

Evaluasi Kinerja *Setting* Proteksi *Over Current Relay* dan *Ground Fault Relay* Jaringan Distribusi 20 kV pada Gardu Induk Panakkukang

Mustari Rauf¹

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang
mustarirau17@gmail.com

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, serta mengevaluasi kinerja setting rele yang ada dilapangan berdasarkan *standart grading time* dengan melihat hasil simulasi perbandingan antara perhitungan secara manual. Metode penelitian dilakukan dengan berbagai cara yaitu studi literature, studi lapangan, metode perhitungan dan diskusi/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 16.0.0 di dapatkan hasil perhitungan gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dua fasa-tanah dan satu fasa-tanah dititik gangguan 25% dengan Jarak 2.19 Km dari *outcoming* sebesar 6396.5 A, 5539.6 A, 6169.4 A dan 283.6 A dan hasil simulasi 6208 A, 5377 A, 5442 A dan 282 A. Penyetelan *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada penyulang Hertasning Baru yaitu, TMS = 0,154 s untuk relai OCR sisi *incoming* 20 kV, TMS = 0,130 s untuk relai *Over Current Relay* (OCR) sisi penyulang 20 kV, TMS = 0.605 s untuk relai *Ground Fault Relay* (GFR) sisi *incoming* 20 kV, TMS = 0.103 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*.

Keywords: Hubung singkat, *Over Current Relay*, *Ground Fault Relay*, software ETAP 16.0.0

I. PENDAHULUAN

Di Gardu Induk Panakkukang mempunyai dua buah transformator yang memasok ke beberapa penyulang. Berdasarkan data dilapangan, penulis menganalisis bahwa penyulang pada keluaran trafo tersebut memiliki panjang dan jumlah beban listrik yang bervariasi sehingga dibutuhkan koordinasi pengamanan yang baik sesuai dengan besar arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada masing-masing penyulang.

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. peralatan proteksi yang baik dapat diperoleh melalui pengaturan/*setting* peralatan proteksi berdasarkan perhitungan arus gangguan hubung singkat.

Dalam fungsinya sebagai sistem proteksi, evaluasi kinerja *over current relay* (OCR) dan *ground fault relay* (GFR) tersebut harus dilakukan secara kontinyu, demi terjaganya kontinyuitas penyaluran energi listrik. Berdasarkan latar belakang itu juga, peneliti ingin menganalisis dan mengevaluasi bagaimana kinerja dari sistem proteksi OCR dan GFR berdasarkan *time setting relay* salah satu penyulang yang ada dilapangan dan gangguan yang terjadi beberapa bulan belakangan di GI Panakkukang dengan judul skripsi “Evaluasi Kinerja *Setting* Proteksi *Over Current Relay* dan *Ground Fault*

Relay Jaringan Distribusi 20 kV pada Gardu Induk Panakkukang”.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum sistem proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan. [5].

B. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu [6] :

a. Hubung Singkat Simetris.

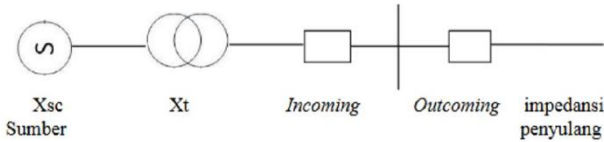
Gangguan hubung singkat yang termasuk ke dalam gangguan simetris yaitu gangguan hubung yang hanya terjadi pada sistem 3 fase.

b. Hubung Singkat Asimetris

Gangguan hubung singkat jenis ini terjadi pada sistem 1 dan 3 fase. Hubung singkat asimetris ini dibagi menjadi:
– *Line-to-line fault*. Dua fase yang disingkat tanpa tanah
– *Double line-to-ground fault*. Dua fase yang terhubung bersama ke tanah
– *Single line-to-ground fault*. Salah satu fase terhubung-singkat tanah.

C. Perhitungan Impedansi

Sebelum melakukan perhitungan arus hubung singkat, maka kita harus memulai perhitungan pada rel daya tegangan primer di gardu induk untuk berbagai jenis gangguan, kemudian menghitung pada titik – titik lainnya yang letaknya semakin jauh dari gardu induk tersebut : [2]



Gambar 1. Sketsa penyulang tegangan menengah[4]

Adapun tahap perhitungan arus hubung singkat melalui beberapa proses diantaranya [2]:

1. Impedansi Sumber
2. Reaktansi Transformator
3. Impedansi Penyulang
4. Impedansi Ekuivalen Jaringan

D. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar, impedansi ekuivalen mana yang dimasukkan ke dalam rumus dasar tersebut adalah jenis gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, atau satu fasa ke tanah.

E. Relai Arus Lebih / Over Current Relay (OCR)

Relai arus lebih atau yang lebih dikenal dengan *Over Current Relay* (OCR) merupakan peralatan proteksi yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau *overload*. Relai ini dapat digunakan sebagai pengaman utama ataupun pengaman cadangan

1. Relay Arus Lebih Kerja Terbalik (*Invers Time Relay*)

Cara kerja relay ini pada dasarnya adalah semakin besar arus gangguan maka semakin cepat waktu kerja dari relay tersebut. Keuntungan dari relay ini adalah untuk arus yang sangat tinggi, waktu untuk membuka (*trip*) menjadi sangat pendek didapatkan tanpa resiko terhadap selektivitas.

Tabel 1. Karakteristik operasi waktu jenis Relay Invers Time

Tipe	Setelan waktu
<i>Standart Inverse</i>	$\frac{13,5 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_S}\right)^{0,02} - 1}$
<i>Very Inverse</i>	$\frac{13,5 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_S}\right) - 1}$
<i>Extremely Inverse</i>	$\frac{80 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_S}\right)^2 - 1}$
<i>Longtime Time Inverse</i>	$\frac{120 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_S}\right) - 1}$

2. Setting OCR

a. Arus setting OCR

Penyetelan relai OCR pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal transformator tenaga. Arus setting untuk relai OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder.

b. Setting waktu (TMS)

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai setelan waktu (TMS). Rumus untuk menentukan nilai setelan waktu bermacam – macam sesuai dengan karakteristik kerja relai yang kita inginkan. Dalam hal ini diambil rumus TMS tipe *Relay Standart Inverse*.

F. Relay Hubung Tanah / Ground Fault Relay (GFR)

Bila OCR mendeteksi adanya hubung singkat antara fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat fasa ke tanah. Di bawah ini merupakan gambar rangkaian pengawatan GFR

a. Arus Setting GFR

Penyetelan gangguan tanah pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal transformator tenaga.

b. Setelan waktu (TMS)

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai setelan waktu kerja relay.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode yaitu studi literature, studi lapangan, metode perhitungan dan simulasi *software ETAP 16.0.0*, dan diskusi/wawancara. Secara singkat diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

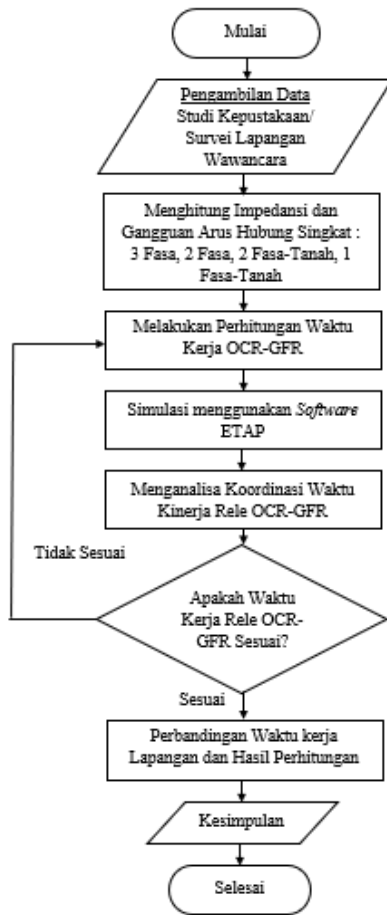
A. Data Komponen Trafo 3 GI Panakkukang

1. Data Trafo Day 3 GI Panakkukang

Transformator daya disini berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besarnya tegangan dari 150 kV menjadi 20 kV, sedangkan frekuensinya tetap. Berikut spesifikasi Trafo #3 GI Panakkukang:

Data Transformator Tenaga

- Merk : PAUWELS
- Daya : 60 MVA
- Reaktansi X1 : 13,28 %
- In Priemer : 231 Ampere
- In Sekunder : 1732.1 Ampere
- Teg. Priemer : 150 kV
- Teg. Sekunder: 20 kV
- Ratio CT trafo : 2000 : 5
- Hubungan Belitan Trafo : Ynyd0d5
- *Ground Resistor* : 40 Ω



Gambar 3. Flowchart prosedur penelitian

2. Data Relai

Tabel.1 Data Relai Penyulang GI Panakkukang

KET	DATA RELE			
	OCR		GFR	
	Incoming 20 kV	P.Hertasing	Incoming 20 kV	P.Hertasing
Merk	AREVA	SCHNEIDER	AREVA	SCHNEIDER
Type	MICOM P122	MICOM P123	MICOM 122	MICOM P123
Iset (A)	5.045	1	0.145	1
Iactual (A)	2018	400	58	400
TMS (s)	0.182	0.235	0.223	0.235
Karakteristik	Standart Inverse	Standart Inverse	Standart Inverse	Standart Inverse
Rasio CT	2000/5	200-400/1	2000/5	200-400/1

3. Penghantar Kawat yang Digunakan

Tabel.2 Jenis penghantar dan panjang penyulang

Sisi	Jenis Penghantar	Ukuran Kawat/Kabel (mm ²)	Panjang Kabel (km)	Impedansi Urutan Positif (Ω/km)	Impedansi Urutan Nol (Ω/km)
Incoming 20kV	XLPE IEC	150	0.3	0.206 + j0.104	0.356 + j0.312
Penyulang Hertasing	AAAC IEC	150	8.76	0.2162 + j0.3305	0.3631 + j1.6180

B. Perhitungan Arus Hubung Singkat

1. Menentukan Impedansi Sumber

$$Z_s(\text{sisi } 150 \text{ kV}) = \frac{kV^2}{MVA_{hs}} \quad (1)$$

$$Z_s(\text{sisi } 150 \text{ kV}) = \frac{150^2}{3000.77} = 7.49 \Omega$$

$$Z_s(\text{sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{20^2}{150^2} \times 7.49 \Omega = 0.13 \Omega$$

2. Menentukan Reaktansi Trafo

$$X_t (\text{pada } 100\%) = \frac{kV^2}{MVA_{Trafo}} \quad (2)$$

$$X_t (\text{pada } 100\%) = \frac{20^2}{60} = 6.667 \Omega$$

Reaktansi urutan positif, *negative* ($X_{t1} = X_{t2}$)

$$X_{t1} = X_t \% \times X_t (\text{pada } 100\%)$$

$$X_{t1} = 13,28\% \times 6.667 = 0.885 \Omega$$

Reaktansi urutan nol (X_{t0})

$$X_{t0} = 3X_{t1} = 3(0.885) = 2.655 \Omega$$

3. Menghitung Impedansi Penyulang Hertasing Baru

$$Z_1 = Z_2 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times (R_1 + jX_1)$$

Untuk Panjang 25% (2.19 Km)

$$Z_1 = Z_2 = 0.25 \times 8.76 \times (0.2162 + j0.3305)$$

$$Z_1 = Z_2 = 0.4734 + j0.7237 \Omega$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Impedansi Penyulang

Titik Gangguan (%)	Jarak Gangguan (Km)	P.Hertasing Baru	
		$Z_1 = Z_2$	Z_0
0	0	0.2162 + j0.3305	0.3631 + j1.6180
25	2.19	0.4734 + j0.7237	0.7951 + j3.5434
50	4.38	0.9469 + j1.4475	1.5903 + j7.0868
75	6.57	1.4204 + j2.1713	2.3855 + j10.6302
100	8.76	1.8933 + j2.8951	3.1807 + j14.1736

4. Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan Penyulang Hertasing Baru

Perhitungan $Z_{1eq} = Z_{2eq}$:

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1} + Z_{1Penyulang} \quad (3)$$

Untuk Panjang 25 % (2.19 Km)

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = j0.1333 + j0.885 \Omega + (0.4734 + j0.7237)$$

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = 0.4734 + j1.742 \Omega$$

Perhitungan Z_{0eq} :

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3R_N + Z_{0Penyulang} \quad (4)$$

Untuk Panjang 25 % (2.19 Km)

$$Z_{0eq} = j2.655 \Omega + 3(40) + (0.7951 + j3.5434)$$

$$Z_{0eq} = 120.7951 + j6.1984 \Omega$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan

Lokasi Gangguan (%)	Jarak Gangguan (Km)	Impedansi Ekuivalen Jaringan P.Hertasing Baru	
		$Z_{1eq} = Z_{2eq}$	Z_{0eq}
0	0	0.2162 + j1.3488	120.3631 + j4.273
25	2.19	0.4734 + j1.742	120.7951 + j6.1984
50	4.38	0.9469 + j2.4658	121.5903 + j9.7418
75	6.57	1.4204 + j3.1896	122.3855 + j13.2852
100	8.76	1.8933 + j3.9134	123.1807 + j16.8286

5. Menentukan Arus Gangguan Hubung Singkat Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

- Untuk Panjang 25% (2.19 Km)

$$I_{3\text{fasa}} (20\text{kV}) = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{0.4734 + j1.742} = \frac{11547.005}{\sqrt{0.4734^2 + 1.742^2}} = 6396.5 \text{ A}$$

Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa

- Untuk Panjang 25% (2.19 Km)

$$I_{2\text{fasa}} (20\text{kV}) = \frac{V_{ph} - ph}{2 \times Z_{1eq}} = \frac{20000}{2 \times (0.4734 + j1.742 \Omega)} = \frac{20000}{(0.9468 + j3.484)}$$

$$= \frac{20000}{\sqrt{0.9468^2 + 3.484^2}} = 5539.6 \text{ A}$$

Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa- Tanah

- Untuk Panjang 25% (2.19 Km)

$$I_{2\text{fasa ke tanah}} = \frac{20000}{(0.4734 + j1.742 \Omega) + \frac{(0.4734 + j1.742 \Omega)(120.7951 + j6.1984 \Omega)}{(0.4734 + j1.742 \Omega) + (120.7951 + j6.1984 \Omega)}}$$

$$= \frac{20000}{\sqrt{0.9449^2 + 3.101^2}} = 6169.4 \text{ A}$$

Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa- Tanah

- Untuk Panjang 25% (2.19 Km)

$$I_{1\text{fasa ke tanah}} = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}} = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{2 \times (0.4734 + j1.742 \Omega) + (120.7951 + j6.1984 \Omega)}$$

$$= \frac{34641.061}{2 \times (0.4734 + j1.742 \Omega) + (120.7951 + j6.1984 \Omega)}$$

$$= \frac{34641.061}{\sqrt{(2 \times 0.4734 + 120.7951)^2 + (2 \times 1.742 + 6.1984)^2}}$$

$$= 283.6 \text{ A}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Penyulang Incoming					
Lokasi Gangguan		$I_{3\text{fasa}}$ (A)	$I_{2\text{fasa}}$ (A)	$I_{2\text{fasa ke tanah}}$ (A)	$I_{1\text{fasa ke tanah}}$ (A)
Sisi 150 kV		1158	1003.6	1198.8	38.3
Sisi 20 kV		8692.1	7527.6	8991	287.83
Penyulang Hertasning Baru					
Titik Jaringan		$I_{3\text{fasa}}$ (A)	$I_{2\text{fasa}}$ (A)	$I_{2\text{fasa ke tanah}}$ (A)	$I_{1\text{fasa ke tanah}}$ (A)
(%)	(Km)				
25	2.19	6396.5	5539.6	6169.4	283.6
50	4.38	5823.8	3785.9	4151.5	278.5
75	6.57	3307.1	2864	3116.8	273.2
100	8.76	2656.1	2291.7	2493	267.8

C. Perhitungan Setting Relai OCR dan GFR

Ratio CT : 400 / 1 A

1. Setting Relai Arus Lebih (OCR)

Untuk nilai setelan arus OCR penyulang Hertasning :

a) Arus setting sisi priemer

$$I_{sp} = I_{set} \text{ OCR} \times \text{In CT}$$

$$I_{sp} = 1.1 \times 400$$

$$I_{sp} = 440 \text{ A}$$

Untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat di-set-kan sebagai berikut:

b) Arus setting sisi sekunder

$$= I_{sp} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} = 440 \times \frac{1}{400/1} \quad (5)$$

$$= 1.1 \text{ A}$$

2. Setting Waktu Relai OCR

Untuk Panjang 25% (2.19 Km)

$$\bullet t (\text{waktu kerja}) = \text{TMS} \times \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} + 0$$

$$= 0.130 \times \frac{0.14}{\left(\frac{6396.5}{440}\right)^{0.02} - 1} + 0$$

$$= 0.330 \text{ s}$$

3. Perhitungan Setelan Relai Gangguan Tanah (GFR)

Iset primer = 10% × I hubung singkat 1 fasa tanah terkecil

$$I_{sp} \text{ GFR} = 0.1 \times 267.8$$

$$I_{sp} \text{ GFR} = 26.78 \text{ A}$$

$$\text{Iset sekunder} = \text{Iset primer} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$$

$$= 26.78 \text{ A} \times \frac{1}{400/1}$$

$$= 0.06 \text{ A}$$

4. Setting Waktu Relai GFR

$$\text{Tms} = \frac{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1}{0.14} \times t \quad (6)$$

Untuk Panjang 0 % (0 Km)

$$\bullet \text{Tms} = \frac{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1}{0.14} \times t$$

$$= \frac{\left(\frac{286.2}{26.78}\right)^{0.02} - 1}{0.14} \times 0.3 = 0.103 \text{ s}$$

$$\bullet t (\text{waktu kerja}) = \text{TMS} \times \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} + 0$$

$$= 0.103 \times \frac{0.14}{\left(\frac{286.2}{26.78}\right)^{0.02} - 1} + 0$$

$$= 0.298 \text{ s}$$

Tabel 5. Hasil perhitungan waktu kerja penyulang

Titik Gangguan		Waktu kerja (t) detik	
(%)	(Km)	OCR	GFR
25	2.19	0.298	0.298
50	4.38	0.342	0.300
75	6.57	0.442	0.303
100	8.76	0.497	0.305

Tabel 6. Perbandingan setting relai hasil perhitungan dan data di lapangan

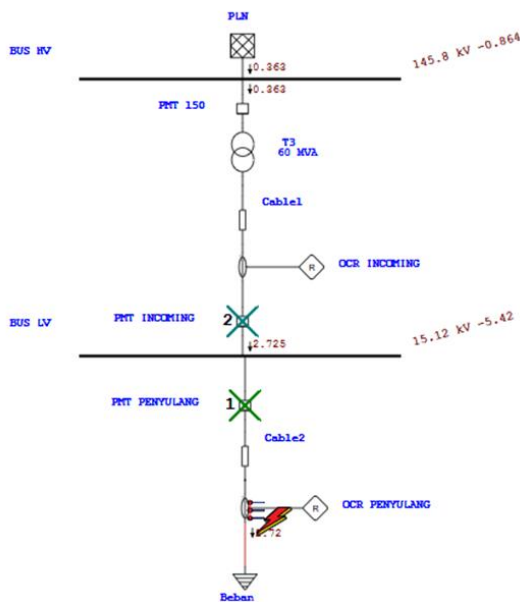
NO	PENYULANG	RELAY	SETTING					
			LAPANGAN			PERHITUNGAN		
			ARUS (A)		TMS	ARUS (A)		TMS
			I SET	AKTUAL		I SET	AKTUAL	
1	HERTASNING BARU	OCR	1	400	0.1	1.1	440	0.130
		GFR	0.1	40	0.1	0.06	26.78	0.103
3	INCOMING 20 kV	OCR	5.045	2018	0.1	4.76	1905.2	0.154
		GFR	0.145	58	0.1	0.07	28.73	0.605

D. Simulasi ETAP

1. Simulasi ETAP Hubung Singkat

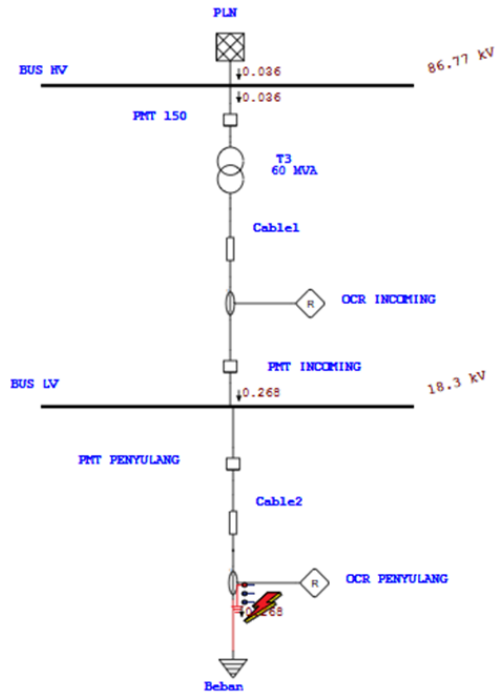
Untuk simulasi gangguan hubung singkat, kita mengambil data dengan titik gangguan 100% dari *outcoming* dengan jarak 8.76 Km untuk setiap jenis gangguan baik itu 3 fasa, 2 fasa, 1 fasa-tanah, dan 2 fasa. Berikut hasil simulasi yang dilakukan menggunakan *software* ETAP 16.0.0 :

- a) Gangguan hubung singkat 3 fasa
Jarak gangguan 100% (8.76 Km)



Gambar 2. SLD Simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa 100% 100%

- b) Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah
Jarak Gangguan 100% (8.76 Km)



Gambar 4. SLD Simulasi gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah 100%

Tabel 7. Waktu kerja relai OCR dan GFR

Jenis Gangguan	Jarak Gangguan	Arus Gangguan (A)		Status Relai		Waktu Kerja (s)			
		Hitungan	Simulasi	OCR	GFR	OCR		GFR	
						Hitungan	Simulasi	Hitungan	Simulasi
L-L-L	25%	6396.5	6208	Bekerja	Tidak bekerja	0.298	0.335	-	-
	50%	5823.8	4361	Bekerja	Tidak bekerja	0.342	0.388	-	-
	75%	3307.1	3355	Bekerja	Tidak bekerja	0.442	0.439	-	-
	100%	2656.1	2725	Bekerja	Tidak bekerja	0.497	0.49	-	-
L-L	25%	5539.6	5377	Bekerja	Tidak bekerja	0.331	0.355	-	-
	50%	3785.9	3777	Bekerja	Tidak bekerja	0.391	0.414	-	-
	75%	2864	2906	Bekerja	Tidak bekerja	0.451	0.473	-	-
	100%	2291.7	2360	Bekerja	Tidak bekerja	0.513	0.533	-	-
L-L-G	25%	6169.4	5442	Bekerja	Bekerja	0.333	0.353	0.316	0.424
	50%	4151.5	3839	Bekerja	Bekerja	0.393	0.411	0.342	0.427
	75%	3116.8	2911	Bekerja	Bekerja	0.452	0.473	0.364	0.43
	100%	2493	2416	Bekerja	Bekerja	0.511	0.525	0.383	0.432
L-G	25%	283.6	282	Tidak bekerja	Bekerja	-	-	0.298	0.299
	50%	278.5	278	Tidak bekerja	Bekerja	-	-	0.3	0.301
	75%	273.2	273	Tidak bekerja	Bekerja	-	-	0.303	0.303
	100%	267.8	268	Tidak bekerja	Bekerja	-	-	0.305	0.306

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa selisih rata rata waktu kerja relai OCR yaitu 0.019 s dan selisih rata rata waktu kerja GFR yaitu 0.038 s. Dimana waktu kerja dari hasil perhitungan lebih cepat dibandingkan waktu kerja hasil simulasi baik untuk OCR maupun GFR. Dapat diketahui juga jika waktu kerja dari relai sangat bergantung pada jarak gangguan, dimana waktu kerja tercepat masing masing ada pada titik gangguan 25% dengan jarak 2.19 Km dan waktu kerja terlama ada pada titik gangguan 100% dengan jarak gangguan 8.76 Km. Berdasarkan tabel diatas juga dapat diperhatikan bahwa perbedaan waktu kerja antara simulasi dan perhitungan dikarenakan pengaruh perbedaan arus gangguan hubung singkat antara perhitungan dan pada saat simulasi.

E. Evaluasi Kinerja Relai OCR dan GFR

Koordinasi urutan kerja dari kedua relai OCR GFR dari masing masing sisi baik itu *incoming* 20kV maupun penyulang sangat berpengaruh terhadap keadaan suatu

sistem proteksi pada jaringan distribusi untuk mengamankan peralatan dengan cepat dan tepat agar listrik dapat tersalurkan dengan baik tanpa terkendala.

sesuai dimana di penyulang sebagai *main protection* dan di *incoming* sebagai *backup protection*.

Tabel 8. Waktu kerja *setting* Relai OCR dan GFR dilapangan

Jenis Gangguan	Jarak Gangguan	Arus Gangguan (A)		Status Rele		Waktu Kerja (s)			
		PLN	Perhitungan	OCR	GFR	OCR		GFR	
						PLN	Perhitungan	PLN	Perhitungan
L-L-L	25%	6611	5765	Bekerja	Tidak bekerja	0.243	0.298	-	-
	50%	5239	4161	Bekerja	Tidak bekerja	0.265	0.342	-	-
	75%	3482	3244	Bekerja	Tidak bekerja	0.317	0.442	-	-
	100%	2809	2654	Bekerja	Tidak bekerja	0.352	0.497	-	-
L-L	25%	5725	4993	Bekerja	Tidak bekerja	0.256	0.331	-	-
	50%	3958	3604	Bekerja	Tidak bekerja	0.298	0.391	-	-
	75%	3016	2809	Bekerja	Tidak bekerja	0.34	0.451	-	-
	100%	2433	2289	Bekerja	Tidak bekerja	0.381	0.513	-	-
L-L-G	25%	5442	5061	Bekerja	Bekerja	0.261	0.333	0.253	0.316
	50%	3839	3669	Bekerja	Bekerja	0.303	0.393	0.259	0.342
	75%	2778	2778	Bekerja	Bekerja	0.332	0.511	0.27	0.382
	100%	2116	2360	Bekerja	Bekerja	0.382	0.511	0.27	0.382

Berdasarkan tabel 4.8 bisa kita lihat bahwa kinerja *setting* relai di lapangan sudah sangat baik, itu karena waktu kerja *setting* relai yang ada di lapangan telah memenuhi standar penentuan *grading time* antar peralatan proteksi berdasarkan IEC 60255 yaitu sebesar 0,3 – 0,5 detik serta lebih cepat dibandingkan dengan hasil perhitungan. Dapat kita lihat waktu kerja terlama ada pada gangguan hubung singkat 2 fasa-tanah pada titik gangguan 100% dengan jarak 8.76 Km yaitu 0.382 s sedangkan hasil perhitungan diatas dari standar *grading time* yaitu 0.511, kita ketahui juga perbedaan waktu kerja relai terjadi dikarenakan nilai arus *setting* (Iset) dan TMS pada *setting* relai PLN dan perhitungan berbeda, serta bergantung juga terhadap besarnya arus gangguan yang ada.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan arus gangguan hubung singkat baik itu manual ataupun simulasi, dapat diketahui bahwa jarak titik terjadinya gangguan sangat berpengaruh terhadap nilai arus hubung singkat, dimana semakin dekat jarak gangguan maka semakin besar pula nilai arus gangguannya. Kita ambil contoh pada gangguan 3 fasa, arus gangguan terbesar ada pada titik gangguan 25% dengan jarak gangguan 2.16 Km yaitu 6396.5 A, sedangkan terkecil ada pada titik gangguan 100% dengan jarak 8.64 Km dengan arus gangguan sebesar 2656.1 A.

Berdasarkan perhitungan arus *setting* pada relai OCR dan GFR, dapat diketahui bahwa semakin besar nilai arus gangguan yang terjadi maka relai akan bekerja semakin cepat. Kita bisa lihat pada hasil perhitungan gangguan hubung singkat 3 fasa ketika ada arus gangguan sebesar 6396.5 A relai OCR bekerja dengan waktu 0.298 s sedangkan ketika ada gangguan sebesar 2656.1 A relai OCR bekerja lebih lama yaitu 0.497 s dengan selisih waktu 0.199 s.

Berdasarkan perbandingan dan analisa antara hasil perhitungan dan data yang ada di lapangan, dapat diketahui bahwa *setting* relai OCR dan GFR yang terpasang di lapangan sudah sangat baik karena telah memenuhi standar penentuan *grading time* antar peralatan proteksi berdasarkan IEC 60255 yaitu sebesar 0,3 – 0,5 detik, dimana kita lihat waktu kerja terlama ada pada gangguan hubung singkat 2 fasa-tanah pada titik gangguan 100% dengan jarak 8.76 Km yaitu 0.382 s. serta *setting* OCR dan GFR dilapangan masih dalam kondisi yang

UCAPAN TERIMA KASIH

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.

REFERENSI

- [1] Affandi, Irfan. 2009. Analisa Setting Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa di Gardu Induk Cawang. Depok : Universitas Indonesia.
- [2] Alridha, Khalik. 2009. "Evaluasi Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) Dan Gangguan Tanah (GFR) Pada Gardu Induk Garuda Sakti." Teknik Elektro Universitas Riau.
- [3] Bonar Pandjaitan, Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik, Andi, Yogyakarta 2012
- [4] Firdausi, Mega. 2016. Analisis Koordinasi Relai Arus Lebih dan Penutup Balik (Recloser) pada Penyulang Junrejo 20 kV Gardu Induk Sekaling Akibat Gangguan Arus Hubung Singkat. Malang : Universitas Brawijaya Malang.
- [5] Pandjaitan, B. 2012. Praktik - praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta : ANDI
- [6] OzomakiYourEngineeringSolutions, "Studi Analisa Hubung Singkat", <https://www.omazaki.co.id/studi-analisis-hubung-singkat/> [Diakses, 27 Agustus 2021]