebagai pengaman arus lebih pada sistem 20 KV serta bagaimana pengaruhnya terhadap pendistribusian energi listrik.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Proteksi Saluran Distribusi

Proteksi dalam sistem Gardu Induk sisi 20 KV adalah untuk mengamankan peralatan / sistem sehingga kerugian akibat gangguan dapat dihindari atau dikurangi menjadi sekecil mungkin dengan cara:

1. Mendeteksi adanya gangguan / keadaan abnormal lainnya yang dapat membahayakan peralatan / system.
2. Melepaskan / memisahkan bagian system yang terganggu atau yang mengalami keadaan abnormal lainnya secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang dilalui arus gangguan dapat dibatasi seminimal mungkin dan bagian system lainnya tetap dapat beroperasi.

2.2.2 Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem tenaga listrik, sistem proteksi adalah perlindungan atau isolasi pada bagian yang memungkinkan akan terjadi gangguan atau bahaya. Tujuan utama proteksi adalah untuk mencegah terjadinya gangguan atau memadamkan gangguan yang telah terjadi dan melokalisirnya, dan membatasi pengaruh-pengaruhnya, biasanya dengan mengisolir bagian-bagian yang terganggu tanpa mengganggu bagian-bagian yang lain.

Sistem proteksi ini mendeteksi kondisi abnormal dalam suatu rangkaian listrik dengan mengukur besaran-besaran listrik yang berbeda antara kondisi normal dengan kondisi abnormal. Ada beberapa kriteria yang perlu diketahui pada pemasangan suatu sistem proteksi dalam suatu rangkaian sistem tenaga listrik yaitu :

1. Sensitifitas (kepekaan)

Sensitifitas adalah kepekaan rele proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlindungannya. Sensitifitas suatu sistem proteksi ditentukan oleh nilai

terkecil dari besaran penggerak saat peralatan proteksi mulai beroperasi. Nilai terkecil besaran penggerak berhubungan dengan nilai minimum arus gangguan dalam daerah yang dilindunginya.

2. Selektifitas dan Diskriminatif

Selektif berarti suatu sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila rele proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang sehat sebisanya adalah bagian yang terganggu saja. Diskriminatif berarti suatu sistem proteksi harus mampu membedakan antara kondisi normal dan kondisi abnormal. Ataupun membedakan apakah kondisi abnormal tersebut terjadi di dalam atau di luar daerah proteksinya.

3. Kecepatan

Sistem proteksi perlu memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi.

4. Keandalan

Suatu sistem proteksi dapat dikatakan andal jika selalu berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Sistem proteksi disebut tidak andal bila gagal bekerja pada saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja.

5. Ekonomis

Suatu perencanaan teknik yang baik tidak terlepas tentunya dari pertimbangan nilai ekonomisnya. Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya.

2.2.3 Kategori Proteksi / Pengaman

Ada dua kategori proteksi yang dikenal yaitu proteksi utama (*main protection*) dan proteksi pembantu (*back up protection*). Proteksi utama adalah pertahanan utama dan akan membebaskan gangguan pada bagian yang akan diproteksi secepat mungkin. Mengingat keandalan 100 % tidak hanya dari perlindungan tetapi juga dari trafo arus, trafo tegangan dan pemutus rangkaian yang tidak dapat dijamin, untuk itu diperlukan perlindungan pembantu (*auxiliary protection*) pada alat proteksi tersebut. Proteksi pembantu bekerja bila rele utama gagal dan tidak hanya melindungi daerah berikutnya dengan perlambatan waktu yang lebih lama dari pada relay utamanya.

1. Pengaman Utama

Pengaman utama merupakan pengaman yang paling berperan didalam daerah pengamanan atau daerah yang dilindungi dan pada umumnya selektif dan cepat bekerja jika terjadi gangguan didaerahnya, pengaman utama yang bekerja jika ada gangguan.

Untuk relai cepat dan pemutus beban cepat waktu mulai terjadinya gangguan sampai selesainya pembukaan pemutus beban maksimum 100 ms, yaitu terdiri dari waktu kerja relai 20-40 ms dan waktu pembukaan pemutus beban 40-60 ms.

2. Pengaman Cadangan

Kegagalan pada pengaman utama ataupun adanya daerah mati tersebut harus dapat diatasi yaitu dengan penggunaan pengaman cadangan. Pengaman cadangan (*back-up*) merupakan pengaman dibelakang pengaman utama. Maksudnya adalah pengaman ini bekerja jika pengaman utaman gagal operasi.

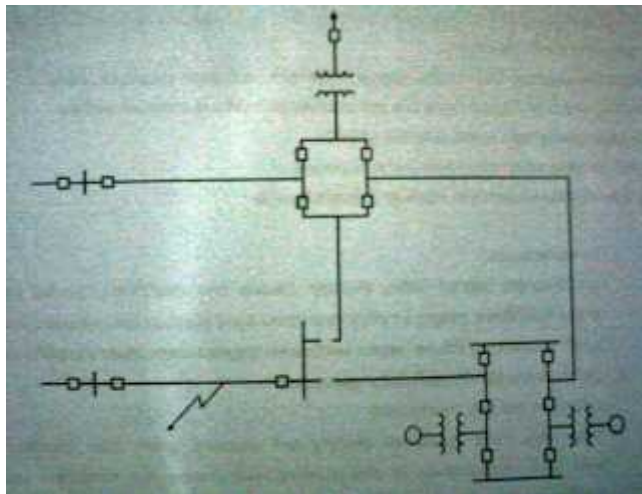
Pengaman cadangan ini umumnya mempunyai perlambatan waktu, hal ini untuk memberikan kesempatan kepada pengaman

utama bekerja lebih dahulu, dan jika pengaman ini juga kurang selektif bila dibandingkan dengan pengaman utama.

Dikenal dua jenis pengaman cadangan yaitu pengamanan cadangan setempat (local back up) dan pengaman cadangan jauh (remote back up).

a. *Local back-up* (pengaman cadangan terletak satu lokasi dengan pengaman utama).

Pengaman cadangan setempat adalah suatu system pengaman bila pengaman utamanya gagal bekerja maka relai pengaman cadangan akan bekerja lihat gambar dibawah ini, namun bila pengamannya masih gagal yaitu dalam hal pemutus beban gagal bekerja, relai akan segera memberi perintah untuk membuka semua pemutus beban yang ada kaitannya dengan pemutus beban yang gagal bekerja.



Gambar 2.1 Pengaman Cadangan Setempat

System ini umumnya digunakan pada system tenaga listrik dengan tegangan ekstra tinggi, dalam hal ini relai cadangannya mempunyai kecepatan sama dengan pengaman utamanya. Atau system ini mempunyai pengaman ganda, karena dalam hal ini

semua ganda, yaitu trafo arus, baterai maupun kumparan trip, sedang trafo tegangannya umumnya satu.

Untuk sistem dengan tegangan tinggi (untuk di Indonesia yaitu tegangan 150 kV dan 70 kV) pengaman cadangannya hanya merupakan relai cadangan, yaitu relai arus lebih.

- b. *Remote back-up* (pengaman sadangan tersebut diletakkan pada lokasi yang berlainan dengan pengaman utama)

Pengaman cadangan jauh adalah kegagalan suatu pengaman, gangguan akan dihubungkan oleh pengaman dari tempat lain di hulu berikutnya.

Pengaman jauh mempunyai keunggulan karena sederhana dan pasti serta dianggap semua pengamanan di lokasi jauh selalu dapat bekerja bila terjadi gangguan. Sedang pada pengaman cadangan setempat bila baterainya rusak / lemah maka akan gagal bekerja.

Pengaman cadangan jauh kurang memadai lagi untuk system yang besar antara lain karena :

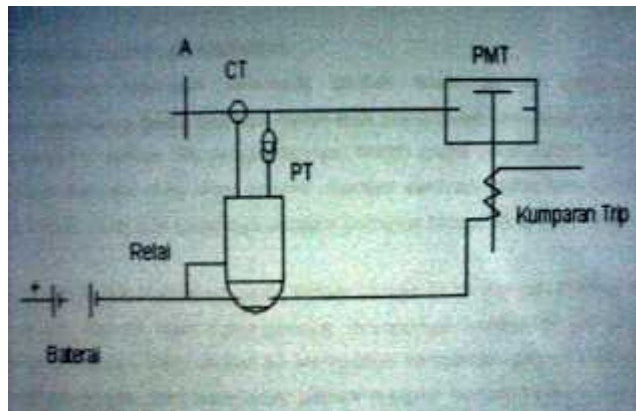
- 1) Dapat gagal bekerja

Relai harus cukup sensitive untuk merasakan semua gangguan bagi semua saluran dimana pengaman jauh ini diperlukan, tetapi tidak boleh disetel terlalu sensitive karena akan membatasi beban yang disalurkan. Bila sumbangan (infeed) ke bus demikian besar sehingga seolah-olah bus infinit, pengaman cadangan jauh ini (diluar bus tersebut) tidak dapat bekerja karena arus yang menyumbang ke bus tersebut yang melalui relai cadangan kecil, pada relai jarak gangguan setelah bus tersebut dilihat oleh pengaman cadangan menjadi sangat jauh.

2) Dapat terjadi tripping yang tidak diharapkan

Pada susunan rel ganda system pengaman didisain sedemikian sehingga bila terjadi gangguan sedikit mungkin peralatan yang terlepas dari system. Tetapi jika pemutus beban gagal bekerja, karena ada gangguan disalah satu penghantarnya.

Pengaman yang telah diuraikan tersebut diatas pada kenyataannya merupakan suatu relai dan lengkapnya yang bekerja memberi perintah ke pemutus beban untuk membuka dan memisahkan bagian system yang terganggu dan ini merupakan pengaman utama. Elemen-elemen pengaman utama seperti terlihat pada gambar dibawah terdiri dari relai, trafo arus dan atay trafo tegangan, baterai, kumparan trip dan pemutus beban dapat juga mengalami gagal bekerja.



Gambar 2.2 Susunan Relai Pengaman

Kegagalan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Kegagalan pada relainya sendiri.
2. Kegagalan suplai arus dan atau suplai tegangan ke relai.

Hal ini dapat disebabkan trafo arus atau trafo tegangannya rusak, rangkaian suplai ke relai dari trafo tersebut terbuka atau terhubung singkat.

3. Kegagalan system suplai arus searah untuk tripping pemutus beban.

Hal ini dapat disebabkan baterai lemah karena perawatan, terbukanya atau terhubung singkat rangkaian arus searah.

4. Kegagalan pada pemutus tenaga.

Kegagalan ini dapat disebabkan karena kumparan trip tidak menerima suplai, kerusakan mekanis ataupun kegagalan pemutusan arus karena besarnya arus hubung singkat melampaui kemampuan dari pemutus bebannya.

2.2.4 Kubikel Gardu Distribusi 20 KV

Kubikel ialah suatu perlengkapan atau peralatan listrik yang berfungsi sebagai pengendali, penghubung dan pelindung serta membagi tenaga listrik dari sumber tenaga listrik .

Kubikel istilah umum yang mencakup peralatan switching dan kombinasinya dengan peralatan kontrol, pengukuran, proteksi dan peralatan pengatur. Peralatan tersebut dirakit dan saling terkait dengan perlengkapan, selungkup dan penyangga. Sesuai IEC 298 : 1990 didespesifikasikan sebagai perlengkapan hubung bagi dan kontrol berselungkup logam rakitan pabrik untuk arus bolak-balik dengan tegangan pengenal diatas 1 KV sampai dengan dan termasuk 35 KV, untuk pasangan dalam dan pasangan luar, dan untuk frekuensi sampai 50 Hz.



Gambar 2.3 Bentuk Kubikel

1. Fungsi Kubikel

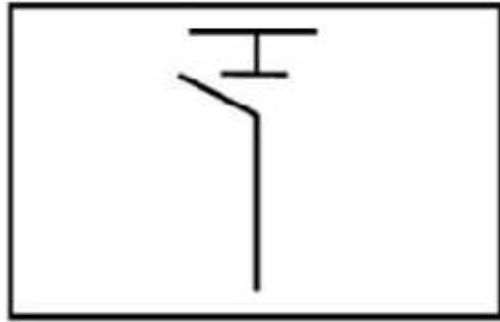
- a. Mengendalikan sirkuit yang dilakukan oleh saklar utama
- b. Melindungi sirkuit yang dilakukan oleh fase/pelebur
- c. Membagi sirkuit dilakukan oleh pembagian jurusan/kelompok (busbar)

2. Jenis Kubikel

Berdasarkan fungsi dan nama peralatan yang terpasang kubikel dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

a. Kubikel pms (pemisah)

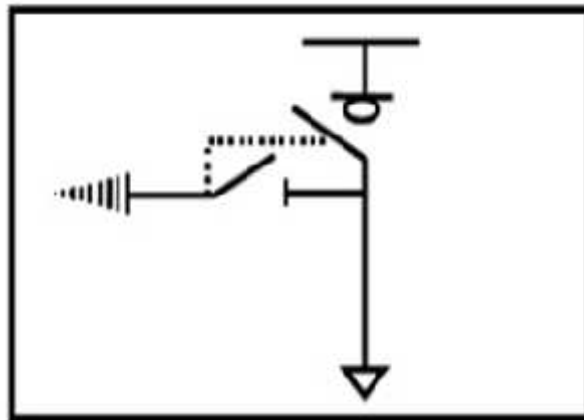
Berfungsi sebagai pemutus atau penghubung aliran listrik 20 kv kontak penghubung, tidak dilengkapi alat peredam busur api sehingga posisi alat kontak (buka tutup) harus dilakukan dalam keadaan tidak berbeda. Bisa terpasang pada sisi kabel incoming gardu distribusi Simbol diagram ons.



Gambar 2.4 Simbol diagram kubikel pms

b. Kubikel *lbs* (*load break switch*)

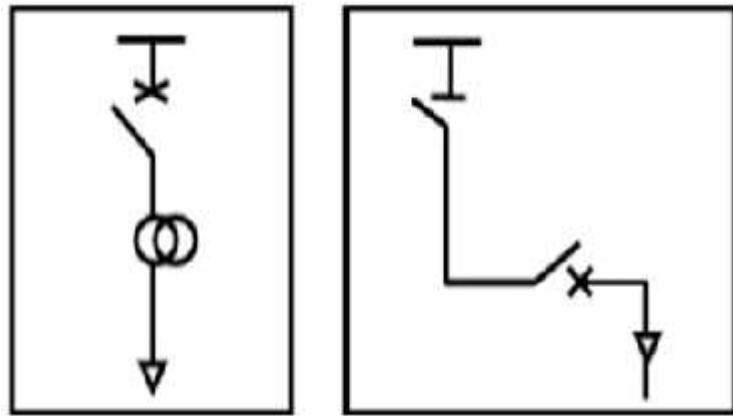
Berfungsi sebagai pemutus ataij penghubung aliran listrik 20 KV. Kontak penghubung dilengkapi peredam busur api sehingga dapat dioperasikan dalam keadaan berbeda, bisa terpasang pada kabel incoming atau outgoing gardu distribusi atau gardu hubung . Pada umumnya kubikel lbs dilengkapi dengan sakelar pentanahan yang didalam tabung lbs atau terpisah diluar tabung yang bekerjanya interkoneksi degan lbs.



2.5 Simbol diagram kubikel lbs

c. Kubikel *cbo out metering (pmt cb)*

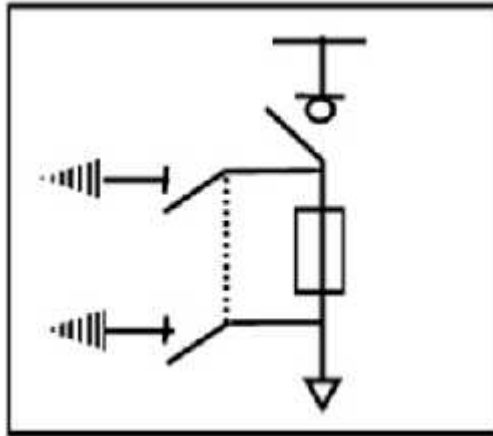
Berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik dengan cepat dalam keadaan normal maupun gangguan. Kubikel ini disebut juga istilah kubikel pmt (pemutus tenaga). Kubikel ini dilengkapi dengan relay peroteksi circuit breaker (pmt, cb). Kubikel ini bisa dipasang sebagai alat pembatas pengukuran dan pengaman pada pelanggan tegangan menengah. *Current transformer* Yang terpasang memiliki double secunder, satu sisi untuk mensuplai arus ke alat ukur kwh dan satu sisi lagi untuk menggerakkan relai proteksi pada saat terjadi gangguan.



2.6 Simbol diagram kubikel pmt

d. Kubikel *tp (transformer protection)*

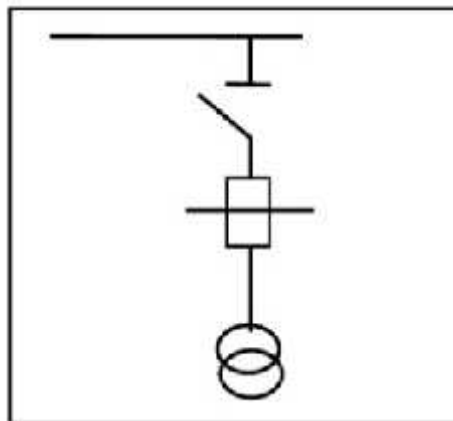
Berfungsi sebagai alat pengaman transformator distribusi, dikenal juga dengan istilah kubikel Pb (pemutus beban). Kubikel ini berisi lbs dan fuse pengaman trafo dengan ukuran beragam, tergantung kapasitas trafo yang akan diamankan. Ada dua jenis kubikel tp yaitu : Kubikel w dilengkapi shunt trip, jika fuse tm putus ada pin pada fuse yang menggerakkan mekanik untuk melepas. Lbs tidak dilengkapi shunt trip, jika fuse tm putus lbs tidak membuka sehingga trafo masih mendapat gangguan dari fuse lain yang tidak putus



2.7 Simbol diagram kubikel TP (transformer protection)

e. Kubikel pt (potential transformer)

Berfungsi sebagai kubikel pengukuran. Didalam kubikel ini terdapat pms dan transformator tegangan yang menurunkan tegangan dari 20.000 volt menjadi 100 volt untuk mensuplai tegangan pada alat ukur kwh. Kubikel ini kadang kala disebut juga dengan istilah kubikel *vt (voltage transformer)*. Handle kubikel pt harus selalu dalam keadaan masuk dan tersegel. Untuk pengamanan trafo tegangan terhadap gangguan hubung singkat maka dipasanglah Ude Tm.



Gambar 2.8 Simbol diagram kubikel PT (potensial transformer)

2.2.5 Peralatan pengaman terhadap arus lebih pada kubikel

Arus lebih adalah arus yang melampaui arus beban maksimum yang diijinkan. Pengaman arus lebih bisa dipakai untuk mendeteksi adanya beban lebih, gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan satu fasa ke tanah.

Pada sistem jaringan yang menggunakan SKTM dan memasok gardu – gardu beton di area perkotaan dimana jarak dari satu gardu ke gardu lainnya relative pendek, pengaman arus lebih yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Rele Arus Lebih

Menurut IEEE relai/pengaman adalah suatu peralatan elektronik yang didesain untuk merespon kondisi masukan dalam keadaan yang ditentukan dan setelah kondisi tersebut cocok, maka akan menyebabkan kontaktor beroperasi atau secara tiba-tiba berubah berhubungan dengan sirkit kendali elektrik.

Rele adalah suatu alat yang bekerja secara otomatis untuk mengatur / memasukan suatu rangkaian listrik (rangkaian trip atau alarm) akibat adanya perubahan lain.

Rele arus lebih (*Over Current Relay*) adalah relay yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan jangka waktu tertentu. Fungsi utama dari relai arus lebih ini adalah untuk merasakan adanya arus lebih kemudian memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk membuka.

Rele ini bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai arus settingnya (I_s). Bila besaran dari arus gangguan I_f lebih besar dari gangguan arus angkat (*pick up current*) atau setting, maka rele akan bekerja, sebaliknya apabila arus gangguan lebih kecil dari nilai setting arusnya maka rele tidak akan bekerja.

$I_f > I_s$ rele akan bekerja

$I_f < I_s$ rele tidak bekerja

Arus setting adalah arus yang menyebabkan batang kontak rele bergerak sampai ke kontak tetap, sehingga menutup rangkaian kumparan kerja dari PMT dan menyebabkan PMT membuka. Dengan membukanya PMT gangguan akan dipisahkan dari sistem tenaga listrik.

Macam – macam karakteristik rele arus lebih (OCR) secara garis besar dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

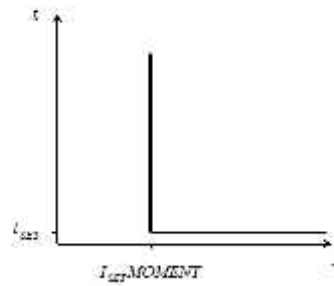
a. Rele arus lebih waktu seketika (Instantaneous)

Rele arus lebih seketika adalah jenis rele arus lebih yang paling sederhana, dimana jangka waktu rele yaitu saat rele memulai (*pick-up*) sampai selesainya kerja rele sangat singkat atau tanpa penundaan waktu.

Rele arus ini digunakan untuk pengaman arus hubung singkat yang besar (*high set*) sehingga *tripping time* pada arus gangguan yang besar, rele ini akan bekerja seketika.

Bekerjanya didasarkan pada besarnya arus gangguan hubung singkat yang dipilih. Pada setelan koordinasi proteksi di sistem distribusi tegangan menengah dipergunakan / disebut setelan moment / instant / cepat.

KARAKTERISTIK INSTANT – MOMENT



Gambar 2.9 Karakteristik rele arus lebih seketika

Bila arus beban naik melebihi harga yang diijinkan, maka harga I_r juga akan naik. Bila naiknya arus melebihi harga operasi dari relai (setting arus), maka relay akan bekerja yang ditandai dengan alarm yang berbunyi dan *Tripping Coil* melepas engkol sehingga PMT (pemutus) membuka. Jangka waktu kerja rele sangat singkat yakni sekitar 50 ÷ 100 mili detik.

b. Rele arus lebih waktu tertentu (Definite Time Relay)

Rele arus lebih tertentu adalah jenis rele arus lebih dimana jangka waktu rele mulai (*pick-up*) sampai selesainya kerja rele dapat diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang terjadi, akan tetapi tergantung dari besarnya arus setting. Maka waktu kerja rele ditentukan oleh waktu settingnya.

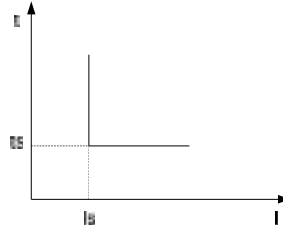
Kurva *definite time relay* dapat dilihat pada gambar 2.9, dimana waktu kerjanya, lebih lama dari waktu setelan instant dan setelan rele didasarkan pada setelan arus beban.

Sesuai BS 142.1996, setelan arus sebagai berikut :

Arus setelan : 1,2 s/d 1.3. Ibeban

Waktu (t) : 0,3 detik (minimum)

Bila terdapat gardu hubung/recloser, maka terdapat tunda waktu antara relai : 0,3 s/d 0,4 detik.



Gambar 2.10 Karakteristik rele arus lebih waktu tertentu

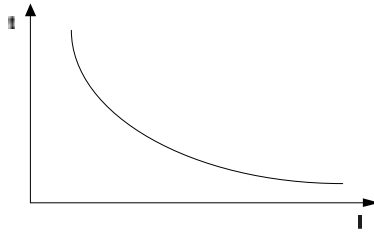
c. Rele arus lebih waktu terbalik (Inverse Time Relay)

Setelan proteksi dengan mempergunakan karakteristik *inverse time relay* adalah karakteristik yang grafiknya terbalik antara arus dan waktu, dimana makin besar arus makin kecil waktu yang dibutuhkan untuk membuka Pemutus (PMT).

Setelan relai dengan mempergunakan karakteristik inverse biasanya dipegunakan pada sistem distribusi tenaga listrik sebagai setelan relai yang terpasang di *incoming feeder*, *outgoing feeder* atau relai yang terpasang di gardu hubung atau *recloser*, di mana penyetelan arus dan waktu pada relai OCR / GFR, di dasarkan pada besarnya arus gangguan hubung singkat yang disetel dari sisi hilir sampai dengan sisi hulu (dari gardu hubung sampai dengan gardu induk).

Rele arus lebih dengan waktu berbanding terbalik dengan besarnya arus yang menggerakkan rele dibagi menjadi :

- 1) Normal Inverse (berbanding terbalik)
- 2) Very Inverse (sangat berbanding terbalik)
- 3) Extremely Inverse (sangat berbanding terbalik sekali)



Gambar 2.11 Karakteristik rele arus lebih berbanding terbalik

2. Trafo Arus / CT (*Current Transformator*)

Trafo Arus (CT) merupakan alat pendukung yang digunakan dalam instalasi Gardu Induk Sisi 20 KV. Alat ini untuk mendukung dalam pengukuran arus yaitu sebagai pengukuran dan sebagai proteksi terhadap arus lebih. Trafo arus ini berfungsi untuk menurunkan arus yang bekerja/mengalir berdasarkan prinsip induksi elektromagnet, yaitu timbulnya arus dalam suatu sirkuit listrik (sisi sekunder) akibat dari pengaruh sirkuit yang lain (sisi primer) secara fisik tidak saling berhubungan dalam rangkaian tertutup. Peristiwa ini terjadi karena adanya perpotongan garis medan magnet yang berubah – ubah memotong penghantar tersebut.

Fungsi trafo arus yaitu :

- a. Mentransformasikan besaran arus dari nilai arus yang besar ke arus yang kecil digunakan untuk pengukuran dan proteksi. Arus primer ke arus sekunder yang digunakan untuk pengukuran yaitu Ampermeter dan KWhmeter serta untuk proteksi yaitu relay proteksi.
- b. Sebagai isolasi antara sisi tegangan yang diukur/diproteksi dengan alat ukurnya atau alat proteksinya

Trafo arus sebagai komponen yang merasakan adanya arus lebih juga dapat mengalami kejenuhan jika arus yang melaluinya besar sehingga dapat mengakibatkan kelambatan bahkan kegagalan kerja pengaman arus lebih.

3. Trafo Tegangan / PT (*Potential Transformator*)

Trafo Tegangan merupakan suatu peralatan listrik yang digunakan dalam instalasi Gardu Induk Sisi 20 KV.

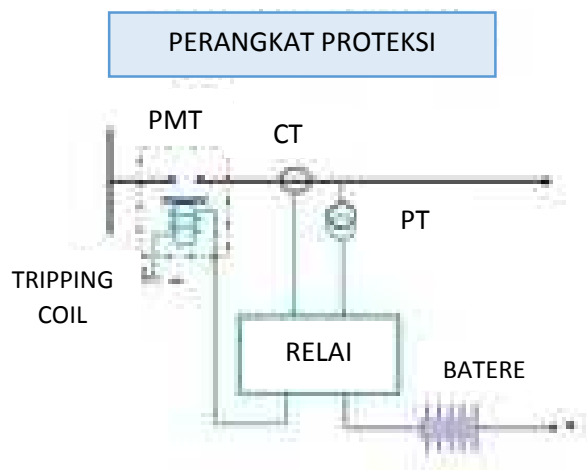
Fungsi trafo tegangan yaitu :

- Mentransformasikan besaran tegangan dari nilai tegangan yang besar ke tegangan yang kecil digunakan untuk pengukuran dan proteksi.
- Sebagai isolasi antara sisi tegangan yang diukur/diproteksi dengan alat ukurnya atau alat proteksinya.

4. PMT (Pemutus Tenaga)

PMT adalah alat yang berfungsi untuk membuka / menutup rangkaian, dapat bekerja dengan baik dalam keadaan normal ataupun tidak normal. Pemutus tenaga akan membuka / menutup rangkaian bila dikehendaki oleh operasi atau bekerja secara otomatis bila terjadi gangguan atas perintah yang diterima dari relai / pengaman.

Untuk memenuhi fungsinya, maka dalam penggunaan pemutus tenaga sebagai pengaman arus lebih harus dilengkapi dengan rele arus lebih dan komponen lainnya seperti pada gambar 2.12 berikut :



Gambar 2.12 Hubungan komponen peralatan pengaman arus lebih

2.2.6 Gangguan hubung singkat

Hubung singkat dapat terjadi karena adanya arus lebih, baik itu antar fasa (satu fasa dan dua fasa) dan satu fasa ke tanah, dan dapat bersifat temporer (non persistent) atau permanen (persistent).

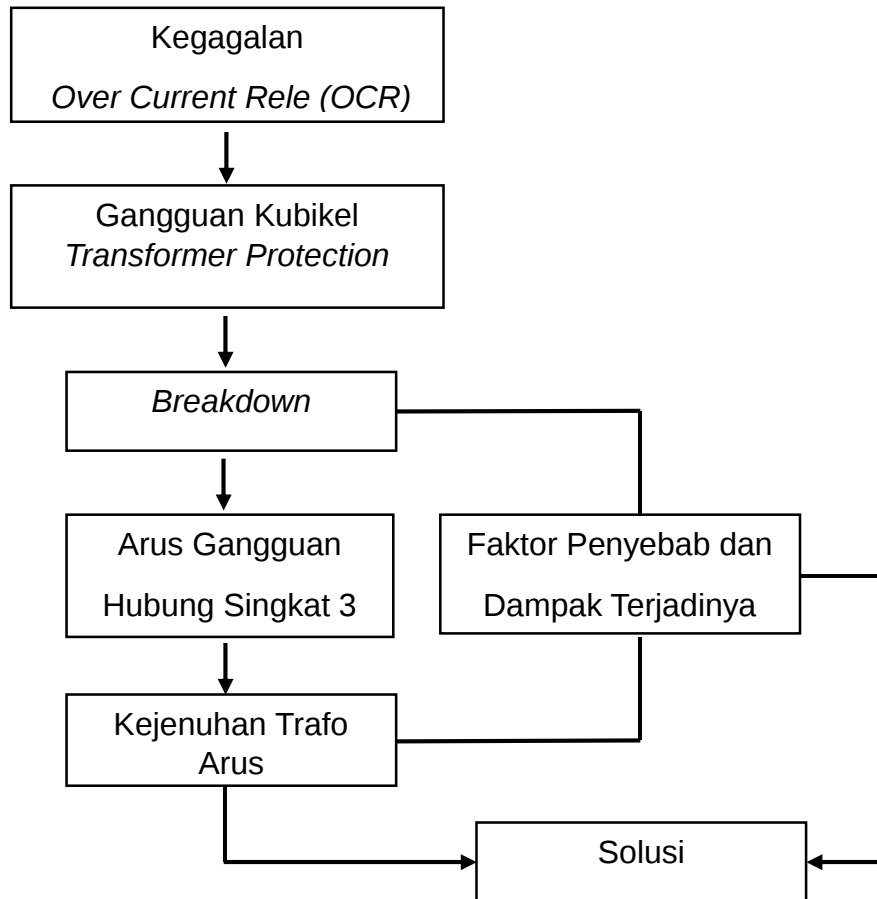
Gangguan permanen misalnya hubung singkat yang terjadi pada kabel, belitan trafo atau belitan generator karena tembusnya (*break down*) isolasi padat. Pada titik gangguan memang terjadi kerusakan yang permanen, peralatan yang terganggu tersebut baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti. Penyebab gangguan yang permanen antara lain penuaan isolasi, kerusakan mekanis isolasi dan tegangan lebih, dan sebagainya.

Pada gangguan yang temporer tidak ada kerusakan yang permanen di titik gangguan. Gangguan ini misalnya berupa hubung singkat antar penghantar fasa dan tanah atau tiang. *Travers* atau kawat tanah pada SUTT atau SUTM karena sambaran petir, *flashover* dengan pohon – pohon yang tertiuip angin, burung atau binatang lain yang terbang atau merayap mendekati konduktor fasa dan sebagainya. Pada gangguan ini, yang tembus (*break down*) adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen. Setelah arus gangguannya terputus misalnya karena terbukanya PMT oleh relai pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali.

Gangguan hubung singkat yang akan dicari pada jaringan manengah adalah sebagai berikut :

1. Gangguan hubung singkat tiga fasa
2. Gangguan hubung singkat dua fasa
3. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

2.3 Kerangka Pemikiran



Gambar 2.13 Kerangka Pemikiran