

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk membantu pembuatan Proyek Akhir ini, dibutuhkan adanya beberapa referensi yang dapat menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian.

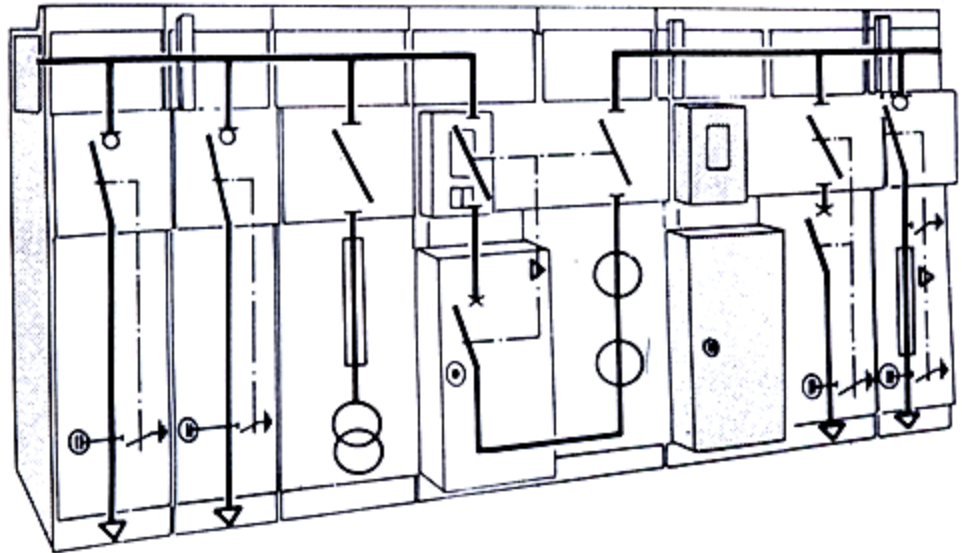
1. **(Buku Saku Pelayanan teknik. Ir.Wahyudi Sarimun N, MT. Garamond: Edisi 3 September 2014)** Dalam buku pedoman tersebut menjelaskan bagian-bagian trafo serta proteksi trafo tenaga dan fungsinya.
2. **(Buku Proteksi Jaringan Distribusi. Pribadi Kadarisman, MT. PT.PLN (PERSERO) Jasa Pendidikan Dan Pelatihan: 2004)** Dalam buku tersebut menjelaskan tentang proteksi pada jaringan mulai dari GI pada trafo 150kV hingga ke penyulang 20kV. Serta petunjuk data-data yang diperlukan untuk menghitung setting relay pada penyulang.
3. **(Buku Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Ir. Wahyudi Sarimun N, MT. Garamond: Edisi 2 Januari 2016)** Dalam Buku tersebut menjelaskan soal tentang proteksi dan jenis-jenis gangguan serta rumus lengkap untuk menyelesaikan permasalahan tentang proteksi jaringan contohnya relay dan PMT.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Kubikel

Kubikel 20 kV adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu distribusi yang berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung pengontrol dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik tegangan 20 kV kubikel 20 kV biasa terpasang pada

gardu distribusi atau gardu hubung yang berupa beton maupun kios



Gambar 2.1 Kubikel

2.2.2 Jenis-Jenis Kubikel

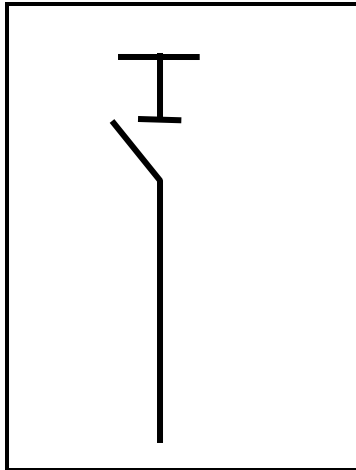
Berdasarkan fungsi dan nama peralatan yang terpasang kubikel dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Kubikel Pemutus Tenaga (PMT = CB)
2. Kubikel PMS (Pemisah)
3. Kubikel LBS (Load Break Switch)
4. Kubikel CB Out Metering (PMT CB)
5. Kubikel TP (Transformer Protection)
6. Kubikel PT (Potential Transformer)
7. Kubikel B1 (Terminal Out Going)

2.3 Fungsi Kubikel

1. Kubikel PMS (Pemisah)

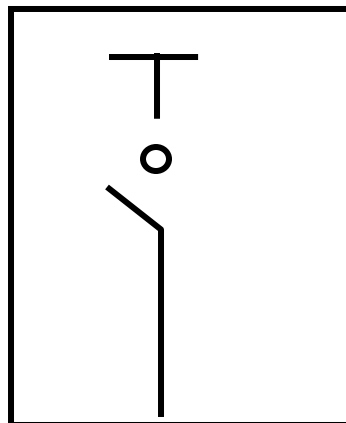
Berfungsi sebagai membuka dan menutup aliran listrik 20 kV tanpa ada beban, karena kontak penghubung tidak dilengkapi alat peredam busur listrik.



Gambar 2.2 Simbol diagram PMS

2. Kubikel PMT (Pemutus Tenaga)

Berfungsi untuk membuka dan menutup aliran listrik dalam keadaan berbeban atau tidak berbeban, termasuk memutus pada saat terjadi gangguan hubung singkat.



Gambar 2.3 Simbol Diagram PMT

Kubikel PMT terdiri dari :

1. Satu set busbar fase tiga 400 A, 630 A atau 1250 A
2. Dua pemisah tiga kutub dengan arus pengenal 400 A, 630 A atau 1250 A yang dioperasikan secara manual, peisahan dilakukan dengan penarikan / pencabutan (sistem laci) peutus tenaga yang ditempatkan dalam kompartemen.

3. Sebuah pemutus tenaga kutub jenis SF6 atau hampa udara dengan pengoperasian melalui energi pegas yang pengisiannya dilakukan secara manual atau motor listrik.
4. Pemutus tenaga tersebut dilengkapi kumparan pelepas (trip) dan indikator yang menunjukkan posisi buka / tutup secara mekanis. Spesifikasi alat hubungunya adalah sebagai berikut:
 - a. Arus pengenalan 400 A, 630 A atau 1250 A
 - b. Kapasitas pemutus 12,5 kA
 - c. Kapasitas penyambungan 31,5 kA.
 - d. Kapasitas pemutusan transformator dalam keadaan tanpa beban : 16 A
 - e. Kapasitas pemutusan pengisian kabel : 50A
5. Tiga buah transformator arus dengan dua inti yang ditempatkan disaluran keluaran
 - a. Arus primer :sesuai kebutuhan (50, 100, 150, 200 dan seterusnya)
 - b. Arus sekunder : 5-5A
 - c. Kapasitas ketahanan arus hubung singkat : 12,5 kA (1 detik)
 - d. Beban pengenalan

Kapasitas transformator arus tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan rele yaitu :

1. Satu inti 30 VA, kelas 0,5 untuk pengukuran
2. Satu inti lainnya 15 VA kelas 10-P-10 untuk proteksi
3. Tiga buah transformator tegangan
4. Rasio : $20 / \sqrt{3} \text{ kV} // 100 / \sqrt{3} \text{ Volt}$
5. Beban pengenalan : 50 VA
6. Kelas ketelitian : 0,5
7. Satu set rele untuk beban lebih dan gangguan ke bumi, rele harus disambungkan dengan transformator arus diatas. Arus dan waktu dapat diatur terpisah.

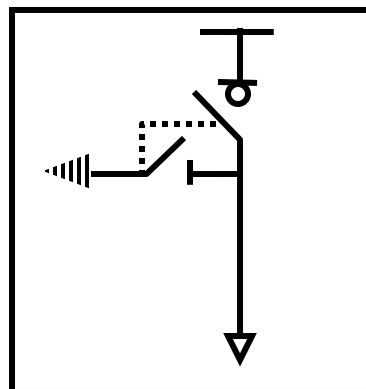
Tabel 2.1 Karakteristik Rele Beban Lebih.

Arus pengenalan (I_n)	Waktu pemutusan
1,05 I_n	Sesudah 60 menit
1,2 I_n	Sebelum 20 menit
1,5 I_n	Sebelum 5 menit
4 I_n	Trip sesaat

8. Rele harus dirancang sehingga melepas sumber tenaga dengan atau tanpa memerlukan suatu daya dari luar
9. Rele harus dilengkapi fasilitas untuk pengetesan arus dan pengetesan untuk melepas kontak (trip release)
10. Tiga buah ammeter kebutuhan maksimum dipasang pada panel penunjuk (metering panel)
11. Sistem interlock.

3. Kubikel LBS

Berfungsi untuk membuka dan menutup aliran listrik dalam keadaan berbeban atau tidak.



Gambar 2.4 Simbol Diagram LBS

Kubikel LBS terdiri dari :

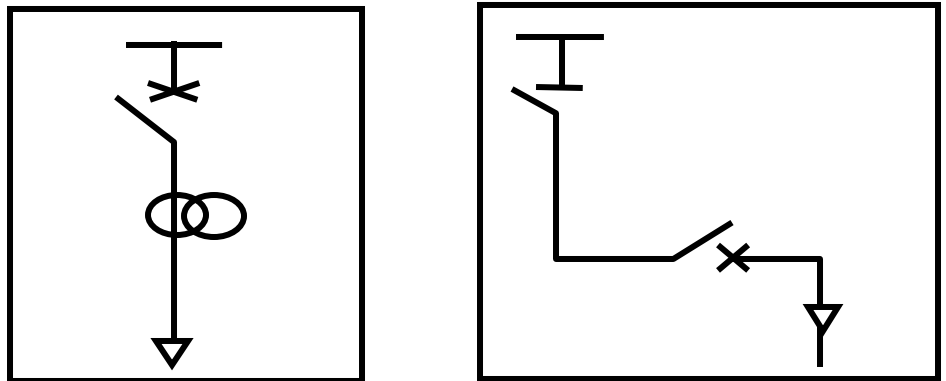
1. Satu set busbar tiga fase 400 A atau 630 A.
2. Sebuah sakelar beban tiga kutub jenis udara, SF6 atau hampa udara dengan operasi secara manual.

- a. Arus pengenalan 400 A
 - b. Kapasitas penyambung (puncak) 31,5 kA (making capacity)
 - c. Kapasitas pemutusan beban aktif (pf ; 0,7) 400 A
 - d. Arus pemutusan pengisian beban 25 A
 - e. Sakelar beban harus dapat dipasang mekanis kontrol elektrik (electric control mechanism) tanpa modifikasi yang besar terhadap sakelar tersebut.
 - f. Kapasitas ketahanan arus hubung singkat (1 detik) ; $\geq$ 12,5 kA
3. Sebuah sakelar pembumian 3 kutub dengan pengoperasian secara manual
 4. Tiga buah gawai kontrol tegangan
 5. Sistem interlok
 6. Busbar pembumian
 7. Harus ada ruang yang cukup dan penunjang kabel bagian bawah kubikel untuk melakukan pemasangan terminasi kabel berisolasi padat, penghantar dari bahan aluminium yang dipilin dengan luas penampang sampai dengan 240 mm²
 8. Satu set lengkap terminal kabel (jika diperlukan)

4. Kubikel CB Out Metering (PMT)

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 proteksi circuit breaker (PMT, CB) kubikel ini bisa dipasang sebagai alat pembatas, pengukuran dan pengaman pada pelanggan tegangan menengah current transformator yang terpasang memiliki double sekunder satu sisi untuk mensuplai arus ke alat ukur

KWH dan satu sisi lagi untuk menggerakkan relai proteksi pada saat terjadi gangguan.



Gambar 2.5 Simbol Diagram Kubikel CB OUT Metering

Kubikel terdiri dari :

1. Satu set busbar tiga fase 400 A atau 630 A
2. Dua pemisah tiga kutub dengan arus pengenalan 400A atau 630 A yang dioperasikan secara manual atau pemisahan dilakukan dengan penarikan / pencabutan pemutus tenaga yang ditempatkan dalam kompartemen (sistem laci)
3. Sebuah pemutus tenaga tiga kutub jenis SF6 atau hampa udara, dengan pengoperasian melalui energi pegas yang pengisiannya dilakukan secara manual atau dengan motor listrik. Pemutus tenaga tersebut dilengkapi kumparan pelepas (trip) dan indikator yang menunjukkan posisi, buka/tutup secara mekanis.
 - a. Arus pengenalan : 400 A atau 630 A
 - b. Kapasitas pemutusan pada 24 kV : 12,5 kA
 - c. Kapasitas penyambungan (puncak) : 3,5 kA
 - d. Kapasitas pemutusan transformator dalam keadaan tanpa beban : 16 A
 - e. Kapasitas putus pengisian kabel : 50 A
4. Tiga buah transformator arus dengan dua inti yang ditempatkan disaluran keluaran :

- a. Arus primer : sesuai kebutuhan (50, 100, 150, 200 atau 400 A)
- b. Arus sekunder : 5 A
- c. Kapasitas keahanan arus hubung singkat (1 detik) : 12,5 kA
- d. Beban pengenalan

Kapasitas transformator arus tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan rele yaitu :

1. Satu inti 30 VA kelas 0,5 untuk pengukuran
2. Satu inti lainnya 15 VA kelas 10-P-10 untuk proteksi.
 - a. Satu set rele untuk arus lebih, beban lebih dan gangguan ke bumi. Rele harus dihubungkan dengan transformator di atas. Arus dan waktu dapat diatur secara terpisah.

Tabel 2.2 Karakteristik Dari Relai Beban Lebih

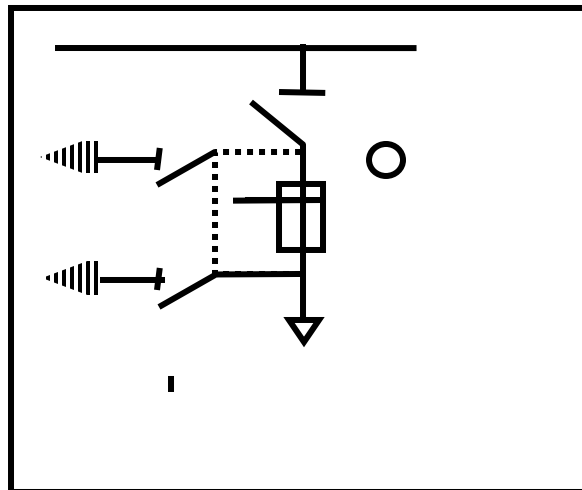
Arus Pengenal (I_n)	Waktu pemutusan (tripping time)
$1,05 I_n$	Sesudah 60 menit
$1,2 I_n$	Sebelum 20 menit
$1,5 I_n$	Sebelum 5 menit
$4 I_n$	Trip sesaat

- b. Rele harus dirancang sehingga melepas pemutus tenaga dengan atau tanpa memerlukan sumber daya dari luar.
- c. Rele harus dilengkapi fasilitas untuk pengetesan arus dan pengetesan untuk melepas kontak (trip release)
- d. Tiga buah amperemeter kebutuhan maksimum (maximum demand ammeter), dipasang pada panel

e. Sistem interlok

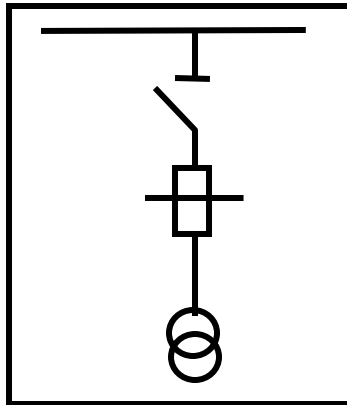
Berfungsi sebagai alat pengaman transformator distribusi, dikenal juga dengan istilah kubikel PB (Pemutus Beban) kubikel ini berisi lbs dan fuse pengaman trafo dengan ukuran beragam dari 25 A, 32 A, 43 A tergantung kapasitas trafo yang akan diamankan

1. Kubikel TP dilengkapi shunt trip, jika fuse tm putus ada pin pada fuse yang menggerakkan mekanik untuk melepas LBS
2. Tidak dilengkapi shunt trip, jika fuse tm putus LBS tidak membuka sehingga trafo masih mendapat gangguan dari fuse lain yang tidak putus



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 fuse TM



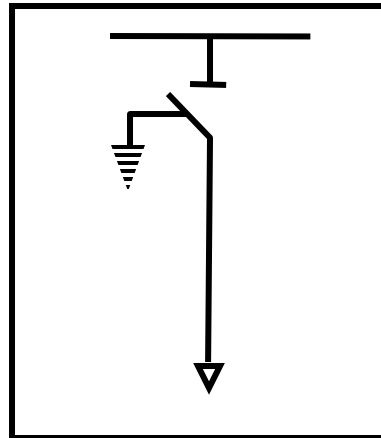
Gambar 2.7 Simbol Diagram Kubikel PT

Kubikel terdiri dari :

1. Satu set busbar fase tiga 400 A atau 630 A
2. Satu pemisah tiga kutub dengan arus pengenalan, 100 A yang dioperasikan secara manual
3. Tiga pengaman lebur dengan kapasitas pemutus arus yang tinggi:
4. Arus pengenalan : 6,3 A
5. Kapasitas pemutus : 12,5 A
6. Tiga buah PT
7. Rasio : $20 / \sqrt{3} \text{ kV} // 100 / \sqrt{3} \text{ Volt}$
8. Beban pengenalan : 50 VA
9. Kelas ketelitian : 0,5
10. Satu buah pengaman lebur tegangan rendah pada setiap fase, pengaman lebur tersebut harus dapat dicapai dari luar kubikel
11. Sistem saling mengunci (interlock) harus berfungsi baik
12. Busbar pembumian

7. Kubikel Terminal Out Going (B1)

Berfungsi sebagai terminal penghubung kabel ke pemakaian (pelanggan) berisi pms, dan bila mana posisi membuka maka kontak gerak terhubung dengan pentanahan.



Gambar 2.8 Simbol diagram kubikel terminal out going

Kubikel terdiri dari :

1. Satu set busbar fase tiga 400 A atau 630 A
2. Satu sakelar pembumian tiga kutub dan penghubung singkat yang dioperasikan secara manual.
3. Tiga buah gawai kontrol tegangan
4. Busbar pembumian
5. Disediakan ruang yang cukup dibagian bawah kompartemen dan disediakan penunjang kabel untuk pemasangan terminasi kabel tiga inti berisolasi padat. Konduktor dari aluminium dengan luas penampang sampai dengan 150 mm²

2.4. Bagian-Bagian Dari Konstruksi Kubikel

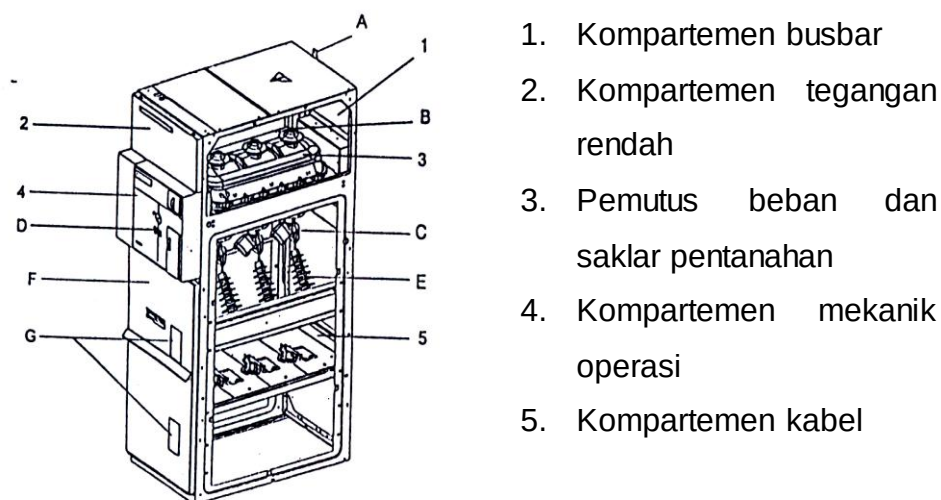
1. Kompartemen
2. Rel / Busbar
3. Kotak Pemutus
4. Pemisah Hubung Tanah

5. Terminal Penghubung
6. Fuse Holder
7. Mekanik Kubikel
8. Lampu Indikator
9. Pemanas (Heater)
10. Handle Kubikel (Tuas Operasi)

Kompartemen

Merupakan rumah dari terminal penghubung, LBS, PMT, PMS, Fuse, Trafo ukur, (CT, PT) peralatan mekanis dan instalasi tegangan rendah, sehingga tidak membahayakan operator terhadap adanya sentuhan langsung ke bagian - bagian yang bertegangan

Berupa lemari / kotak terbuat pelat baja, terbagi menjadi 2 (dua) bagian, bagian atas untuk busbar dan bagian bawah untuk penyambungan dengan terminasi kabel.



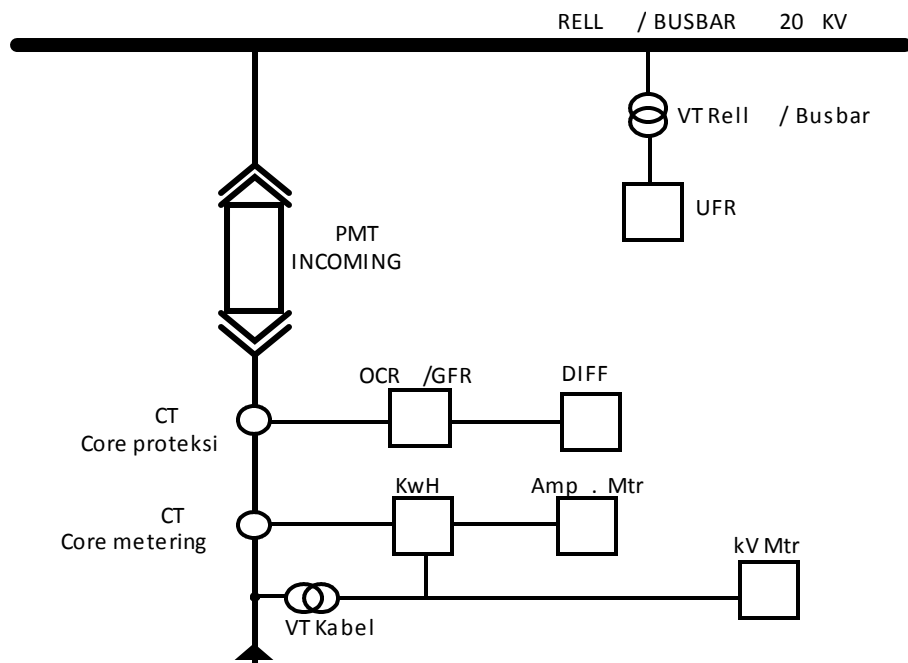
Gambar 2.9 Kompartemen Kubikel

2.4.1 Komponen Pendukung

Komponen pendukung pada kubikel terdiri dari Rele & Meter, kontrol/indikator, Pemanas (*Heater*) serta *Handle* kubikel. Rele proteksi, Meter dan kontrol/indikator terpasang pada sebuah

kompartemen. Kompartemen ini didesain untuk memperkecil resiko propagasi saat terjadi gangguan. Rele proteksi dan peralatan pendukung disambung ke PMT melalui kabel penghubung dengan *multi pin connector*.

1. Rele dan Meter



Gambar 2.10 Single line diagram rele

a. Rele arus lebih (OCR)

Sebagai pengaman terhadap gangguan hubung singkat fasa-fasa.

b. Rele gangguan tanah (GFR)

Sebagai pengaman gangguan fasa – tanah.

c. Rele Penutup Balik Otomatis (*Recloser Relay*)

Berfungsi untuk menormalkan kembali SUTM jika terjadi gangguan temporer.

d. Rele frekwensi kurang (UFR)

Berfungsi untuk pelepasan beban, jika terjadi gangguan frekwensi kurang (*under frequency*).

e. Ampere meter

Berfungsi untuk pengukuran arus beban.

f. kWh meter

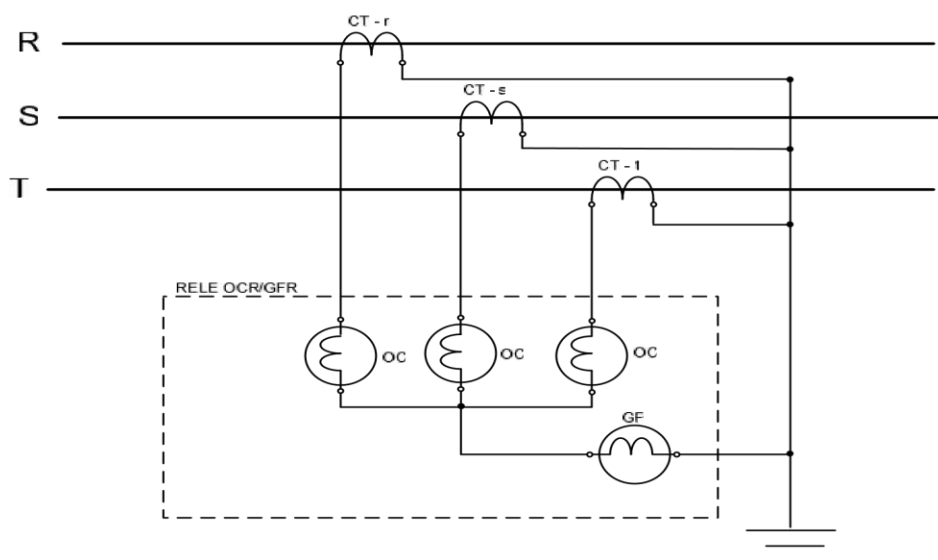
Berfungsi untuk pengukuran energi listrik yang disalurkan.

g. kV meter

Berfungsi untuk pengukuran tegangan.

Instrumen-instrumen yang memerlukan pasokan arus dari sekunder CT adalah: OCR, GFR, Ampere meter, kWh meter. Sedangkan yang memerlukan pasokan tegangan dari sekunder PT adalah UFR, kV meter, kWh meter.

Konfigurasi pemasangan OCR dan GFR adalah seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.11 Konfigurasi pemasangan OCR dan GFR
(Tiga Over Current Relay dengan satu Ground Fault Relay)

2.5 Gangguan Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Gangguan merupakan keadaan menyimpang atau ketidaknormalan dari suatu sistem. Gangguan dalam sistem tenaga listrik merupakan kejadian yang menyebabkan *relay* dan pemutus tenaga *trip* diluar kehendak operator, sehingga mengakibatkan putusnya aliran daya yang melalui pemutus tersebut. Untuk bagian sistem yang diamankan dengan sekering, gangguan terjadi akibat putusnya sekering.

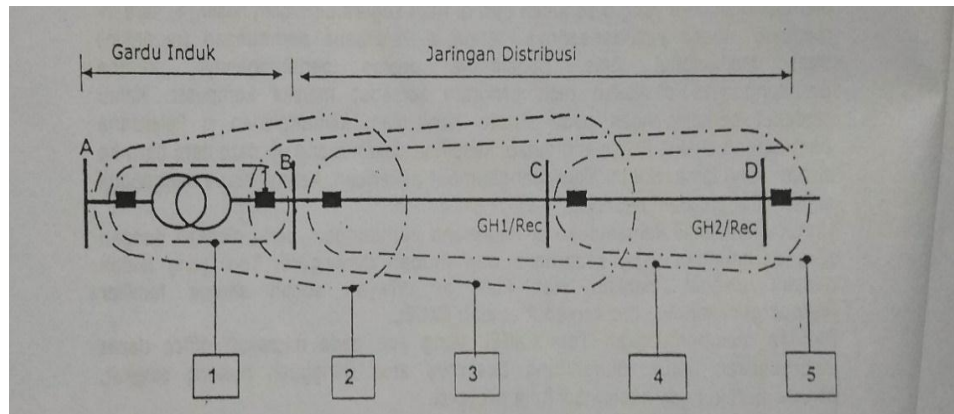
Gangguan dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem tenaga listrik. Banyak studi, pengembangan alat, dan desain sistem perlindungan yang telah di buat sehingga pencegahan kerusakan pada saluran transmisi dan peralatan lain serta cara-cara pemutusan arus pada saat gangguan selalu mengalami perbaikan. Gangguan sistem tenaga listrik adalah keadaan yang tidak normal, keadaan ini dapat mengakibatkan kerusakan atau mempengaruhi sistem antara lain:

1. Terjadi gangguan yang tidak normal dari batas yang diijinkan yang menyebabkan arus yang besar mengalir pada saluran.
2. Gangguan dapat menurunkan, menghilangkan, atau menaikkan sistem tegangan diluar batas yang diijinkan.
3. Gangguan dapat menyebabkan sistem daya tiga fasa menjadi tidak simetris atau tidak seimbang.
4. Gangguan dapat menghalangi aliran daya.
5. Gangguan dapat mengakibatkan sistem tidak stabil dan menghentikan aliran daya sistem tenaga listrik.
6. Gangguan hubung singkat akan menimbulkan arus gangguan yang sangat besar yang dapat merusak peralatan seperti generator, motor, kabel, maupun transformator.

2.5.1 Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Fault*)

Hubung singkat merupakan salah satu gangguan sistem tenaga listrik yang mempunyai karakteristik *transient* yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman. Hubung singkat terjadi akibat hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Gangguan hubung singkat salah satu bagian yang sangat penting dalam analisis suplai daya listrik untuk mengetahui perhitungan arus yang mengalir dalam komponen-komponen penyusun jaringan saat terjadi gangguan. Dalam mencapai

keadaan gangguan ini, tidak jarang di berbagai titik pada jaringan sengaja dibuat gangguan. Besarnya arus gangguan ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan berapa setting arus yang sebaiknya digunakan untuk proteksi serta rating-rating CB yang diperlukan.



Gambar 2.12 Sistem Pengaman Pada Jaringan Distribusi

Keterangan:

1. Differential Relay pengaman utama trafo
2. OCR trafo sisi 150 kV. Pengaman cadangan local Trafo. Pengaman cadangan jauh bus B
3. OCR dan GFR Trafo sisi 20 kV. Pengaman utama Bus B1. Pengaman cadangan jauh saluran BC.
4. OCR dan GFR di B2. Pengaman utama saluran BC. Pengaman Cadangan jauh saluran CD.
5. OCR dan GFR di C. pengaman utama saluran CD. Pengaman cadangan jauh seksi berikut.

Sistem proteksi suatu peralatan karena berbagai macam faktor dapat mengalami kegagalan operasi (gagal kerja). Berdasarkan hal-hal tersebut maka suatu sistem proteksi dapat dibagi dalam dua kelompok berdasarkan fungsinya, yaitu:

1. Pengaman Utama

Pengaman utama merupakan pengaman yang paling berperan di daerah pengamanan atau daerah yang dilindungi dan sebagai pengaman utama jika terjadi gangguan. Pengaman utama

bekerja lebih selektif serta lebih cepat mengisolasi bagian sistem yang diamankan dari gangguan yang terjadi.

2. Pengaman Cadangan

Pengaman cadangan (*back-up*) merupakan pengaman cadangan pada batas tertentu bekerjanya lebih lambat dari pengaman utama. Maksudnya adalah pengaman ini bekerja jika pengaman utama gagal operasi.

Pada dasarnya sistem proteksi cadangan dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

a. Sistem pengaman cadangan lokal (*local back up protection system*)

Pengaman cadangan lokal adalah pengamanan yang dicadangkan bekerja bilamana pengaman utama yang sama gagal bekerja. Contohnya: penggunaan OCR atau GFR.

b. Sistem pengaman cadangan jarak jauh (*remote back up protection system*)

Pengaman cadangan jarak jauh adalah pengamanan yang dicadangkan bekerja bilamana pengaman utama di tempat lain gagal bekerja.

c. Pengaman cadangan lokal dan jarak jauh diusahakan koordinasi waktunya dengan pengaman utama di tempat berikutnya.

Koordinasi waktu dibuat sedemikian hingga pengaman cadangan dari jauh bekerja lebih dahulu dari pengaman cadangan lokal. Dalam Jaringan SUTT/ SUTET rele jarak digunakan sebagai pengaman utama sedangkan rele arus lebih (OCR) dan rele gangguan ke tanah (GFR) digunakan sebagai cadangan lokal (*local backup protection*).

2.5.2 Sistem Proteksi Distribusi Tegangan Menengah

Sistem pengaman (*protection system*) bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta

peralatannya, dan keselamatan umum yang disebabkan karena gangguan dan meningkatkan kelangsungan pelayanan pada konsumen.

Sistem proteksi atau pengaman suatu tenaga listrik yang membantu suatu pola pengaman tidak hanya relai pengaman saja tetapi juga Trafo Arus (*Current Transformer*) dan Trafo Tegangan (*Voltage Transformer*) yang merupakan sumber informasi dari relai pengaman. Sumber daya (*DC Supply*) yang merupakan sumber untuk mengoperasikan relai pengaman dan pemutus tenaga (*Circuit Breaker*) yang akan menerima perintah akhir dari relai pengaman.

Sistem proteksi atau pengaman tenaga listrik adalah suatu kesatuan antara komponen yang saling berhubungan dan bekerja sama-sama untuk tujuan dalam mengatasi permasalahan yang terjadi yang disebabkan oleh gangguan-gangguan yang terjadi dalam sistem operasi komponen peralatan pengaman.

Komponen peralatan proteksi, terdiri dari:

1. CT/PT merupakan pengaman sistem dari gangguan dan meneruskan arus dari sirkit sistem tenaga listrik ke sirkit relai.
2. Rele pengaman merupakan sebagai elemen perasa yang *signal* nya diperoleh dari CT/PT.
3. Pemutus tenaga merupakan sebagai pemutus rangkaian untuk mengisolir sirkit yang terganggu.
4. Baterai atau *accumulator* merupakan sebagai sumber tenaga untuk mengoperasikan pemutus tenaga (PMT)

2.6 Syarat-Syarat Sistem Proteksi

Dalam perencanaan sistem proteksi, maka untuk mendapatkan suatu sistem proteksi yang baik diperlukan persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Sensitif.

Suatu relai proteksi bertugas mendeteksi arus gangguan suatu bagian tertentu dari suatu sistem tenaga listrik, alat atau bagian sistem yang termasuk dalam jangkauan pengamanannya. Relai mendeteksi adanya gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan rangsangan minimum dan bila perlu hanya mentripkan pemutus tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu, sedangkan bagian sistem yang sehat dalam hal ini tidak boleh terputus.

2. Selektif.

Selektivitas dari relai adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil. Relai hanya akan bekerja selama kondisi tidak normal atau gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan tidak akan bekerja pada kondisi normal atau pada keadaan gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanannya

3. Cepat.

Makin cepat relai bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil kemungkinan meluasnya akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.

4. Handal.

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu relai tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun, tetapi relai bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab apabila relai gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan bekerjanya relai lain sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas.

5. Ekonomis.

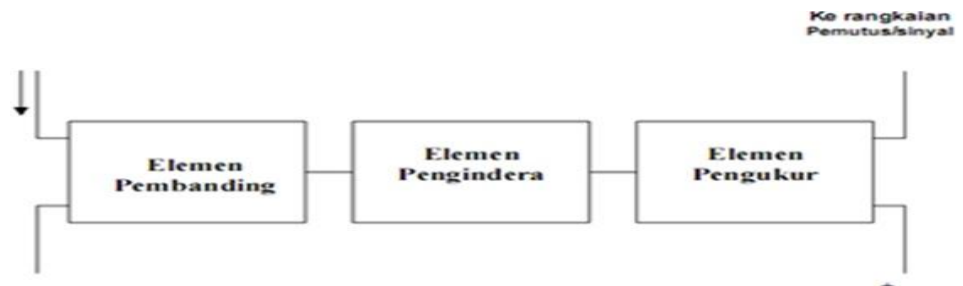
Dengan biaya yang sekecilnya-kecilnya diharapkan relai mempunyai kemampuan pengamanan yang sebesar-besarnya.

6. Sederhana.

Perangkat relai disyaratkan mempunyai bentuk yang sederhana dan fleksibel

2.6.1 Bagian Umum Sistem Proteksi

Sistem proteksi umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu :



Gambar 2.13 Blok Diagram Relai

Keterangan :

1. Bagian perasa (*sensing element*)

Pada bagian ini, perubahan dari besaran ukur yang diraskan selanjutnya diteruskan kebagian pembanding.

2. Bagian pembanding (*comparing element*)

Yang akan membandingkan dan menentukan apakah besaran ukur itu masih dalam keadaan normal atau tidak.

3. Bagian *control*

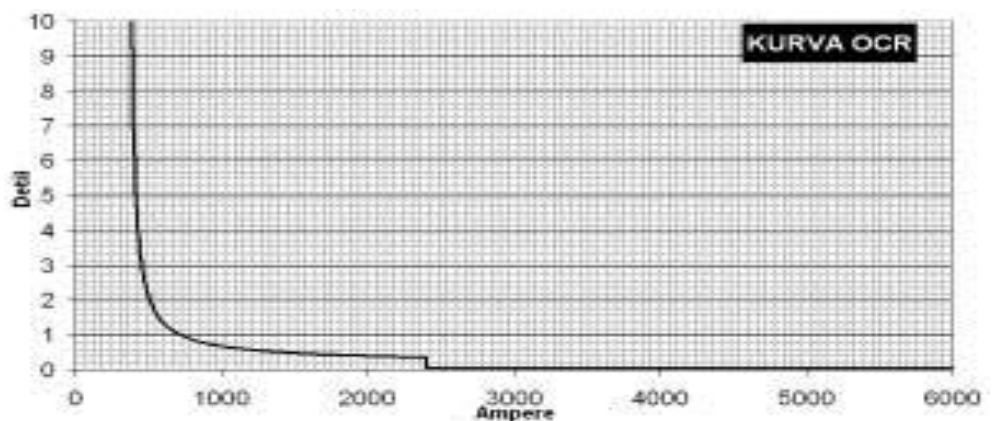
Pada bagian ini pembukaan *circuit breaker* (PMT) atau pemberi tanda atau signal diatur dan dilaksanakan.

2.6.2 OCR Dan GFR

OCR memproteksi instalasi listrik terhadap gangguan antar fasa. Sedangkan untuk memproteksi terhadap gangguan fasa tanah digunakan rele Rele Arus Gangguan tanah atau Ground Fault Relay (GFR). Prinsip kerja GFR sama dengan OCR, yang membedakan hanyalah pada fungsi dan elemen sensor arus.

OCR biasanya memiliki 2 atau 3 sensor arus (untuk 2 atau 3 fasa) sedangkan GFR memiliki hanya satu sensor arus (satu fasa).

Waktu kerja rele OCR maupun GFR tergantung nilai setting dan karakteristik waktunya. Elemen tunda waktu pada rele ini ada 2 tipe, yaitu elemen low set dan elemen high set. elemen low set bekerja ketika terjadi gangguan dengan arus hubung singkat yang relatif kecil, sedangkan elemen high set bekerja ketika terjadi gangguan dengan arus hubung singkat yang cukup besar.

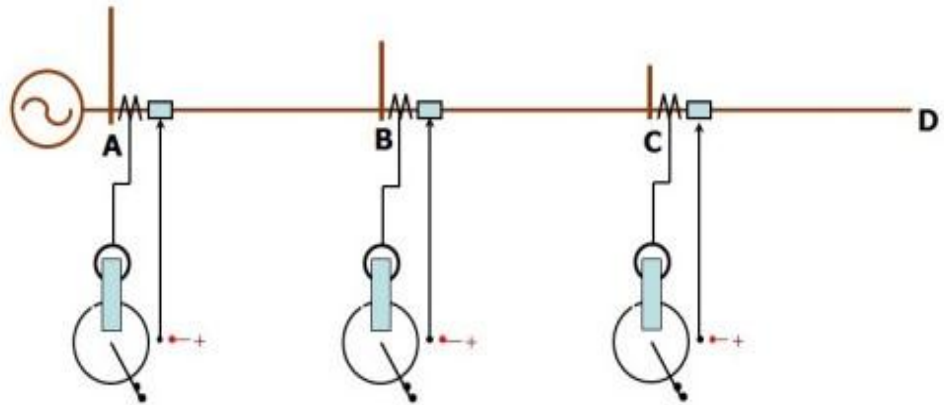


Gambar 2.14 Grafik Karakteristik Waktu Tunda Rele OCR

pada gambar diatas, elemen low set disetting dengan menggunakan karakteristik inverse. Sedangkan elemen high set menggunakan karateristik definite. Pembantuan kurva waktu tunda rele dimaksudkan agar ketika terjadi gangguan dengan arus hubung singkat yang cukup besar (dalam grafik di atas ketika terjadi gangguan dengan arus > 2400A) maka rele akan segera memerintahkan Pemutus tenaga (PMT) untuk trip.

Rele OCR dan GFR dipasang sebagai alat proteksi trafo, penghantar transmisi, dan penyulang. Sebagai alat proteksi maka penggunaan rele harus memenuhi persyaratan proteksi yaitu: cepat, selektif, serta handal. Rele harus disetting sedemikian rupa sehingga dapat bekerja secepat mungkin dan meminimalkan bagian dari sistem yang harus padam. Hal ini diterapkan dengan cara mengatur waktu kerja rele agar bekerja lambat ketika terjadi arus gangguan kecil, dan bekerja semakin cepat apabila arus

gangguan semakin besar, hal ini disebut karakteristik inverse. Karakteristik inverse dibedakan menjadi 4 yaitu SI-VI-EI-LTI.

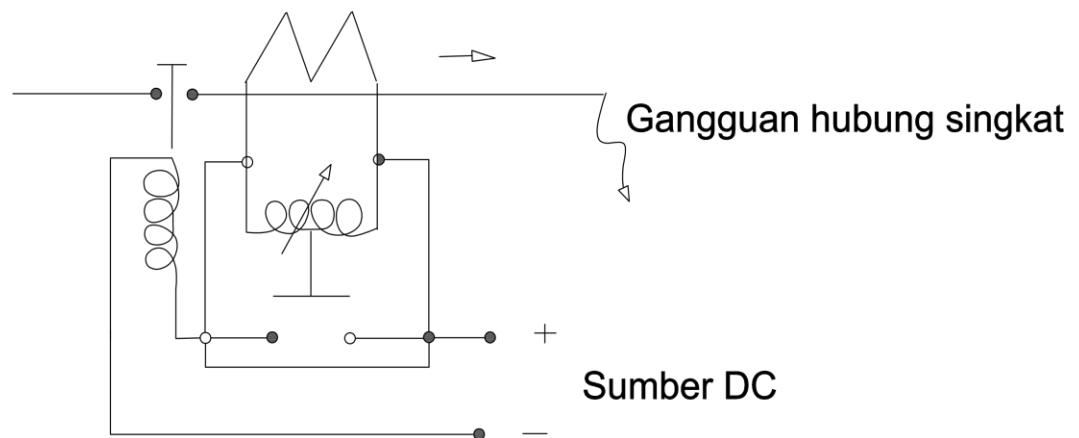


Gambar 2.15 Koordinasi Waktu Kerja Rele

pada gambar diatas, terlihat bahwa rele yang berada dipangkal berfungsi sebagai pengaman cadangan bagi rele yang berada didepannya. semakin jauh letak gangguan dari pangkal, maka arus gangguan akan semakin kecil, maka rele di pangkal akan bekerja lebih lama dari pada rele yang di depannya ketika terjadi gangguan yang berada di ujung. Oleh karena itu disusun aturan penyetelan rele OCR.

2.6.3 Cara Kerja Rele

Saat gangguan terjadi, maka CT akan mendeteksi arus gangguan lalu arus akan melewati bagian rele maka didalam rele akan terjadi induksi magnet dan menyebabkan PMT dalam rele menutup sehingga arus dapat mengalir dari sumber DC dan menyebabkan PMT pada penyulang membuka. Untuk lebih jelas dapat kita lihat gambar di bawah sebagai berikut.



Gambar 2.16 Proses Kerja Rele Saat Terjadi gangguan

2.6.4 Jenis Isolasi Kabel Tanah Penyulang Himalaya

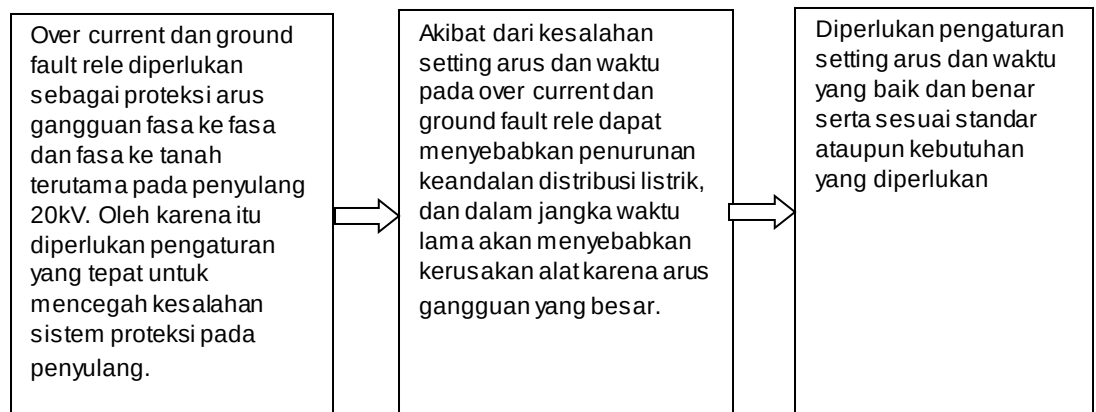
XLPE (Cross Linked Poly Ethylene)

Dari segi isolasi, sekarang orang mulai menggunakan XLPE yang memiliki ketahanan kerja lebih baik, meskipun harganya mahal dibandingkan dengan isolasi sintetis jenis lain. XLPE mempunyai karakteristik paling baik, tetapi pada umumnya isolasi sintetis mempunyai kelebihan di bandingkan dengan isolasi kertas yaitu:

1. Lebih bersih
2. Ringan, karena tak memerlukan selubung logam
3. Perbaikan dan pemeliharaannya mudah
4. Cara penyambungannya sederhana
5. Suhu kerjanya lebih tinggi (khusus XLPE), karena itu kapasitas penyalurannya besar. Isolasi XLPE digunakan pada kabel yang bertegangan mencapai 110 kV atau biasa digunakan pada kabel tegangan menengah.

2.7 Kerangka Pemikiran

Untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan di dalam penelitian, maka digunakan flow chart seperti ditunjukkan oleh gambar di bawah ini sebagai berikut:



Gambar 2.17 Kerangka Pemikiran