

## **ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI GARDU INDUK DAYA**

**Latifah Ali<sup>1)</sup>, Aksan<sup>2)</sup>, Ahmad Rizal Sultan<sup>3)</sup>**

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang<sup>1)</sup>

[alatifahali23@gmail.com](mailto:alatifahali23@gmail.com)<sup>1)</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang<sup>2)</sup>

[aksansubarjo@yahoo.co.id](mailto:aksansubarjo@yahoo.co.id)

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang<sup>3)</sup>

[rizal.sultan@poliupg.ac.id](mailto:rizal.sultan@poliupg.ac.id)<sup>3)</sup>

### **Abstrak**

Daya listrik yang disalurkan melalui sistem distribusi harus memiliki mutu dan keandalan yang tinggi. Dalam penyaluran energi listrik sering terjadi gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat merupakan suatu hubungan abnormal pada impedansi antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung arus hubung singkat, menentukan koordinasi kerja relai terhadap gangguan hubung singkat. Metode penelitian dilakukan dengan berbagai cara yaitu studi literature, observasi, dan wawancara. Hasil penelitian ini besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan dan begitupun sebaliknya. Hasil perhitungan manual dan simulasi software ETAP 12.6 di dapatkan hasil perhitungan gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa dan satu fasa sebesar 1147,99 A, 994,19 A dan 613,34 A dan hasil simulasi 1111 A, 962 A, dan 646 A. Penyetelan *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada penyulang yaitu, TMS = 0,25 s untuk relai OCR sisi *incoming* 20 kV, TMS = 0,18 s untuk relai *Over Current Relay* (OCR) sisi penyulang 20 k, TMS = 0,23 s untuk relai *Ground Fault Relay* (GFR) sisi *incoming* 20 kV, TMS = 0,17 s untuk relai GFR sisi *incoming* 20 kV dan hasil perhitungan manual maupun simulasi memperlihatkan setting OCR GFR masih dalam kondisi yang sesuai dimana relai di penyulang sebagai *main protection* dan relai di *incoming* sebagai *backup protection*.

**Kata kunci:** hubung singkat, *Over Current Relay*, *Ground Fault Relay*, *software*

### **PENDAHULUAN**

Daya listrik yang disalurkan melalui sistem distribusi tenaga listrik menuju pemakai harus memiliki mutu dan keandalan yang tinggi. Dalam penyaluran energi listrik sering terjadi gangguan-gangguan yang dapat menghambat penyaluran energi listrik ke konsumen. Dari berbagai jenis gangguan yang terjadi, gangguan hubung singkat adalah gangguan yang paling sering terjadi pada penyaluran energi listrik. Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Biasanya gangguan diakibatkan oleh kegagalan isolasi di antara penghantar fasa atau antara penghantar fasa dengan bumi. Secara nyata kegagalan isolasi dapat menghasilkan beberapa efek pada sistem yaitu menghasilkan arus yang cukup besar, atau

mengakibatkan adanya impedansi diantara konduktor fasa atau antara penghantar fasa dan bumi.

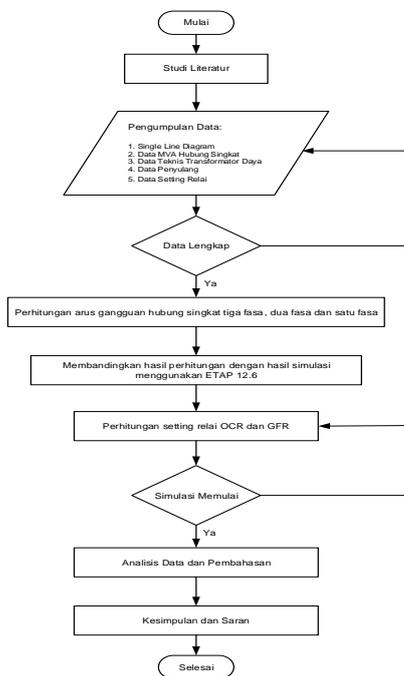
Di Gardu Induk Daya mempunyai dua buah transformator yang memasok ke beberapa penyulang dan merupakan gardu yang langsung mengalirkan energi ke Kawasan Industri Makassar dan Daya, apabila terjadi hubung singkat akan ada pihak yang dirugikan baik PT.PLN maupun perusahaan perusahaan di KIMA dan sekitarnya. Salah satunya penyulang yang sering mengalami gangguan di Gardu Induk Daya yaitu penyulang Golf, oleh sebab itu diperlukan suatu analisis terhadap hubung singkat yang bertujuan untuk mengetahui gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa ke bumi. Sehingga besarnya arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi didalam suatu sistem kelistrikan serta koordinasi relai proteksi

sangat perlu diketahui sebelum gangguan yang sesungguhnya terjadi.

Berdasarkan dari latar belakang di atas sehingga penulis berinisiatif mengambil penelitian yang berjudul “Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV di Gardu Induk Daya”.

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode yaitu studi literature, observasi, dan wawancara. Secara singkat diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram alir (flowchart) penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat**

Setelah mendapatkan nilai dari impedansi ekuivalen sesuai lokasi gangguan. Selanjutnya perhitungan arus gangguan hubung singkat dpa dihitung.

**1. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa**

Untuk menghitung gangguan hubung singkat tiga fasa dapat digunakan persamaan :

$$I_{3fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}}$$

$$I_{3fasa} = \frac{20000/\sqrt{3}}{Z_{1eq}}$$

Kemudian kita substitusikan nilai

impedansi ekuivalen jaringan urutan positif dan diperoleh nilai arus hubung singkat tiga fasa pada tabel 1

Tabel 1 Nilai Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

Panjang	Rumus	Arus HS 3 Fasa
25%	$I_{3fasa} = \frac{20000/\sqrt{3}}{0,967 + j4,85}$	2334,87 ∠78,73 A
50%	$I_{3fasa} = \frac{20000/\sqrt{3}}{1,934 + j6,328}$	1745,1 ∠73,01 A
75%	$I_{3fasa} = \frac{20000/\sqrt{3}}{2,901 + j7,807}$	1386,43 ∠69,62 A
100%	$I_{3fasa} = \frac{20000/\sqrt{3}}{3,868 + j9,285}$	1147,99 ∠67,38 A

**2. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa**

Untuk menghitung gangguan hubung singkat dua fasa dapat digunakan persamaan :

$$I_{2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

$$I_{2fasa} = \frac{20000}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

$$I_{2fasa} = \frac{20000}{2 \times Z_{1eq}}$$

Karena nilai  $Z_{1eq} = Z_{2eq}$  Mak

$$I_{2fasa} = \frac{20000}{2 \times Z_{1eq}}$$

Maka nilai arus hubung singkat dua fasa di setiap titik gangguan dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Nilai Arus Hubung Singkat Dua Fasa

Panjang	Rumus	Arus HS 2 Fasa
25%	$I_{2fasa} = \frac{20000}{2 \times (0,967 + j4,85)}$	2022,1 ∠78,72 A
50%	$I_{2fasa} = \frac{20000}{2 \times (1,934 + j6,328)}$	1511,27 ∠73,01 A

<b>75%</b>	$I_{2fasa}$	1200,69
	$= \frac{20000}{2 \times (2,901 + j7,807)}$	$\angle 69,62$ A
<b>100%</b>	$I_{2fasa}$	994,19
	$= \frac{20000}{2 \times (3,868 + j9,285)}$	$\angle 67,38$ A

3. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Bumi

Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke bumi dapat digunakan persamaan:

$$I_{1fasa} = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

$$I_{1fasa} = \frac{3 \times 20000/\sqrt{3}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

Karena nilai  $Z_{1eq} = Z_{2eq}$  maka

$$I_{1fasa} = \frac{34641,016}{2Z_{1eq} + Z_{0eq}}$$

Adapun besar nilai arus gangguan satu fasa ke bumi untuk setiap titik gangguan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Nilai Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Bumi

Panjang	Rumus	Arus HS 1 Fasa
<b>25%</b>	$I_{1fasa}$	1423,36
	$= \frac{34641,016}{(2 \times (0,967 + j4,85)) + (3,868 + j9,285)}$	$\angle 81,59$ A
<b>50%</b>	$I_{1fasa}$	989,74
	$= \frac{34641,016}{(2 \times (1,934 + j6,328)) + (3,868 + j9,285)}$	$\angle 78,26$ A
<b>75%</b>	$I_{1fasa}$	757,57
	$= \frac{34641,016}{(2 \times (2,901 + j7,807)) + (3,868 + j9,285)}$	$\angle 76,5$ A
<b>100%</b>	$I_{1fasa}$	613,34
	$= \frac{34641,016}{(2 \times (3,868 + j9,285)) + (3,868 + j9,285)}$	$\angle 75,4$ A

B. Menghitung Koordinasi *Over Current Relay* dan *Ground Fault Relay* Penyulang Golf

Perhitungan koordinasi ini dilakukan untuk menentukan *setting* waktu relai untuk trip ketika terjadi gangguan, baik itu gangguan tiga fasa, dua fasa maupun gangguan satu fasa ke

bumi. Pada perhitungan ini akan di tentukan *setting* pada sisi penyulang golf serta pada sisi *Incoming*.

1. Setelan relai di sisi penyulang 20 kV

Diketahui pada penyulang golf transformator arus terpasang rasio 600/5 A, dengan relai karakteristik *Standard inverse*. Untuk menghitung setelan arus menggunakan persamaan:

Setelan *Over Current Relay*

- Setelan Arus  
Iset (primer) = 1,06 x In  
= 1,06 x 600  
= 636 A
- Iset (sekunder) = Iset(primer) x  $\frac{1}{Ratio CT}$   
= 636 x  $\frac{1}{600/5}$   
= 5,3 A

Setelan *Ground Fault Relay*

- Setelan Arus

Untuk setelan arus di penyulang menggunakan pedoman yaitu setelan arus gangguan tanah di penyulang diset 10% x arus gangguan tanah terkecil di penyulang tersebut. Hal ini dilakukan untuk menampung tahanan busur api. Untuk menghitung setelan arus menggunakan persamaan:

$$I_{Set(P)} = 10\% \times (\text{gangguan di } 100\% \text{ panjang penyulang})$$

$$= 0,1 \times 613,34$$

$$I_{Set(P)} = 61,33 \text{ A}$$

$$I_{Set(S)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{Ratio CT}$$

$$I_{Set(S)} = 61,33 \text{ A} \times \frac{1}{600/5}$$

$$I_{Set(S)} = 0,51 \text{ A}$$

2. Setelan relai di sisi *incoming* 20 kV

Diketahui pada sisi *incoming* transformator memiliki kapasitas sebesar 20 MVA dengan tegangan 70/20 kV dan impedansi 11.9% dengan rasio 200/5 A. Untuk menghitung setelan arus menggunakan persamaan:

1. Setelan *Over Current Relay*

- Setelan Arus  
Arus nominal transformator sisi 20 kV  
In =  $\frac{kVA}{kV\sqrt{3}}$   
=  $\frac{20000}{20\sqrt{3}}$   
= 577,35 A

- Iset (primer) = 1,11 x In  
= 1,11 x 577,35 A  
= 640,85 A

$$\begin{aligned}
 I_{set}(\text{sekunder}) &= I_{set}(\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\
 &= 640,85 \times \frac{1}{200/5} \\
 &= 16,02 \text{ A}
 \end{aligned}$$

2. Setelan Ground Fault Relay - Setelan Arus

Untuk setelan arus di incoming menggunakan pedoman yaitu setelan arus gangguan tanah di penyulang diset 8% x arus gangguan tanah terkecil di penyulang tersebut. Hal ini dilakukan untuk menampung tahanan busur api. Untuk menghitung setelan arus menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 I_{Set(P)} &= 8\% \times (\text{gangguan di } 100\% \text{ panjang penyulang}) \\
 &= 0,08 \times 613,34 \text{ A}
 \end{aligned}$$

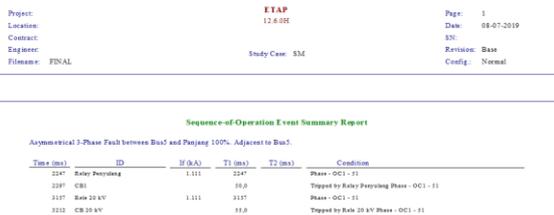
$$I_{Set(P)} = 49,06 \text{ A}$$

$$I_{Set(S)} = I_{set}(\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$$

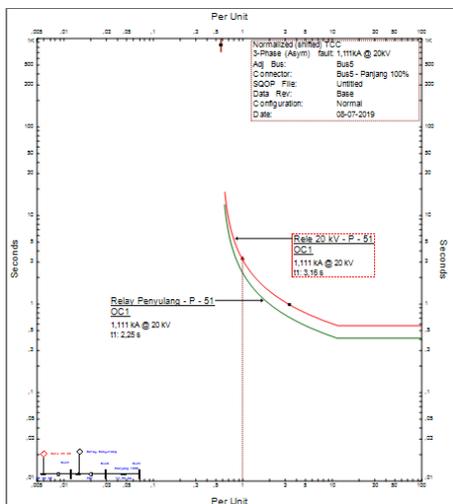
$$I_{Set(S)} = 49,06 \text{ A} \times \frac{1}{200/5}$$

$$I_{Set(S)} = 1,22 \text{ A}$$

1) Simulasi Koordinasi Waktu Kerja Relai - OCR (titik gangguan 100%)



Gambar 2 Sequence of Operation Report Berdasarkan Data Hasil Perhitungan Setting Relai untuk Gangguan Tiga Fasa



Gambar 3 Kurva Koordinasi Waktu Kerja Relai

OCR Hubung Singkat Tiga Fasa

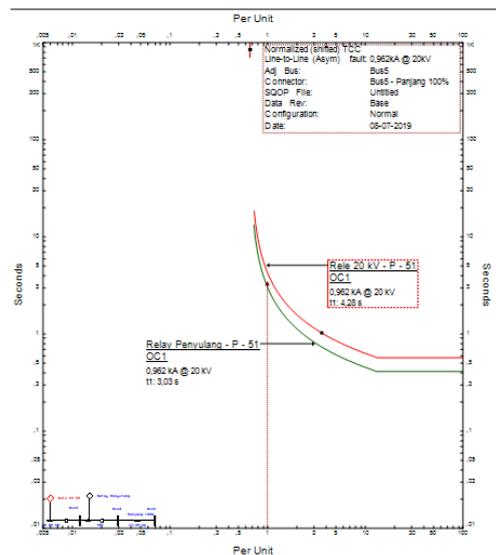
Project: ETAP	Page: 1
Location: 12.6.008	Date: 08-07-2019
Contract:	SN:
Engineer: FDNAL	Revision: Baso
Filename: FDNAL	Coefig: Normal
Study Case: SM	

Sequence of Operation Event Summary Report

Asymmetrical Line-to-Line Fault between Bus1 and Penyang 100% Adjacent to Bus1

Time (ms)	ID	I (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
3083	Relay Penyang	0.962	3083		Phase - OC1 - F1
3083	CB1		15.0		Tripped by Relay Protecting Phase - OC1 - F1
4278	Relay 20 kV	0.962	4278		Phase - OC1 - F1
4333	CB 20 kV		15.0		Tripped by Relay 20 kV Phase - OC1 - F1

Gambar 4 Sequence of Operation Report Berdasarkan Data Hasil Perhitungan Setting Relai untuk Gangguan Dua Fasa



Gambar 5 Kurva Koordinasi Waktu Kerja Relai OCR Hubung Singkat Dua Fasa

Berdasarkan data hasil perhitungan dan simulasi setting relai OCR untuk gangguan tiga fasa (gambar 2 dan 3) dan dua fasa (gambar 4 dan 5), dapat dilihat bahwa waktu kerja relai di penyulang lebih cepat dibanding waktu kerja relai di incoming yang berarti jika terjadi gangguan maka yang mendeteksi terlebih dahulu adalah relai OCR pada penyulang sebagai main protection dan kemudian relai OCR pada incoming 20 kV sebagai backup protection apabila relai di penyulang tidak bekerja.

- GFR (titik gangguan 100%)

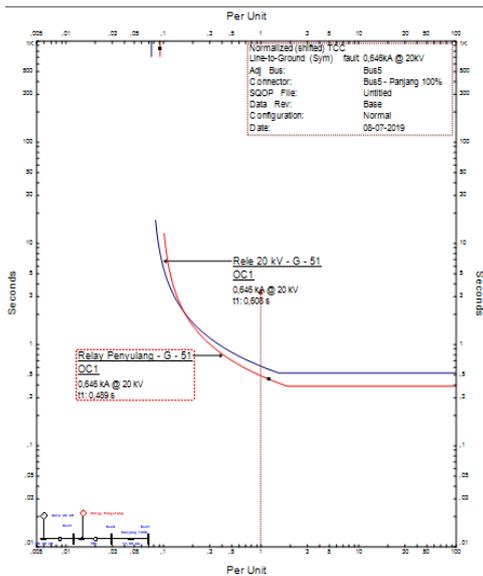
Project:	ETAP	Page:	1
Location:	12.6.001	Date:	08-07-2019
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: STM	Revision:	Base
Planner:	FDSAL	Code:	Normal

**Sequence-of-Operation Event Summary Report**

Symmetrical Line-to-Ground Fault between Bus3 and Panjang 100%. Adjacent to Bus3.

Time (ms)	ID	F(A)	T1 (ms)	T2 (ms)	Conditions
480	Relay Penyulang	0.646	480		Ground - OC1 - I1
510	CB1		510		Tripped by Relay Penyulang Ground - OC1 - I1
600	Relay 20 kV	0.646	600		Ground - OC1 - I1
660	CB 20 kV		660		Tripped by Relay 20 kV Ground - OC1 - I1

Gambar 6 Sequence of Operation Report Berdasarkan Data Hasil Perhitungan Setting Relai untuk Gangguan Satu Fasa ke Bumi



Gambar 7 Kurva Koordinasi Waktu Kerja Relai GFR Hubung Singkat Satu Fasa ke Bumi

Berdasarkan data hasil perhitungan dan simulasi setting relai GFR untuk gangguan satu fasa ke bumi (gambar 6 dan 7), dapat dilihat bahwa waktu kerja relai di penyulang lebih cepat dibanding waktu kerja relai di incoming yang berarti jika terjadi gangguan maka yang mendeteksi terlebih dahulu adalah relai GFR pada penyulang sebagai *main protection* dan kemudian relai GFR pada incoming 20 kV sebagai *backup protection* apabila relai di penyulang tidak bekerja.

Setelah melakukan simulasi dan perhitungan diperoleh perbandingan nilai arus hubung singkat pada tabel 4:

Tabel 4 Perbandingan Hasil Simulasi Dan Perhitungan Arus Hubung Singkat

Lokasi	Perhitungan	Simulasi
--------	-------------	----------

Gangguan	(Ampere)			(Ampere)		
	3 fasa	2 fasa	1 fasa	3 fasa	2 fasa	1 fasa
<b>25%</b>	2334,87	2022,1	1423,36	2240	1940	1633
<b>50%</b>	1745,1	1511,27	989,74	1672	1448	1083
<b>75%</b>	1386,43	1200,69	757,57	1334	1156	809
<b>100%</b>	1147,99	994,19	613,34	1111	962	664

Dari hasil perhitungan manual dan hasil simulasi pada tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai arus gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa yang tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan pada program aplikasi biasanya mempunyai keakuratan pengolahan data tersendiri sehingga akan adanya perbedaan hasil pengolahan data dan tidak sama persis dengan hitung manual yang selisihnya tidak terlalu besar. Besarnya arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada penyulang 20 kV dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkat yang terjadi begitupun sebaliknya, semakin dekat jarak titik gangguan maka semakin besar arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Hal ini membuktikan bahwa besarnya arus gangguan tergantung pada panjang saluran karena besarnya impedansi saluran bergantung pada panjang penghantar, jenis penghantar, dan diameter penghantar yang digunakan. Dapat dilihat juga besarnya arus gangguan hubung singkat terbesar terjadi pada gangguan hubung singkat tiga fasa sedangkan gangguan hubung singkat terkecil terjadi pada gangguan hubung singkat satu fasa ke bumi.

Dari perbandingan hasil perhitungan dan hasil simulasi yang telah dibahas pada tabel 4 terlihat bahwa besarnya nilai arus gangguan hubung singkat dari kedua cara tersebut tidak berbeda jauh. Hal ini menandakan bahwa hasil pengolahan data antara perhitungan manual dan simulasi tepat. Adapun tujuan dari analisis hubung singkat yaitu untuk menentukan sistem proteksi yang tepat pada sistem tenaga listrik untuk melindungi peralatan dari kerusakan akibat

arus gangguan yang dihasilkan pada saat terjadi gangguan hubung singkat.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dengan judul "Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV di Gardu Induk Daya" maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besarnya arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada penyulang golf 20 kV dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkat yang terjadi begitupun sebaliknya, semakin dekat jarak titik gangguan maka semakin besar arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Hal ini membuktikan bahwa besarnya arus gangguan tergantung pada panjang saluran karena besarnya impedansi saluran bergantung pada panjang kabel, jenis kabel, dan diameter kabel yang digunakan.
2. Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat pada penyulang golf dengan panjang penghantar 17,89 km, yaitu sebesar 1147,99 A untuk gangguan tiga fasa, 994,19 A untuk gangguan dua fasa, dan 613,34 A untuk gangguan satu fasa ke bumi. Dari hasil simulasi diperoleh nilai arus hubung singkat sebesar 1111 A untuk gangguan tiga fasa, 962 A untuk gangguan dua fasa, dan 646 A untuk gangguan satu fasa ke bumi. Nilai arus gangguan hubung singkat terbesar terjadi pada gangguan hubung singkat tiga fasa sedangkan gangguan hubung singkat terkecil terjadi pada gangguan hubung singkat satu fasa ke bumi. Dari hasil analisa didapatkan perbandingan hasil perhitungan dengan hasil simulasi nilai arus gangguan hubung singkat tidak berbeda jauh.
3. Hasil perhitungan penyetelan OCR dan GFR pada penyulang golf yaitu,  $I_{set}(primer) = 640,85$  A,  $I_{set}(sekunder) = 16,02$  A, dan  $TMS = 0,25$  s untuk relai OCR sisi *incoming* 20 kV.  $I_{set}(primer) = 636$  A,  $I_{set}(sekunder) = 5,3$  A, dan  $TMS = 0,18$  s untuk relai OCR sisi penyulang 20 kV.  $I_{set}(primer) = 49,06$  A,  $I_{set}(sekunder) = 1,22$  A, dan  $TMS = 0,23$  s untuk relai GFR sisi *incoming* 20 kV, dan  $I_{set}(primer) = 61,33$  A,  $I_{set}(sekunder) = 0,51$  A, dan  $TMS = 0,17$  s untuk relai GFR sisi *incoming* 20 kV

dan hasil perhitungan manual maupun simulasi memperlihatkan setting OCR dan GFR di penyulang golf masih dalam kondisi yang sesuai dengan relai di penyulang sebagai *main protection* dan relai di *incoming* sebagai *backup protection*, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan setting OCR dan GFR penyulang golf masih dalam kondisi bagus.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua dan saudara yang selalu memberikan dukungan dan motivasi bagi penulis, kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai wadah dalam menuntut ilmu, jajaran dosen dan staf jurusan teknik elektro, serta teman-teman D4 Teknik Listrik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Affandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*". Publikasi Hasil Penelitian Skripsi. Depok: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [2]. Aryanto, T. (2013). *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 kV Jepara*. Skripsi Universitas Negeri Semarang.
- [3]. Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang: Fakultas Teknik Elektro Universitas Negeri Padang.
- [4]. Dasman, dkk. *Studi Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah Pada SUTT 150 KV*. Jurnal Teknik Elektro, Vol 5. No.1, Juli 2016.
- [5]. *Jasa Pendidikan dan Pelatihan, Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. PT. PLN (Persero)
- [6]. Laksana, I Putu Dimas Darma. 2015. *Studi Analisis backup Proteksi Pada SUTT 150 kV GI Kapal-GI Pemecutan Kelod Akibat Uprating dan Penambahan Saluran*. Skripsi. Bukit Jimbran: Universitas Udayana.
- [7]. Mardensyah, A. 2008. *S tudi Perencanaan Koordinasi Literatur*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [8]. Politeknik Negeri Ujung Pandang. (2016). *Pedoman Penulisan Proposal dan Skripsi Program Diploma Empat*

- (D-4) *Bidang Rekayasa dan Tata Niaga*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [9]. PT.PLN (Persero). 1995. SPLN 64, "Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah". Jakarta: PLN.
- Sarimun, W. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok Garamond.
- [10]. Sarimun, W. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok Garamond.
- [11]. Stevenson, William D. 1996. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- [12]. Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [13]. Triandini, T Y R. 2015. *Analisa System Proteksi Rele ( Overcurrent dan Ground Fault) dengan Menggunakan Kurva Koordinasi Rele dan Software ETAP 7.5 Pada Plant Unit 5 PT. Krakatau Posco*. Universitas Mercubuana. Jakarta.