

KOORDINASI KERJA RELAI ARUS LEBIH (OCR) DAN RELAI GANGGUAN TANAH (GFR) SAAT TERJADI HUBUNG SINGKAT

Akrina Fransiska Akwan¹, Yosef Lafean², Jakobus Kariongan³, Suparno⁴, Afner S. Sinaga⁵,
Tiper K.M. Uniplaita⁶

^{1,2,3,4,5,6} Teknik Elektro, Universitas Cenderawasih, Indonesia
Email: fransiskaakwan618@gmail.com

Info Artikel

Histori Artikel:
Diterima Jan 02, 2024
Direvisi Jan 015, 2024
Disetujui Feb 15, 2024

ABSTRACT

The distribution system is part of the electric power system that functions to distribute electrical energy to consumers. There are several kinds of disturbances that occur in the electric power distribution system. One of the disturbances that often occurs is short-circuit interference between phases and phase interference with the ground. Protection equipment is needed to overcome short-circuit faults, such as overcurrent relays and ground fault relays. In order for protection equipment to work properly, coordination of the protection system is needed. The purpose of this study is to be able to know. OCR and GFR uptime coordination system when a short circuit occurs on the Cenderawasih feeder. And it can simulate an electric power protection system using the Etap 12.6 program. This research method uses qualitative data at PT PLN (PERSERO) ULP Jayapura by analyzing the length of the feeder, short circuit current for 3 phase, 2 phase and 1 phase to the ground as well as setting OCR and GFR. The results of short circuit analysis of 3 phase, 2 phase and 1 phase to the ground give values for 3 phase (0,01 to 0,053 kA) for 2 phase (0,003 to 0,044 kA) and for 1 phase to the ground (2,508 to 2,5 kA) it is recommended that there is a need for periodic repair and maintenance, especially for 1 phase disturbance to the ground.

Keywords: Work Coordination, OCR, GFR

ABSTRAK

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik ke konsumen. Terdapat beberapa macam gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan fasa dengan tanah. Peralatan proteksi dibutuhkan untuk mengatasi adanya gangguan hubung singkat, seperti relai arus lebih dan relai gangguan tanah. Agar peralatan proteksi dapat bekerja dengan baik, dibutuhkan koordinasi sistem proteksi. Tujuan Penelitian ini yaitu dapat mengetahui. Sistem Koordinasi waktu kerja OCR dan GFR saat terjadi Hubung singkat pada penyulang Cenderawasih. Dan dapat mensimulasikan sistem proteksi tenaga listrik menggunakan program Etap 12.6. Metode penelitian menggunakan data kualitatif dan kuantitatif di PT. PLN (PERSERO) ULP Jayapura dapat memerlukan analisis panjang penyulang, arus hubung singkat untuk 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah serta setting relay, OCR dan GFR. Hasil analisis hubung singkat 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah memberikan nilai selisih untuk arus hubung singkat 3 fasa sebesar (0,01 sampai dengan 0,053 kA), 2 fasa sebesar (0,003 sampai dengan 0,044 kA) dan untuk 1 fasa ke tanah (2,508 sampai dengan 2,5 kA) disarankan untuk adanya perbaikan dan perawatan berkala khususnya untuk gangguan 1 fasa ke tanah.

Kata Kunci: Koordinasi Kerja, OCR, GFR

Penulis Korespondensi:

Akrina Fransiska Akwan,
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Cenderawasih,
Email: fransiskaakwan618@gmail.com

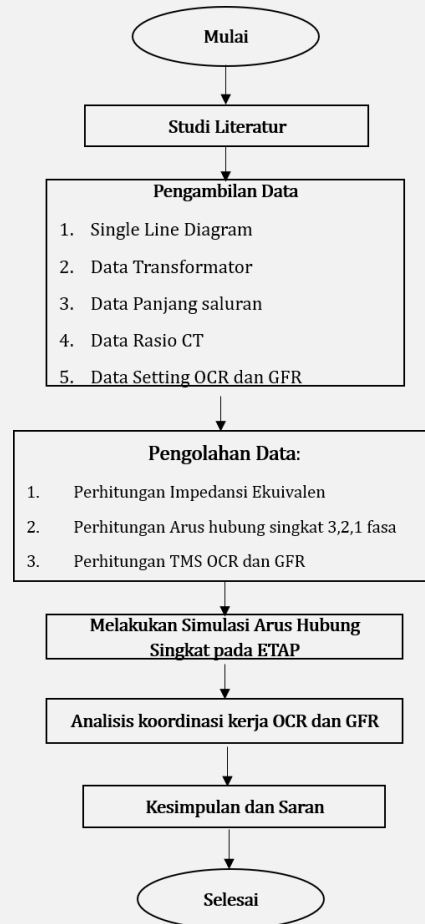
1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan Sistem tenaga listrik merupakan sebuah sistem yang terdiri dari beberapa bagian-bagian yang saling terhubung dan bekerja sama untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Sistem ini meliputi Pembangkit, transmisi dan distribusi. Kegagalan pada instalasi sistem tenaga listrik tidak mungkin dapat dihindari untuk mengurangi kerusakan dan memperkecil daerah gangguan maka dibutuhkan sistem proteksi. Khususnya pada saluran distribusi, gangguan yang mungkin terjadi sebagian besar adalah gangguan hubung singkat, baik hubung singkat tiga fasa, antar fasa atau hubung singkat antara fasa dengan tanah. Salah satu alat yang termasuk sistem proteksi tersebut dinamakan relai.

Pada permasalahan ini dimana didapatkan sistem proteksi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) dapat bekerja sebagai proteksi utama apabila terjadi gangguan di dalam transformator maka relai differensial mengalami kegagalan proteksi. Berdasarkan referensi dan permasalahan yang ada, sehingga Penulis tertarik dan akan mengangkat judul "Koordinasi Kerja Relai Arus Lebih (OCR) Dan Relai Gangguan Tanah (GFR) Saat Terjadi Arus Hubung Singkat Di Gardu Distribusi Pada Penyulang Cendrawasih ULP Jayapura".

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dan pengambilan data dilakukan di PT.PLN (PERSERO) Unit Layanan Pelanggan Kota Jayapura pada bagian teknik distribusi. Metode yang digunakan adalah observasi dan wawancara kemudian di dapatkan meliputi data single line penyulang cendrawasih, data transformator, data panjang penyulang, data rasio CT dan data setting OCR dan GFR. Lalu dari data-data tersebut dilakukan analisa perhitungan manual arus hubung singkat 3,2 1 fasa ke tanah dan dilakukan perbandingan dengan simulasi *short circuit* software ETAP 12.6.0.

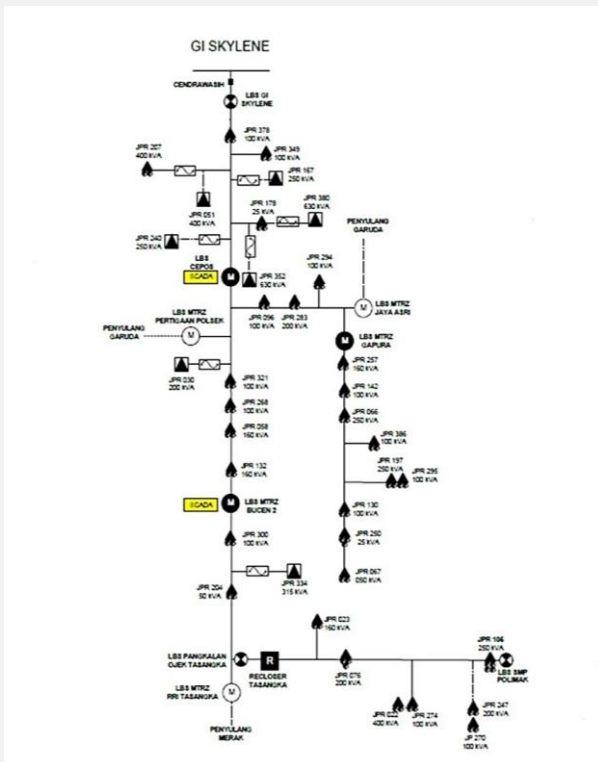


Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Pada pengambilan data Penyulang Cenderawasih di PT.PLN (PERSERO) ULP Jayapura:



Gambar 2. Single Line Penyulang Cenderwasih

Tabel 1. Data Penyulang Cenderwasih

DATA	NILAI
Panjang Penyulang	5,24 kms
Ukuran Penghantar AAAC-S	150 [mm] ^2
Impendansi Ururtan Postif Penghantar	0,1961 + j 0,3305
Impendansi Ururtan Negatif Penghantar	0,3441 + j 1,6180

(Sumber : PT.PLN ULP Jayapura)

3.2 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam jaringan (sistem kelistrikan) ada 3, yaitu :

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa
2. Gangguan hubung singkat 2 fasa
3. Gangguan hubung singkat 1 fasa

Perhitungan Gangguan Hubung Singkat ini dihitung besarnya berdasarkan panjang penyulang, yaitu diasumsikan terjadi di 0%,10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% dan 100% pada Penyulang.

Perhitungan Impedansi Sumber

Data Hubung Singkat di bus sisi primer (150 kV) di Gardu Induk Skyline adalah sebesar 6495,191 MVA Maka impedansi sumber (X_s) adalah :

$$X_s (sisi 150 kV) = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_s (sisi 150 kV) = \frac{(150)^2}{6495,191}$$

$$= \frac{22.500}{6495,191}$$

$$X_s (sisi 150 kV) = 3,4641 \Omega$$

Untuk mengkonversikan Impedansi yang terletak di sisi 150 kV ke sisi 20 kV, dapat dihitung sebagai berikut :

$$X_s (sisi 20 kV) = \frac{kV^2}{MVA^2} \times X_s (sisi 150 kV)$$

$$X_s (sisi 20 kV) = \frac{20^2}{150^2} \times 3,4641$$

$$X_s (sisi 20 kV) = 0,0616 \Omega$$

Menghitung Reaktansi Trafo

Besarnya reaktansi Trafo di GI Skyline adalah 12,79 % untuk mengetahui reaktansi urutan positif - negatif dan reaktansi urutan nol dalam ohm maka perlu dihitung besarnya nilai ohm pada 100%.

$$X_T (Pada 100 \%) = \frac{kV^2 (sisi bus)}{MVA (trafo)}$$

$$X_T = \frac{(20)^2}{60} = j 6,6667 \Omega$$

Nilai Reaktansi Trafo Tenaga :

Reaktansi Urutan positif ($X_{t1} = X_{t2}$), dengan $Z = 12,79 \%$ maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$X_{t1} = X_{t2} = 12,79 \% \times 6,6667$$

$$= j 0,8527 \Omega$$

Reaktansi Urutan Nol (X_{t0})

Data Trafo Tenaga mempunyai hubungan belitan Yyn0+d yang tidak mempunyai belitan delta didalamnya, maka besarnya $[X_t]_0$ berkisar antara 9 s.d. 14. Dalam perhitungan ini Penulis mengambil Nilai $X_{t0} = 10$.

$$X_{t0} = 10 \times 0,85267 = 8,527 \Omega$$

Menghitung Impedansi Penyulang

Pada penyulang cenderwasih diketahui panjang Penyulang 5,24 kms dan diperoleh data jenis kabel yang dipakai AAAC-S. Untuk menghitung menghitung impedansi penyulang adalah sebagai berikut :

Impedansi Urutan Positif, Negatif :

$$Z_1 = Z_2 (AAAC-S 150 mm^2)$$

$$Z_1 = (0,1961 + j 0,3305) \times 5,24$$

$$Z_1 = 1,0276 + j1,7318 \Omega$$

Impedansi Urutan Nol (Z_0)

$$Z_0 (AAAC - S 150 mm^2)$$

$$Z_0 = (0,3441 + j1,6180) \times 5,24$$

$$Z_0 = 1,8031 + j8,4783 \Omega$$

Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan

Menghitung impedansi Ekuivalen jaringan urutan ($Z_{1eq} = Z_{2eq}$) sebagai berikut :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = X_s + X_t + Z_1 \text{ penyulang}$$

$$= j 0,06158 + 0,85267 + Z_{1\text{penyulang}}$$

$$= j 0,9143 + (R + jX)_{1\%} \text{ panjang penyulang}$$

Menghitung impedansi Ekuivalen jaringan urutan (Z_{0eq}) sebagai berikut :

$$Z_{0eq} = X_{t0} + 3 R_N + Z_{0\text{penyulang}}$$

$$= j8,527 + (3 \times 40) + Z_{0\text{penyulang}}$$

$$= j8,527 + 120 + Z_{0\text{penyulang}}$$

3.3 Menghitung Arus hubung Singkat Fasa

Perhitungan Arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung sebagai berikut :

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

$$I_{3\text{fasa}} = \frac{11547,0054}{0 + j 0,914251}$$

$$= \frac{11547,0054}{\sqrt{0^2 + j 0,914251^2}}$$

$$= 12629,8003 \text{ A dengan jarak (0\%)}$$

Perhitungan 10% sampai dengan 100% dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Arus hubung Singkat

Jarak Saluran	Arus Hubung Singkat 3 Fasa ($\frac{11547,0054}{Z_{eq1}}$)	Hasil
0%	$\frac{11547,0054}{0 + j 0,9143} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0^2 + j 0,9143^2}}$	12629,34 A
10%	$\frac{11547,0054}{0,1028 + j 1,4338} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,1028^2 + j 1,4338^2}}$	8032,585 A
20%	$\frac{11547,0054}{0,2055 + j 1,9534} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,2055^2 + j 1,9534^2}}$	5878,852 A
30%	$\frac{11547,0054}{0,3083 + j 2,4729} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,3083^2 + j 2,4729^2}}$	4633,511 A
40%	$\frac{11547,0054}{1,4280 + j 2,9924} = \frac{11547,0054}{\sqrt{1,4280^2 + j 2,9924^2}}$	3482,503 A
50%	$\frac{11547,0054}{0,5138 + j 3,5119} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,5138^2 + j 3,5119^2}}$	3253,241 A
60%	$\frac{11547,0054}{0,6166 + j 4,0314} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,6166^2 + j 4,0314^2}}$	2831,245 A
70%	$\frac{11547,0054}{0,7193 + j 4,5509} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,7193^2 + j 4,5509^2}}$	2506,093 A
80%	$\frac{11547,0054}{0,8221 + j 5,0704} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,8221^2 + j 5,0704^2}}$	2247,885 A
90%	$\frac{11547,0054}{0,9248 + j 5,5899} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,9248^2 + j 5,5899^2}}$	2037,896 A
100%	$\frac{11547,0054}{1,0276 + j 6,1094} = \frac{11547,0054}{\sqrt{1,0276^2 + j 6,1094^2}}$	1863,769 A

Perhitungan Arus Gangguan hubung singkat 2 fasa

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

$$I_{2\text{fasa}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\text{fasa}}$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \times 12629,3398$$

$$= 10937,7278 \text{ jarak (0\%)}$$

Tabel 3. Perhitungan Arus Hubung Singkat 2 Fasa

Jarak Saluran	Arus Hubung Singkat 2 Fasa ($\frac{11547,0054}{Z_{eq1}}$)	Hasil
0%	$\frac{11547,0054}{0 + j 0,9143} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0^2 + j 0,9143^2}}$	12629,34 A
10%	$\frac{11547,0054}{0,1028 + j 1,4338} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,1028^2 + j 1,4338^2}}$	8032,585 A
20%	$\frac{11547,0054}{0,2055 + j 1,9534} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,2055^2 + j 1,9534^2}}$	5878,852 A

30%	$\frac{11547,0054}{0,3083 + j 2,4729} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,3083^2 + j 2,4729^2}}$	4633,511 A
40%	$\frac{11547,0054}{1,4280 + j 2,9924} = \frac{11547,0054}{\sqrt{1,4280^2 + j 2,9924^2}}$	3482,503 A
50%	$\frac{11547,0054}{0,5138 + j 3,5119} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,5138^2 + j 3,5119^2}}$	3253,241 A
60%	$\frac{11547,0054}{0,6166 + j 4,0314} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,6166^2 + j 4,0314^2}}$	2831,245 A
70%	$\frac{11547,0054}{0,7193 + j 4,5509} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,7193^2 + j 4,5509^2}}$	2506,093 A
80%	$\frac{11547,0054}{0,8221 + j 5,0704} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,8221^2 + j 5,0704^2}}$	2247,885 A
90%	$\frac{11547,0054}{0,9248 + j 5,5899} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,9248^2 + j 5,5899^2}}$	2037,896 A
100%	$\frac{11547,0054}{1,0276 + j 6,1094} = \frac{11547,0054}{\sqrt{1,0276^2 + j 6,1094^2}}$	1863,769 A

Perhitungan Arus hubung singkat 1 fasa ke tanah

$$I_{1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{(2 \times Z_{1eq}) + Z_{0eq}}$$

$$I_{1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{(2 \times (0 + j 0,9143)) + 120 + j 8,5270}$$

$$I_{1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{0 \times j 1,8286 + 120 + j 8,5270}$$

$$I_{1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{120 + j 10,355172}$$

$$I_{1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{\sqrt{120^2 + 10,3556^2}}$$

$$I_{1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{120,4460}$$

$$I_{1\text{fasa}} = 287,6062 \text{ A (Jarak 0\%)}$$

Perhitungan 10% sampai dengan 100% dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa

Jarak Saluran	$2 \times Z_{1eq}$		Z_{0eq}		Z_{Total}	Arus 1 Fasa (A)
	R	jX	R	jX		
0%	0	1,8286	120	8,5270	120,3102	287,6062
10%	0,2056	2,1750	120,1803	9,3748	120,5552	286,43454
20%	0,4110	2,5214	120,3606	10,2227	120,8061	285,24708
30%	0,6166	2,8676	120,5409	11,0705	121,0626	284,04373
40%	0,8221	3,2140	120,7212	11,9183	121,3331	278,24044
50%	1,0275	3,5604	120,9016	12,7662	121,5925	281,59451
60%	1,2332	3,9068	121,0819	13,6140	121,8659	280,3498
70%	1,4386	4,2532	121,2622	14,4618	122,1448	279,09337
80%	1,6442	4,5994	121,4425	15,3096	122,4292	277,82509
90%	1,8496	4,9458	121,6228	16,1575	122,7190	276,54661
100%	2,0552	5,2922	121,8031	17,0053	123,0143	275,25782

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat 3 Fasa, 2 Fasa dan 1 fasa ketanah berdasarkan lokasi gangguan dengan jarak 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% dan 100% dapat di lihat Tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4. Perhitungan Arus Hubung Singkat 3,2, dan 1 Fasa

Jarak		Arus Hubung Singkat (A)		
%	km	3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa
0%	0	12629,34	10937,3	287,6062
10%	0,524	8032,585	6956,42	286,43454
20%	1,048	5878,852	5091,24	285,24708
30%	1,572	4633,511	4012,74	284,04373
40%	2,096	3482,503	3015,94	278,24044
50%	2,62	3253,241	2817,39	281,59451
60%	3,144	2831,245	2451,93	280,3498
70%	3,668	2506,093	2170,34	279,09337
80%	4,192	2247,885	1946,73	277,82509

90%	4,716	2037,896	1764,87	276,54661
100%	5,24	1863,769	1614,07	275,25782

Dapat disimpulkan semakin besar perhitungan Arus hubung singkat 3 Fasa, 2 Fasa dan 1 Fasa ke tanah besarnya nilai Arus gangguan dipengaruhi jarak titik gangguan semakin jauh jarak gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya. Arus hubung singkat terbesar pada Arus Hubung singkat 3 Fasa dengan nilai 12629,34 A pada jarak 0% nilai ini akan digunakan untuk menghitung TMS Relai Arus Lebih (OCR) dan Arus hubung singkat terkecil pada Arus hubung singkat 1 Fasa dengan nilai 275,2572 A dengan Jarak gangguan 100% nilai arus ini akan digunakan untuk menghitung TMS Relai gangguan tanah (GFR).



Gambar 3. Grafik Arus hubung singkat vs Jarak gangguan

3.4 Menghitung Penyetelan Relai Arus lebih

Setelan relai disisi 20 kV (*Outgoing*)

a. Setelan Arus

$$I_{set (primer)} = 300 \text{ A}$$

$$I_{set (sekuder)} = 5 \text{ A}$$

b. TMS relai arus lebih :

$$TMS = \frac{t \times \left[\left\{ \frac{I_{3 \text{ fasa}}}{I_{set}} \right\}^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$Tms = \frac{0,3 \times \left[\left\{ \frac{12629,800}{5} \right\}^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$Tms = 0,17$$

Setelan relai disisi hulu 20 kV (*incoming*)

a. Setelan Arus

$$I_{set (primer)} = 1454,9227 \text{ A}$$

$$I_{set (sekuder)} = 3,637 \text{ A}$$

b. TMS relai arus lebih :

$$t = \frac{0,14 \times Tms}{\left[\frac{I_{Fault}}{I_{Set}} \right]^{0,02} - 1}$$

$$0,7 = \frac{0,14 \times Tms}{\left[\frac{12629,800}{1454,9227} \right]^{0,02} - 1}$$

$$Tms = 0,22.$$

3.5 Menghitung Penyetelan Relai Arus gangguan Tanah

Setelan relai disisi 20 kV (*Outgoing*)

a. Setelan Arus

$$I_{set (primer)} = 22,528 \text{ A}$$

$$I_{set (sekuder)} = 0,375 \text{ A}$$

b. TMS relai Gangguan Tanah :

$$TMS = \frac{t \times \left[\left\{ \frac{I_{1 \text{ fasa}}}{I_{set}} \right\}^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = \frac{0,3 \times \left[\left\{ \frac{287,6062}{22,528} \right\}^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$Tms = 0,11$$

Tabel 4 Perbandingan hasil perhitungan dan data di lapangan

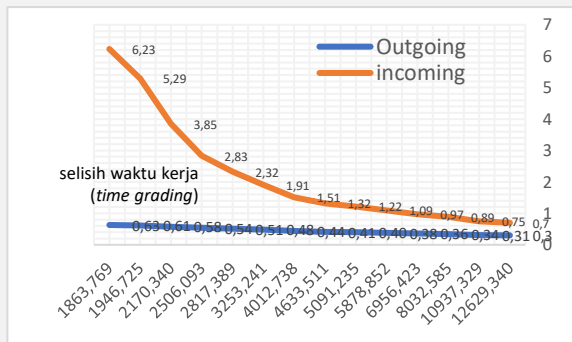
No.	Nama Relay	Data Hasil Perhitungan		Data Yang Terpasang	
1	OCR (Sisi <i>Outgoing</i>)	Iset	300	Iset	300
		Tms	0,17	Tms	0,05
		Rasio CT	300/5	Rasio CT	300/5
		t rerja	0,3	t rerja	0,3
2	GFR (Sisi <i>Outgoing</i>)	Iset	22,021	Iset	30
		Tms	0,11	Tms	0,14
		Rasio CT	300/5	Rasio CT	300/5
		t rerja	0,3	t rerja	0,3
3	OCR (Sisi <i>Incoming</i>)	Iset	1454,9227	Iset	2000
		Tms	0,22	Tms	0,23
		Rasio CT	2000/5	Rasio CT	2000/5
		t rerja	0,7	t rerja	0,7
4	GFR (Sisi <i>Incoming</i>)	Iset	27,526	Iset	30
		Tms	0,24	Tms	0,05
		Rasio CT	2000/5	Rasio CT	2000/5
		t rerja	0,7	t rerja	0,7

Tabel 4 memperlihatkan setting relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR) pada sisi penyulang (*outgoing*) dan di sisi masukan penyulang (*incoming*). Hasil perhitungan dengan data yang diperoleh di lapangan memperlihatkan hasil yang agak sedikit berbeda. Dimana ada *settingan* relai yang tidak sesuai yaitu pada *setting* OCR sisi *Outgoing* Tmsnya = 0,17 berbeda dengan data lapangan

sehingga jika terjadi gangguan pada hubung singkat pada 3 fasa dan 2 fasa maka waktu kerja relai akan memerlukan waktu lebih lama. Hal yang sama terjadinya juga pada GFR sisi *Incoming* dimana Tmsnya = 0,24 sehingga jika terjadi gangguan 1 fasa ketanah maka waktu kerja relainya juga memerlukan waktu yang lebih lama.

Tabel 5 Hasil Pemeriksaan waktu kerja Relai Arus Lebih (OCR)

Arus Hubung Singkat (A)	Waktu Kerja (detik)		Selisih Waktu Kerja (detik)
	<i>Outgoing</i>	<i>Incoming</i>	
12629,3	0,3	0,7	0,4
10937,3	0,31	0,75	0,44
8032,58	0,34	0,89	0,55
6956,42	0,36	0,97	0,61
5878,85	0,38	1,09	0,71
5091,23	0,40	1,22	0,82
4633,51	0,41	1,32	0,91
4012,73	0,44	1,51	1,07
3253,24	0,48	1,91	1,43
2817,38	0,51	2,32	1,82
2506,09	0,54	2,83	2,29
2170,34	0,58	3,85	3,27
1946,72	0,61	5,29	4,68
1863,76	0,63	6,23	5,6



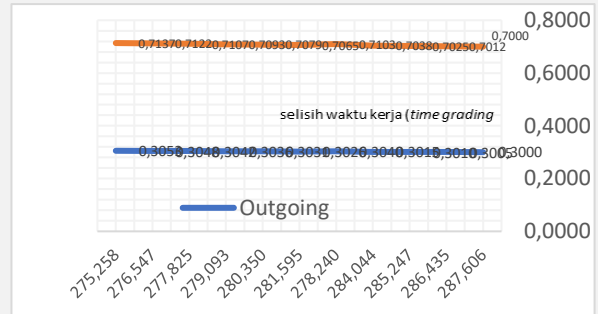
Gambar 4. Grafik Waktu kerja relai Arus lebih (OCR)

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa waktu kerja relai arus lebih memiliki selisih waktu sebesar 0,4 sampai dengan 5,6 detik tidak masuk dalam Standar IEEE 242- 1985 *Time grading* yaitu 0,2 detik sampe dengan 0,4 detik.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan waktu kerja Relai Gangguan Tanah (GFR)

Arus Gangguan 1 Fasa ke Tanah (A)	Waktu Kerja (detik)		Selisih Waktu Kerja (detik)
	<i>Outgoing</i>	<i>Incoming</i>	
287,606	0,3000	0,7000	0,4000
286,435	0,3005	0,7012	0,4008
285,247	0,3010	0,7025	0,4015
284,044	0,3015	0,7038	0,4023
278,240	0,3040	0,7103	0,4062
281,595	0,3026	0,7065	0,4040
280,350	0,3031	0,7079	0,4048
279,093	0,3036	0,7093	0,4057

277,825	0,3042	0,7107	0,4065
276,547	0,3048	0,7122	0,4074
275,258	0,3053	0,7137	0,4083

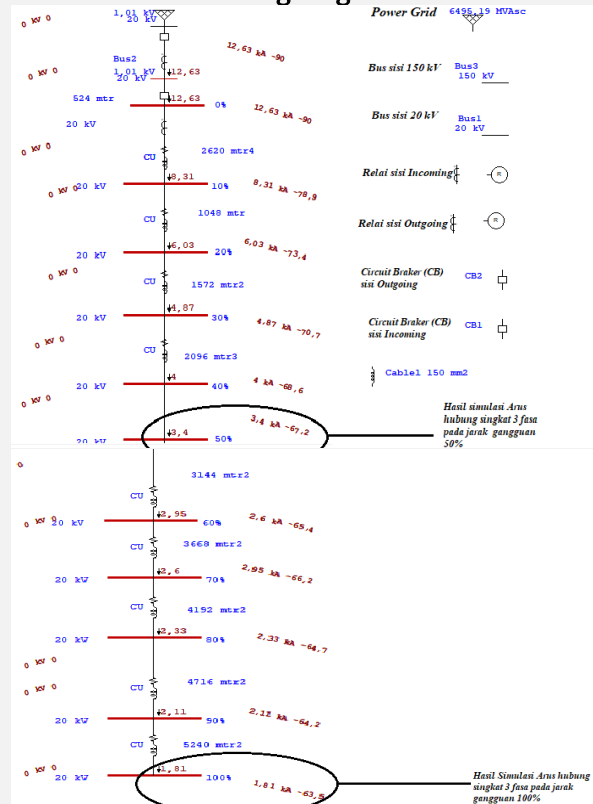


Gambar 5. Grafik Waktu Kerja Relai Gangguan Tanah (GFR)

Berdasarkan Grafik di atas dapat disimpulkan bahwa waktu kerja relai arus gangguan tanah (GFR) memiliki selisih waktu sebesar 0,4 sampai dengan 0,4083 detik, maka nilai ini masuk dalam standar *Time grading* IEEE 242-1986 yaitu nilai *time grading* 0,2 sampai dengan 0,4 detik.

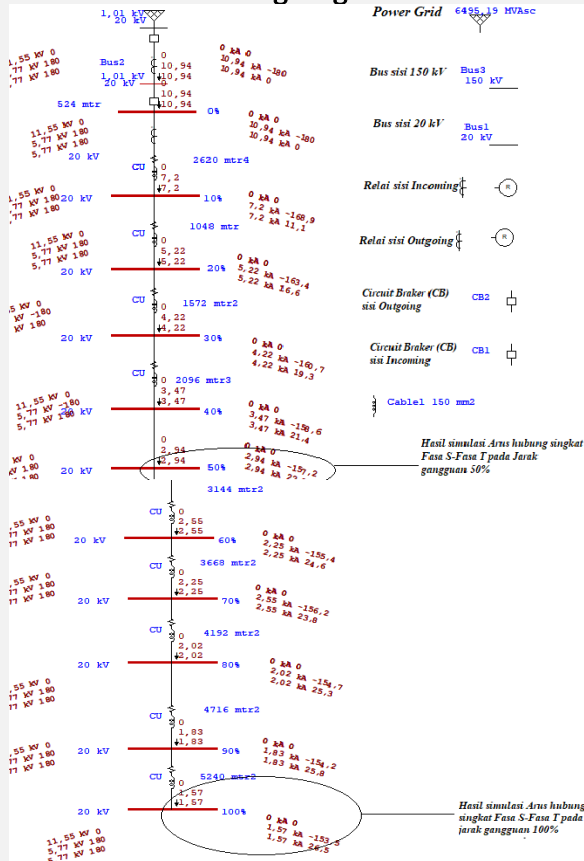
3.6 Hasil Simulasi ETAP

Simulasi Arus Hubung Singkat 3 Fasa



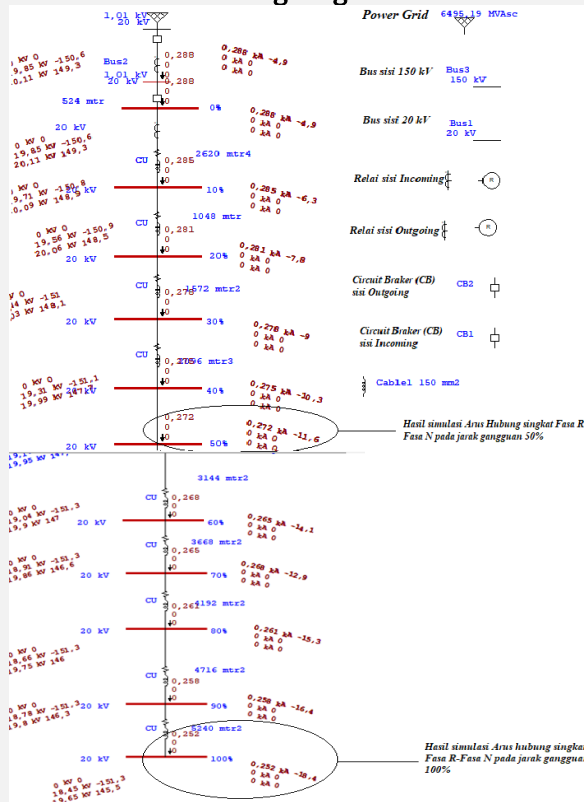
Gambar 6. Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 Fasa

Simulasi Arus Hubung Singkat 2 Fasa



Gambar 7. Hasil Simulasi Hubung Singkat Fasa S-Fasa T

Simulasi Arus Hubung Singkat 3 Fasa



Gambar 8. Hasil Simulasi Hubung Singkat Fasa R-Fasa N

Tabel 7. Hasil Simulasi Hubung Singkat Penyulang Cenderawasih Menggunakan Etap

Lokasi Gangguan Pada Penyulang	Arus Hubung Singkat (kA)			
	%	km	3 Fasa	Fasa S-Fasa T
0%	0	12,63	10,94	0,288
10%	524	8,31	7,2	0,285
20%	1048	6,03	5,22	0,281
30%	1572	4,87	4,22	0,278
40%	2096	4	3,47	0,275
50%	2620	3,4	2,94	0,272
60%	3144	2,95	2,55	0,268
70%	3668	2,6	2,25	0,265
80%	4192	2,33	2,02	0,261
90%	4716	2,11	1,83	0,258
100%	5240	1,81	1,57	0,252

Tabel 8. Selisih Nilai Arus Hubung Singkat Perhitungan dan Simulasi ETAP

Jarak Saluran	Selisih Nilai A.H.S Perhitungan dan Simulasi Etap	Selisih Nilai A.H.S Perhitungan dan Simulasi Etap		
		%	m	3 Fasa
0%	0	0,01	0,003	2,508
10%	524	0,278	0,244	2,579
20%	1048	0,152	0,129	2,571
30%	1572	0,837	0,208	2,562
40%	2096	0,518	0,455	2,507
50%	2620	0,144	0,123	2,547
60%	3144	0,119	0,099	2,535
70%	3668	0,094	0,08	2,522
80%	4192	0,083	0,074	2,517
90%	4716	0,073	0,066	2,507
100%	5240	0,053	0,044	2,5

4. PENUTUP

Dari perhitungan arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah, dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan. Ketika titik lokasi gangguan semakin jauh, maka nilai arus gangguan hubung singkat semakin kecil, dan sebaliknya. Terdapat perbedaan pada TMS antara data hasil perhitungan dan data lapangan, di mana hasilnya adalah TMS OCR (sisi outgoing) = 0,17 dan TMS GFR (sisi incoming) = 0,24, sedangkan data yang terpasang menunjukkan TMS OCR (sisi outgoing) = 0,05 dan TMS GFR (sisi incoming) = 0,05. Perbedaan ini bisa terjadi karena dipengaruhi nilai arus hubung singkat pada arus hubung singkat 3 fasa dan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah. Dari hasil simulasi koordinasi pada ETAP, didapatkan nilai arus hubung singkat terbesar sebesar 12,63 kA dan nilai arus hubung singkat terkecil sebesar 0,252 kA. Hasil ini sedikit berbeda dengan hasil perhitungan, dengan selisih perbedaan antara 0,01 A hingga 2,579 A.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, peneliti memberikan beberapa saran. Pertama, adanya perbedaan hasil perhitungan dengan data yang ada di lapangan pada OCR sisi incoming dan GFR sisi outgoing menunjukkan perlunya evaluasi kembali terhadap penyetelan relai tersebut. Kedua, disarankan untuk lebih memperhatikan gangguan 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah, terutama jenis gangguan 1 fasa ke tanah yang sering terjadi hubung singkat. Pemeliharaan secara berkala sangat diperlukan untuk menghindari terjadinya hubung singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdulah, I., Handoko, S., & Juningtyastuti. (2016, September 3). Evaluasi Setting OCR, GFR dan Recloser pasca Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Trafo 2 Gardu Induk Sronдол Semarang Menggunakan Etap 12.6.0. *Transient*, 2-9. Dipetik Oktober 14, 2023
- [2] Annisa, & Shahnaz. (2019, Desember 18). Analisis Setting Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Recloser Hangtuah Feeder Kulim PT.PLN (PERSERO) Area Pekanbaru. 1-100. Dipetik Oktober 18, 2023
- [3] Astuti, Y., Sugiyanto, Naim, M. Y., & Syarifuddin, A. (2021, Maret 1). Analisis Koordinasi Rele OCR (Over Current Relay) dan Rele GFR (Ground Fault Relay) Pada Feeder 20 kV PT.PPLN (PERSERO) Gardu Induk Pinrang. *Jurnal Logitech*, 1-7. Dipetik Oktober 16, 2023
- [4] Dermawan, E., & Nugroho, D. (2022). Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di sistem Proteksi feeder gadu induk 20 kV Jababeka. 1-6. doi: 10.24853/elektum.14.2.43-48
- [5] Himawan, D. (2016, Mei 10). Analisa Setting Relai Arus Lebih (OCR) dan Relai Gangguan Tanah (GFR) Pada Penyulang Parang Banua Di Gardu Induk Sunggiminasa. 1-92. Dipetik Oktober 2, 2023
- [6] Ramadhan, A. R., & Zakri, A. A. (2020, Desember). Evaluasi Koordinasi OCR dan GFR Di Gardu Induk Distribusi. *Jom FTEKNIK*, 1-10. Dipetik Oktober 12, 2023
- [7] Ridha, K. A., & Firdaus. (2016, Februari 1). Evaluasi Koordinasi Relay Arus lebih (OCR) dan Gangguan Tanah (GFR) Pada Gardu Induk Garuda Sakti Pekan Baru. *Jom FTEKNIK*, 1-10. Dipetik Oktober 18, 2023
- [8] Sembiring, V. D. (2023, Februari). Analisis Kinerja Komponen Proteksi Akibat Gangguan Hubung Singkat Di Gardu Induk (G.I) Skyline Jayapura. 1-81. Dipetik September 2023, 2023
- [9] Sumitro, P. (2017). Penggunaan Etap 12.6.0 sebagai software Analisis Powet Quality.
- [10] Wahyudi, S. (2016). *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta, Indonesia: Garamond.