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

Dasman
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Padang
e-mail: dasmanitp@gmail.com

ABSTRACT

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%), then 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

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

1. 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. Adapun gangguan hubungan singkat sering terjadi menurut Gonen (1986:547) adalah gangguan 1 fasa ke tanah, rata-rata sekitar 70 %.

2. LANDASAN TEORI

Dalam studi analisis hubung singkat pada jaringan SUTT 150 kV di GI PIP – GI Pauh Limo, diperlukan data-data yang akurat dan lengkap dari PT. PLN (Persero) sebagai gambaran untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Berdasarkan data-data tersebut dibuatkan sistem permodelan matematis dengan menggunakan software Matlab untukmeneliti perubahan arus selama terjadinya gangguanhubung singkat.

Gangguan yang paling berbahaya dan sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan hubung singkat, karena gangguan ini dapat mengakibatkan rusaknya peralatan, seperti misalnya: kumparan generator, transformator serta peralatan listrik lainnya.

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.

Jubilater Simajuntak, Tahun 2009, dalam jurnalnya yang berjudul studi analisa gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah akibat sambaran petir pada saluran transmisi, yang menjelaskan tentang tegangan tinggi di saluran transmisi akibat sambaran petir karena flashover dari satu saluran saja ke menara dan tanah.

Denny Hermawanto dan Imam Robandi, dalam jurnalnya yang berjudul deteksi hubung singkat pada saluran transmisi menggunakan artificial immune system (AIS), yang menjelaskan tentang cara mendeteksi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi berdasarkan data pengukuran tegangan dan arus, faktor resistansi gangguan.

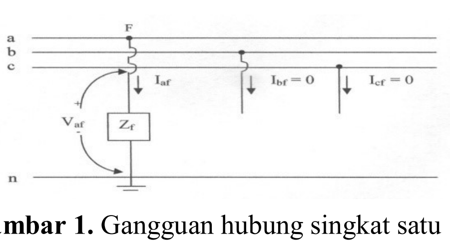
Rahmat Hidayatullah, dalam jurnalnya yang berjudul analisa gangguan hubung singkat pada jaringan SUTT 150 kV Kebasen-Balapulang-Bumiayu menggunakan program ETAP, yang menjelaskan tentang gangguan hubung singkat pada SUTT 150 kV dan membandingkan antara analisa perhitungan dan pemograman berdasarkan karakteristik arus dan tegangannya.

Asep Parli, dalam jurnalnya yang berjudul identifikasi jenis dan lokasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi berbasis wafelet, yang menjelaskan tentang identifikasi gangguan berdasarkan transformasi wafelet yang menggunakan komponen frekuensi daya dan sinyal gangguan transien.

Yudhi Verdian, dalam jurnalnya yang berjudul studi simulasi hubung singkat pada saluran transmisi dengan menggunakan ATP untuk aplikasi relay pilot differensial, yang menjelaskan tentang simulasi perhitungan arus gangguan/transien pada saluran transmisi untuk setting relay differensial sebagai proteksi sistem tenaga listrik.

2.1. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

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



Gambar 1. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Ib=Ic=0

$$If = \frac{VL-N}{ZG}$$

Keterangan:

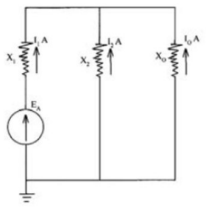
$$ZG = \frac{Z1+Z2+Z0}{3} \quad \text{………………………………(1)}$$

Maka arus agangguan 1 fasa ke tanah:

$$I_f = \frac{3\,VL-N}{Z1+Z2+Z0} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

$V_{L\text{-}N}$ = 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

Pada arus dapat digambarkan dengan rangkaian equivalen sebagaiberikut:

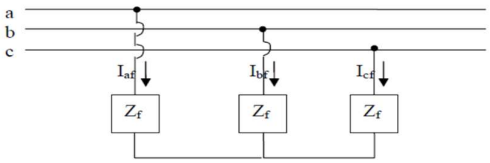


Gambar 2. Rangkaian ekivalen gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

2.2. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Kondisi saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa (TuranGonen, 1986: 284):

Ia + Ib + Ic = 0
Va = Vb = Vc



Gambar 3. Gangguan hubung singkat tiga fasa

Arus urutan 0-1-2 dengan impedansi urutan fasanya Z_0, Z_1, dan Z_2, maka arus urutannya adalah :

$I_{a0} = 0$

$$Ia1 = \frac{Vo}{Z1+Zf2+\frac{(Z2+Zf2)(Zf1-Zf2)3}{(Z2+Zf2)+(Zf1-Zf2)3}} \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

Dengan menggunakan prinsip pembagi arus, maka :

$$Ia2 = \frac{Vo(Zf1-Zf2\ /3}{Z2+Zf2+(Zf1-Z\ \ /3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

Arus gangguan yang terjadi pada fasa a, b, dan c :

$I_{af} = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}$
$I_{bf} = I_{a0} + a^2I_{a1} + aI_{a2}$
$I_{cf} = I_{a0} + aI_{a1} + a^2I_{a2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$

Tegangan urutan fasa saat gangguan adalah :

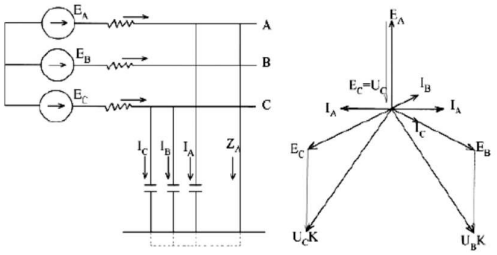
$V_{a0} = -I_{a0}Z_0$
$V_{a1} = V_0 - I_{a1}Z_1$
$V_{a2} = -I_{a2}Z_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$

Tegangan fasa a, b, dan c menjadi :

$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2}$
$V_b = V_{a0} + a^2V_{a1} + aV_{a2}$
$V_c = V_{a0} + aV_{a1} + a^2V_{a2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(7)$

Tegangan antar fasa dapat ditulis menjadi :

$V_{ab} = V_{af} - V_{bf}$
$V_{bc} = V_{bf} - V_{cf}$
$V_{ca} = V_{cf} - V_{af} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(8)$



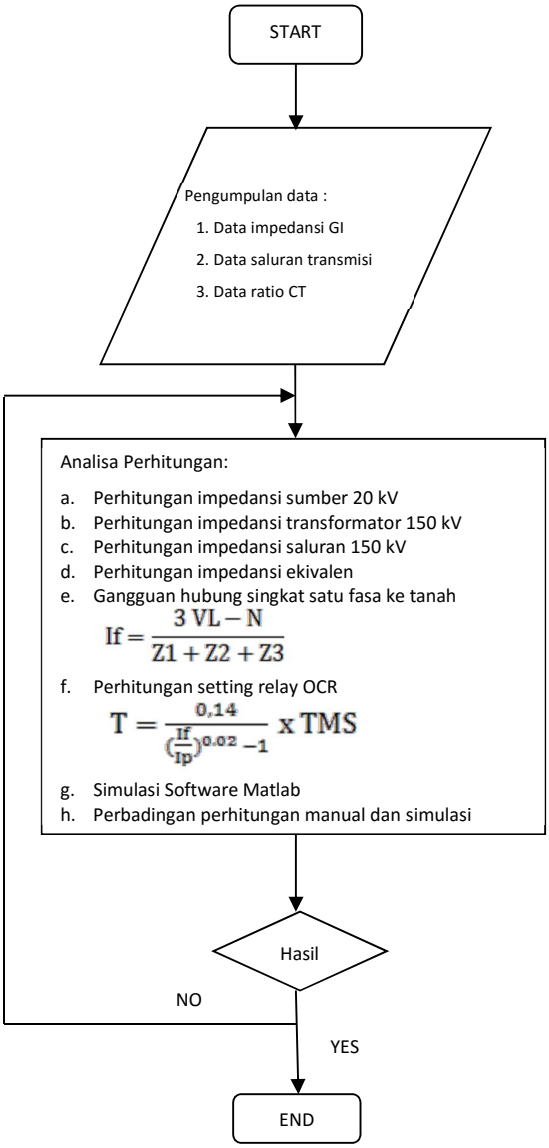
Gambar 4. Ganguan hubung singkat tiga fasa

3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dan setting relay OCR pada saluran transmisi di GI PIP- Pauh Limo, penelitian dilakukan dengan mengambil data langsung dari lapangan dan dilakukan perhitungan menggunakan teori-teori yang ada. Lokasi penelitian adalah saluran transmisi di GI PIP- Pauh Limo, dengan panjang saluran 22,7 km. Data – data yang dibutuhkan antara lain:

1. Data Trafo dan impedansi by line di GI PIP
2. Data impedansi transmisi pada urutan positif, negatif, dan nol di GI PIP – Pauh Limo
3. Single line diagram GI PIP dan UPT Padang

4. Data setting Relay OCR yang digunakan



Gambar 5. Blok diagram penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data trafo penyaluran pada gardu induk PIP dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel. 1. Tabel data trafo penyaluran

1.	Merk	: PAUWELS
2.	Phasa	: 3
3.	Tegangan	: 150 kV, 30 MVA
4.	Frekuensi	: 50 Hz
5.	Instalasi	: Dalam Ruangan
6.	System Pendingin	: ONAN/ONAF
7.	Hubungan	: Bintang
8.	Vektor Group	: YN yn0 +d
9.	Impedansi	: 12,4%
10.	Rasio tegangan	: 20/150 kV
11.	Tahanan Dala (Rn): 40 Ohm	

Tabel 2. Tabel saluran transmisi GI PIP – Pauh Limo

Data Saluran	Panjang Saluran	Z1 (pu/km)		Z2 (pu/km)		Zo (pu/km)	
		R	jX	R	jX	R	jX
GI PIP-Pauh Limo	22,7 km	0,012	0,040	0,012	0,040	0,063	0,181

Tabel 3. Tabel data relay OCR

No.	Data Relay yang digunakan	Ratio CT	T awal
1.	Sisi Masukan	300 /5	0,25 secon
2.	Sisi Keluaran	800/5	0,25 secon

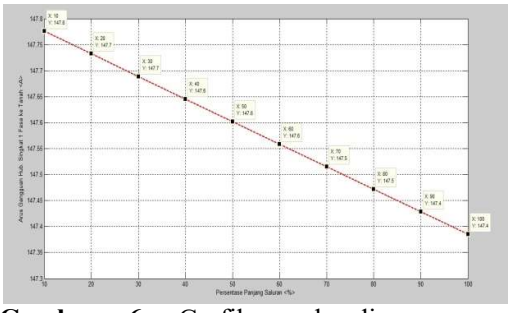
Perhitungan dilakukan bukan secara manual saja, tetapi juga dilakukan dengan simulasi program Matlab. Dari hasil execute program, maka diperoleh hasil pada tabel 4.

Tabel. 4. Hasil simulasi program Matlab

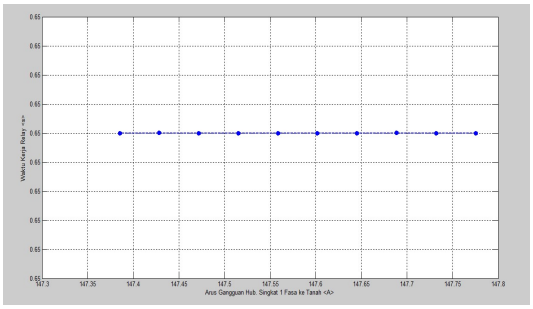
No.	Titik Gangguan	Arus Gangguan (If)	Waktu Kerja Relay (s)
1.	10 %	147,7757	0,65
2.	20%	147,7322	0,65
3.	30%	147,6888	0,65
4.	40%	147,6453	0,65
5.	50%	147,6019	0,65
6.	60%	147,5586	0,65
7.	70%	147,5152	0,65
8.	80%	147,4718	0,65
9.	90%	147,4285	0,65
10.	100%	147,3852	0,65

Dari gambar 6 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 ganggan 100 %, maka arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah semakin kecil, yaitu sebesar 147,3852 A. Hal ini ini disebabkan pengaruh besarnya impedansi total (Z_G), dimana semakin menjauhi sumber atau semakin besar persentase panjang saluran maka besarnya impedansi total (Z_G) juga akan semakin besar, sehingga arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah (I_f) akan semakin kecil. Karena besarnya arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah (I_f) berbanding terbalik dengan besarnya nilai impedansi totalnya (Z_G).



Gambar 6. Grafik perbandingan arus gangguan 1 fasa ke tanah terhadap persentase panjang saluran



Gambar 7. Grafik perbandingan arus gangguan 1 fasa ke tanah dengan setting relay OCR

Dari gambar 7 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. Untuk besarnya arus gangguan 147,7757 A pada titik gangguan 10 %, setting waktu relay OCR sebesar 0,65 s. Begitu juga untuk besarnya arus gangguan 147,3852 A pada titik gangguan 100 %, setting waktu relay OCR tetap 0,65 s.

Untuk melihat perbedaan hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi program Matlab, maka dibuatkanlah tabel 4.5 berikut. Dari tabel 4.5 diatas terlihat bahwa arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah (I_f) yang terjadi pada setiap titik gangguan mulai dari 10 %, 20 % sampai 100% dari panjang saluran terdapat selisih 0.0001 antara perhitungan manual dan simulasi Matlab. Perbedaan ini masih dapat diabaikan karena masih dalam toleransi nilai (± 5 %).

Pada tabel 4.5 diatas juga menunjukkan dengan nilai arus gangguan tersebut, maka relay OCR di set pada waktu 0,65 detik. Dalam hal ini hasil perhitungan manual dan program tidak menunjukkan hasil perbedaan.

Tabel 5. Hasil perhitungan manual dan program

% Panjang	Perhitungan Manual		Simulasi Program		Selisih
	Arus Gangguan (Ampere)	T kerja (s)	Arus Gangguan (Ampere)	T kerja (s)	Arus If (Ampere)
10	147,7758	0,65	147,7757	0,65	0.0001
20	147,7323	0,65	147,7322	0,65	0.0001
30	147,6889	0,65	147,6888	0,65	0.0001
40	147,6454	0,65	147,6453	0,65	0.0001
50	147,6020	0,65	147,6019	0,65	0.0001
60	147,5587	0,65	147,5586	0,65	0.0001
70	147,5153	0,65	147,5152	0,65	0.0001
80	147,4719	0,65	147,4718	0,65	0.0001
90	147,4286	0,65	147,4285	0,65	0.0001
100	147,3853	0,65	147,3852	0,65	0.0001

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 ekivalen dari saluran yang dimaksud. Kemudian melakukan perhitungan nilai impedansi. Adapun nilai impedansi yang dihitung adalah nilai impedansi sumber, nilai

impedansi transformator, nilai impedansi saluran. Kemudian membuat titik-titik gangguan yang akan dihitung nilai arusnya berdasarkan panjang saluran. Misal, titik 10 %, 20%, sampai 100% dari panjang saluran. Dari titik-titik inilah dihitung nilai impedansi saluran untuk impedansi urutan positif, urutan negatif, dan urutan nol. Kemudian membuat nilai impedansi ekivalen terhadap titik-titik gangguan tersebut. Setelah mendapatkan nilai impedansi ekivalen, maka dilakukan perhitungan nilai impedansi total (Z_G). Dari hasil perhitungan impedansi total, dapat terlihat bahwa semakin menjauh dari sumber atau pada titik gangguan menuju 100 %, maka nilai impedansi total (Z_G) semakin besar. Misal pada titik 10 %, nilai impedansi total (Z_G) adalah 1395,17349 + j 1069,80247. Sedangkan pada titik 50 % nilai impedansi total (Z_G) adalah 1395,96345 + j 1072,17235. Dan pada titik 100 % nilai impedansi total (Z_G) adalah 1396,9509 + j 1075,1347

Setelah didapatkan nilai impedansi total, maka dihitunglah nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, dengan cara 3 kali VLN dibagi nilai impedansi total. Dari perhitungan diperoleh hasil, pada titik gangguan 10 % dari panjang saluran, besarnya arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 147,7758 A. Untuk titik gangguan 50 % dari panjang saluran, besarnya arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 147,6020 A. Untuk titik gangguan 80% dari panjang saluran, besarnya arus gangguan 1 fasa ke tanah sebesar 147,4719 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.

Setelah nilai arus gangguan hubung singkat diperoleh, maka dapat dilakukan perhitungan nilai setting relay OCR, dimana set awal berada pada 0,25 s. Dari hasil perhitungan didapat bahwa untuk setiap titik gangguan mulai dari 10% sampai 100%, arus setting relay OCR yaitu 0,65 s, baik untuk sisi masukan maupun sisi keluaran. Hal ini disebabkan karena titik-titik tersebut masih berada pada bus yang sama, sehingga pengaturan relay OCR juga sama.

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 ± 0,0001 A untuk perhitungan arus gangguan hubung singkat. Namun perbedaan ini masih dapat diabaikan karena masih dalam toleransi 5 %. Sedangkan untuk nilai setting relay OCR antara perhitungan manual dan simulasi Matlab diperoleh hasil yang sama yaitu 0,65 s dengan karakteristik grafik yang sama.

5. KESIMPULAN

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] Asep Parli. *Identifikasi Jenis dan Lokasi Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Transmisi Berbasis Wafelet.* Bengkulu: Jurnal TA Universitas Bengkulu.

[2] Daman Suswanto. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.

[3] Denny Hermawanto. *Deteksi Hubung Singkat Pada Saluran Transmisi Menggunakan Artificial Immune System (AIS)*. Surabaya: Jurnal TA Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[4] Erhaneli, M.T, 2011. *Distribusi Tenaga Listrik*. Padang: Bahan Ajar ITP.

[5] 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.

[6] Jubilater Simanjuntak, 2009. *Studi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Akibat Sambaran Petir Pada Saluran Transmisi*. Medan: Jurnal TA Universitas Sumatera Utara

[7] Hutauruk, T.S., 1993. *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga

[8] Rahmat Hidayatullah. *Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan SUTT 150 kV Kebasen-Balapulang-Bumiayu Menggunakan Program ETAP.* Semarang: Jurnal TA Universitas Dipenogoro.

[9] Yudhi Verdian, 2010. *Studi Simulasi Arus Hubung Singkat Pada Saluran Transmisi Dengan Menggunakan ATP Untuk Aplikasi Relai Pilot Differensial*. Padang: Tugas Akhir Universitas Andalas.