

BAB II

SISTEM PROTEKSI JARINGAN DISTRIBUSI

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut Wahyudi Sarimun (2016) proteksi adalah pengaman listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik, trafo tenaga, transmisi tenaga listrik dan generator tenaga listrik dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih. Dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu dengan sistem tenaga listrik yang tidak terganggu. Sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja (mengalirkan arus ke beban). Jadi pada hakikatnya pengaman pada sistem tenaga listrik mengamankan seluruh sistem tenaga listrik supaya keandalan tetap terjaga. Relay arus lebih berkerja berdasarkan besar arus gangguan. Ababila arus beban melebihi setting relay maka relay arus lebih akan mengirimkan sinyal trip kepada pemutus tenaga atau circuit breaker. Sedangkan relay hubung tanah prinsip kerjanya sama seperti relay arus lebih hanya rangkaian listriknya yang berbeda, rangkaian listrik arus hubung tanah merupakan rangkaian untuk menampung arus urutan nol. (Djiteng Marsudi, 2015).

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga memiliki beragam berasan dan jenisnya serta memiliki tingkat destruksi yg berbeda. Secara umum gangguan dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem (internal) dan gangguan dari luar sistem (eksternal). Maka diperlukan sistem proteksi yang dapat menjamin keandalan sistem.Terdapat beberapa cara dapat digunakan untuk mendefinisikna peralatan proteksi listrik seccara umum yaitu:

1. Sistem proteksi adalah susunan perngakat proteksi secara lengkap yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat-perangkat lainya yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi tertentu berdasarkan prinsip-prinsip

proteksi sesuai dengan definisi yang terdapat pada standar IEC 6255-20.

Perangkat proteksi adalah kumpulan atau koleksi perangkat proteksi seperti sekering, relay dan lain-lainya di luar perangkat trafo arus, perangkat pemutus tenaga (PMT), konduktor dan lain sebagainya. (Bonar Pandjaitan, 2012).

2.2 Energi Terbarukan

Energi merupakan persoalan yang sangat penting di dunia, peningkatan permintaan energi berbanding terbalik dengan jumlah cadangan energi. Oleh sebab itu pemerintah Indonesia memprioritaskan pengembangan terhadap energi terbarukan. Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber energi yang alami yang berkelanjutan bila dikelola dengan baik dan tidak akan pernah habis. Contoh energi terbarukan adalah panas bumi, angin air, gelombang air laut, biomassa dan biogas. Potensi energi terbarukan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Potensi energi terbarukan di Indonesia

Energi	Potensi	Kapasitas Terpasang (MW)
Hidro	75,67 GW	4.2
Panas Bumi	27 GW	807
Mini/Mikro hidro	712 MW	206
Biomassa	49,81 GW	302,4
Energi matahari	4,8 kWh/m ² /Hari	6
Angin	3-6 m/sekon	0,6

2.3 Energi Biomassa

Salah satu energi terbarukan adalah biomasa. Biomasa adalah istilah untuk semua bahan yang dihasilkan oleh fotosintesis yang ada di permukaan bumi, dimana sumber dari segala energi dalam biomasa adalah matahari. Biomasa dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak dan proses termal lainnya baik itu industri kecil maupun menengah.

2.4 Sistem Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi berdasarkan letak jaringan terhadap posisi gardu distribusi, dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Jaringan Distribusi Primer (Jaringan Distribusi Tegangan Menengah).
2. Jaringan Distribusi Sekunder (Jaringan Distribusi Tegangan Rendah).

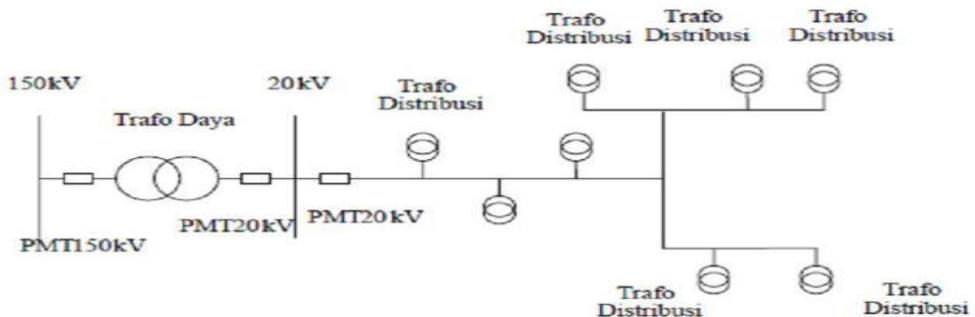
Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Dengan tegangan operasi yakni tegangan menengah (20 KV). Sistem distribusi sekunder yang lazim disebut Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dimulai dari sisi sekunder trafo distribusi sampai dengan Sambungan Rumah (SR) pada pelanggan yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke pelanggan dengan tegangan operasi yakni tegangan rendah (400/230 Volt, 380/220 Volt).

2.4.1 Sistem jaringan pada distribusi primer

1. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari sutau titik yang merupakan sumber dari

jaringan itu dan dicabang – cabangkan ke titik –titik beban yang dilayani.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Jaringan radial

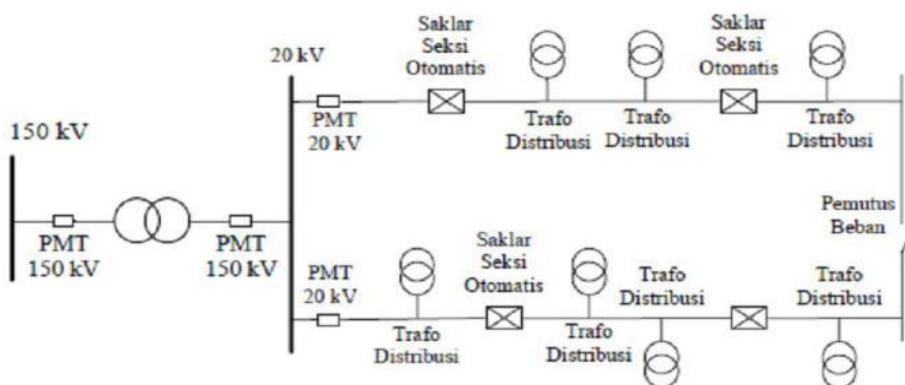
Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya percabangan – percabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama karena arus paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang paling dekat dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang – cabang makin ke ujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktor lebih kecil pula. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah :

1. Bentuknya sederhana.

2. Biaya investasinya murah
 3. Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
 4. Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

2. Sistem Jaringan Distribusi Loop

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkain saluran membentuk ring, seperti terlihat pada gambar 2.2 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 :

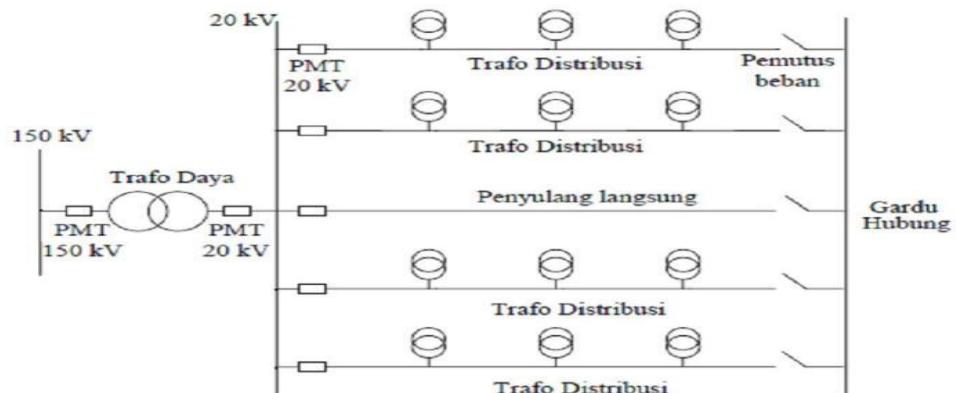
- a. Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normally open switch* yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkain selalu terbuka.
- b. Bentuk *close loop*, bila dilengkapi dengan *normally close switch* yang terlatak pada salah satu bagian diantara gardu distribusi,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

Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial dimana pada ujung dari dua buah jaringan dipasang sebuah Pemutus Tenaga (PMT), Pemisah (PMS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan 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. Sistem Jaringan Distribusi spindle

Jaringan distribusi spindel (seperti gambar 2.3) merupakan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota – kota besar.



Gambar 2.3 Sistem Jaringan Distribusi Spindle

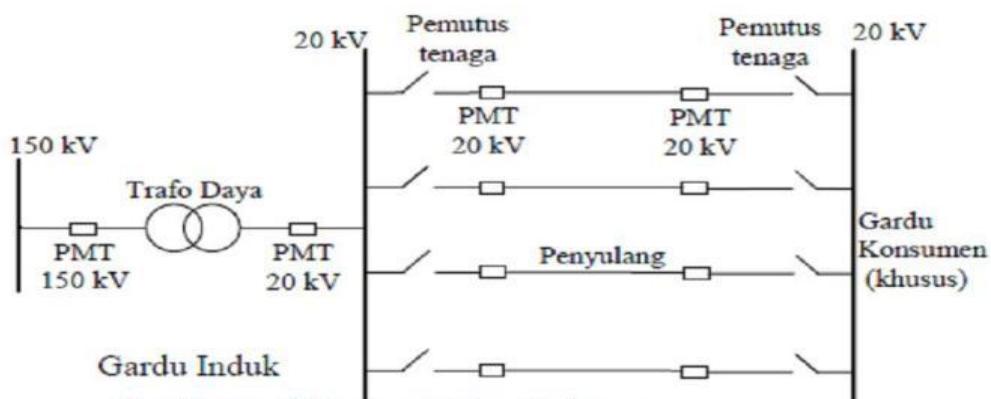
Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut :

- Dalam keadaan normal semua saluran di Gardu Hubung (GH) terbuka sehingga semua SKTM beroperasi radial.
- Dalam keadaan normal saluran express tidak dibebani dan dihubungkan dengan rel di gardu hubung dan digunakan sebagai pemasok cadangan dari gardu hubung. Bila salah satu seksi dari SKTM mengalami gangguan, maka saklar beban di kedua ujung seksi yang terganggu di buka. Kemudian

seksi – seksi sisi Gardu Induk (GI) mendapat suplai dari GI, dan seksi – seksi gardu hubung mendapat suplai dari gardu hubung melalui saluran express.

4. Jaringan Hantaran Penghubung

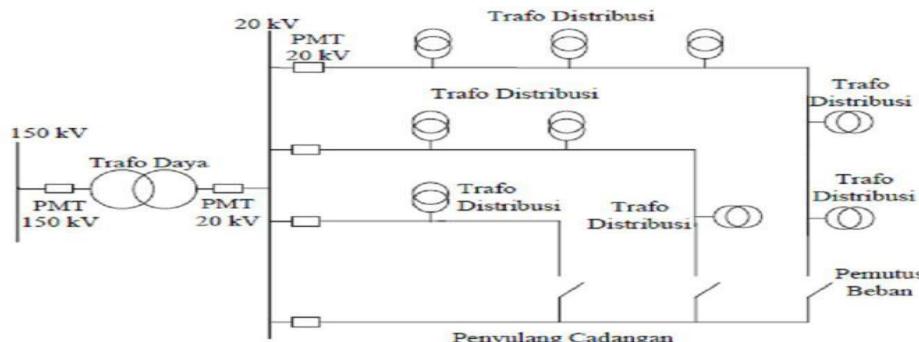
Sistem jaringan distribusi Tie Line seperti gambar 2.4 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah sakit, dan lain-lain).



Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan *Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch*, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan dipindah ke penyulang lain.

5. Sistem Gugus atau Sistem Kluster

Konfigurasi gugus seperti pada gambar 2.5 banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat saklar pemutus beban dan penyulang cadangan.

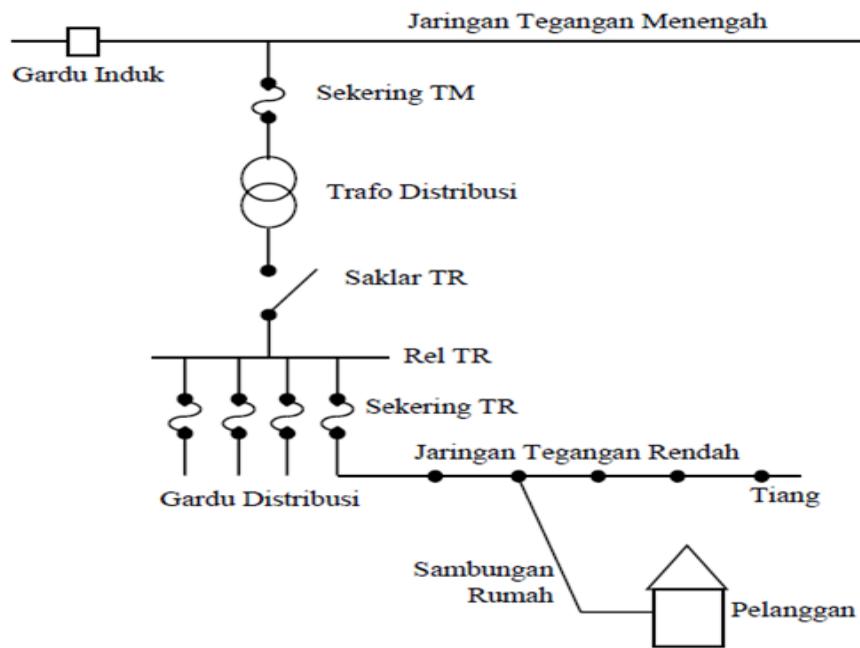


Gambar 2.5 Konfigurasi Jaringan Hantaran Kluster

Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai ke konsumen.

2.4.2 Sistem Jaringan Pada Distribusi Sekunder

Sistem jaringan distribusi sekunder seperti pada gambar 2.6 merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu trafo sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 2.6 Hubungan Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah dan Sambungan Rumah

Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini behubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan.

Jatuh tegangan pada sistem distribusi mencakup jatuh tegangan pada:

1. Penyulang Tegangan Menengah
2. Transformator Distribusi
3. Penyulang Jaringan Tegangan Rendah
4. Sambungan Rumah
5. Instalasi Rumah

Jatuh tegangan adalah perbedaan antara tegangan kirim dengan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk Tegangan Menengah harus di perhatikan.

2.4.3 Komponen Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Bagian-bagian sistem tenaga listrik yang ada pada suatu sistem distribusi tenaga listrik, antara lain:

1. Gardu Induk, fungsinya untuk menurunkan tegangan transmisi (tegangan tinggi) ke tegangan menengah.
2. Penyulang utama, fungsinya untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk menuju gardu distribusi.
3. Gardu Distribusi, fungsinya untuk menurunkan tegangan menengah (TM) menjadi tegangan rendah (TR).
4. Jaringan sekunder, fungsinya untuk menyalurkan tenaga listrik dari trafo distribusi menuju pelayanan (konsumen).
5. Pelayanan konsumen, yaitu jaringan yang merupakan instalasi listrik yang terdapat di para konsumen.

2.5 Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Secara umum pengertian sistem proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan tehadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan. Sistem proteksi penyulang tegangan menengah ialah pengamanan yang terdapat pada sel-sel tegangan menengah di Gardu Induk dan pengaman yang terdapat pada jaringan tegangan menengah. Tujuan sistem proteksi adalah mengidentifikasi gangguan, memisahkan bagian instalasi yang terganggu dari bagian lain yang masih normal dan sekaligus mengamankan instalasi dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar, serta memberikan informasi / tanda bahwa telah terjadi gangguan, yang pada umumnya diikuti dengan pembukanya pemutus tenaga (PMT). Pada sistem proteksi dapat terjadi kegagalan. Kegagalan sistem proteksi dapat menyebabkan kerusakan fatal dan pemadaman listrik yang luas. Ada beberapa penyebab terjadinya kegagalan pada sistem proteksi. Berikut ini merupakan penyebab kegagalan sistem proteksi :

1. Kerusakan pada peralatan proteksi seperti baterai, pemutus tenaga, dan rele
2. Trafo instrumen jenuh
3. Kesalahan setting sistem proteksi
4. Kesalahan pada pengkawatan rele

Proteksi terdiri dari seperangkat peralatan yang merupakan sistem yang terdiri dari komponen-komponen berikut :

1. Relay, sebagai alat perasa untuk mendeteksi adanya gangguan yang selanjutnya memberi perintah trip kepada Pemutus Tenaga (PMT).
2. Trafo arus dan/atau trafo tegangan sebagai alat yang mentransfer besaran listrik primer dari sistem yang diamankan ke relai (besaran listrik sekunder).
3. Pemutus Tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu.

4. Baterai beserta alat pengisi sebagai sumber tenaga untuk bekerjanya rele, peralatan bantu tripping.
5. Pengawatan (*wiring*) yang terdiri dari sirkit sekunder (arus dan/atau tegangan), sirkit tripping dan sirkit peralatan bantu.

2.6 Tujuan Sistem Proteksi

Gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik hampir seluruhnya merupakan gangguan hubung singkat, yang akan menimbulkan arus yang cukup besar. Semakin besar sistemnya semakin besar gangguannya. Arus yang besar bila tidak segera dihilangkan akan merusak peralatan yang dilalui arus gangguan. Untuk melepaskan daerah yang terganggu itu maka diperlukan suatu sistem proteksi, yang pada dasarnya adalah alat pengaman yang bertujuan untuk melepaskan atau membuka sistem yang terganggu, sehingga arus gangguan ini akan padam. Adapun tujuan dari sistem proteksi antara lain :

1. Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang terganggu atau peralatan yang dilalui oleh arus gangguan.
2. Untuk melokalisir (mengisolir) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.
3. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. Serta memperkecil bahaya bagi manusia.

2.7 Zona Proteksi

Untuk memperoleh tingkat selektifitas yang tinggi, dimana hanya bagian sistem yang terganggu saja yang diisolasi (mengalami pemutusan), maka pada sistem proteksi dibentuk daerah-daerah proteksi yang dinamakan zona proteksi. Zona-zona proteksi ini biasanya dibatasi dengan PMT (CB) yang dapat memutuskan dan menghubungkan antar zona proteksi yang mengalami gangguan jika menerima instruksi dari relay.

1. Zona Proteksi Utama (*Main Protection*)

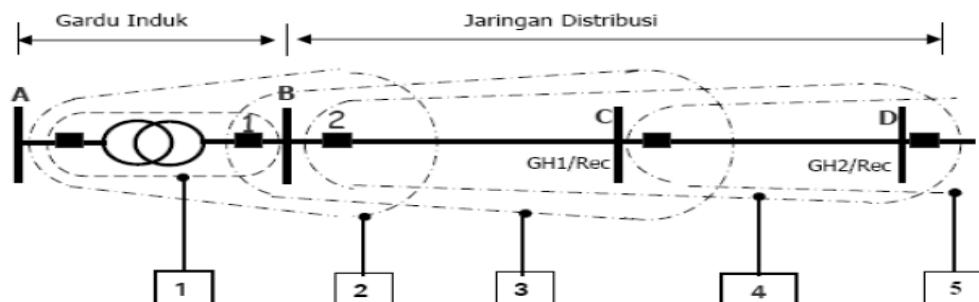
Zona utama yang terdiri atas peralatan pengaman utama yang harus beroperasi untuk zona yang diproteksinya.

2. Zona Proteksi Pendukung (*Backup Protection*)

Zona pendukung (cadangan) yang diperlukan untuk mengantisipasi kegagalan peralatan pada zona proteksi utama. Dipergunakan untuk meningkatkan kehandalan sistem proteksi (dependabilitas).

Zona proteksi pendukung terdiri atas :

- 1) Lokal backup, dimana peralatan pendukung berada pada zona yang sama dengan peralatan proteksi utama.
- 2) Remote backup, dimana peralatan pendukung berada pada zona yang bersebelahan dengan peralatan proteksi utama.



Gambar 2.7 Zona proteksi

2.8 Gangguan Sistem Distribusi

Macam-macam gangguan (Fault) pada sistem distribusi SUTM adalah sebagai berikut :

1. Gangguan yang bersifat temporer dimana dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangan.
2. Gangguan yang bersifat permanent dimana untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan dan menyingkirkan penyebab gangguan tersebut. 70% sampai dengan 90% dari seluruh gangguan

yang mengenai SUTM adalah bersifat temporer (sementara). Secara umum jenis gangguan dibagi dua yaitu :

1. Gangguan hubung singkat (*Short Circuit*) meliputi hubung singkat antar fasa.
2. Gangguan fasa ke tanah (*Ground Fault*) meliputi gangguan satu fasa ke tanah, gangguan dua fasa ke tanah dan gangguan tiga fasa ke tanah.

2.9 Gangguan hubung singkat

Hubung singkat adalah terjadinya 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). Definisi hubung singkat menurut IEC 60909 adalah, hubungan konduksi sengaja atau tidak sengaja melalui hambatan atau impedansi yg cukup rendah antara dua atau lebih titik yg dalam keadaan normalnya mempunyai beda potensial.

Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi. Meskipun semua komponen peralatan listrik selalu diisolasi dengan isolasi padat, cair (minyak), udara, gas dan sebagainya. Gangguan hubung singkat yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fasa sebagai berikut:

1. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa
2. Gangguan Antar Fasa
3. Gangguan Dua Fasa Ketanah
4. Gangguan Satu Fasa Tanah

2.10 Komponen Simetris

Menurut teori Fortescue, dalam sistem tak seimbang yang terdiri dari n buah pasor yang saling berhubungan dapat diuraikan menjadi n buah sistem dengan pasor seimbang, ini dikatakan sebagai komponen simetris (*symmetrical component*). Jadi tiga pasor tidak seimbang (*three unbalanced phasors*) dari suatu sistem tiga fasa dapat diuraikan menjadi tiga sistem pasor seimbang, dimana komponen-komponennya sebagai berikut :

1. Komponen urutan positif (*positive sequence components*), yang terdiri dari tiga pasor yang sama besarnya dalam magnitude, dimana masing-masing terpisah satu dengan lainnya dalam sudut fasa 120° dan mempunyai urutan (*sequence*) fasa sama seperti pasor aslinya.
2. Komponen urutan negatif (*negative sequence components*), adalah terdiri dari tiga pasor yang sama besarnya dalam magnitude , dimana masing-masing terpisah satu dengan lainnya dalam sudut fasa 120° dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan pasor aslinya.
3. Komponen urutan Nol (*zero sequence components*), adalah terdiri dari tiga pasor yang sama besarnya dalam magnitude, dengan pergeseran fasa nol (*zero*) antara pasor yang satu dengan yang lain.

2.11 Relay Proteksi

Relay adalah suatu alat yang bekerja secara otomatis untuk mengatur / memasukan suatu rangkaian listrik (rangkaian trip atau alarm) akibat adanya perubahan lain. Dalam perencanaan sistem proteksi, maka untuk mendapatkan suatu sistem proteksi yang baik diperlukan persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Sensitif

Relay harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan rangsangan minimum dan bila perlu hanya mentripkan pemutus tenaga untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu, sedang pada bagian sistem yang sehat dalam hal ini tidak boleh dibuka.

2. Selektif

Selektifitas pada relay proteksi adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Relay proteksi hanya akan berkerja selama kondisi tidak normal atau gangguan yang terjadi didaerah pengamanannya dan tidak akan bekerja pada kondisi normal atau pada keadaan gangguan diluar daerah pengamanannya.

3. Cepat

Semakin cepat relay proteksi bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil kemungkinan meluasnya.

4. Handal

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu relay proteksi tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun. Untuk tetap menjaga keandalannya, maka relay proteksi harus dilakukan pengujian secara periodik.

5. Ekonomis dan Sederhana

Dengan biaya yang sekecil-kecilnya dan bentuk yang sederhana dan fleksibel, relay proteksi mempunyai kemampuan pengamanan yang sebesar-besarnya.

2.12 Jenis-jenis relay proteksi

Berdasarkan besaran ukur dan prinsip kerja, relay proteksi dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Relay Arus Lebih (Over Current Relay)

Relay arus lebih merupakan serangkaian peralatan relay pengaman yang memberikan respon pada kenailian nilai arus yang melebihi harga nominal yang sudah ditentukan pada rangkaian yang diamankan. Relay ini bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai setting, apabila nilai arus yang terbaca oleh relay melebihi nilai setting, maka relay akan mengirim perintah trip (lepas) kepada Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB) setelah tunda waktu yang diterapkan pada setting.

2. Relay Gangguan Tanah (GFR)

Prinsip kerja GFR sama dengan OCR yaitu berdasarkan pengukuran arus, dimana relay akan bekerja apabila merasakan arus melebihi nilai settingnya. GFR dirancang sebagai pengaman cadangan trafo jika terjadi gangguan hubung tanah, baik dalam trafo (*internal fault*) maupun gangguan eksternal (*external fault*). Setting arus GFR lebih

kecil disbanding OCR, karena nilai arus hubung singkatnya pun juga lebih kecil disbanding arus hubung singkat fasa-fasa.

3. Rele Tegangan Kurang (*Under Voltage relay*)

Adalah rele yang bekerja dengan menggunakan tegangan sebagai besaran ukur. Rele akan bekerja jika mendeteksi adanya penurunan tegangan melampaui batas yang telah ditetapkan..Untuk waktu yang relatif lama tegangan turun adalah lebih kecil dari 5% dari tegangan nominal dan dalam jangka waktu beberapa jam. Peralatan yang beroperasi dengan tegangan di bawah 10 % akan mengalami penurunan efisiensi.

4. Rele Diferensial (*Differential Relay*)

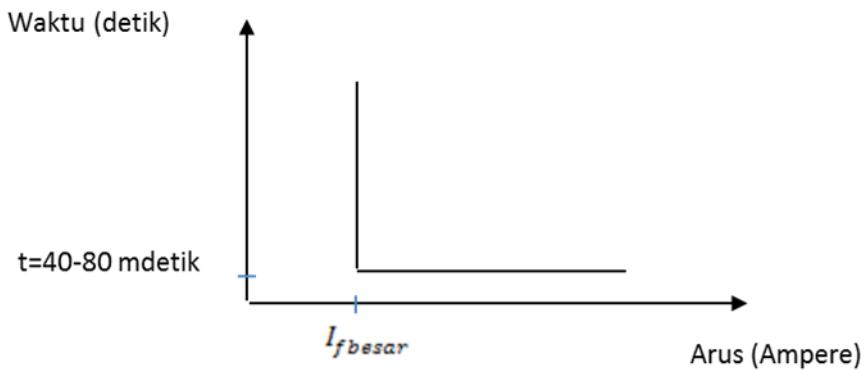
Adalah rele yang bekerja berdasarkan Hukum Kirchof, dimana arus yang masuk pada suatu titik sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut. Yang dimaksud titik pada proteksi diferensial ialah daerah pengamanan, dalam hal ini dibatasi oleh 2 buah trafo arus.

2.13 Karakteristik kerja relay

Macam-macam karakteristik relay arus lebih berdasarkan besar arus dan waktu kerja relay:

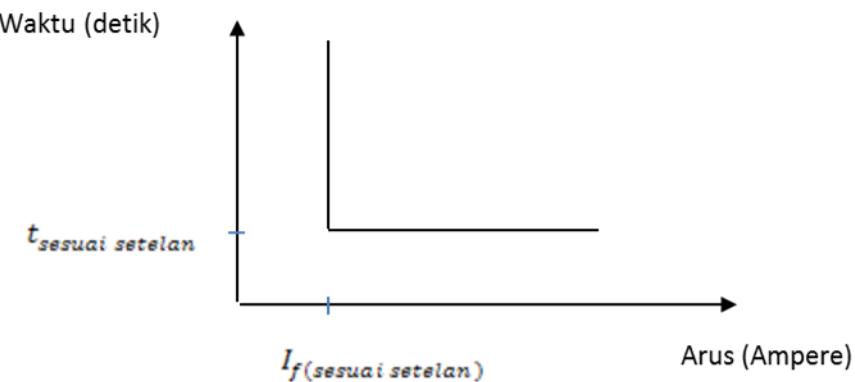
1. *Instantaneous Relay* (Rele arus lebih sesaat).

Relay yang bekerja tanpa waktu tunda atau waktu kerja sesaat. Prinsip kerjanya, apabila terdapat arus gangguan hubung singkat yang melebihi nilai settingnya maka relay akan bekerja seketika dengan waktu yang cepat sebesar 50-100 ms.



Gambar 2.8 Karakteristik Rele Waktu Seketika

2. *Definite Time Relay* (Rele arus lebih definite). Relay yang bekerja dengan waktu tunda tetap. Sehingga tidak tergantung dengan besarnya arus gangguan. Jika arus gangguan melebihi nilai settingnya berapapun besarnya arus gangguan maka relay akan bekerja dengan waktu tunda yang tetap

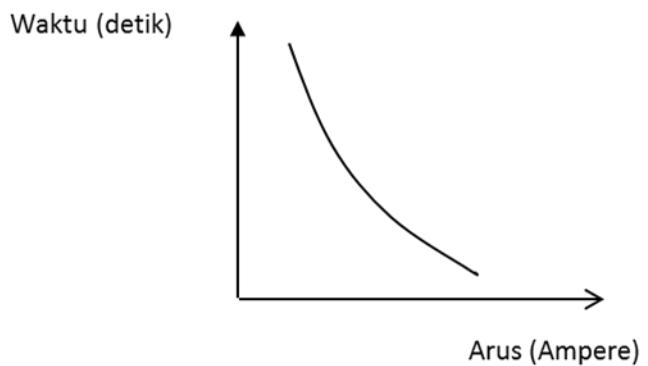


Gambar 2.9 Karakteristik Rele Waktu Tertentu

3. *Inverse Time Relay* (Rele arus lebih inverse).

Setelan proteksi dengan mempergunakan karakteristik inverse time relay adalah karakteristik yang grafiknya terbalik antara arus dan waktu kerja pada *inverse time relay* ini didasarkan pada besarnya arus gangguan. Rele ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*),

sehingga semakin besar arus gangguan maka semakin cepat waktu kerja relay. Berdasarkan karakteristik waktunya dibedakan menjadi: standar *inverse*, *very inverse*, *extremely inverse*



Gambar 2.10 Karakteristik Rele Waktu Terbalik

2.14 Pemutus Tenaga

Pemutus tenaga (PMT) adalah suatu peralatan yang mampu memutus/menutup rangkaian pada semua kondisi, yaitu pada kondisi gangguan maupun kondisi normal. Secara singkat tugas pemutus tenaga adalah:

1. Keadaan normal: membuka/menutup rangkaian listrik
2. Keadaan tidak normal: dengan bantuan relai, PMT dapat membuka sehingga gangguan dapat dihilangkan

Berbagai tipe PMT digunakan pada sirkuit sistem tenaga guna membuka dan menutup rangkaian baik pada kondisi normal maupun abnormal. Arus nominal, tegangan pengenal dan kapasitas pemutus (MVA) dari PMT tersebut harus disesuaikan dengan beban daya hubung singkat pada titik tertentu pada sirkuit dimana PMT tersebut dipasang. Dalam kaitannya dengan pengamanan, dalam rangka memisahkan bagian dari sistem tenaga yang mengalami gangguan, dibutuhkan satu atau lebih PMT.