

STUDI ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT 1 FASA KE TANAH PADA SUTT 150 KV UNTUK SETTING RELAY OCR (APLIKASI GI PIP – PAUH LIMO)

Amira* Asnal Effendi**

Mahasiswa*, Dosen** Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang

Abstract

Short circuit was the common disturbance on a power system that increased the current flow causing damage any equipment without a proper protection system. This research was study 1-phase short circuit to ground at 10% until 100% transmission length disturbance point and calculate Over Current Relay (OCR) protection setting base on disturbance current occurred. The calculation performed using manual and Matlab software, case study on GI PIP – Pauh Limo, a 22.7 km transmission length. Base on calculation result, it was found that if the disturbance getting closer to the source (disturbance point 10% of transmission length), than disturbance current increased until 147.7758 A. While the disturbance getting away from the source (disturbance point 100%), than disturbance current decreased until 147.3853 A. As to protect the power transmission line from 1-phase short circuit to ground, the 0,65 s OCR setting time should be used at input and output transmission line.

Keywords: 1-phase short circuit to ground, OCR.

Abstrak

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang paling sering terjadi pada sistem tenaga listrik yang menyebabkan arus yang mengalir menjadi besar, sehingga dapat merusak peralatan bila tidak dilengkapi dengan sistem proteksi yang tepat. Penelitian ini membahas tentang arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik gangguan 10% sampai dengan 100% dari panjang saluran, dan menghitung setting proteksi Over Current Relay (OCR) berdasarkan arus gangguan yang terjadi. Perhitungan dilakukan secara manual dan menggunakan program Matlab, aplikasi GI PIP- Pauh Limo dengan panjang saluran 22,7 km. Dari hasil perhitungan diperoleh jika gangguan semakin dekat dengan sumber atau pada titik gangguan 10 %, maka arus gangguan akan semakin besar, 147,7758 A. Jika gangguan semakin jauh dari sumber atau pada titik gangguan 100 %, maka arus gangguan akan semakin kecil, 147,3853 A. Untuk memproteksi saluran transmisi tersebut terhadap arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, maka digunakan relay OCR, dengan settingan waktu relay 0,65 s pada sisi masukan dan keluaran.

Kata kunci :Hubung singkat 1 fasa ke tanah, OCR.

I. Pendahuluan

Saluran transmisi dari suatu sistem tenaga listrik harus mampu menjamin ketersediaan energi listrik secara kontiniu pada setiap beban yang terhubung pada sistem tersebut. Namun dalam aplikasi di lapangan penyaluran sistem tenaga listrik sering dihadapkan pada masalah gangguan yang timbul dalam sistem tenaga listrik itu sendiri. Gangguan pada peralatan ketenagalistrikan sudah menjadi bagian dari pengoperasian peralatan tenaga listrik. Mulai dari pembangkit, transmisi hingga pusat-pusat beban tidak pernah lepas dari berbagai macam gangguan. Namun bagian dari

peralatan sistem tenaga listrik yang sering mengalami gangguan adalah saluran transmisi. Hal ini disebabkan karena pada saluran transmisi memiliki kawat yang luas dan panjang yang terbentang dan beroperasi pada kondisi udara yang berbeda-beda, dimana pada umumnya yang lewat udara (diatas tanah) lebih rentan terhadap gangguan dari pada yang ditaruh dalam tanah (underground). Gangguan dalam sistem tenaga listrik merupakan keadaan yang tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan kerusakan atau mempengaruhi sistem.

Hubung singkat merupakan salah satu jenis gangguan yang sering terjadi pada suatu sistem tenaga listrik, baik itu hubung singkat antara kawat fasa ke tanah maupun hubung singkat antara kawat yang berbeda fasanya. Saat gangguan terjadi, arus yang mengalir pada saluran transmisi yang menuju pusat gangguan sangat besar, sehingga akan mempengaruhi kestabilan dari keseluruhan sistem, untuk itu peralatan proteksi diharapkan mampu mendeteksi dan kemudian mengisolasi rangkaian yang mengalami gangguan terhadap rangkaian yang masih normal. Apabila hubung singkat yang terjadi dibiarkan terus akan dapat menyebabkan kebakaran dan kerusakan sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Gangguan hubung singkat akan menimbulkan arus hubung singkat yang cukup besar, karenanya diperlukan suatu analisis terhadap parameter-parameter yang berlaku pada sistem tenaga listrik jika gangguan hubung singkat tersebut terjadi, dan diperlukan suatu simulasi dengan menggunakan Matlab untuk meneliti perubahan arus selama terjadinya gangguan hubung singkat.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Studi Literatur

Cekmas Cekdin, penerbit Andi Jogyakarta yang berjudul Sistem Tenaga Listrik, yang berisikan tentang aplikasi penyelesaian sederhana gangguan hubung singkat menggunakan software Matlab. Daman Suswanto, dalam jurnal yang berjudul analisis gangguan pada jaringan distribusi, yang menjelaskan tentang jenis, akibat, serta analisa gangguan yang terjadi pada sistem distribusi listrik. Franky Dwi Setyaatmoko, dalam jurnal yang berjudul studi arus gangguan hubung singkat pada jaringan transmisi 150 kV di Sulawesi Selatan, yang bertujuan untuk meneliti perubahan arus dan tegangan selama terjadinya gangguan hubung singkat dengan impedansi maupun tanpa impedansi gangguan.

2.2 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat juga terjadi akibat adanya isolasi yang tembus

atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar (akibat sambaran petir).



Gambar 1. Saluran Transmisi

Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung dengan lama pada suatu sistem daya, banyak pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan yang dapat terjadi (Stevenson, 1982: 317) :

- a. Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk sistem daya.
- b. Rusaknya perlengkapan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus tak seimbang, atau tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.
- c. Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya suatu hubung singkat, dan yang mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan – peralatan yang lain.
- d. Terpecah-pecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem – sistem pengamanan yang berbeda – beda; kejadian ini dikenal sebagai “*cascading*”.

Klasifikasi gangguan :

A. Jenis gangguan berdasarkan lamanya gangguan

1. Gangguan permanen

Gangguan yang bersifat permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki atau karena ada

sesuatu yang mengganggu secara permanen. Contoh gangguan ini yaitu adanya kawat yang putus, terjadinya gangguan hubung singkat, belitan trafo, tembus isolasi.

2. Gangguan temporer

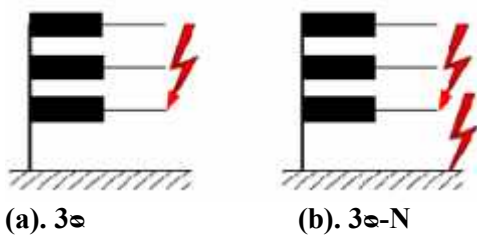
Merupakan gangguan yang terjadi dalam waktu yang singkat saja dimana kemudian sistem kembali dalam keadaan normal.

B. Dari kesimetrisan atau keseimbangan

1. Simetri atau seimbang

Gangguan ini terdiri dari :

- a. Tiga fasa (3ϕ)
- b. Tiga fasa ke tanah ($3\phi - N$)

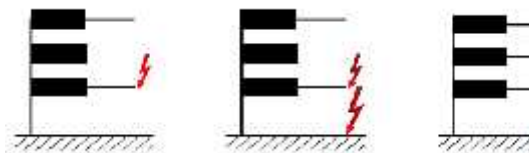


Gambar 2. Gangguan hubung singkat simetri.

2. Tidak simetri atau tidak seimbang

Gangguan ini terdiri dari :

- a. Antar fasa (2ϕ)
- b. Dua fasa ke tanah ($2\phi - N$)
- c. Satu fasa ke tanah ($1\phi - N$)



Gambar 3. Gangguan hubung singkat tidak simetri.

2.3 Komponen Simetris

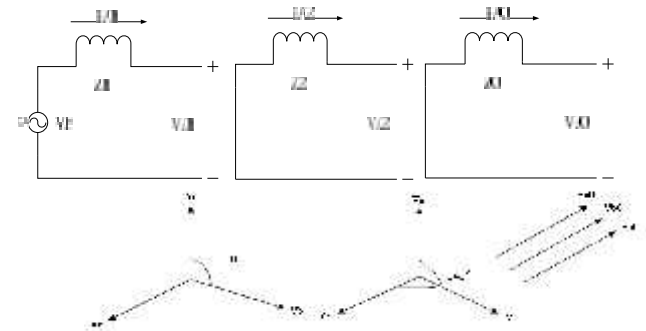
Menurut teorema Fortescue, tiga fasor tak seimbang dari sistem tiga fasa dapat diuraikan menjadi tiga sistem fasor yang seimbang. Himpunan seimbang komponen itu adalah (Stevenson, 1982: 260):

- a. Komponen urutan positif, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lainnya dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai

urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya.

- b. Komponen urutan negatif, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lainnya dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan fasor aslinya.
- c. Komponen urutan nol, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan dengan pergeseran fasa nol antara fasor yang satu dengan yang lain.

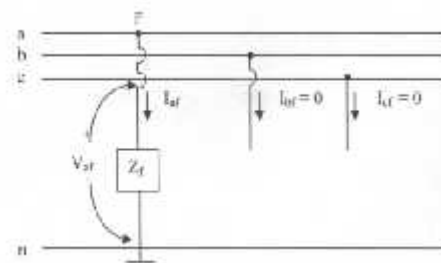
Tujuan lain adalah untuk memperlihatkan bahwa setiap fasa dari sistem tiga fasa tak seimbang dapat dipecah menjadi tiga set komponen, sebagai berikut :



Gambar 4. Komponen - komponen Simetris

2.4 Gangguan Hubung Singkat 1 fasa ke Tanah

Untuk gangguan ini dianggap fasa *a* mengalami gangguan. Gangguan ini dapat digambarkan pada gambar di bawah:



Gambar 5. Gangguan nuong singkat satu fasa ke tanah

$I_b = I_c = 0$

$$I_f = \frac{V_{L-N}}{Z_G}$$

Dimana

$$Z_G = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_0}{3} \quad (2.1)$$

Maka arus agar gangguan 1 fasa ke tanah :

$$I_f = \frac{3 V_{L-N}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (2.2)$$

V_{L-N} = Tegangan satu fasa ke tanah

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

2.5 Saluran Transmisi

Klasifikasi saluran transmisi berdasarkan panjang saluran :

1. Saluran pendek (< 80 km)
2. Saluran menengah (80 – 250 km)
3. Saluran panjang (> 250 km)

Pada saluran pendek, arus kirim I_s sama dengan arus terima I_R . Maka tegangan kirim V_s menjadi :

$$V_s = V_R + I_s \cdot Z_{saluran} \quad (2.3)$$

Pada saluran transmisi GI PIP- Pauh Limo saluran pendek yaitu panjang saluran < 80 km, dimana panjang saluran dari GI PIP – GI Pauh Limo sebesar 22,7 km.

Bus 150 kV yang terlihat pada gambar di atas adalah bus yang dipasok dari GI PIP, maka dari itu diperlukan arus hubung singkat di sisi 150 kV. Adapun perhitungan arus hubung singkat pada sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung besar impedansi sumber.
- b. Perhitungan reaktansi trafo tenaga
- c. Perhitungan impedansi saluran per 10%, 20% sampai 100% panjang saluran 22,7 km.

Untuk menghitung impedansi sumber, adalah :

$$Z_s = \frac{KV^2}{MV} \quad (2.4)$$

Untuk menghitung impedansi trafo Z_{T1} , adalah :

$$Z_{T1} = \frac{KV^2}{MV} \times \text{reaktansi} \quad (2.5)$$

Untuk menghitung impedansi Z_{0eq} ini dimisalkan transformator yang terpasang mempunyai hubungan yyd yang mempunyai nilai $X_{T0} = 3 \cdot R_N$, sehingga :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{T1} + Z_{1 \text{ penyulang}} \quad (2.6)$$

$$Z_{0eq} = Z_{T0} + 3 \cdot R_N + Z_0 \quad (2.7)$$

2.6 Relay Proteksi

Suatu sistem tenaga listrik tidak akan selamanya dapat berjalan ideal, karena dalam kenyataannya dapat terjadi suatu kondisi abnormal. Kondisi tersebut dapat membahayakan sistem secara keseluruhan, sehingga diperlukan adanya sistem proteksi yang dapat meminimalisasi efek dari kondisi abnormal tersebut. Fungsi dari sistem proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih normal serta sekaligus mengamankan bagian yang masih normal tersebut dari kerusakan yang lebih besar.

Berikut ini adalah klasifikasi relay berdasarkan fungsi atau kegunaannya :

1. *Overcurrent Relay*, Relay yang bekerja apabila arus yang terdeteksi oleh relay melebihi setelan nilai ambang batas arusnya.

$$PSM = \frac{I_f}{I_p} \quad (2.8)$$

$$I \text{ set primer} = I_p = 1,2 \times I_{\text{nominal}} \quad (2.9)$$

$$I \text{ set sekunder} = I_p \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \quad (2.10)$$

Dimana I_f = Arus gangguan hubung singkat

I_p = Arus primer relay beroperasi

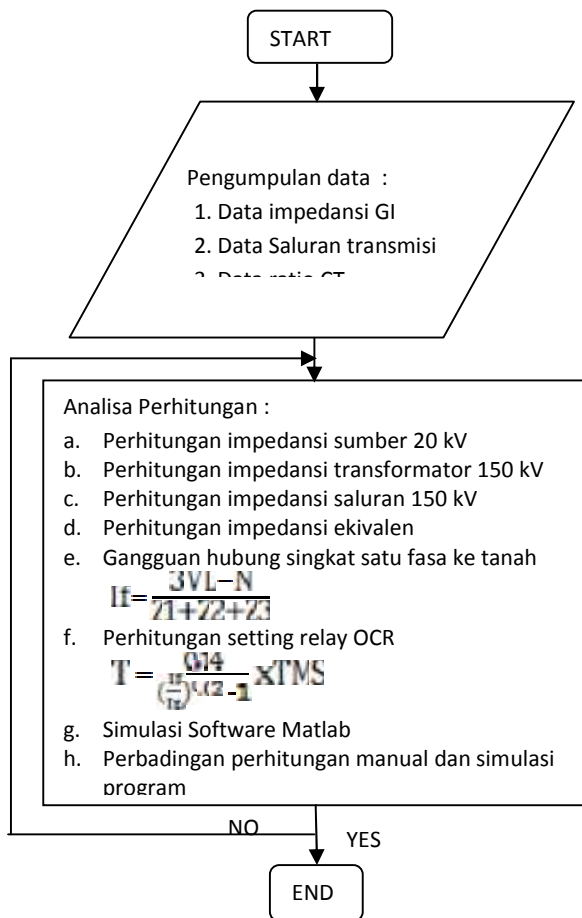
Maka persamaan karakteristik relay OCR :

$$T = \frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_p}\right)^{0,02} - 1} \times TMS \quad (2.11)$$

2. *Differential Relay*, Relay yang dirancang untuk mendeteksi perbedaan antara arus yang masuk dalam daerah atau zona yang diproteksinya dengan arus yang keluar.

3. *Directional Relay*, Relay yang dirancang untuk mengidentifikasi perbedaan fasa antara arus yang satu dengan yang lain atau perbedaan fasa antar tegangan.
4. *Distance Relay*, Relay ini bisa digunakan untuk proteksi pada saluran transmisi karena relay jarak dapat mengukur impedansi untuk mencapai titik tertentu.

3. Metodologi Penelitian



4. Analisa dan Pembahasan

4.1 Perhitungan

Perhitungan ini dimulai dari perhitungan nilai impedansi sumber, impedansi trafo, impedansi saluran transmisi, nilai impedansi ekivalen, dan nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah untuk setiap titik dimulai dari titik 10 %, 20 % sampai dengan titik 100 % dari panjang saluran.

4.1.1 Perhitungan Nilai Arus Sebelum Terjadinya Gangguan

Panjang saluran pada transmisi GI PIP – Pauh Limo adalah 22,7 km, termasuk saluran pendek yaitu < 80 km. Dimana perhitungan nilai arus dan tegangan sebelum terjadi gangguan adalah sebagai berikut:

Trafo 30 MVA, 150 kV, maka nilai daya adalah :

$$\begin{aligned}
 P &= S \times \cos \theta \\
 &= 30 \times 10^6 \times 0,85 \\
 &= 25,5 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Maka arus yang mengalir pada saluran transmisi adalah :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{P}{\sqrt{3} \times V_R \times \cos \theta} \\
 &= \frac{25,5 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 150 \times 10^3 \times 0,85} \\
 &= 115,47 \text{ A}
 \end{aligned}$$

dan nilai impedansi saluran dengan panjang 22,7 km adalah :

$$Z = (0,012 + j 0,040) \times 22,7 = 0,2724 + j 0,908$$

Sehingga nilai tegangan pada saluran ini adalah

$$V_S = V_R + I \cdot Z_{\text{saluran}}$$

$$= \frac{150 \times 10^3}{\sqrt{3}} + 115,47 \times (0,2724 + j 0,908)$$

Untuk nilai tegangan terima yang mengalir pada saluran adalah tegangan 3 fasa, dikali akar 3, seperti berikut :

$$V_{s,LL} = 86,7 \text{ kV} \times \sqrt{3} = 150,15 \text{ kV}$$

4.1.2 Perhitungan Nilai Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah

4.1.2.1 Pada Titik Gangguan 10 %

1. Nilai impedansi sumber (Z_s)
Bus 20 kV, dasar 30 MVA pada Gardu Induk PIP30 MVA, maka perhitungan Z dasar, sebagai berikut :

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{kV^2}{MVA} = \frac{20^2}{30} = 13,333$$

$$Z_{1s} = Z_{2s} = \frac{150^2}{20^2} \times 13,333 \angle 31,79^\circ$$

$$= 750 \angle 31,79^\circ = 637,488 + j 395,105$$

2. Nilai impedansi trafo (X_T), dengan nilai reaktansi sebesar 12,4 %, menggunakan persamaan (2.23).

$$X_{T1} = X_{T2} = 12,4 \% \times \frac{150^2}{30} = j93$$

3. Nilai impedansi saluran transmisi Titik gangguan 10 %, maka panjang saluran = $\frac{10}{100} \times 22,7 \text{ km} = 2,27 \text{ km}$

$$Z_1 = Z_2 = (0,012 + j 0,040) / \text{km} \times 2,27 \text{ km}$$

$$= 0,02724 + j 0,0908$$

$$Z_0 = (0,063 + j 0,181) / \text{km} \times 2,27 \text{ km}$$

$$= 0,14301 + j 0,41087$$

4. Nilai impedansi ekivalen, menggunakan persamaan (2.24) dan (2.25)

$$Z_1 \text{ eq} = Z_2 \text{ eq} = Z_s + Z_T + Z_1 \text{ saluran}$$

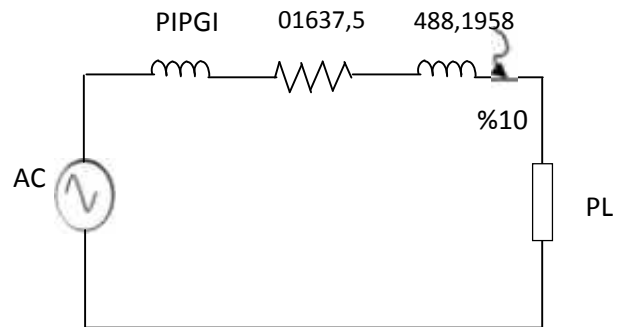
$$= 637,488 + j 395,105 + j 93 + 0,02724 + j 0,0908$$

$$= 637,51524 + j 488,1958$$

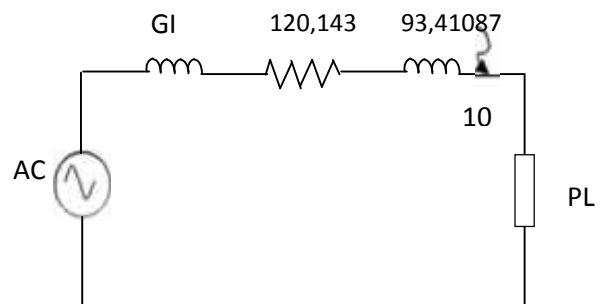
$$Z_0 \text{ eq} = (3 \times R_n) + X_T + Z_0 \text{ saluran}$$

$$= (3 \times 40) + j 93 + 0,14301 + j 0,41087$$

$$= 120,14301 + j 93,41087$$



Gambar 6. Rangkaian Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif pada titik gangguan 10 %



Gambar 7. Rangkaian Impedansi ekivalen urutan nol pada titik gangguan 10 %

5. Nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, menggunakan persamaan (2.12).

$$V_{LN} = \frac{V_{3\Phi}}{\sqrt{3}} = \frac{150.000}{\sqrt{3}} = 86.602,54038$$

$$V = 86,6 \text{ kV}$$

$$I_f = \frac{3 \times V_{LN}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$= \frac{259807,6211}{1395,17349 + j1069,80247}$$

$$= 147,7758 \text{ A}$$

4.1.2.2 Pada Titik Gangguan 100 %

1. Nilai impedansi sumber (Z_s)

Perhitungan impedansi sumber (Z_s) sama dengan sebelumnya, yaitu :

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{kV^2}{MVA} = \frac{20^2}{30} = 13,333$$

$$Z_{1s} = Z_{2s} = \frac{150^2}{20^2} \times 13,333 \angle 31,79^0$$

$$= 750 \angle 31,79^0 = 637,488 + j 395,105$$

2. Nilai impedansi trafo (X_T), dengan nilai reaktansi sebesar 12,4 %

$$X_{T1} = X_{T2} = 12,4 \% \times \frac{150^2}{30} = j93$$

3. Nilai impedansi saluran transmisi
Titik gangguan 100 %, maka panjang saluran = $\frac{100}{100} \times 22,7 \text{ km} = 22,7 \text{ km}$

$$Z_1 = Z_2 = (0,012 + j 0,040) / \text{km} \times 22,7 \text{ km} = 0,2724 + j 0,908$$

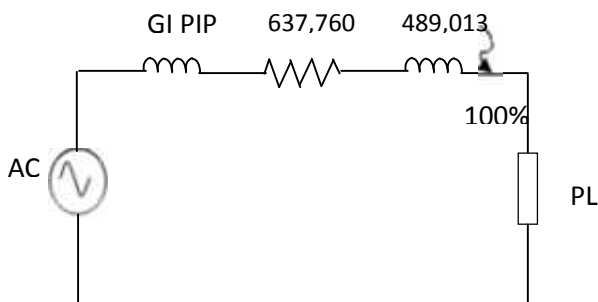
$$Z_0 = (0,063 + j 0,181) / \text{km} \times 22,7 \text{ km} = 1,4301 + j 4,1087$$

4. Nilai impedansi ekivalen
 $Z_1 \text{ eq} = Z_2 \text{ eq} = Z_s + Z_T + Z_1 \text{ saluran}$
 $= 637,488 + j 395,105 + j 93 + 0,2724 + j 0,908$
 $= 637,7604 + j 489,013$

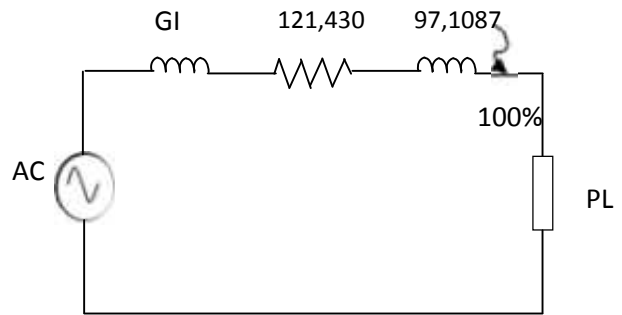
$$Z_0 \text{ eq} = (3 \times R_n) + X_T + Z_0 \text{ saluran}$$

$$= (3 \times 40) + j 93 + 1,4301 + j 4,1087$$

$$= 121,4301 + j 97,1087$$



Gambar 8. Rangkaian Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif pada titik gangguan 100 %

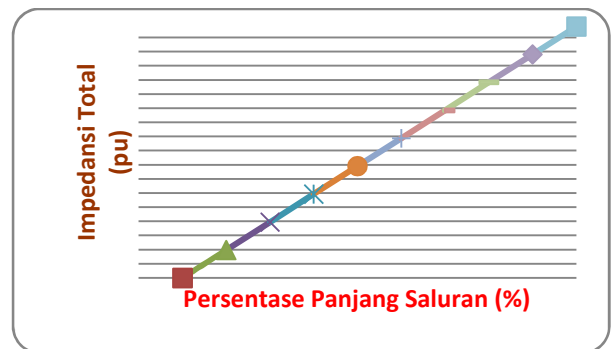


Gambar 9. Rangkaian Impedansi ekivalen urutan nol pada titik gangguan 100 %

5. Nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

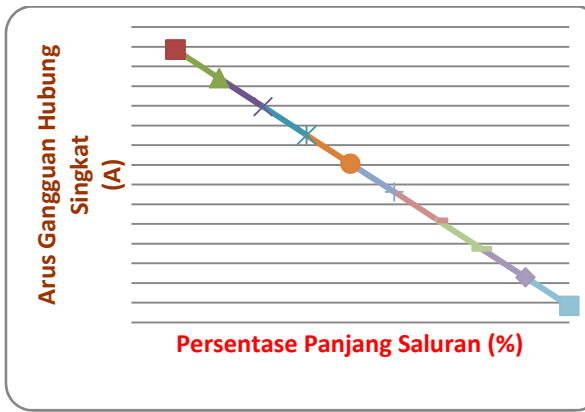
$$V_{LN} = \frac{V_{3\Phi}}{\sqrt{3}} = \frac{150.000}{\sqrt{3}} = 86.602,54038 \text{ V}$$

$$I_f = \frac{3 \times V_{LN}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = 147,3853 \text{ A}$$



Gambar 10. Grafik perbandingan persentase panjang saluran terhadap impedansi total

Dari grafik 10 di atas terlihat bahwa pada titik gangguan dekat dari sumber yaitu 10 % dari panjang saluran, nilai impedansi total (Z_G) sebesar 1395,17349. Pada titik paling jauh dari sumber yaitu 100 % dari panjang saluran, nilai impedansi total (Z_G) sebesar 1369,9509. Terlihat bahwa antara persentase panjang saluran berbanding lurus dengan nilai impedansi total (Z_G), semakin besar nilai persentase dari panjang saluran, maka nilai impedansi totalnya (Z_G) juga akan semakin besar.



Gambar 11. Grafik perbandingan persentase panjang saluran terhadap arus gangguan 1 fasa ke tanah

Dari grafik 11 di atas terlihat bahwa pada titik gangguan dekat dari sumber yaitu 10 % dari panjang saluran, nilai arus gangguan hubung singkat (I_f) sebesar 147,7758 A. Pada titik paling jauh dari sumber yaitu 100 % dari panjang saluran, nilai arus gangguan hubung singkat (I_f) sebesar 147,3853 A. Terlihat pada grafik bahwa antara persentase panjang saluran berbanding terbalik dengan nilai arus gangguan hubung singkat (I_f), semakin besar nilai persentase dari panjang saluran, maka nilai arus gangguan hubung singkat (I_f) akan semakin kecil.

4.1.3 Perhitungan Setelan Relay Arus lebih (OCR)

4.1.3.1 Sisi Masukan (GI PIP – Pauh Limo)

Untuk melakukan *setting* Relay pada sisi masukan digunakan nilai arus gangguan terbesar saluran. Nilai arus gangguan terbesar adalah pada titik gangguan 10% dengan panjang saluran 2,27 km, yaitu nilai arus gangguan 1 fasa yaitu 147,7758A.

$$\begin{aligned} I_{\text{set primer}} &= 1,2 \times I_{\text{Nominal}} \\ &= 1,2 \times 577,35026 \text{ A} \\ &= 692,820312 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set sekunder}} &= I_{\text{set primer}} \times \frac{1}{\text{RasioCT}} \\ &= 692,820312 \times \frac{5}{300} \end{aligned}$$

$$= 11,547 \text{ A}$$

Setting Waktu

$$T_{ms} = \frac{(0,25 + 0,4) \times \left[\left[\frac{I_f}{I_{\text{set primer}}} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$T_{ms} = -0,141278$$

$$t = \frac{T_{ms} \times 0,14}{\left[\left(\frac{I_{f \text{ 3 fase}}}{I_{\text{SET PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 0,65 \text{ s}$$

4.1.3.2 Sisi Keluaran (Pauh Limo-PIP)

Untuk melakukan *setting* Relay pada sisi keluaran digunakan nilai arus Gangguan terbesar saluran. Nilai arus gangguan terbesar adalah pada titik gangguan 10% dengan panjang saluran 2,27 km, yaitu nilai arus gangguan 1 fasa yaitu 147,7758A.

$$\begin{aligned} I_{\text{set primer}} &= 1,2 \times I_{\text{Nominal}} \\ &= 1,2 \times 577,35026 \text{ A} \\ &= 692,820312 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set sekunder}} &= I_{\text{set primer}} \times \frac{1}{\text{RasioCT}} \\ &= 692,820312 \times \frac{5}{800} = 4,33 \text{ A} \end{aligned}$$

Setting Waktu

$$T_{ms} = \frac{(0,25 + 0,4) \times \left[\left[\frac{I_f}{I_{\text{set primer}}} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$T_{ms} = -0,141278$$

$$t = \frac{T_{ms} \times 0,14}{\left[\left(\frac{I_{f \text{ 3 fase}}}{I_{\text{SET PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 0,65 \text{ secon}$$

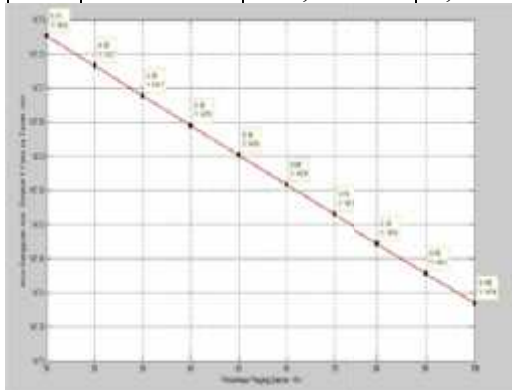
Tabel 1. Setingan rele sisi masukan dan keluaran berdasarkan panjang gangguan dan besar arus hubung singkat 1 fasa.

No.	% Panjang	Panjang saluran (km)	Arus If (A)	T Kerja (s)
1.	10	2,27	147,7758	0,65
2.	20	4,54	147,7323	0,65
3.	30	6,81	147,6889	0,65
4.	40	9,08	147,6454	0,65
5.	50	11,35	147,6020	0,65
6.	60	13,62	147,5587	0,65
7.	70	15,89	147,5153	0,65
8.	80	18,16	147,4719	0,65
9.	90	20,43	147,4286	0,65
10.	100	22,7	147,3853	0,65

4.2 Hasil Grafik Dari Simulasi Program

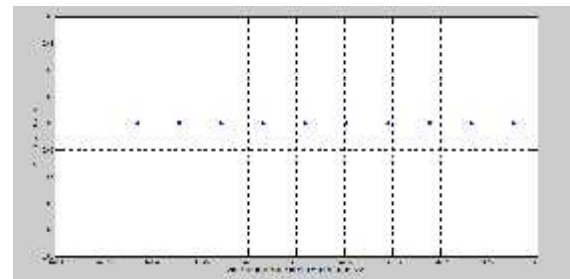
Tabel 4.2. Hasil simulasi program Matlab

No.	Titik Gangguan	Arus Gangguan (If)	Waktu Kerja Relay (s)
1.	10 %	147,7757	0,65
2.	20%	147,7322	0,65
3.	30%	147,6888	0,65
4.	40%	147,6453	0,65
5.	50%	147,6019	0,65
6.	60%	147,5586	0,65
7.	70%	147,5152	0,65
8.	80%	147,4718	0,65
9.	90%	147,4285	0,65
10.	100%	147,3852	0,65



Gambar 12. Grafik perbandingan arus gangguan 1 fasa ke tanah terhadap persentase panjang saluran (simulasi Matlab)

Dari grafik 12 diatas terlihat bahwa, titik gangguan semakin mendekati sumber atau semakin kecil persentase panjang saluran yaitu pada titik gangguan 10 %, maka arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah (If) akan semakin besar, yaitu 147,7757 A. Sedangkan titik gangguan semakin menjauhi sumber atau semakin besar persentase panjang saluran yaitu pada titik gangguan 100 %, maka arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah semakin kecil, yaitu sebesar 147,3852 A.



Gambar 13. Grafik perbandingan arus gangguan 1 fasa ke tanah dengan setting relay OCR (Simulasi Matlab)

Dari gambar 13 diatas terlihat bahwa setting waktu relay OCR sama untuk semua besarnya arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah. Dimana sepanjang saluran transmisi tersebut, berapapun besarnya arus gangguan setting waktu relay OCR sama pada sisi masukan dan keluaran.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan manual dan program

% Pjg	Perhitung an Manual	Simulasi Program	Selisih
	Arus Gangguan (Ampere)	Arus Gangguan (Ampere)	Arus If (Ampere)
10	147,7758	147,7757	0.0001
20	147,7323	147,7322	0.0001
30	147,6889	147,6888	0.0001
40	147,6454	147,6453	0.0001

50	147,6020	147,6019	0.0001
60	147,5587	147,5586	0.0001
70	147,5153	147,5152	0.0001
80	147,4719	147,4718	0.0001
90	147,4286	147,4285	0.0001
100	147,3853	147,3852	0.0001

4.3. Pembahasan

Dari penelitian yang dilakukan, untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (I_f) yang terjadi pada SUTT 150 kV di GI PIP- Pauh Limo, yang dilakukan adalah membuat rangkaian ekuivalen dari saluran yang dimaksud. Dari perhitungan diperoleh hasil, pada titik gangguan 10 % dari panjang saluran, besarnya arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 147,7758 A. Sedangkan untuk titik gangguan 100 % dari panjang saluran, besarnya arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 147,3853 A. Hal ini disebabkan karena impedansi saluran akan semakin besar, sehingga arus akan semakin kecil, dimana nilai impedansi Z berbanding terbalik dengan nilai arus I . Untuk setiap titik gangguan mulai dari 10% sampai 100%, arus setting relay OCR yaitu 0,65 s, baik untuk sisi masukan maupun sisi keluaran. Perhitungan nilai arus gangguan hubung singkat dan nilai setting relay OCR juga dilakukan dengan simulasi program Matlab. Dari perhitungan manual dan program melalui software Matlab, diperoleh perbedaan hasil sekitar $\pm 0,0001$ A untuk perhitungan arus gangguan hubung singkat. Namun perbedaan ini masih dapat diabaikan karena masih dalam toleransi 5 %.

5. Penutup

Dari sudi analisa gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dalam penelitian Tugas Akhir ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin dekat gangguan dengan sumber atau pada titik gangguan 10 % dari panjang saluran, 2,27 km, maka arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah akan semakin besar, yaitu 147,7748 A.

2. Semakin jauh gangguan dengan sumber atau pada titik gangguan 100 % dari panjang saluran, 22,7 km, maka arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah akan semakin kecil, yaitu 147,3853 A.
3. Untuk memproteksi saluran transmisi tersebut terhadap arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah yang terjadi, maka digunakan relay OCR, dengan setting waktu relay 0,65 s pada sisi masukan dan keluaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cekmas Cekdin, (2006). *Sistem Tenaga Listrik*. Palembang : Penerbit Andi Yogyakarta.
- [2] Daman Suswanto. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.
- [4] Franky Dwi Setyaatmoko. *Studi Arus Gangguan Hubung Singkat Menggunakan Permodelan ATP/EMTP Pada Jaringan Transmisi 150 kV di Sulawesi Selatan*. Surabaya : Jurnal TA Institut Teknologi Sepuluh November.
- [5] Prof. Ir. T.S. Hutauruk, M. Sc, (1993). *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta : Penerbit Erlangga.