



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Proteksi

Sistem proteksi merupakan sistem pengamanan yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik, trafo tenaga transmisi tenaga listrik dan generator listrik. Hal ini dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu, sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja (mengalirkan arus ke beban).¹

2.1.1 Fungsi sistem proteksi

Adapun fungsi dari sistem proteksi antara lain :

- a. Memisahkan bagian sistem yang terganggu sehingga bagian sistem lainnya yang tidak terganggu dapat terus beroperasi sebagaimana mestinya.
- b. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik kepada konsumen dengan tingkat keandalan dan mutu yang tinggi.
- c. Memperkecil bahaya bagi manusia yang ditimbulkan oleh listrik.

2.1.2 Persyaratan sistem proteksi

Pada sistem proteksi tenaga listrik, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi demi pengamanan peralatan-peralatan listrik yang ada. Untuk itu ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh suatu sistem proteksi, seperti berikut ini :

2.1.2.1 Kepekaan (sensitivity)

Pada prinsipnya rele harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan di kawasan pengamanannya. Sebagai pengamanan peralatan seperti motor, generator atau trafo, rele yang peka dapat mendeteksi gangguan pada tingkatan yang masih dini sehingga dapat membatasi kerusakan. Bagi peralatan seperti diatas hal ini sangat penting karena jika gangguan itu sampai merusak besi laminasi stator atau inti trafo, maka perbaikannya akan sangat sukar dan mahal.

¹ Sarimun, Wahyudi. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.



2.1.2.2 Kehandalan (*reliability*)

Salah satu syarat yang harus dipenuhi sistem proteksi adalah kehandalan. Dimana protektor tersebut dapat menjalankan fungsinya sebagaimana mestinya. Kehandalan terbagi atas 2 aspek, yaitu :

- a. *Dependability*, yaitu tingkat kepastian bekerjanya (kehandalan kemampuan bekerjanya). Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal bekerja. Dengan kata lain perkataan *dependability*-nya harus tinggi.
- b. *Security*, yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah kerja (keandalan untuk tidak salah kerja). Salah kerja adalah kerja yang semestinya tidak harus kerja, misalnya karena lokasi gangguan di luar kawasan pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan atau kerja yang terlalu cepat atau terlalu lambat. Salah kerja mengakibatkan pemadaman yang sebenarnya tidak perlu terjadi. Jadi pada prinsipnya pengaman tidak boleh salah kerja, dengan lain perkataan *security*-nya harus tinggi.

2.1.2.3 Selektifitas (*selectivity*)

Pengaman harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi atau peralatan yang terganggu saja yang termasuk dalam kawasan pengamanannya utamanya. Pengamanannya sedemikian disebut pengaman yang selektif. Jadi rele harus dapat membedakan apakah:

- a. Gangguan terletak di kawasan pengamanannya utamanya dimana ia harus bekerja cepat.
- b. Gangguan terletak di seksi berikutnya dimana ia harus bekerja dengan waktu tunda (sebagai pengaman cadangan) atau menahan diri untuk tidak trip.
- c. Gangguannya diluar daerah pengamanannya, atau sama sekali tidak ada gangguan, dimana ia tidak harus bekerja sama sekali.



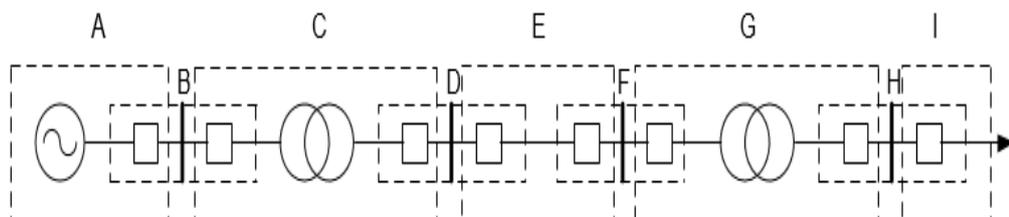
2.1.2.4 Kecepatan (*speed*)

Untuk memperkecil kerugian atau kerusakan peralatan listrik akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus dipisahkan secepat mungkin dari bagian sistem lainnya yang tidak terganggu. Yang mana kecepatan itu penting untuk :

- Menghindari kerusakan secara *thermis* pada peralatan yang dilalui arus gangguan serta membatasi kerusakan pada alat yang terganggu.
- Mempertahankan kestabilan sistem.

2.1.3 Daerah sistem proteksi

Batas suatu daerah menentukan suatu bagian dari sistem sehingga untuk suatu gangguan dimanapun didalam daerah tersebut, sistem pengaman bertanggung jawab untuk memisahkan bagian yang terganggu dari sistem tenaga listrik. Hal ini perlu karena suatu bagian sistem yang berada di daerah-daerah yang berdekatan betapapun kecilnya tidak boleh dibiarkan tanpa perlindungan seperti diperlihatkan gambar 2.1



Gambar 2.1 Daerah-Daerah Pengamanan

- | | |
|---|---|
| A. Pengaman Generator | F. Pengaman <i>switchgear</i> tegangan tinggi |
| B. Pengaman <i>switchgear</i> tegangan rendah | G. Pengaman trafo daya |
| C. Pengaman trafo daya | H. Pengaman <i>switchgear</i> tegangan rendah |
| D. Pengaman <i>switchgear</i> tegangan tinggi | I. Pengaman saluran distribusi |
| E. Pengaman saluran transmisi | |



2.2 Rele Proteksi

Rele proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan tenaga listrik dan segera otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem proteksi yang terganggu dan memberikan isyarat berupa lampu atau bel.²

Rele proteksi dapat merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fase, frekuensi, impedansi dan sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan kemudian mengambilnya keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Fungsi rele proteksi pada sistem tenaga listrik :

- a. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu dapat beroperasi normal.
- b. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
- c. Mengurangi pengaruhnya gangguan terhadap bagian sistem yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.
- d. Memperkecil bahaya bagi manusia.

Hal-hal yang dapat menimbulkan kegagalan pengaman sebagai berikut :

- a. Kegagalan pada rele itu sendiri.
- b. Kegagalan suplai arus dan tegangan ke rele tegangannya rangkaian suplai ke rele dari trafo tersebut terbuka atau terhubung singkat.
- c. Kegagalan sistem suplai arus searah untuk tripping pemutus tenaga. Hal yang dapat menyebabkannya antara lain baterai lemah karena kurang perawatan, terbukanya atau terhubung singkat rangkaian arus searah.

² Samaulah, Hazairin. 2000. *Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik*

Tabel 2.1 Contoh Pengamanan dalam Gardu Induk Pengaman Transformator³

Jenis Pengamanan	Persyaratan
1. Pencegahan Gangguan Isolasi a) Karena surja petir b) Karena beban lebih c) Karena bahan pendingin	Arrester Rele thermis <i>Thermometer</i> , indicator aliran
2. Pengamanan Terhadap Gangguan Dari Dalam d) Perlindungan terhadap hubung singkat antara fasa, Antara gulungan dan terhadap tanah : Transformator kecil Transformator besar dan sedang	Rele bucholz Rele arus lebih waktu Rele diferensial, rele arus lebih waktu
Pengamanan Sistem	
1. Pencegahan Gangguan Isolasi a) Karena surja petir b) Karena beban lebih (kabel)	Arrester Rele thermis
2. Bila Terjadi Kerusakan Isolasi c) Perlindungan terhadap gangguan ke tanah d) Perlindungan terhadap hubung singkat dua atau satu fasa untuk pembumian efektif : Jaringan radial Jaringan tertutup Jaringan	Gulungan Petersen, Rele arah gangguan tanah Rele arus lebih waktu Rele arus lebih dengan elemen arah Rele jarak kecepatan tinggi dengan atau tanpa penutupan kembali

2.2.1 Rele arus lebih (*over current relay*)

Rele arus lebih adalah suatu rele yang bekerjanya didasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga rele ini dipakai sebagai pola pengaman arus lebih.

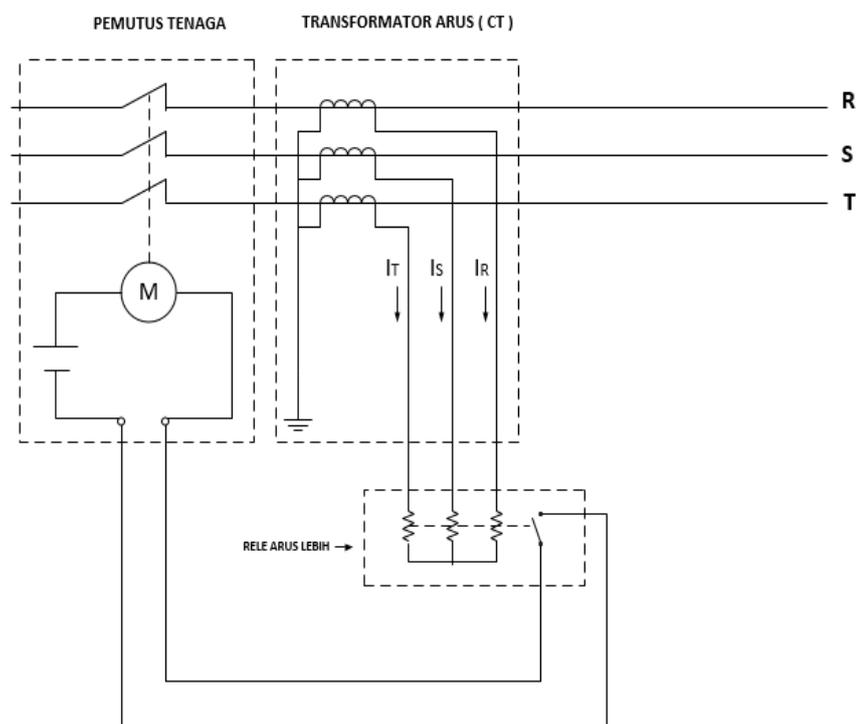
Keuntungan dan fungsi rele arus lebih :

- a. Sederhana dan murah.
- b. Mudah penyetelannya.
- c. Merupakan rele pengaman utama dan cadangan.

³ Arismunandar, dkk. 1993. *Teknik Tenaga Listrik*



- d. Mengamankan gangguan hubung singkat antara fasa maupun hubungan singkat satu fasa ke tanah dan dalam beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih (*overload*).
- e. Pengaman utama pada jaringan distribusi dan sub transmisi radial.
- f. Pengamanan cadangan untuk generator, trafo tenaga dan saluran transmisi.

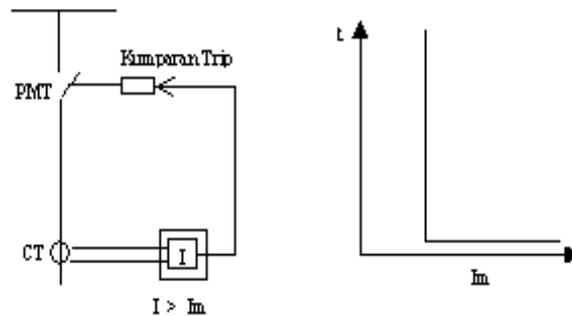


Gambar 2.2 Rangkaian Pengawatan Rele Arus Lebih

Karakteristik Waktu Kerja

- a. Rele arus lebih seketika (*moment*)

Rele arus lebih dengan karakteristik waktu kerja seketika (*moment*) adalah jika jangka waktu rele mulai saat rele arusnya *pick up* sampai selesainya kerja rele sangat singkat (20-100 ms) yaitu tanpa penundaan waktu. Rele ini umumnya dikombinasikan dengan rele arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (*definite time*) atau waktu terbalik (*inverse time*) dan hanya dalam beberapa hal terdiri sendiri secara khusus.

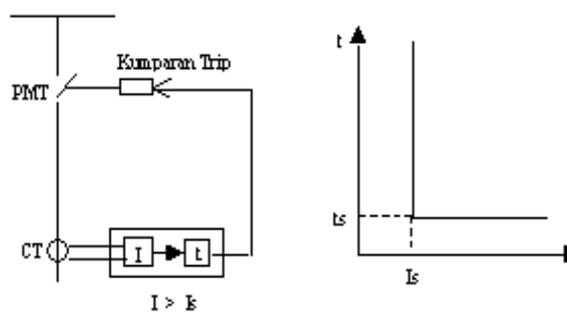
Gambar 2.3 Karakteristik rele waktu seketika⁴

b. Rele arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (*definite time*)

Rele ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja rele mulai *pick up* sampai kerja rele diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan rele.

Keuntungan dan kerugian karakteristik rele ini adalah :

- Koordinasi mudah, hanya dengan peningkatan waktu.
- Tidak terpengaruh dengan kapasitas pembangkit.
- Semakin dekat ke sumber waktu kerja semakin panjang.

Gambar 2.4 Karakteristik rele waktu tertentu⁴

⁴ Taqiyuddin Alawly, Muhammad. 2006. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*



c. Rele arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik (*inverse time*)

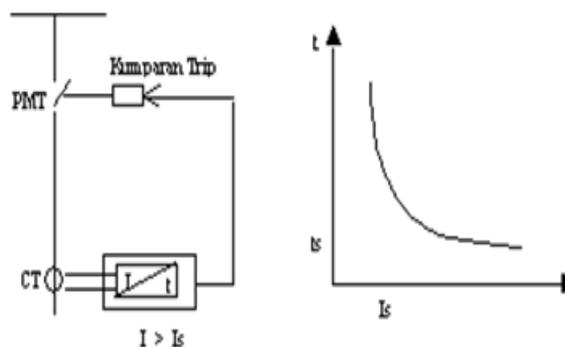
Rele ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya.

Keuntungan dan kerugian karakteristik rele ini adalah :

- Perlu perhitungan yang teliti terutama untuk kapasitas pembangkit yang berubah-ubah.
- Sebagai pengaman banyak saluran, *inverse time* dapat menekan akumulasi waktu, yang dapat memberikan pengamanan yang cepat baik diujung maupun didekat sumber.
- Sensitif terhadap perubahan pembangkit.

Karakteristik ini bermacam-macam, Setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok :

- *Standar invers*
- *Very inverse*
- *extremely inverse*



Gambar 2.5 Karakteristik rele waktu terbalik⁴

Karena ada kemungkinan kegagalan pada sistem pengaman maka arus dapat diatasi yaitu dengan penggunaan pengaman cadangan (*Back Up Protection*). Dengan demikian pengaman menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi :



- a. Pengaman utama yang pada umumnya selektif dan cepat dan malah jenis tertentu mempunyai sifat selektif mutlak misalnya rele diferensial.
- b. Pengaman cadangan, umumnya mempunyai perlambatan waktu hal ini untuk memberikan kesempatan kepada pengaman utama bekerja terlebih dahulu, dan jika pengaman utama gagal, baru pengaman cadangan bekerja dan rele ini tidak seselektif pengaman utama.

2.3 Gardu Hubung

Gardu Hubung disingkat GH atau *Switching Substation* adalah Gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan.⁵

Isi dari instalasi Gardu Hubung adalah rangkaian saklar beban LBS (*Load Break switch*) dan pemutus tenaga yang terhubung paralel. Gardu Hubung juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus tegangan menengah.

Konstruksi Gardu Hubung sama dengan Gardu distribusi tipe beton. Pada ruang dalam Gardu Hubung dapat dilengkapi dengan ruang untuk Gardu distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh. Ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh dapat berada pada ruang yang sama dengan ruang Gardu Hubung, namun terpisah dengan ruang Gardu distribusinya. Berdasarkan kebutuhannya Gardu hubung dibagi menjadi:

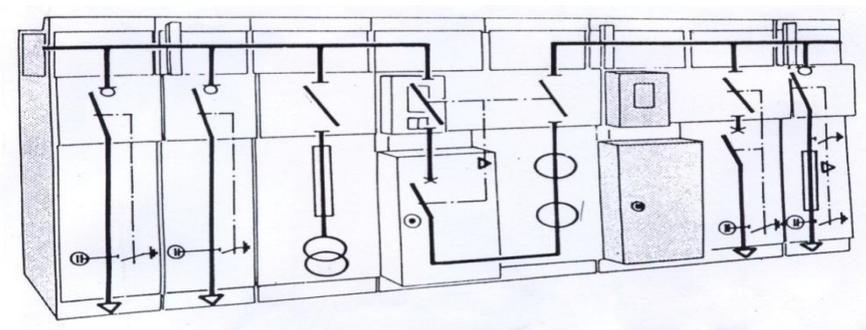
- a. Gardu Hubung untuk 7 buah sel kubikel.
- b. Gardu Hubung untuk (7 + 7) buah sel kubikel.
- c. Gardu Hubung untuk (7 + 7 + 7 + 7) buah sel kubikel.

⁵ Buku 4 PT PLN (Persero) Edisi 1 Tahun 2010. *Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*



2.3.1 Kubikel 20 kV

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 2.6 Kubikel 20 kV

2.4 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang sering terjadi pada sistem kelistrikan adalah :

Gangguan hubung singkat 3 fasa, gangguan hubung singkat 2 fasa dan gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah.

Semua gangguan hubung singkat diatas, arus gangguannya dihitung dengan menggunakan rumus dasar yaitu :

$$I = \frac{V}{Z} \dots \dots \dots (2.1)^6$$

Keterangan :

I = Arus yang mengalir pada hambatan (A)

V = Tegangan sumber (V)

Z = Impedansi jaringan, nilai ekivalen dari seluruh impedansi di dalam jaringan dari sumber tegangan sampai titik gangguan (Ω)

⁶ PT PLN (Persero). *Perhitungan setting dan Koordinasi Proteksi Sistem Distribusi*



Yang membedakan antara gangguan hubung singkat 3 fasa dan gangguan hubung singkat lainnya adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri, dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan. Impedansi yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti berikut ini :

Z untuk gangguan tiga fasa, $Z = Z_1$

Z untuk gangguan dua fasa, $Z = Z_1 + Z_2$

Z untuk gangguan satu fasa, $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0$

Keterangan :

$Z_1 =$ Impedansi urutan positif (Ω)

$Z_2 =$ Impedansi urutan negatif (Ω)

$Z_0 =$ Impedansi urutan nol (Ω)

2.4.1 Menghitung impedansi

Dalam menghitung impedansi pada rele arus lebih dikenal 3 macam impedansi urutan yaitu :

- Impedansi urutan positif (Z_1), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan positif.
- Impedansi urutan negatif (Z_2), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan negatif.
- Impedansi urutan nol (Z_0), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan nol.

2.4.1.1 Impedansi sumber

Menghitung impedansi sumber di sisi busbar sekunder 20 kV, maka harus dihitung dulu impedansi sumber busbar di sisi primer 150 kV. Impedansi sumber di sisi primer diperoleh dengan rumus :

$$X_{s(\text{pri})} = \frac{kV^2 (\text{sisi } 150kV)}{MVA \text{ hubung singkat}} \dots\dots\dots (2.2)^6$$



Keterangan :

$X_s(\text{pri})$ = Impedansi sumber busbar sisi primer 150 kV (Ω)

MVA_{hubung singkat} = Data hubung singkat di busbar primer 150 kV (MVA)

Arus gangguan hubung singkat di sisi 20 kV diperoleh dengan cara mengkonversikan dulu impedansi sumber di busbar 150 kV ke sisi 20 kV. Untuk mengkonversikan Impedansi yang terletak di sisi 150 kV ke sisi 20 kV, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X_s(\text{sek}) = \frac{kV^2(\text{sisi } 20\text{kV})}{kV^2(\text{sisi } 150\text{kV})} \times X_s(\text{pri}) \dots \dots \dots (2.3)^6$$

Keterangan :

$X_s(\text{sek})$ = Impedansi sumber busbar sisi sekunder 20 kV (Ω)

2.4.1.2 Impedansi transformator

Pada perhitungan impedansi suatu trafo yang diambil adalah harga reaktansinya, sedangkan tahanannya diabaikan karena harganya kecil. Untuk mencari nilai reaktansi trafo dalam Ω dihitung dengan cara sebagai berikut .

Langkah pertama mencari nilai Ω pada 100% untuk trafo pada 20 kV, yaitu dengan menggunakan rumus :

$$X_t(\text{pada } 100\%) = \frac{kV^2(\text{sisi } 20\text{kV})}{\text{MVA}} \dots \dots \dots (2.4)^6$$

Keterangan :

X_t = Impedansi trafo tenaga (Ω)

kV = Tegangan sisi sekunder trafo daya (kV)

MVA = Kapasitas daya trafo daya (MVA)



Lalu tahap selanjutnya yaitu mencari nilai reaktansi tenaganya :

- Untuk menghitung reaktansi urutan positif dan negatif (X_{t1} / X_{t2}) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X_{t1} / X_{t2} = Z (\%) \text{ yang diketahui } \times X_t \text{ (pada 100\%)} \dots \dots \dots (2.5)^6$$

2.4.1.3 Impedansi penyulang

Untuk perhitungan impedansi penyulang, perhitungannya tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang akan dihitung, dimana besar nilainya tergantung pada jenis penghantarnya, yaitu dari bahan apa penghantar tersebut dibuat dan juga tergantung dari besar kecilnya penampang dan panjang penghantarnya.

Disamping itu penghantar juga dipengaruhi perubahan temperatur dan konfigurasi dari penyulang juga sangat mempengaruhi besarnya impedansi penyulang tersebut. Contoh besarnya nilai impedansi penyulang : $Z = (R + jX)$

Sehingga untuk impedansi penyulang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

- Urutan positif dan urutan negatif

$$Z_1/Z_2 = (\% \text{ gangguan}) \times \text{total panjang penyulang (kms)} \times Z_1 / Z_2 \dots (2.6)^6$$

2.4.1.4 Impedansi ekivalen penyulang

Perhitungan yang akan dilakukan di sini adalah perhitungan besarnya nilai impedansi ekivalen positif dan negatif. Karena dari sejak sumber ke titik gangguan impedansi yang terbentuk adalah tersambung seri maka perhitungan Z_{1eq} / Z_{2eq} dapat langsung dengan cara menjumlahkan impedansi tersebut.



Sehingga untuk impedansi ekivalen penyulang dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- Gardu Induk – Gardu Hubung

$$Z_{1eq} / Z_{2eq} = \{ \% R_{1jar} + j (X_{S(sisi\ 20kv)} + X_{t1} + \% X_{1jar}) \} \dots\dots\dots(2.7)^6$$

Keterangan :

Z_{1eq} = Impedansi ekivalen penyulang urutan positif (Ω)

Z_{2eq} = Impedansi ekivalen penyulang urutan negatif (Ω)

$\% R_{1jar}$ = Resistansi penyulang titik gangguan tertentu (Ω)

$X_{S(sisi\ 20kv)}$ = Impedansi trafo di busbar sekunder 20 kV (Ω)

X_{t1} = Reaktansi trafo urutan positif (Ω)

$\% X_{1jar}$ = Reaktansi penyulang titik gangguan tertentu (Ω)

- Gardu Hubung – Ujung Penyulang

$$Z_{1eq} / Z_{2eq} = \{ R_{1jar} + j (X_{S(sisi\ 20kv)} + X_{t1} + X_{1jar}) \} \dots\dots\dots(2.8)^6$$

$$= (R_{1jar\ GI-GH} + \% R_{1jar\ GH-Ujung}) + j(X_{S(sisi\ 20kv)} + X_{t1} + X_{1jar\ GI-GH} + \% X_{1jar\ GH-Ujung})$$

Keterangan :

Z_{1eq} = Impedansi ekivalen penyulang urutan positif (Ω)

Z_{2eq} = Impedansi ekivalen penyulang urutan negatif (Ω)

$R_{1jar\ GI-GH}$ = Resistansi penyulang Gardu Induk sampai Gardu Hubung (Ω)

$\% R_{1jar\ GH-Ujung}$ = Resistansi penyulang titik gangguan tertentu (Ω)

$X_{S(sisi\ 20kv)}$ = Impedansi trafo di busbar sekunder 20 kV (Ω)

X_{t1} = Reaktansi trafo urutan positif (Ω)

$X_{1jar\ GI-GH}$ = Reaktansi penyulang Gardu Induk sampai Gardu Hubung (Ω)

$\% X_{1jar}$ = Reaktansi penyulang titik gangguan tertentu (Ω)



2.4.2 Perhitungan arus gangguan hubung singkat

Perhitungan arus gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar, impedansi ekivalen mana yang dimasukkan ke dalam rumus dasar tersebut adalah jenis gangguan hubung singkat 3 fasa.

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$I_{f3\phi} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq} / Z_{2eq}} \dots\dots\dots(2.9)^1$$

Keterangan :

$I_{f3\phi}$ = Arus gangguan hubung singkat 3 fasa (A)

V_{ph} = Tegangan fasa-netral sistem 20 kV = $\frac{20.000}{\sqrt{3}}$ (v)

Z_{1eq} / Z_{2eq} = Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif (Ω)

2.4.3 Penyetelan rele arus lebih

Untuk melakukan penyetelan rele arus lebih harus diketahui dahulu seberapa besar daya yang disalurkan trafo. Setelah itu didapatkan harga arus nominal, dimana arus nominal disini adalah :

$$I_n = \frac{S}{V_{ph}} \dots\dots\dots(2.10)^1$$

Keterangan :

I_n = Arus nominal (A)

S = Daya semu (VA)

V_{ph} = Tegangan fasa-netral sistem 20 kV = $\frac{20.000}{\sqrt{3}}$ (v)



2.4.3.1 Penyetelan arus

Rumus yang digunakan setelan arus untuk rele arus lebih adalah sebagai berikut :

$$I_{set} (pri) = 1.05 \times I_n \dots\dots\dots(2.11)^6$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat disetkan pada rele arus lebih, maka harus dihitung dengan menggunakan ratio trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi sekunder transformator tenaga adalah:

$$I_{set} (sek) = I_{set} (pri) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \dots\dots\dots(2.12)^6$$

2.4.3.2 Penyetelan *Time Multiple Setting* (TMS)

Setelan *time multiple setting* (TMS) pada rele arus lebih pada jaringan distribusi mempergunakan *standar invers*, yang dihitung mempergunakan rumus berikut :

$$TMS = \frac{t \left\{ \left[\frac{I_f}{I_s} \right]^{0.02} - 1 \right\}}{0.14} \dots\dots\dots(2.13)^6$$

Keterangan :

TMS = *Time Multiple Setting/Time dial*

If = Arus gangguan pada titik gangguan tertentu (A)

Is = Arus setting pada rele (A)

t = Waktu operasi (detik)



Karena pada penyulang Model dan *outgoing* Gardu Hubung Sekayu menggunakan rele jenis SEPAM, yang mana Sepam memiliki karakteristik yaitu adanya angka pengali 2.97. Maka rumus yang dipakai untuk mencari setelan *Time Multiple Setting* (TMS) standar invers adalah sebagai berikut :

$$TMS = \frac{t \left\{ \left[\frac{I_f}{I_s} \right]^{0.02} - 1 \right\} \times 2.97}{0.14} \dots\dots\dots(2.14)^7$$

Sedangkan untuk mengetahui waktu kerja rele terhadap besarnya arus gangguan di tiap titik gangguan adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{0.14 \times TMS}{\left\{ \left[\frac{I_f}{I_s} \right]^{0.02} - 1 \right\} \times 2.97} \dots\dots\dots(2.15)^7$$

Persyaratan lain yang harus dipenuhi adalah penyetelan waktu operasi rele arus lebih pada penyulang tidak lebih kecil dari 0,3 detik. Sedangkan untuk waktu operasi di Gardu Hubung harus lebih kecil dari waktu operasi yang digunakan pada penyulang yaitu 0.1 detik.

Selain itu, untuk melakukan penyetelan rele arus lebih diambil gangguan hubung singkat 3 fasa dilokasi 1% di depan Gardu Induk dan 1% di depan Gardu Hubung.

⁷ Schneider Electric. 1999. *Sepam range Metering and protection functions*