

BAB II

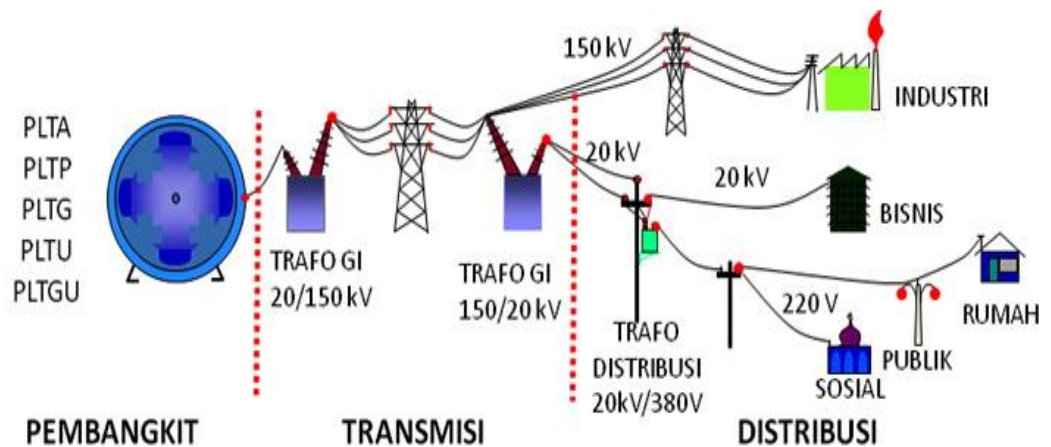
LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai sistem tenaga listrik secara umum khususnya jaringan distribusi tegangan menengah 20kV dengan fasilitas kelengkapannya seperti Pendeteksi Gangguan Bumi (Ground Fault Detector/GFD), serta menjelaskan gangguan yang sering terjadi pada jaringan spindel SKTM 20kV.

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Dalam suatu sistem tenaga listrik secara sederhana terdiri atas

- a. Sistem Pembangkit
- b. Sistem Transmisi
- c. Sistem Distribusi



Gambar 2.1. Penyaluran Sistem Tenaga Listrik

Sistem – Sistem ini saling berkaitan dan membentuk suatu sistem tenaga listrik.

2.1.1. Sistem Pembangkit

Sistem pembangkit listrik adalah seperangkat peralatan yang bekerja bersama-sama untuk membangkitkan tenaga listrik dengan cara mengubah energi potensial menjadi energi mekanik lalu mengubahnya menjadi tenaga listrik. Energi potensial bisa didapat dari energi mekanik air, uap, gas, panas bumi, nuklir, diesel dan kombinasi gas dan uap.

2.1.2. Sistem Transmisi

Sistem transmisi adalah penyaluran energi listrik dalam suatu sistem tenaga listrik yang di dalamnya mencakup cara menyalurkan energi listrik dari satu tempat ke tempat yang lainnya atau dari pembangkit listrik ke gardu induk.

Dalam penyaluran tenaga listrik hal yang pertama dilakukan adalah menaikkan tegangan generator pada nilai yang lebih tinggi sesuai dengan sistem transmisi yang sudah direncanakan. Di Indonesia tegangan tinggi jaringan listrik adalah 70 kV dan 150 kV sedangkan untuk level tegangan ekstra tinggi adalah 500 kV.

2.1.3 Sistem Distribusi

Sistem Distribusi adalah suatu sistem yang menyalurkan energi listrik dari gardu induk menuju ke konsumen. Dalam pendistribusian energi listrik perlu memperhatikan kontinuitas penyaluran. Tingkat kontinuitas penyaluran dibagi berdasarkan lamanya pemadaman yang dialami oleh konsumen.

2.2. Sistem Distribusi Jaringan Tegangan menengah

Sistem Distribusi Jaringan Tegangan menengah mempunyai tegangan kerja di atas 1 kV dan setinggi-tingginya 35 kV. Sistem distribusi tegangan rendah mempunyai tegangan kerja setinggi-tingginya 1kV. Jaringan distribusi tegangan menengah berawal dari gardu induk kemudian diturunkan tegangan dari tegangan transmisi ke tegangan distribusi . Pada beberapa tempat berawal dari pembangkit listrik. Jaringan distribusi tegangan menengah dapat dibedakan menurut media penyalurannya dan berdasarkan konfigurasi jaringan..

2.2.1. Berdasarkan Media Penyaluran

Berdasarkan media penyalurannya, sistem jaringan distribusi 20 kV terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)
2. Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

2.2.1.1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran udara merupakan saluran untuk menyalurkan tenaga listrik melalui penghantar di udara yang direncanakan untuk kawasan dengan kebutuhan beban yang sangat rendah. Kawasan yang menggunakan saluran udara, misalnya pinggiran kota, kampung, kota kecil dan tempat-tempat yang jauh serta luas dengan beban yang tersebar. Kota-kota yang memiliki mayoritas perumahan kebanyakan menggunakan saluran udara.

Saluran udara tegangan menengah menggunakan hantaran udara telanjang. Hantaran udara di gunakan pada pemasangan di luar bangunan yang

diregangkan pada isolator-isolator di antara tiang-tiang yang disediakan secara khusus. Bahan yang banyak dipakai berinti baja *ACSR (Aluminium Cable Steel Reinforced)*.

2.2.1.2. Saluran Tanah Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Saluran kabel tanah merupakan saluran untuk menyalurkan tenaga listrik melalui penghantar yang ditanam didalam tanah. Karena biaya investasi yang mahal dan keunggulannya dibandingkan dengan saluran udara tegangan menengah, saluran kabel atau saluran bawah tanah direncanakan untuk kawasan dengan kepadatan beban yang tinggi, terutama didaerah perkotaan. Kabel tanah dapat dipakai untuk tegangan menengah maupun tegangan rendah. Sebagaimana namanya, kabel tanah ditanam dalam tanah. Instalasi kabel tanah tidak perlu dipelihara dan tidak mengganggu pemandangan. Tingginya biaya instalasi kabel tanah dapat dipertanggung jawabkan oleh karena tingginya kepadatan pemakaian energi listrik. Sedangkan operasi dan pemeliharaannya lebih mudah. Tetapi jika terjadi gangguan pada kabel tanah, pbaikannya sangat sukar. Ciri-ciri terpenting saluran bawah tanah adalah sebagai berikut:

1. Gardu yang digunakan adalah jenis gardu beton dengan kapasitas yang besar.
2. Peralatan berjenis Pasangan Dalam (*Indoor Type*)

Bahan untuk kabel tanah pada umumnya adalah tembaga atau aluminium. Sebagai isolasi digunakan bahan-bahan berupa kertas perlindungan mekanikal berupa timah hitam. Pada saat ini bahan isolasi buatan berupa *PVC (Polyvinyl*

Chloride) dan *XLPE (Cross-Linked Polyethylene)* telah berkembang dengan pesat dan merupakan bahan isolasi yang baik. Saluran kabel tegangan menengah menggunakan kabel yang berisolasi *XLPE*.

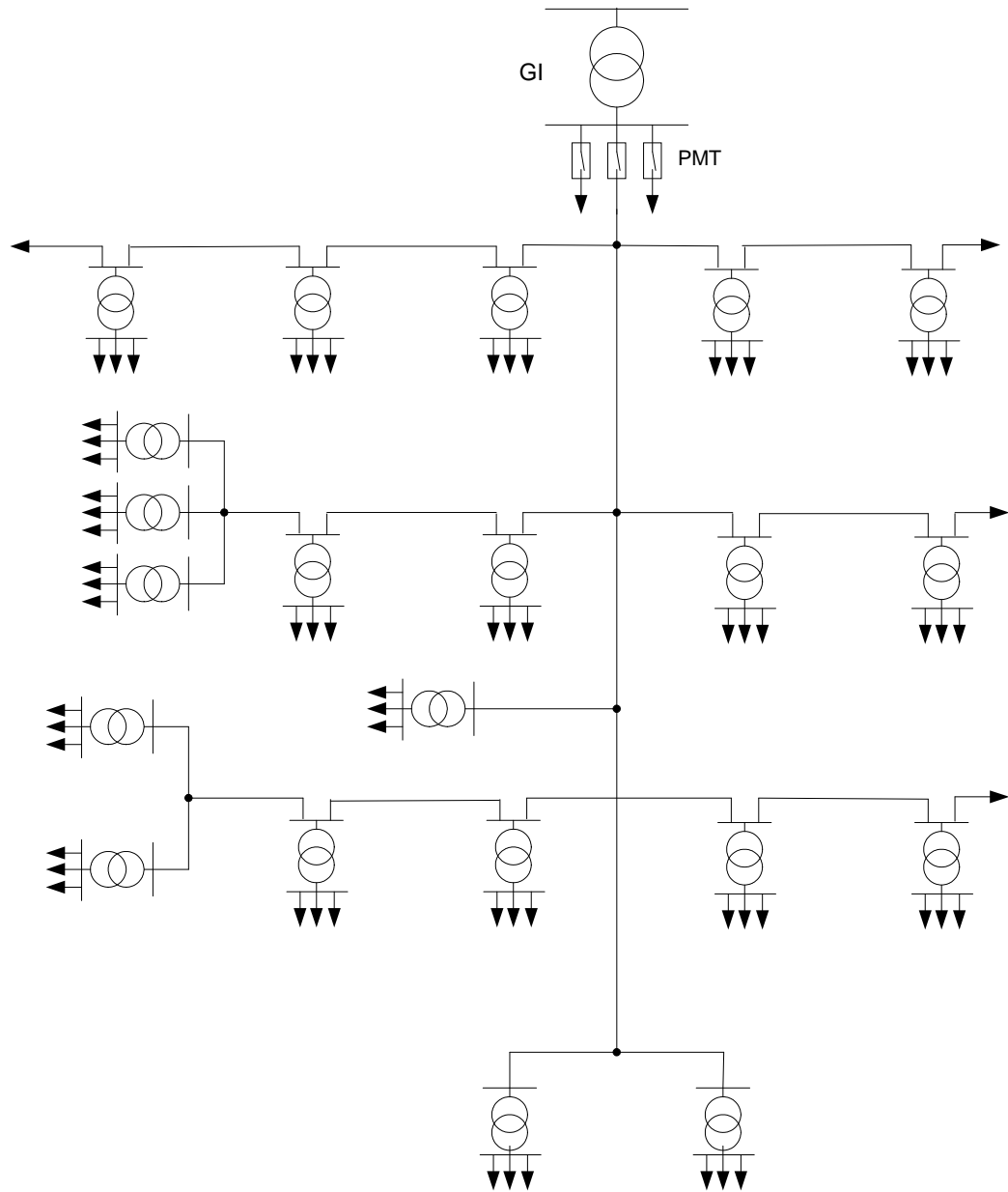
2.2.2. Berdasarkan konfigurasi jaringan

Berdasarkan konfigurasi jaringannya yang berada di PT.PLN (persero), sistem jaringan distribusi 20 kV terbagi 3 yaitu :

1. Sistem Radial
2. Sistem Lingkar (*Ring*) / *loop*
3. Sistem Spindel

2.2.2.1. Sistem Radial

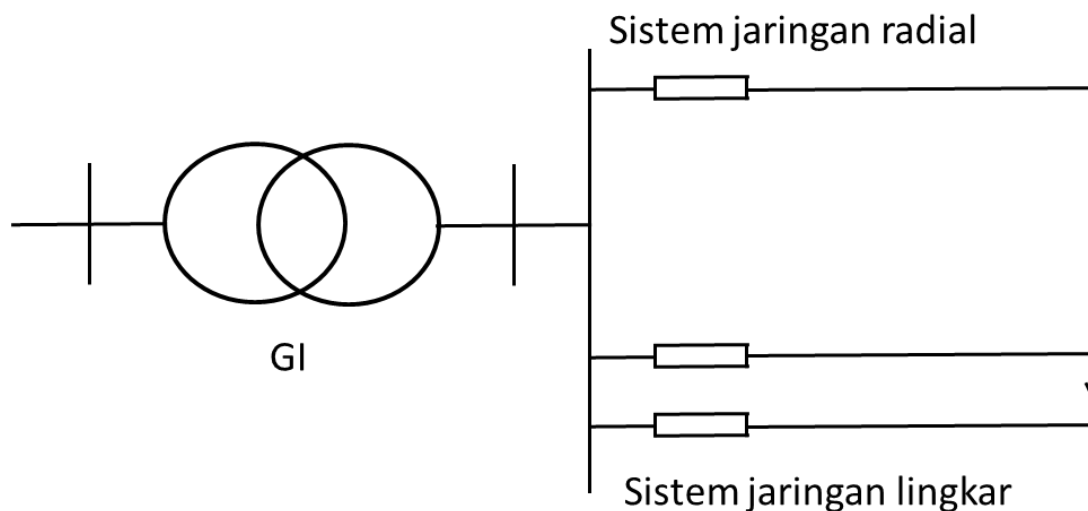
Jaringan sistem radial adalah jaringan yang hanya disuplai oleh satu sumber tenaga listrik, jika terjadi gangguan maka akan terjadi *Black Out* atau padam pada seluruh jaringan hilir titik gangguan tersebut. Contoh konfigurasi adalah konfigurasi tulang ikan (*fish bone*).



Gambar 2.2. Sistem jaringan radial

2.2.2.2. Sistem Lingkar (*Ring*)

Sistem lingkar (*ring*) atau tertutup ini merupakan suatu jaringan distribusi yang di mulai dari suatu sumber daya (Gardu Induk) melewati beberapa pusat beban (Gardu Distribusi) dan kemudian kembali lagi ke sumber semula seperti gambar 2.3. Keistimewaan sistem ini adalah kabel yang terganggu diisolir sehingga penyaluran daya ke gardu distribusi tidak akan terputus selama kabel yang terganggu sedang diperbaiki. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini mempunyai dua titik pengisian yang bisa disambungkan secara bergantian atau bersamaan.



Gambar 2.3. Sistem Jaringan Radial dan Sistem Jaringan lingkar (*Ring*)

2.2.2.3. Sistem Spindel

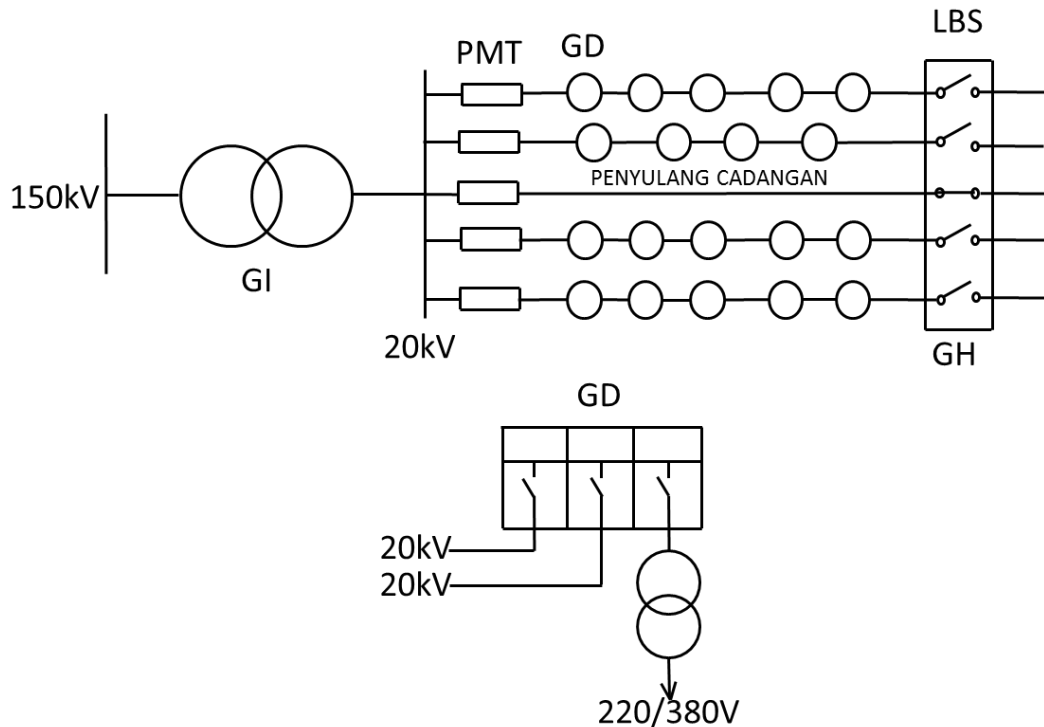
Sistem spindel merupakan gabungan antara sistem radial dan system lingkar yang telah di modifikasi sehingga memberikan keandalan yang tinggi. Sistem ini terdiri atas beberapa penyulang (*feeder*) yang bersumber dari GI secara radial. Pada penyulang terdapat beberapa gardu distribusi yang di dalamnya

terdapat kubikel, rak TR dan trafo distribusi. Trafo yang terdapat gardu distribusi menerima tegangan 20 kV pada lilitan primernya bersumber pada tegangan 20 kV diturunkan menjadi tegangan 220/380 V pada belitan sekundernya.

Pengoperasian jaringan bergantung pada beberapa keadaan, yaitu:

1. Dalam keadaan normal, semua saluran di GH (kecuali penyulang cadangan) dalam keadaan terbuka sehingga semua penyulang beroperasi secara radial.
2. Dalam keadaan normal, penyulang cadangan tidak dibebani dan dihubungkan dengan rel Gardu Hubung (GH) dan digunakan sebagai pemasok cadangan.
3. Bila terjadi gangguan di penyulang biasa, maka Pemutus Tenaga (PMT) yang berada pada sisi masuk (*incoming*) penyulang terbuka.
4. Jika sudah diketahui titik gangguan, maka daerah yang terganggu akan di suplai oleh penyulang cadangan melalui GH.
5. Tetapi sekarang ini karena kebutuhan beban yang tinggi, maka ada penyulang khusus yang menyuplai gedung-gedung dan pabrik-pabrik tertentu.

Sistem spindel banyak digunakan di Jakarta dan kota-kota besar lainnya di Indonesia. Sistem ini memberikan keandalan operasi yang cukup tinggi dengan investasi tambahan berupa penyulang cadangan yang relatif rendah. Bilamana penyulang cadangan mengalami gangguan, maka pemutus tenaga (PMT) yang terdapat pada sisi masuk (*incoming*) penyulang akan terbuka sehingga sistem spindel ini sementara akan bekerja sebagai suatu sistem biasa.



Gambar 2.4. Sistem Jaringan Spindel

2.3. Gardu Induk

Pengertian Gardu Induk (GI) adalah suatu instalasi yang terdiri atas peralatan listrik seperti trafo, sakelar, dan PMT, yang berfungsi untuk mentransfer tenaga listrik dari tegangan yang berbeda, pengukuran pengawasan, pengamanan sistem tenaga listrik, dan pengaturan daya.

2.4. Penyulang (*Feeder*)

Penyulang merupakan satu saluran tiga fasa (saluran udara atau saluran kabel tanah) yang berawal dari rel dan berakhir pada gardu hubung. Masing-masing penyulang diberi nama agar memudahkan membedakan antara penyulang yang satu dengan penyulang yang lain. Istilah penyulang dapat disebut juga

dengan kata *feeder*. Jenis penyulang berdasarkan kebutuhan terdiri atas penyulang biasa dan penyulang cadangan (*express feeder*).

2.4.1. Penyulang biasa

Penyulang biasa merupakan penyulang yang berbeban atau penyulang yang dipakai untuk menyalurkan daya tegangan menengah. Pada penyulang biasa di sepanjang saluran terdapat. :

1. Gardu Distribusi
2. Gardu Hubung

2.4.1.1. Gardu Distribusi

Gardu distribusi merupakan suatu tempat yang di dalamnya terdapat kubikel. Pada kubikel terdapat tiga bagian saluran 20 kV, satu bagian berhubungan dengan trafo distribusi. Trafo distribusi ini menurunkan tegangan dari 20 kV ke 220/380 V. Klasifikasi gardu distribusi berdasarkan sistem kontrolnya terbagi atas :

1. Gardu distribusi biasa (GD), adalah gardu yang tidak dilengkapi dengan kendali jauh (*remote control*). Pengoperasiannya dilaksanakan secara manual.
2. Gardu distribusi titik tengah (*middle point*), adalah gardu yang dilengkapi peralatan *remote control*. Pengoperasiannya selain secara manual dapat pula dilaksanakan secara *remote control*. Pemilihan gardu untuk menjadi gardu *middle point* didasarkan atas letak gardu yang berada di tengah-

tengah penyulang. Gardu tersebut menyuplai konsumen besar dan secara teknis di dalam gardu tersebut dapat di tempati peralatan *remote control*.

2.4.1.2. Gardu Hubung

Gardu hubung merupakan gardu ujung dari suatu sistem spindel. Pada gardu hubung tidak terdapat trafo distribusi, jadi tegangan yang masuk sama dengan yang keluar. Semua penyulang dalam satu sistem spindel akan berakhir pada gardu hubung melalui Sakelar Pemutus Beban (Load Breaker Swicth/LBS) yang dilengkapi dengan *remote control*.

2.4.2. Penyulang Cadangan (*Express Feeder*)

Penyulang cadang merupakan penyulang yang disediakan khusus untuk cadangan penyaluran beban saat terjadi gangguan. Pemakaian penyulang cadangan terdapat pada sistem spindel. Penyulang cadangan merupakan penyulang yang menghubungkan langsung antara GI dan GH tanpa adanya GD. Untuk lebih jelasnya, lihat gambar 2.4 struktur jaringan sistem spindel.

2.5. Pengertian Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*)

Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*) berfungsi untuk mendeteksi adanya arus lebih atau gangguan hubung pendek antara satu fasa ke tanah pada Saluran Kabel Tegangan Menengah / SKTM 20kV. *GFD* dipasang pada gardu-gardu distribusi dengan ketentuan boleh di setiap gardu maupun dipasang dengan batas antara dua gardu, atau dapat pula dipasang pada gardu

yang memasok konsumen yang sangat penting seperti konsumen khusus dan industri.

GFD akan memberikan sinyal berupa dengan menyalakan lampu indikator menyala berkerdip bilamana *GFD* yang dipasang pada gardu-gardu dilewati oleh arus gangguan pada kabel tanah. Tetapi bilamana kabel tanah yang menuju gardu-gardu tidak dilewati oleh arus gangguan maka *GFD* yang terpasang pada gardu tersebut tidak akan bekerja atau sinyal dan lampu indikator tetap padam. Pada pihak konsumen akibatnya ialah terganggunya kerja dari alat-alat listrik, terutama di dalam industri-industri yang mengakibatkan terganggunya produksi.

Dengan banyaknya terpasang *GFD* pada Gardu–Gardu Distribusi diharapkan akan mempercepat pengusutan gangguan dan perbaikannya, sehingga waktu pemadaman dapat ditekan sekecil mungkin. Dengan adanya *GFD* pada setiap gardu akan memudahkan petugas Pelayanan Teknik menentukan lokasi gangguan karena tidak lagi mendeteksi dengan cara menggunakan alat ukur *megger* yang pelaksanaannya cukup lama karena harus melakukan membuka dan menutup pintu kubikel dan mengukur resistans kabel per-fasanya.

Ada beberapa gangguan yang bisa terjadi pada jaringan distribusi antara lain :

- Gangguan beban lebih
- Gangguan tegangan lebih
- Gangguan hubung pendek

Gangguan beban lebih adalah gangguan yang terjadi disaat arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik dan pengaman yang terpasang. Gangguan tegangan lebih adalah gangguan yang di akibatkan karena adanya kelainan pada sistem, seperti gangguan petir dan gangguan surja hubung.

Gangguan hubung pendek dapat terjadi antar fasa (tiga fasa atau dua fasa) atau antara satu fasa ke tanah dan dapat bersifat temporer atau permanen. Gangguan yang permanen, misalnya hubung pendek yang terjadi pada kabel, belitan trafo atau belitan generator karena tembusnya (*breakdown*) isolasi padat. Penyebab gangguan permanen antara lain penuaan isolasi, kerusakan mekanis isolasi, dan tegangan lebih. Sedangkan pada Gangguan Tidak Jelas (GTJ) tidak bisa diketahui kerusakan permanen di titik gangguan. Gangguan ini misalnya loncat-denyar (*flash-over*) antara penghantar fasa dan tanah atau tiang, travers atau kawat tanah pada SUTM karena sambaran petir atau *flash-over* dengan pohon-pohon yang tertiuip angin, ada juga gangguan yang di sebabkan oleh burung atau binatang lain yang terbang merayap mendekati konduktor fasa, dan sebagainya. Pada gangguan ini yang tembus (*break down*) adalah isolasi udaranya, dikarenakan terjadi hubung pendek maka Pemutus Tenaga (PMT) terbuka oleh relay yang mengamankannya. Peralatan dan saluran yang terganggu siap di operasikan kembali, apabila jaringan SUTM sudah dipastikan aman .

Pada umumnya, prinsip pendeteksi terhadap adanya gangguan didasarkan pada adanya arus gangguan yang harganya cukup besar. Alat pendeteksi arus gangguan ke tanah (Bumi) yang dapat digunakan dalam membantu melokalisasi sumber gangguannya yaitu suatu alat deteksi bernama Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*).

Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*) adalah alat yang berfungsi untuk mendeteksi arus gangguan hubung tanah (bumi), baik dipakai pada sistem Tegangan Rendah (TR) maupun Tegangan menengah (TM). Banyak *GFD* ini dipasang pada setiap saluran kabel keluar (*outgoing*) pada gardu TM Tipe beton.

Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*) akan bekerja dan memberikan sinyal dengan cara membuat lampu indikator menyala kedap-kedip bilamana *GFD* yang terpasang pada gardu-gardu distribusi dilewati oleh arus gangguan hubung pendek pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). Pada umumnya lamanya lampu berkedip kira-kira 2 jam. Tidak ada gunanya apabila petugas Pelayanan Teknik mendatangi Gardu yang padam akibat gangguan melebihi waktu tersebut. Tetapi apabila SKTM yang menuju gardu lainnya tidak dilewati oleh arus gangguan hubung pendek maka *GFD* yang terpasang pada gardu tersebut tidak akan bekerja atau lampu indikator tetap padam.

Dengan melihat cara kerja *GFD* tersebut di atas kita dapat menarik kesimpulan bahwa lokasi gangguan pada SKTM berada di antara *GFD* yang lampu indikatornya menyala dengan *GFD* yang lampu indikatornya tidak menyala. Dengan begitu kita dapat memisahkan kabel yang terganggu sehingga dapat menyalakan listrik kembali pada gardu-gardu yang masih padam.

Alat *GFD* yang dipasang di gardu *Remote Control (RC)*, sinyal indikatornya dapat dikirim ke Pusat Kontrol Distribusi (*Distribution Control Center*), sehingga

dapat memudahkan operator untuk menentukan zona yang terganggu dan langsung dapat memaanuver penyalaaan kembali jaringan yang padam.

Contohnya di jaringan Tegangan Menengah (TM) 20 kV pada penyulang dengan sistem spindel lengkap. Yang dimaksud dengan spindel lengkap adalah dimana penyulang-penyulang sudah terhubung antara Gardu Induk sampai Gardu Hubung melalui Gardu Gardu Tengah (*Middle Point*). Pada sistem spindel tersebut petugas piket DCC (*Distribution Control Center*) yang berpusat di Area Ciputat Wilayah Cinere dapat memonitor PMT di GI apakah dalam posisi keluar, masuk atau jatuh (*trip*) dengan sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Tetapi petugas piket DCC tidak dapat mengetahui dengan tepat letaknya gangguan antara gardu ke gardu. Karena itu diperlukan Petugas untuk melihat GFD yang terpasang di Gardu-gardu tersebut.

2.6. Cara Kerja GFD

Bila suatu jaringan kabel SKTM (penyulang) mengalami gangguan maka yang terjadi pada Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*) adalah :

2.6.1. GFD menyala (di lewati arus gangguan)

1. Pertama – tama Trafo Arus (*Current Transformer/CT*) akan merasakan adanya arus gangguan dengan menginduksikan ke gulungan sekudernya.

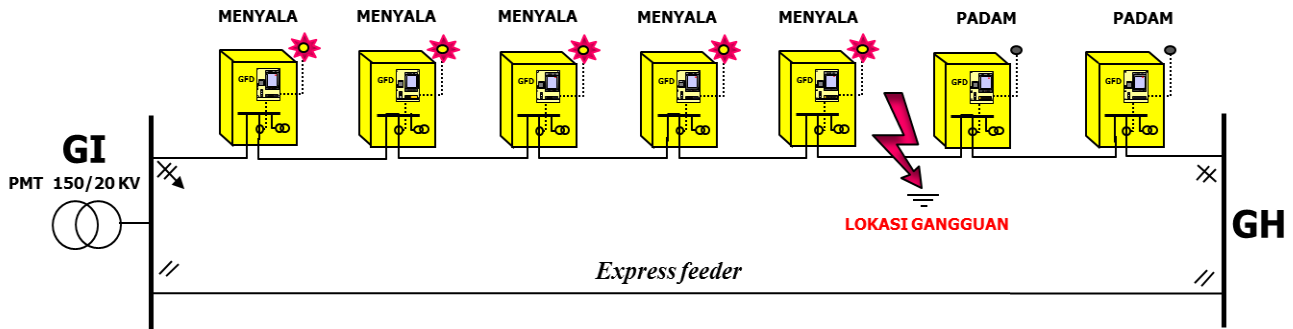
2. Arus pada gulungan sekunder *CT* akan di baca oleh kotak Relay sebagai informasi.
3. Kotak Relai akan bekerja dengan memberikan sinyal ke lampu indikator sehingga menyala berkedip dengan suplai dari Baterai.
3. Lampu indikator akan menyala sesuai setelahnya selama 2 jam, setelah itu lampu akan mati dan *GFD* siap mendeteksi ulang kembali jika dilewati arus gangguan.
4. Pada saat lampu indikator *GFD* bekerja menyala dan sebelum 2 jam jaringan dicoba untuk diberi tegangan dan berhasil aman maka *GFD* akan segera reset sehingga lampu indikator akan segera padam.

2.6.2. *GFD* Padam (tidak di lewati arus gangguan).

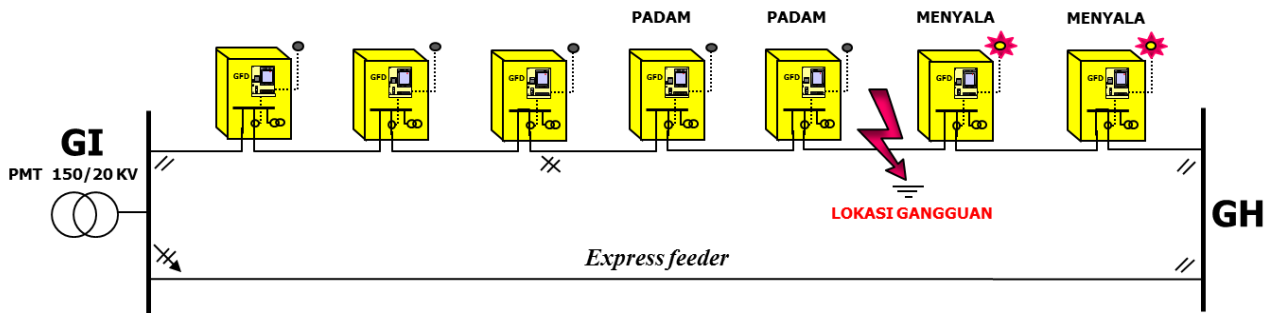
Untuk *GFD* yang tidak dilalui oleh arus gangguan maka *GFD* tersebut tidak akan memberikan sinyal (lampu indikator akan tetap padam). Untuk menentukan apakah *GFD* tersebut benar – benar tidak bekerja atau memang sedang rusak, maka *GFD* harus ditest dengan cara menekan tombol testnya. Bila saat ditest *GFD* menyala, maka menandakan baik, tetapi pada saat ditest padam maka *GFD* tersebut rusak.


2.6.3. Indikasi lokasi gangguan saat *GFD* menyala dan tidak menyala.

A. Indikasi *GFD* saat gangguan penyulang trip pertama sumber dari Gardu Induk (GI)



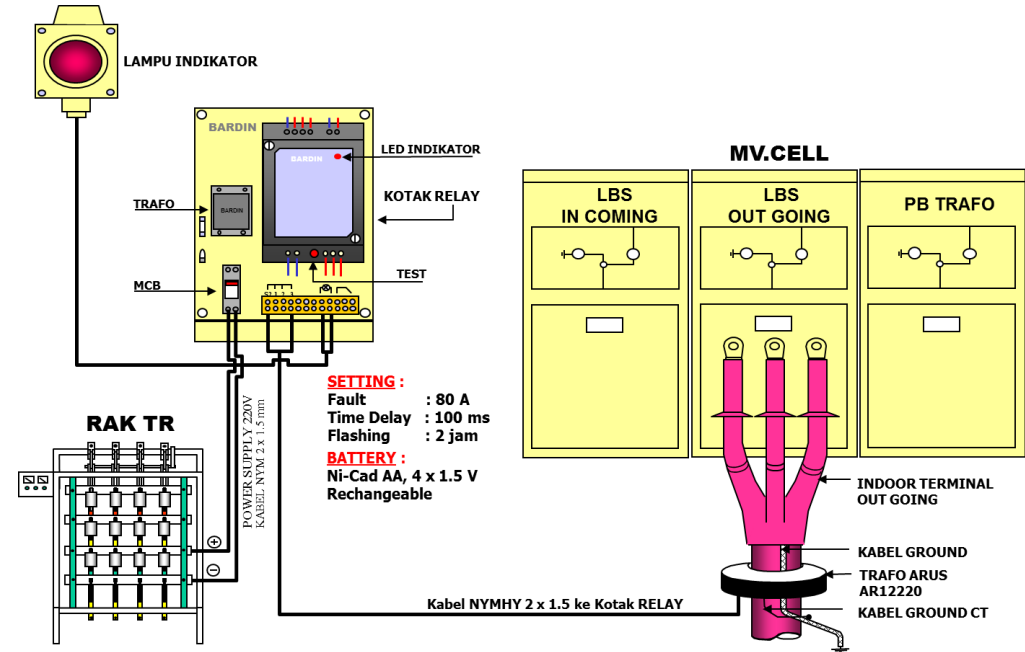
B. Indikasi *GFD* saat gangguan penyulang trip pertama sumber dari Gardu Induk (GI) melalui Gardu Hubung (GH)



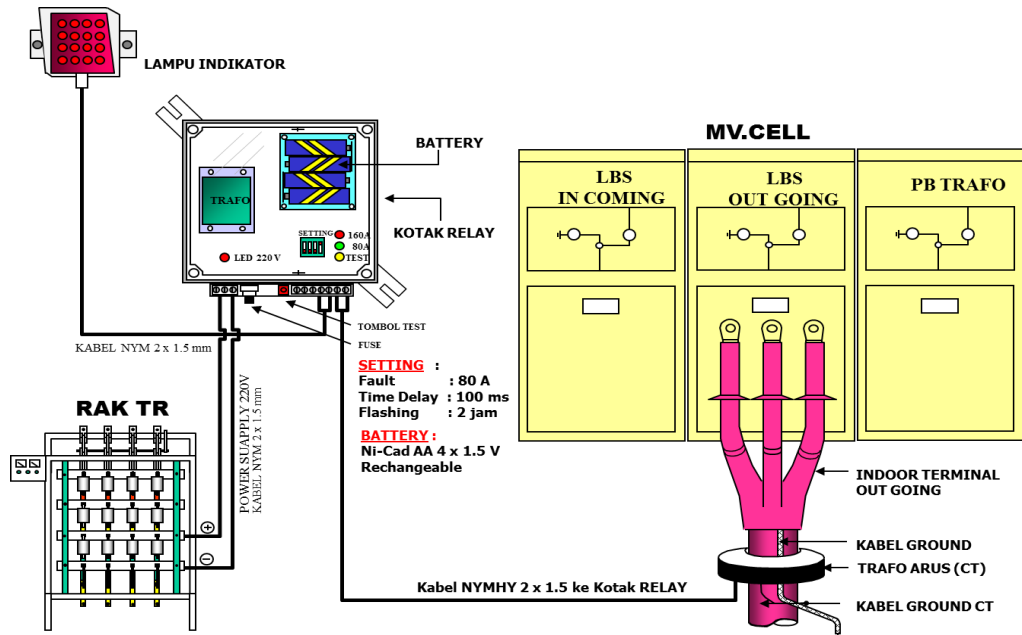
-  : Trip/ Gangguan
-  : Tegangan Keluar
-  : Tegangan Masuk

Gambar 2.5. Penentuan Lokasi Gangguan

2.7. Bagian-Bagian Dari Alat Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*).



Gambar. 2.6. GFD Type Bardin DDS



Gambar. 2.7. GFD Type ALROS 110

Berikut beberapa bagian yang terpasang pada suatu instalasi Pendeteksi gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*) yang digunakan:

2.7.1. Kotak Relai

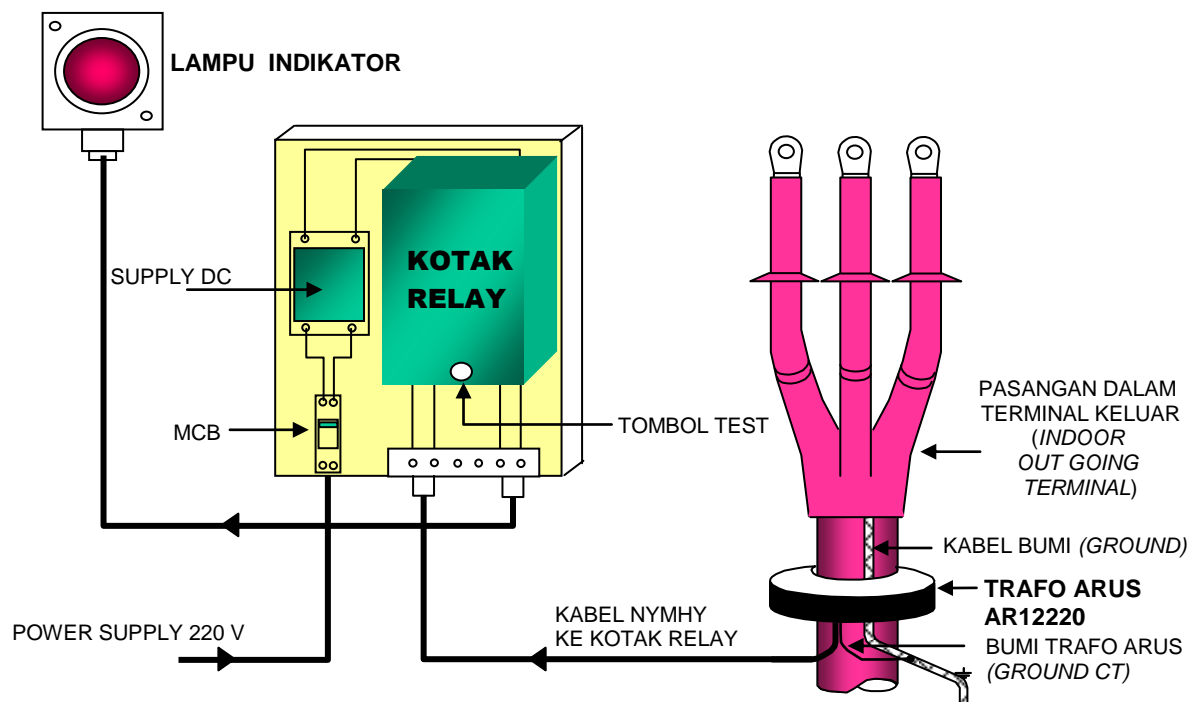
Kotak Relai berfungsi menerima arus masukan (induksi) yang dikirim dari Trafo Arus (*Current Transformer/CT*) karena adanya arus gangguan pada SKTM yang diterima oleh *CT* itu sendiri dengan menjadikan sinyal yang dapat memerintahkan relay bekerja dengan kontak langsung ke lampu indikator luar gardu sehingga dapat menyala berkedip. Dalam kotak relay terdapat baterai 4,8 volt yang dipasang dengan kondisi discharge. Kegunaan dari baterai ini adalah untuk memberikan power pengganti pada kotak relay ketika suplai Tegangan Rendah (TR) 220 Volt hilang akibat dari gangguan, sehingga lampu indikator dapat menyala atau memberikan sinyal selama 2 jam sesuai setelahnya atau terus-menerus sampai suplai 220 Volt kembali datang.

2.7.2. Trafo Arus (*Current Transformer/CT*)

CT berfungsi membaca adanya arus gangguan pada kabel SKTM dengan merubah arus besar dikonversi menjadi arus kecil untuk dikirim sebagai informasi ke kotak relay. *CT* sangat menentukan kinerja *GFD* sehingga dalam pemasangan *CT* harus benar-benar diperhatikan ketentuannya. Sedikit Kesalahan dalam pemasangan maka akan mengakibatkan banyak perubahan konversi dari rasio *CT*-nya

2.7.3. Lampu Indikator

Lampu indikator dipasang di atas pintu luar gardu yang berfungsi untuk memberikan sinyal dengan menyala berkedip yang menandakan adanya arus gangguan yang melewatinya. Lampu indikator disetel untuk berkedip selama 2 jam bekerja. Lama setelahnya 2 jam dimaksudkan karena rata-rata lamanya pengusutan gangguan diperkirakan sekitar paling lama 2 jam.



Gambar 2.8. Bagian dan cara pemasangan GFD

2.8. Kondisi Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*)

Yang Baik

1. Jika direset (tombol test ditekan) *GFD* akan bekerja, lampu indikator menyala berkedip.
2. Di injeksi dengan valish test (80 A/100 ms) *GFD* bekerja.
3. Pengawatan *GFD* betul (Trafo Arus, lampu indikator dan suplai TR 220 Volt terpasang ke kotak relai).
4. Lampu indikator dapat menyala berkedip (tidak putus).

2.9. Pemeliharaan *GFD*

1. Pengecekan dan pengujian Kotak Relai *GFD*.

- Baterai (*Battery*).
- Sumber TR 220 Volt.
- Pelebur (*Fuse*).
- Setelannya Arus = 80 A.
- Kepekaan Waktu = 100 ms.
- Pembersihan.

2. Pengecekan lampu indikator.

- Penggantian lampu putus atau rusak dan pembersihan.

3. Pengecekan Trafo Arus (*Current Transformer/CT*).

- Pembersihan dari karat atau kotor.
- Pengecekan Bumi (*Ground*) kabel TM (harus masuk ke *CT*).
- Arah pasang, terutama di terminal keluar (*outgoing*)

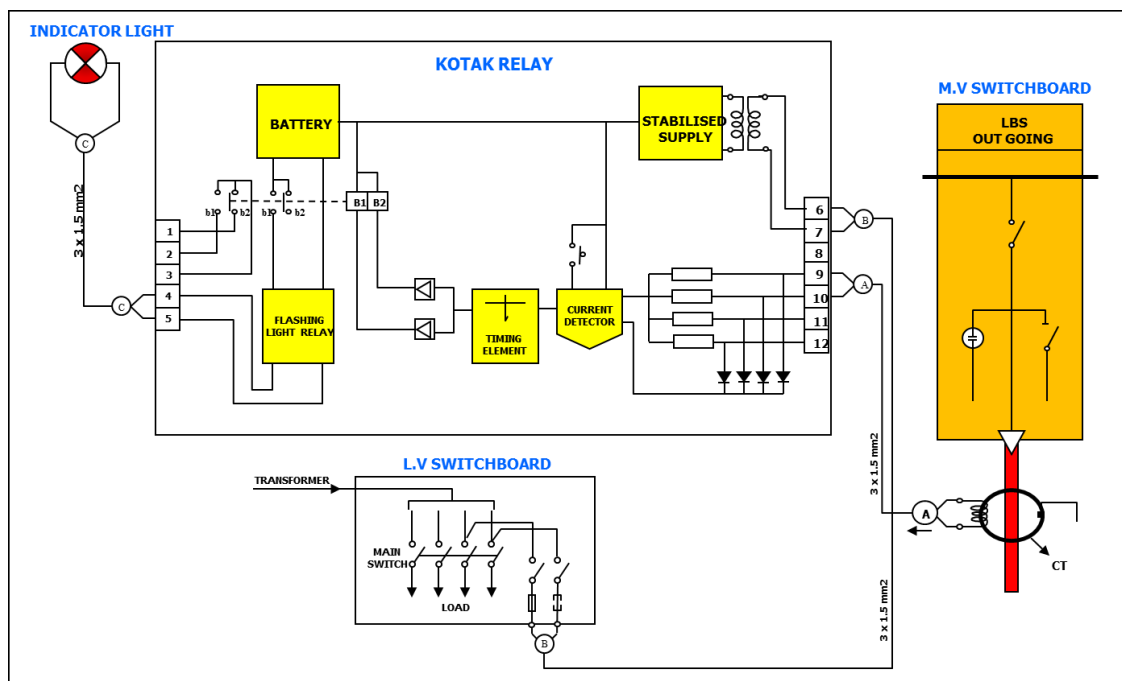
2.10. Prinsip Kerja dan Persyaratan *GFD*

Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector/GFD*) harus dapat mendeteksi arus gangguan tanah sebelum peralatan proteksi penyulang (*Feeder*) bekerja dan memutuskan pasokan Tegangan Menengah. *GFD* juga harus dapat mereset secara otomatis saat tegangan menengah tersebut normal kembali.

Prinsip dasar kerja *GFD* dapat dijelaskan secara garis besar, sebagai berikut :

- 1) Pendeteksi Gangguan Bumi (*Ground Fault Detector*) bekerja berdasarkan arus yang dirasakan oleh Trafo Arus (*Current Transformer/CT*), dimana lilitan sekunder dari *CT* tersebut dihubungkan ke *GFD*.
- 2) Arus yang melewati kabel TM dan *CT* akan menjadi naik apabila terjadi gangguan hubung tanah dan menyebabkan timbulnya tegangan induksi pada lilitan sekunder dari *CT*. Trafo Arus tersebut biasanya berupa Trafo jenis cincin (*Ring Type Transformer*). Primer dari Trafo Arus ini terdiri dari sebuah kabel tiga urat, sedangkan belitan sekundernya digulung pada suatu inti toroidal. Pada keadaan kerja normal atau gangguan antar fasa jumlah vektor dari fluks magnet sama dengan nol di dalam inti, jadi tidak ada Gaya Gerak Listrik (GGL) yang diinduksikan pada sekunder. Tetapi bila suatu gangguan satu fasa ke tanah terjadi mereka membentuk fluks.
- 3) *GFD* menerima masukan tegangan induksi pada rangkaian elektronik dan kemudian rangkaian ini memberikan informasi lagi pada rangkaian penyimpan (*memory*).

- 4) Memory memerintahkan rangkaian lain untuk menggerakkan relai hingga lampu indikator menyala berkedip.
- 5) Relai dan lampu akan bekerja, apabila ada arus gangguan.

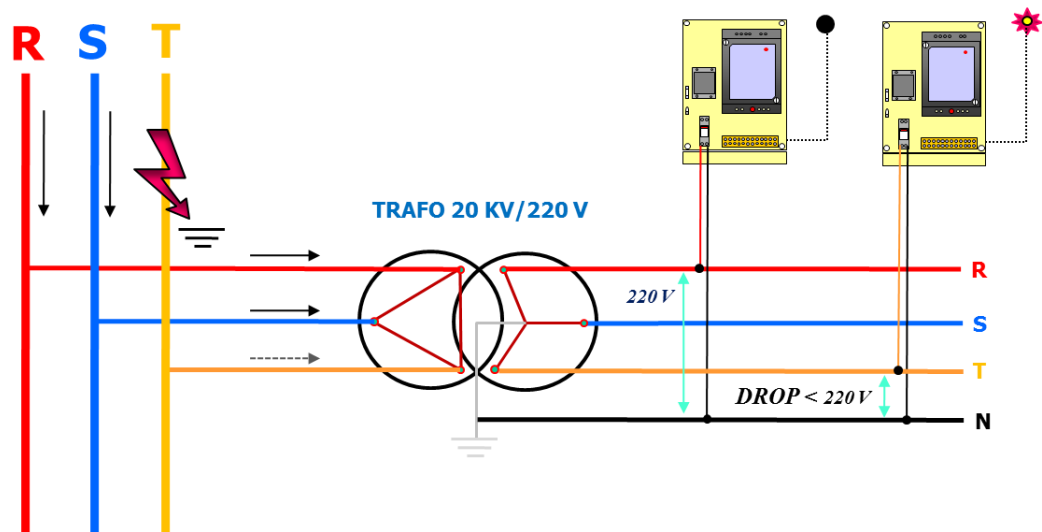


Gambar 2.9. Diagram Blok GFD

Gambar 2.9 memperlihatkan diagram blok prinsip suatu sirkit *GFD*. Arus yang dideteksi (*current input*) berasal dari sekunder *CT*. Tombol-tekan (*push-button*) disediakan sebagai sarana pengecekan, digunakan saat pemasangan awal maupun pada pemeliharaan berikutnya yang dilakukan secara berkala. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dari pemasangan *GFD* perlu diperhatikan pemeliharaan alat tersebut.

Pada prinsipnya, pemasangan *GFD* dilaksanakan di Gardu TM 20 kV tipe beton dengan langkah-langkah sebagai berikut :

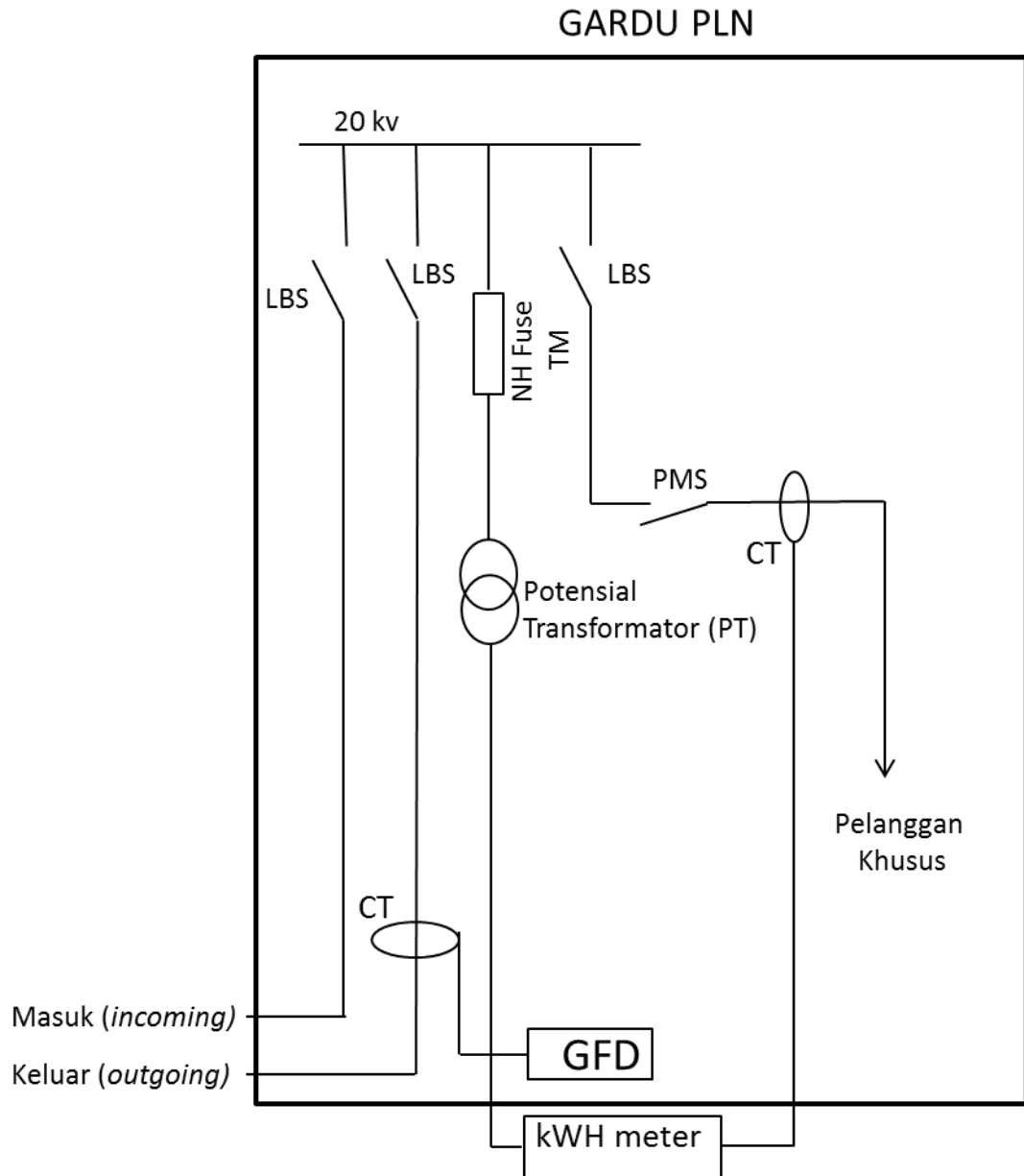
1. *CT* dipasang pada kabel keluar (*outgoing*) kubikel PHB-TM Gardu.
2. Suplai 220 Volt diambil dari rak PHB-TR dan dihubungkan ke *GFD* melalui pengaman lebur atau Pemutus Tenaga Mini (*Miniature Circuit Breaker/ MCB*).
3. Lampu Indikator luar dipasang di atas pintu gardu.
4. Kotak relai *GFD* dipasang di dalam sisi pintu Gardu setinggi ± 2 meter dari lantai.



Gambar 2.10. Suplai (*Supply*) tegangan GFD dari PHB-TR

Selain itu ada dua hal penting yang perlu diperhatikan, yaitu pada penyetelan (*setting*) GFD :

- a. Setelan (Arus Gangguan) = 80 Ampere
- b. Setelan (Indikator Menyala) = 2 s/d 3 jam
- c. Setelan (Kepekaan Waktu) = 100 ms



Gambar 2.11. Contoh Penempatan *GFD* pada PHB-TM