

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

1. Muhalan, Budi Yanto Husodo, 2014, dengan judul Analisa Perhitungan dan Pengaturan Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Kubikel Cakra 20 KV Di PT XYZ, penelitian berisi tentang penyaluran atau pendistribusian tenaga listrik ini terdapat resiko gangguan hubung singkat fasa-fasa atau fasatanah atau biasa juga terjadi pada sambungan dan akan menjadi gangguan permanen. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan pengaturan/penyetelan relai yang baik agar relai dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik lain dari gangguan arus hubung singkat maupun beban lebih.
2. Bagus Ibnu Pratama, Moch.Dhofir, dan Hery Purnomo, 2012, dengan judul Pengaturan Ulang Rele Arus Lebih Sebagai Pengaman Utama Compressor Pada Feeder 2F PT. Ajinomoto Mojokerto, penelitian ini berisi tentang Koordinasi dari peralatan pengaman tersebut bertujuan untuk melokalisir gangguan dengan cepat. Peralatan tersebut harus dikoordinasikan untuk memastikan bahwa peralatan yang berada di titik terdekat dengan gangguan harus dioperasikan terlebih dahulu (proteksi utama). Kegagalan pada proteksi utama harus dapat diatasi yaitu dengan proteksi cadangan.
3. Rizky Fadhli Hasben, Margo Pujiantara, dan Ardyono Priyadi, 2016, dengan judul Koordinasi Proteksi Adaptif Rele Arus Lebih Digital Menggunakan Metoda Artificial Neural Network Pada Sistem Mesh Dengan Pembangkit Tersebar, penelitian ini berisi tentang Jaringan listrik utama (Grid) dengan pembangkit tersebar pada sistem mesh harus mempunyai sistem proteksi yang dapat mengikuti perubahan topologi jaringan. Hal ini disebabkan gabungan antara jaringan listrik utama dengan pembangkit tersebar bisa terhubung dengan grid dan DG dan juga bisa hanya terhubung dengan grid saja. Pada paper telah menjelaskan tentang islanding protection dengan

menggunakan DG, akan tetapi sistem yang digunakan adalah low voltage, sementara pada tugas akhir ini akan menggunakan medium voltage. Pada kondisi grid terhubung dengan DG, pembangkit tersebar akan akan terhubung dengan pembangkit utama, sehingga topologi jaringan akan berubah dari kondisi awal.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan tegangan primer atau sering dikenal juga dengan sistem distribusi tegangan menengah merupakan jaringan yang menghubungkan sisi sekunder trafo daya di gardu induk menuju ke gardu distribusi, besar tegangan yang disalurkan adalah 20 kV, 12 kV atau 6 kV. Konstruksi jaringan tegangan menengah dibagi menjadi saluran udara tegangan menengah (SUTM) dan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM). Jaringan tegangan menengah memiliki beberapa jenis konfigurasi jaringan, diantaranya konfigurasi radial, ring, dan spindel. Dalam pembuatan proyek akhir ini digunakan konstruksi SUTM dengan konfigurasi jaringan Radial.

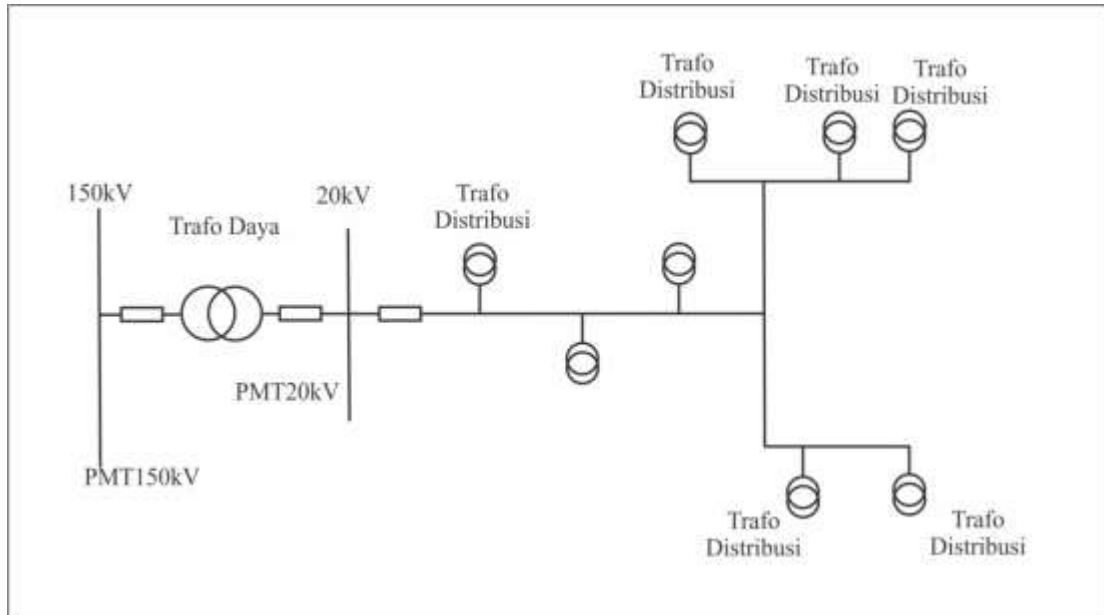
Saluran udara tegangan menengah (SUTM) merupakan sistem saluran listrik yang secara konstruksi dipasang diatas tiang listrik dengan ketinggian tertentu (diudara terbuka). Saluran udara tegangan menengah (SUTM) umumnya terdapat di daerah–daerah dengan kepadatan beban yang tidak terlalu padat. Suatu saluran udara tegangan menengah (SUTM) biasanya dirancang dengan memperhatikan keperluan listrik dan mekanis. Rancangan listrik melibatkan pemilihan tegangan, pemilihan saluran, pengaturan tegangan dan pemilihan alat–alat pengaman.

2.2.2. Konfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Terdapat 3 jenis jaringan distribusi tegangan menengah yang banyak digunakan didalam sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia, yaitu konfigurasi *radial*, konfigurasi *ring/loop*, dan konfigurasi *spindle*.

1. Konfigurasi Jaringan *Radial*

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Jaringan Distribusi *Radial*

Suplai daya untuk gardu-gardu distribusi pada jaringan tegangan menengah berasal dari satu penyulang (*feeder*), maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukuran nya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang palng dekat dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang-cabangnya makin ke ujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktornya lebih kecil pula. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah :

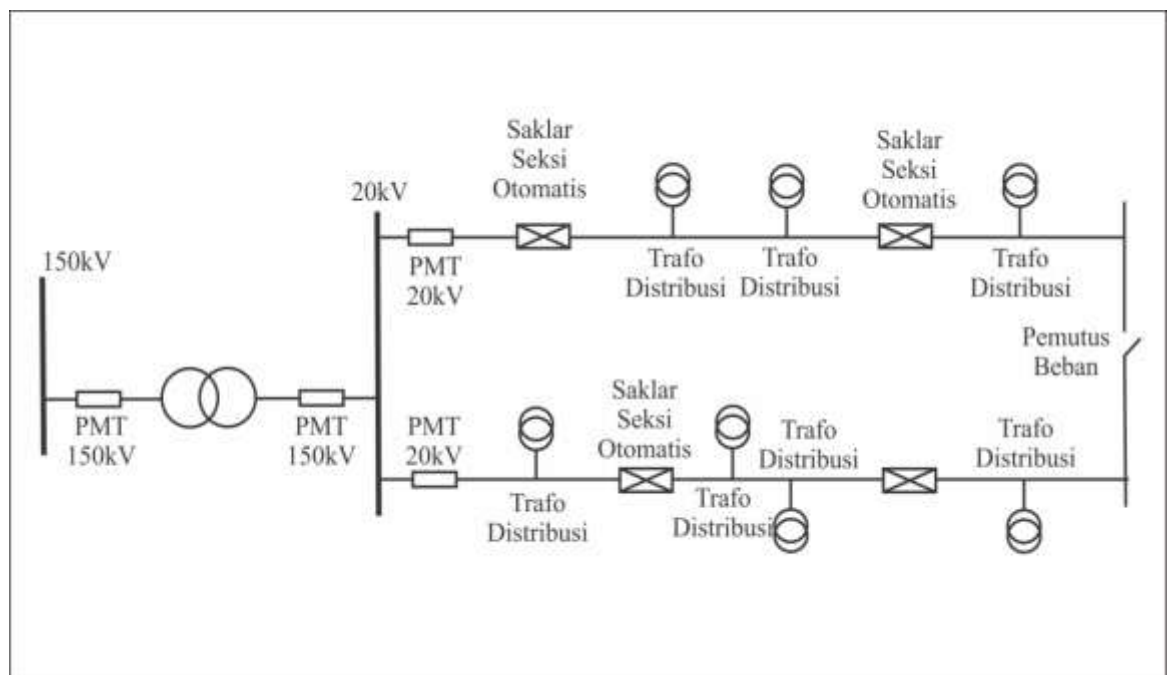
- a. Bentuknya sederhana.

- b. Biaya investasinya murah.
- c. Keandalan pasokan daya listrik rendah, karena suplai daya untuk pelanggan hanya bisa dilayani oleh satu penyulang.

Untuk melokalisir gangguan pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman, fungsinya untuk membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama belum teratasi.

2. Konfigurasi jaringan Distribusi *Loop*

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk *ring*, seperti terlihat pada gambar 2.5 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil



Gambar 2.2. Jaringan Distribusi *Loop*

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

- a. Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normally open switch* yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
- b. Bentuk *close loop*, bila dilengkapi dengan *nomally close switch* yang terletak pada salah satu bagian diantara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

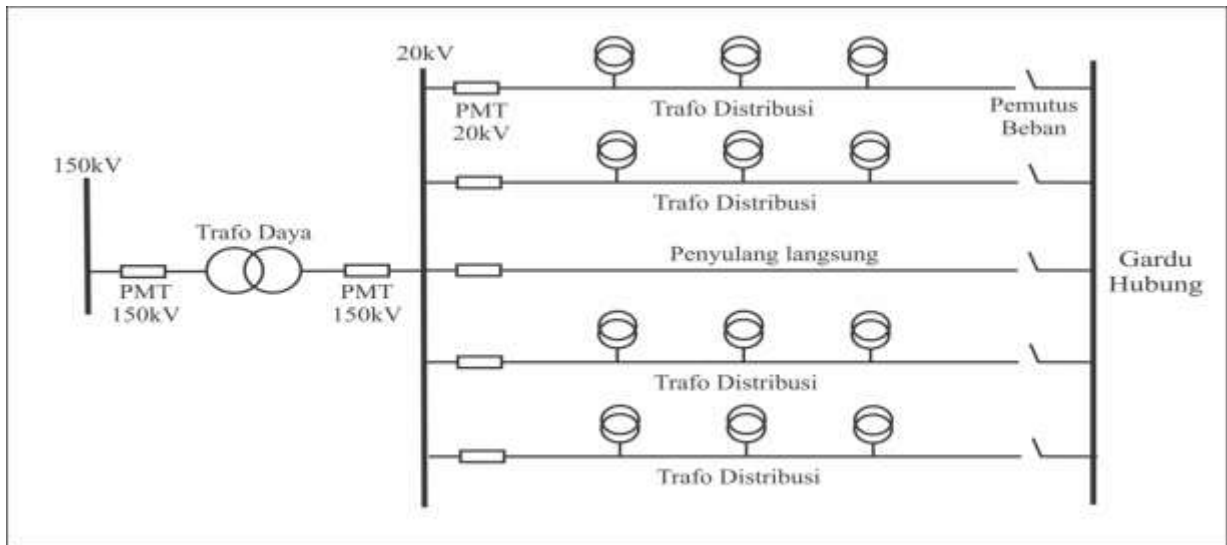
Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial, dimana pada ujung dari dua buah jaringan dipasang sebuah pemutus (PMT), pemisah (PMS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan daya dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Pada umumnya penghantar dari struktur ini mempunyai struktur yang sama, ukuran konduktor tersebut dipilih sehingga dapat menyalurkan seluruh daya listrik beban struktur *loop*, yang merupakan jumlah daya listrik beban dari kedua struktur radial. Jaringan distribusi *loop* mempunyai kualitas dan kontinuitas pelayanan daya yang lebih baik, tetapi biaya investasi lebih mahal dan cocok digunakan pada daerah yang padat dan memerlukan keandalan tinggi.

3. Konfigurasi Jaringan Distribusi *Spindel*

Jaringan distribusi spindel merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah yang penerapannya sangat cocok di kota-kota besar. Saluran kabel tegangan menengah mengalirkan daya listrik dengan menggunakan media kabel yang berisolasi XLPE (*Cross Linked Poly Ethylene*) kabel ini ditanam langsung di dalam tanah pada kedalaman tertentu dan diberi pelindung terhadap pengaruh mekanis dari luar. Kabel tanah ini memiliki isolasi sedemikian rupa sehingga mampu menahan tegangan tembus yang ditimbulkan. Dibandingkan dengan penghantar pada Saluran Udara Tegangan Menengah maka kabel tanah memiliki banyak keuntungan diantaranya :

- a. Tingkat terjadinya gangguan rendah.

- b. Tidak merusak estetika (keindahan) kota.
- c. Pemeliharaannya hampir tidak ada.



Gambar 2.3. Jaringan Distribusi *Spindel*

Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut :

- 1) Dalam keadaan normal semua saluran digardu hubung (GH) terbuka sehingga semua penyulang beroperasi radial.
- 2) Dalam keadaan normal saluran *express* tidak dibebani dan dihubungkan dengan rel di gardu hubung dan digunakan sebagai pemasok cadangan dari gardu hubung.
- 3) Bila salah satu seksi penyulang mengalami gangguan, maka saklar beban di kedua ujung seksi yang terganggu dibuka. Kemudian seksi-seksi sisi gardu induk di (GI) mendapat suplai dari GI, dan seksi-seksi gardu hubung mendapat suplai dari gardu hubung melalui saluran *express*.

Sistem jaringan spindel mempunyai kelebihan di bandingkan sistem jaringan radial dan sistem jaringan *loop* antara lain :

- a) Peningkatan keandalan atau kontinuitas pelayanan sistem.
- b) Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi.

c) Perluasan jaringan mudah dilakukan.

2.2.3. Pengaman Sistem Distribusi

Sistem pengaman bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya dan keselamatan umum yang disebabkan karena gangguan dan meningkatkan kelangsungan pelayanan pada konsumen. Tingkat pengaman yang diterapkan tergantung pada banyak factor antara lain : sistem yang ada termasuk cara pembumiannya, peralatan, kondisi dan peraturan setempat dan macam beban dan merupakan kompromi praktis yang memungkinkan untuk cukup memenuhi kebutuhan dan yang sebanding dengan biayanya.

Pelaksanaan tugas pengaman adalah sebagai berikut :

1. Melakukan koordinasi dengan sisi tegangan tinggi (Gardu Induk / Transmisi / Pembangkit)
2. Mengamankan peralatan dari kerusakan karena arus lebih.
3. Membatasi kemungkinan terjadinya kecelakaan.
4. Secepatnya membebaskan pemadaman karena gangguan.
5. Membatasi daerah yang mengalami pemadaman.
6. Mengurangi frekuensi pemutusan tetap karena gangguan.

2.2.4. Pengaman Utama dan Pengaman Cadangan

Ada kemungkinan suatu relai atau komponen lainnya gagal bekerja, oleh karena itu sistem dilengkapi dengan pengaman cadangan disamping pengaman utamanya, karena pengaman cadangan selalu disertai dengan waktu tunda (*time delay*) untuk memberi kesempatan kepada pengaman utama bekerja terlebih dahulu.

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

Pengaman cadangan (*back-up*) merupakan pengaman dibelakang pengaman utama. Maksudnya adalah pengaman ini bekerja jika pengaman utaman gagal operasi. Pengaman ini dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. *Local back-up* yaitu dimana pengaman cadangan terletak satu lokasi dengan pengaman utama.
- b. *Remote back-up* yaitu dimana pengaman cadangan tersebut diletakkan pada lokasi yang berlainan dengan pengaman utama.

Pengaman yang telah diuraikan pada kenyataannya merupakan suatu relai dan lengkapnya yang bekerja memberi perintah ke pemutus beban untuk membuka dan memisahkan bagian sistem yang terganggu dan ini merupakan pengaman utama.

2.2.5. Macam-macam Peralatan Pengaman

1. Pengaman Terhadap Arus Lebih

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

a. Pemutus Tenaga (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 relay

pengaman.

b. Pelebur

Pelebur adalah suatu alat pemutus yang dengan meleburnya bagian dari komponennya yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya, membuka dan memutus rangkaian dimana pelebur tersebut dipasang bila arus yang mengalir melebihi suatu nilai tertentu dalam waktu yang cukup.

Berdasarkan cara operasinya, pelebur dapat dibedakan menjadi :

- 1) Pelebur Jenis Pembatasan Arus (*Current Limiting Fuse*)
- 2) Pelebur Jenis Letupan (*Expulsion Fuse*)

2.2.6. Pengaman Terhadap Tegangan Lebih

1. Arrestor

Arrestor adalah alat yang berfungsi untuk melindungi isolasi atau peralatan listrik terhadap tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran petir atau tegangan transien yang tinggi dari suatu penyambungan atau pemutusan rangkaian. Prinsip kerja arrestor yaitu bila terjadi tegangan lebih pada jaringan, arrestor bekerja dengan mengalirkan arus surja ke tanah, kemudian setelah tegangan normal kembali, arrestor tersebut harus segera memutus arus yang mengikuti.

2. Kawat Udara Tanah

Kawat udara tanah adalah untuk melindungi tegangan terhadap sambaran petir

3. Rod Gap dan Arcing Horn

Rod Gap (sela batang) adalah alat yang digunakan untuk perlindungan terhadap tegangan lebih, tetapi dapat memutuskan arus ikutan (*follow current*). Sela batang berfungsi untuk melindungi isolator terhadap surja. Sela batang dipasang pada bushing transformator atau peralatan lain di Gardu Induk. Sedangkan Arcing Horn biasanya dipasang pada isolator di jaringan tegangan menengah.

2.2.7. Persyaratan Pengamanan

Secara umum, peralatan pengaman harus bekerja sesuai dengan yang diharapkan dengan waktu yang cepat sehingga tidak akan mengakibatkan kerusakan pada peralatan dan tidak menimbulkan pemadaman yang luas bagi konsumen. Untuk melaksanakan fungsi tersebut, maka sistem pengaman harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Peka

Sistem pengaman harus peka meskipun dalam kondisi yang memberikan rangsangan minimum sehingga dapat mendeteksi adanya gangguan dikawasan pengamanannya.

2. Andal

Dalam hal ini terdapat tiga aspek, yaitu :

- a. Tingkat kemampuan bekerjanya harus tinggi, dimana sistem pengaman harus dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu dan tidak boleh gagal bekerja.
- b. Tingkat kepastian untuk tidak salah kerja harus tinggi, dimana sistem pengaman tidak boleh salah bekerja pada lokasi gangguan diluar kawasan pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan, atau bekerjanya terlalu cepat atau terlalu lambat. Kesalahan kerja dapat mengakibatkan pemadaman yang sebenarnya tidak perlu terjadi.
- c. Ketersediaannya harus tinggi, yaitu perbandingan antara waktu dimana pengaman dalam keadaan siap kerja dan waktu total operasinya.

3. Selektif

Sistem pengaman harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi yang terganggu saja yang menjadi kawasan pengaman utamanya. Pengaman sedemikian disebut pengaman yang selektif. Jadi, sistem pengaman harus dapat membedakan apakah gangguan terletak dikawasan pengamanannya utamanya dimana ia harus dapat bekerja secara cepat atau apakah gangguan terletak diseksi berikutnya dimana ia harus bekerja dengan

waktu tunda atau harus tidak bekerja sama sekali karena gangguannya diluar daerah pengamanannya.

4. Cepat

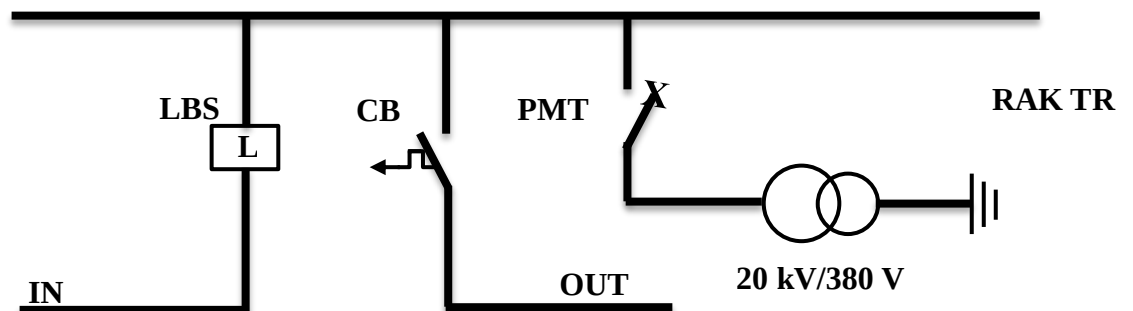
Untuk memperkecil kerugian / kerusakan akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus dipisahkan secepat mungkin dari bagian sistem lainnya. Untuk menciptakan selektifitas yang baik, mungkin saja suatu pengaman diberi waktu tunda, namun waktu tersebut harus tepat karena kelambatan kerja pengaman dapat mengganggu kestabilan sistem atau dapat merusak peralatan.

2.2.8. Circuit Breaker Outgoing (CBO)

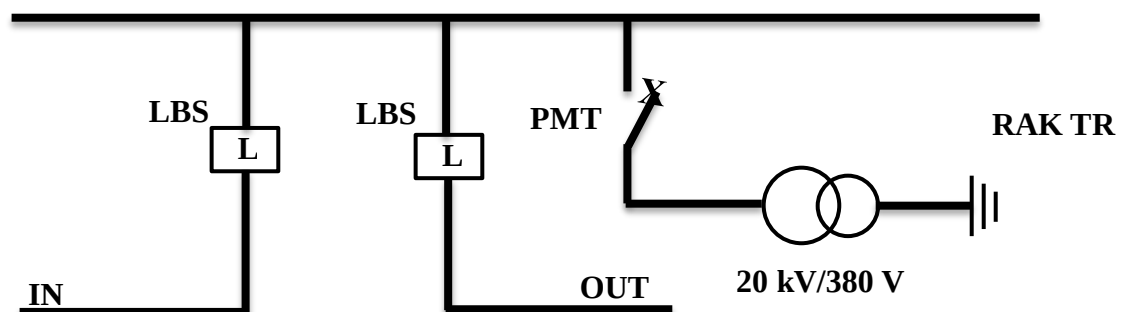
Dalam perkembangannya, kebutuhan energi listrik semakin meningkat, sedangkan masyarakat sebagai konsumen energi listrik juga bertambah jumlahnya dan menuntut mutu serta kualitas pelayanan energi listrik yang lebih baik secara kontinyu. Pada konsumen besar sering ditemukan suatu perangkat instalasi listrik yang sering disebut kubikel atau perangkat hubung bagi. Fungsinya adalah sebagai pembagi beban serta pengukuran Kubikel didalamnya mempunyai berbagai alat seperti PMT, PT, CT, Rele, dan lain-lain. Kubikel ini sama halnya seperti pada kubikel LBS pada umumnya yang terletak pada *outgoing* penyulang, tetapi yang membedakan kubikel ini dengan kubikel LBS pada umumnya ialah adanya penambahan alat pada *outgoing* tersebut yaitu, CT, PT, Rele, dan PMT. Penambahan alat tersebut bertujuan apabila terjadi gangguan pada penyulang dimana penyulang tersebut terdapat kubikel CBO nya, komponen – komponen tersebut yang akan memerintah PMT pada kubikel untuk memutus aliran gangguan yang terjadi. Maka dengan memaksimalkan komponen – komponen tersebut, kubikel ini harus dipasang di daerah / titik yang tepat pada suatu penyulang agar dapat meminimalisir gangguan yang akan terjadi dan juga dapat mempercepat susut gangguan yang dilakukan oleh operator pelayanan gangguan. Berikut ialah fungsi dari CBO:

1. Melindungi jaringan dari gangguan yang terjadi

2. Penghubung menuju gardu selanjutnya
3. Bisa juga sebagai pengukuran AMR



Gambar 2.4. Rangkaian gardu distribusi dengan CBO



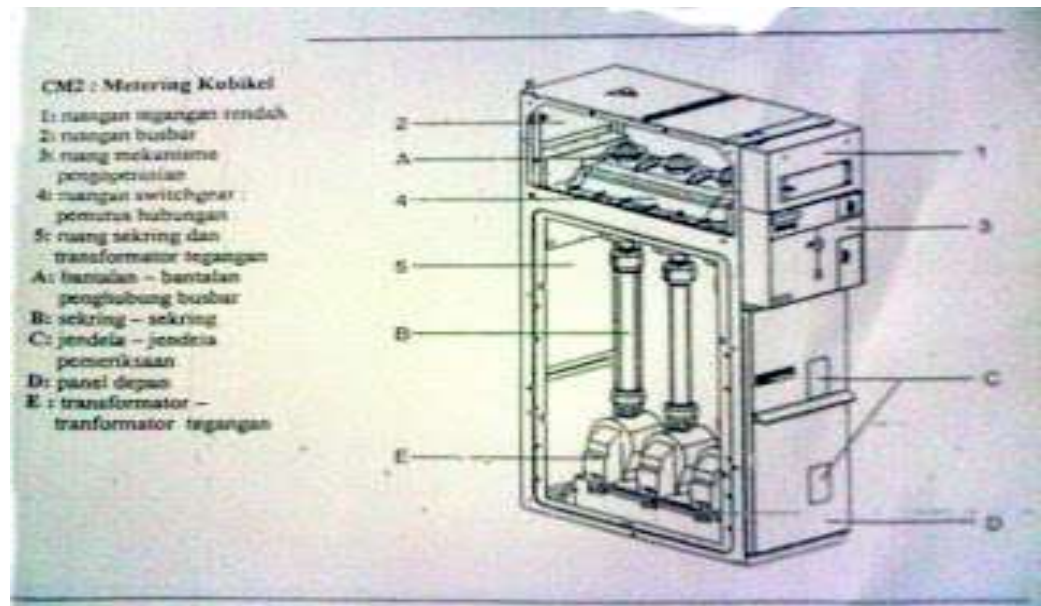
Gambar 2.5. Rangkaian gardu distribusi tanpa CBO

2.2.9. Bagian – Bagian Kubikel CBO

1. 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 dari pelat baja, terbagi menjadi 2 (dua) bagian, bagian atas untuk busbar dan bagian bawah untuk penyambungan dengan terminasi kabel komponen bagian bawah, pada bagian depan berupa pintu yang dapat dibuka tetapi bisa dilakukan apabila tegangan sudah

dibebaskan dan terminasi kabel sudah ditanahkan.



Gambar 2.6. Kompartemen Kubikel

2. Rel / Busbar 20kV

Sebagai isi penghubung antara kubikel yang satu dengan lainnya, posisi rel umumnya terletak pada bagian atas kubikel, pada kubikel rel 20 kV terdapat dalam tabung SF 6 vacum bentuk rel ada yang bulat ada yang pipih. Busbar harus dari bahan tembaga atau aluminium. Busbar aluminium harus dilapisi timah pada titik sambungan busbar. Busbar dapat dilapisi karet silikon atau bahan EPDM (heat shrink insulation material) untuk memenuhi ketahanan tingkat isolasinya. Bahan pelapis tersebut yang dipakai tidak bisa terbakar dan bila dari bahan yang dapat terbakar tetapi api dapat cepat mati dengan sendirinya. Isolator tonggak dapat dibuat dari bahan porselin atau isolasi lain yang tidak mudah terbakar. Isolator porselin berdasarkan rekomendasi IEC 168. Jarak rambat tidak boleh kurang dari 320 mm. Isolator sintetis harus bebas dari cacar permukaan seperti rongg – rongga (fold blow holes) dan sebagainya, yang dapat mengganggu operasi isolator selanjutnya (sesuai rekomendasi IEC 660).



Gambar 2.7. Rel Busbar

3. Kontak Pemutus

Sebagai pemutus / penghubung aliran listrik kontak pemutus terdiri dari dua bagian yaitu kontak gerak (moving contact) dan kontak tetap (foxed contact) sebagai peredam busur api pada kubikel jenis LBS atau PMT digunakan media minyak, gas SF₆, vacuum atau dengan hembusan udara, selain itu memperkecil terjadinya busur api dilakukan dengan pembukaan dan penutupan kontak pemutus kontak pemutus secara cepat secara mekanis.



Gambar 2.8. Kontak Pemutus

4. Sirkuit Pembumian

Semua bagian logam yang bukan merupakan bagian sirkuit utama atau sirkuit bantu dan yang dapat bermuatan sehingga membahayakan harus dihubungkan ke penghantar pembumian. Penghantar tersebut terbuat dari tembaga dan mampu mengalirkan arus sebesar 12,5 kA selama 1 detik tanpa menjadi rusak. Penghantar pembumian ditempatkan sedemikian sehingga tidak merintang tangan untuk mencapai terminal kabel. Selungkup kompartemen sekurang – kurangnya harus terselubung di suatu titik dengan penghantar bumi.

5. Pemisah Hubung Tanah (Pemisah Tanah)

Untuk mengamankan kubikel pada saat tidak bertegangan dengan menghubungkan terminal kabel ke tanah (grounding), sehingga bila ada

personil yang bekerja pada kubikel tersebut terhindar terhadap adanya kesalahan operasi yang menyebabkan kabel terisi tegangan. PMS tanah ini biasanya mempunyai sistem interlock dengan pintu kubikel dan mekanik LBS pintu tidak bisa dibuka jika PMS tanah belum masuk, LBS tidak bisa masuk sebelum PMS tanah dibuka. Posisi buka atau tutup ke tiga pisau sakelar pembumian harus dapat diperiksa melalui lubang pengamatan terdapat pada PHB. Sebagai alternatif pisau – pisau sakelar pembumian dapat dipasang indikator untuk menentukan posisi buka atau tutup indikator tersebut harus sesuai dengan posisi sebenarnya dari pisau – pisau sakelar pembumian tersebut. Sakelar pembumian harus dioperasikan manual secara terpisah.

6. Terminal Penghubung

Untuk menghubungkan bagian – bagian kubikel yang bertegangan satu dengan yang lainnya, ada beberapa terminal antara lain:

- a) Terminal busbar, tempat dudukan busbar
- b) Terminal kabel, tempat menghubungkan kabel incoming dan outgoing
- c) Terminal PT, tempat menyambung transformator tegangan untuk pengukuran
- d) Terminal CT, tempat menyambung transformator arus untuk pengukuran



Gambar 2.9. Terminal Penghubung

7. Mekanik Kubikel

Berfungsi untuk menggerakkan dan merubah posisi membuka / menutup kontak LBS, PMT, PMS maupun pemisah hubung tanah dibuat sedemikian rupa, sehingga pada waktu membuka dan menutup kontak pemutus berlangsung dengan cepat.

8. Lampu Indikator

Untuk menandai adanya tegangan (20kV) pada sisi kabel, baik berasal dari sisi lain kabel tersebut atau berasal dari busbar sebagai akibat alat hubung dimasukkan. Kubikel jenis PMT lampu indikator digunakan untuk menandai posisi alat-hubungnya dengan 2 (dua) warna yang berbeda untuk posisi masuk dan keluar.



Gambar 2.10. Lampu Indikator

9. Pemanas (Heater)

Untuk memanaskan ruang terminal kabel agar kelembabannya terjaga. Keadaan ini diharapkan dapat mengurangi efek corona pada terminal kubikel tersebut, besarnya tegangan heater 220 V sumber tegangan berasal dari trafo distribusi.



Gambar 2.11. Pemanas 150 watt

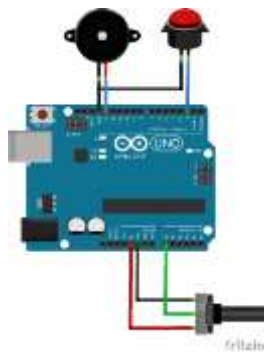
10. Handle Kubikel

Untuk menggerakkan mekanik kubikel, yaitu membuka atau menutup posisi kontak hubung : PMT, PMS, LBS, pemisah tanah (grounding) atau pengisian pegas untuk energi membuka / menutup kontak hubung, pada satu kubikel, jumlah handle yang tersedia bisa satu macam atau lebih.

11. Sistem Interlock dan Pengunci

Sistem interlock harus dilengkapi untuk mencegah kemungkinan

kesalahan atau kelainan operasi dari peralatan dan untuk menjamin keamanan operasi. Gawai interlock harus dari jenis mekanis dengan standar pembuaran yang paling tinggi, tak dapat diganggu gugat dan mempunyai kekuatan mekanis lebih tinggi dari kontrol mekanisnya. Pada kubikel jenis PMT yang dilengkapi dengan motor listrik sebagai penggerak alat hubung dan dikontrol dengan sistem kontrol listrik arus searah, maka sistem interlock pun juga diberlakukan pada sistem kontrol listriknya. Yaitu bila posisi komponen kubikel belum pada posisi siap dioperasikan, maka sistem kontrol tidak dapat dioperasikan.



Gambar 2.12. Sistem Interlock

12. Pemutus Tenaga (PMT) – Circuit Breaker (CB)

Berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik dengan cepat dalam keadaan normal maupun gangguan hubung singkat. Peralatan Pemutus Tenaga (PMT) ini sudah dilengkapi dengan rele proteksi arus lebih (Over Current Relay) dan dapat difungsikan sebagai alat pembatas beban. Komponen utama PHB-TM tersebut diatas sudah terakit dalam kompartemen kompak (Lengkap), yang sering disebut Kubikel Pembatas Beban Pelanggan.



Gambar 2.13. Pemutus Tenaga (PMT)

13. Transformator Arus – *Current Transformer (CT)*

Transformator arus (*Current Transformer - CT*) adalah salah satu peralatan di gardu distribusi, fungsinya untuk mengkonversi besaran arus besar ke arus kecil guna pengukuran sesuai batasan alat ukur, juga sebagai proteksi serta isolasi sirkit sekunder dari sisi primernya. Faktor yang harus diperhatikan pada instalasi transformator arus adalah Beban (Burden). Pengenal dan Kelas ketelitian CT. Nilai burden, kelas ketelitian untuk proteksi dan pengukuran harus merujuk pada ketentuan / persyaratan yang berlaku.



Gambar 2.14. Transformator Arus (CT)

14. Transformator Tegangan – *Potential Transformer (PT)*

Fungsinya adalah mentransformasikan besaran Tegangan Tinggi ke besaran Tegangan Rendah guna pengukuran atau proteksi dan sebagai isolasi antara sisi tegangan yang diukur atau diproteksikan dengan alat ukurnya / proteksinya. Burden, yaitu beban sekunder dari transformator tegangan (PT), dalam hal ini sangat terkait dengan kelas ketelitian PT-nya. Untuk instalasi pasangan dalam, lazimnya transformator tegangan sudah terpasang pada kubikel pengukuran.



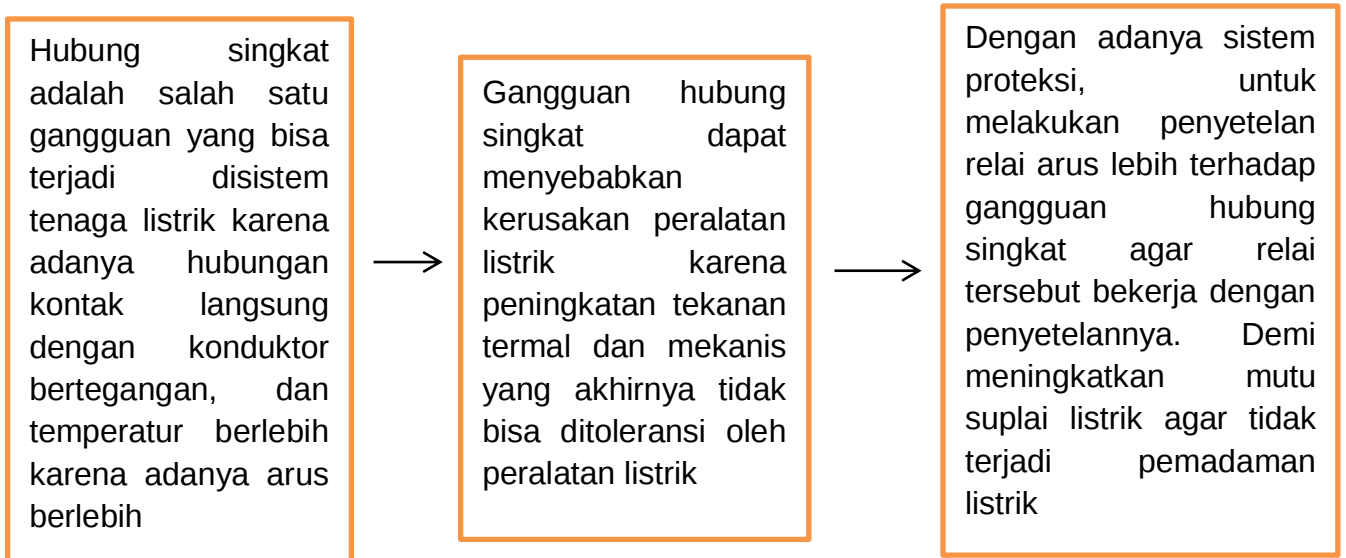
Gambar 2.15. Transformator Tegangan (PT)

15. Relai Proteksi

Relai Proteksi merupakan otak yang meng-evaluasi apakah perubahan parameter tersebut sudah dapat di-klasifikasikan sebagai kondisi gangguan atau tidak (berdasarkan referensi yang diberikan kepada relai tersebut), dan apabila hasil evaluasi tersebut dianggap sebagai gangguan maka relai proteksi tersebut akan mengeluarkan pertanda bahwa ada kondisi gangguan atau perintah eksekusi *trip* (membuka) *circuit breaker* yang terkait

2.3. Kerangka Pemikiran

Untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan di dalam penelitian, maka digunakan bagan seperti ditunjukkan oleh gambar 2.6 sebagai berikut



Gambar 2.16. Kerangka Pemikiran

