



Analisis Koordinasi Proteksi OCR dan GFR Pada Trafo 60 MVA di Gardu Induk Tallasa

Ramlan¹, Sarma Thaha², Nirwan A.Noor³.

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia
e-mail: ¹ramlannov2000@gmail.com, ²sarma.thaha@gmail.com, ³nirwanpnup@gmail.com

Abstrak

Gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik berupa gangguan hubung singkat antar fasa maupun gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Pengaman yang digunakan pada gangguan hubung singkat fasa-fasa yaitu Over Current Relay (OCR) sedangkan untuk hubung singkat fasa ke tanah yaitu Ground Fault Relay (GFR). Penelitian ini dilakukan pada Trafo 60 MVA di GI Tallasa untuk menganalisis koordinasi relai proteksi OCR dan GFR baik sisi penyulang 20 kV, sisi incoming 20 kV, dan sisi 150 kV Trafo. Penelitian ini dilakukan dengan metode perhitungan manual kemudian melakukan simulasi menggunakan software DigSILENT PowerFactory 15.1.7. Hasil pengecekan koordinasi existing Setting relai didapatkan koordinasi GFR yang telah sesuai sedangkan untuk OCR didapatkan koordinasi yang tidak sesuai dengan urutan kerja relai, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kesalahan urutan kerja relai antara sisi penyulang, incoming, dan sisi 150 kV. Untuk itu perlu diadakan resetting relai OCR. Hasil perhitungan diperoleh nilai Setting penyulang, Iset = 5,5 Ampere, TMS = 0,138. Setting incoming, Iset = 4,74 Ampere, TMS = 0,189. Setting OCR 150 kV, Iset = 8,46 Ampere, TMS = 0,27. Hasil simulasi koordinasi resetting menunjukkan urutan kerja relai OCR sisi penyulang, incoming 20 kV, dan sisi 150 kV telah terkoordinasi dengan baik.

Kata Kunci - Hubung singkat, Sistem proteksi, Koordinasi, OCR, GFR.

Abstrack

Disturbances that often occur in the electric power system are in the form of short-circuit faults between phases and short-circuit faults between phases to ground. The protection used for short-circuit faults is the Over Current Relay (OCR) while the Ground Fault Relay (GFR) is used for the short-circuit phase to ground. This research was conducted on a 60 MVA transformer at the Tallasa Substation to analyze the coordination of the OCR and GFR protection relays on the 20 kV feeder side, 20 kV incoming side, and 150 kV transformer side. This research was conducted by manual calculation method and then perform simulation using DigSILENT PowerFactory 15.1.7 software. The results of checking the coordination of the existing relay Settings obtained that the GFR coordination was appropriate, while for OCR it was found that the coordination was not in accordance with the relay working order, so that it could cause an error in the relay working order between the feeder, incoming, and 150 kV sides. For this reason, it is necessary to reset the OCR relay. The calculation results obtained the value of the feeder Setting, Iset = 5.5 Ampere, TMS = 0.138. Incoming Settings, Iset = 4.74 Ampere, TMS = 0.189. Setting OCR 150 kV, Iset = 8.46 Ampere, TMS = 0.27. The results of the resetting coordination simulation show that the OCR relay working sequence on the feeder side, incoming 20 kV, and 150 kV side has been well coordinated.

Keywords - Short circuit, Protection system, Coordination, OCR, GFR.

1. PENDAHULUAN

Dalam penyaluran energi listrik akan terjadi kondisi tidak normal (gangguan) yang menyebabkan terganggunya kelangsungan pelayanan energi listrik terhadap konsumen. Gangguan-gangguan tersebut jika tidak segera diamankan maka dapat menyebabkan gangguan semakin meluas dan merusak peralatan yang ada pada sistem tenaga listrik sehingga diperlukan sistem proteksi untuk mengamankan penyaluran energi listrik tetap terjaga [1]. Pada umumnya, bentuk gangguan yang sering terjadi yaitu gangguan hubung singkat, baik berupa hubung singkat tiga fasa, antar fasa, ataupun hubung singkat fasa ke tanah. Peralatan proteksi yang digunakan dalam mengatasi adanya gangguan hubung singkat, biasanya dipakai peralatan proteksi berupa relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR) [2].

Untuk mencegah gangguan semakin meluas serta mencegah kerusakan peralatan akibat adanya gangguan hubung singkat maka perlu dilakukan koordinasi relai OCR pada Trafo, baik sisi penyulang 20 kV, sisi *incoming* 20 kV, dan sisi 150 kV begitupun untuk koordinasi relai GFR untuk proteksi terhadap gangguan ke tanah. Sehingga, peralatan proteksi yang berada di titik terdekat dengan gangguan harus beroperasi terlebih dahulu (proteksi utama). Kemudian *dibackup* dengan proteksi cadangan.

Adapun dari hasil pengecekan koordinasi OCR dan GFR pada trafo 60 MVA di Gardu Induk Tallasa didapatkan koordinasi GFR yang telah sesuai sedangkan untuk koordinasi OCR didapatkan koordinasi urutan kerja relai yang tidak sesuai. Sehingga, perlu diadakan *resetting* relai proteksi *Over Current Relay* pada trafo 60 MVA di Gardu Induk Tallasa.

1.1. Pengacuan Pustaka

A. Sistem Proteksi

Sistem proteksi tenaga listrik merupakan suatu sistem pengamanan yang digunakan untuk mengamankan peralatan listrik apabila terjadi gangguan atau kondisi abnormal. Sistem proteksi harus dapat bekerja dalam waktu yang sangat cepat sehingga gangguan dapat terisolir [3].

B. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat didefinisikan sebagai hubungan keduksi sengaja atau tidak sengaja melalui hamba tan atau impedansi yang cukup rendah antara dua atau lebih titik yang dalam keadaan normalnya mempunyai beda potensial (bertegangan) atau terjadinya kontak konduktor fasa yang berbeda pada sistem tenaga listrik [4]. Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi dalam jaringan yaitu:

- 1) Gangguan hubung singkat tiga fasa
- 2) Gangguan hubung singkat dua fasa
- 3) Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

Perhitungan arus gangguan hubung singkat dilakukan dengan beberapa tahap perhitungan sebagai berikut.

1) Impedansi Sumber

Impedansi sumber di bus 150 kV diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$X_S = \frac{kV^2}{MVA} \quad (1)$$

Dimana :

X_S = Impedansi sumber (Ω)

kV^2 = Tegangan primer trafo tenaga (kV)

MVA = Data hubung singkat di bus 150 kV

Untuk menghitung impedansi sumber sisi bus 20 kV diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$X_{S(sisi\ 20kV)} = \frac{20^2}{150^2} \times X_{S(sisi\ 150kV)} \quad (2)$$

2) Impedansi Trafo

$$X_{t(pada\ 100\%)} = \frac{kV^2}{MVA} \quad (3)$$

Dimana :

X_t = Impedansi trafo (Ω)

kV^2 = Tegangan sekunder trafo tenaga (kV)

Untuk mencari reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1}=X_{t2}$) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$X_{t1} = X_{t2} = \text{ImpedansiTrafo}(\%) \times X_t (100) \quad (4)$$

3) Impedansi Penyulang

Impedansi penyulang dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut

$$Z_1=Z_2= \text{Penyulang (km)} \times Z_1 \text{ per km}(\Omega) \quad (5)$$

Dimana :

Z_1 = Impedansi Urutan positif (Ω)



Z_2 = Impedansi Urutan negatif (Ω)

4) Impedansi Ekuivalen

Impedansi Ekuivalen jaringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_t + Z_{1(penyulang)} \quad (6)$$

Dimana :

Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan positif (ohm)

Z_{2eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif (ohm)

Z_{s1} = Impedansi sumber sisi 20 kV (ohm)

Z_{t1} = Impedansi trafo tenaga urutan positif dan negatif (ohm)

Z_1 = Impedansi urutan positif dan negatif (ohm)

5) Arus hubung singkat 3 fasa

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$I_{3 fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \quad (7)$$

Dimana :

$I_{3 fasa}$ = Arus hubung singkat 3 fasa (A)

V_{ph} = Tegangan fasa-netral sistem 20 kV (V)

6) Arus hubung singkat 2 fasa

Arus gangguan hubung singkat 2 fasa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$I_{2 fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \quad (8)$$

Dimana :

$I_{2 fasa}$ = Arus hubung singkat 2 fasa (A)

V_{ph-ph} = Tegangan fasa-fasa sistem 20 kV (V)

C. Over Current Relay (OCR)

Relay arus lebih merupakan suatu jenis relai untuk mengamankan gangguan hubung singkat antar fasa yang bekerja berdasarkan besarnya arus masukan, dan apabila besarnya arus masukan melebihi suatu harga tertentu yang dapat diatur (I_p) maka rele arus lebih bekerja [5].

Berdasarkan karakteristik waktu kerja relai dibedakan menjadi:

- 1) Relai waktu seketika (*instantaneous relay*)
- 2) Relai waktu tertentu (*definite time relay*)
- 3) Relai waktu terbalik (*inverse time relay*)

D. Setting Over Current Relay (OCR)

1) Arus Setting OCR

Arus Setting OCR harus lebih besar dari arus beban maksimumnya. Arus penyetelan pun harus memperhatikan kesalahan pick up sesuai dengan *British Standard Pick Up* = 1.05 s/d 1.2 Iset. Arus Setting untuk relay OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$I_{set (primer)} = 1,1 \times I_{nom \text{ trafo}} \quad (9)$$

$$I_{set(sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{Ratio \ CT} \quad (10)$$

Dimana:

$I_{set(primer)}$ = Setelan Arus primer (A)

$I_{set (sekunder)}$ = Setelan Arus Sekunder (A)



I_n = Arus nominal (Arus Beban)

2) Setting waktu (TMS)

Hasil dari perhitungan arus gangguan hubung singkat yang diperoleh, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai waktu (TMS) relai. Berikut rumus *Setting* waktu sesuai dengan tipe masing-masing relai [5].

Tabel 1. Karakteristik Operasi Waktu Jenis Relay Invers

Tipe Relai	Setelan waktu (TMS)
Standart Inverse	$TMS = \frac{\left[\frac{I_{hs\ 1\ fasa}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1}{0,14} \times t$
Very Inverse	$TMS = \frac{\left[\frac{I_{hs\ 1\ fasa}}{I_{set}}\right]^1 - 1}{13,5} \times t$
Extremely Inverse	$TMS = \frac{\left[\frac{I_{hs\ 1\ fasa}}{I_{set}}\right]^2 - 1}{80} \times t$
Long Time Inverse	$TMS = \frac{\left[\frac{I_{hs\ 1\ fasa}}{I_{set}}\right]^1 - 1}{120} \times t$

E. Ground Fault Relay (GFR)

Pada dasarnya prinsip kerja relay GFR sama dengan relay arus lebih namun berbeda dalam kegunaannya. Apabila relai OCR mendeteksi gangguan antar fasa maka pada relai GFR mendeteksi gangguan antara fasa dengan pentanahan sehingga dapat membatasi arus gangguan ke tanah [3].

F. Setting Ground Fault Relay (GFR)

1) Arus Setting GFR

Untuk setelan arus gangguan tanah, digunakan 6- 12% arus gangguan hubung tanah yang paling kecil.

$$I_{set\ primer} = 10\% \times I_{HS\ 1\ fasa\ tanah\ terkecil} \quad (11)$$

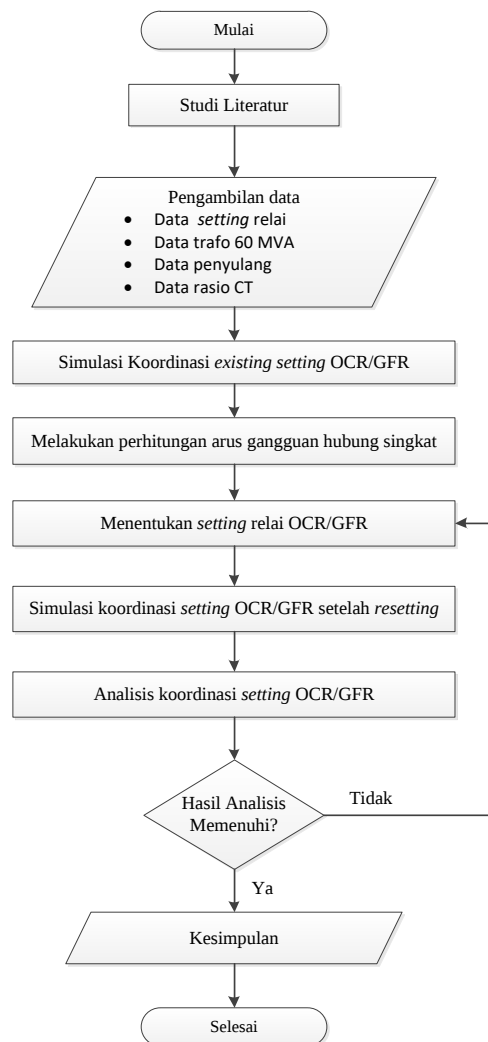
$$I_{set\ sekunder} = I_{set\ primer} \times \frac{1}{Ratio\ CT} \quad (12)$$

2) Setting waktu (TMS)

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai *Setting* waktu kerja relay (TMS). Sama halnya dengan OCR, relay GFR menggunakan rumus penyetingan TMS yang sama dengan relay OCR. Tetapi waktu kerja relay yang diinginkan berbeda. Relay GFR cenderung lebih sensitive dari pada relay OCR [5].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Tallasa, Kab. Takalar yang dimulai pada bulan Januari-Juni 2022. Penelitian ini diambil dari sistem proteksi bay Trafo 60 MVA GI Tallasa. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dari beberapa sumber berupa buku, jurnal, dan skripsi yang berkaitan dengan judul penelitian ini. Adapun metode pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung ke lokasi penelitian, serta melakukan interview atau wawancara dengan pihak team proteksi ULTG Jeneponto. Adapun data yang telah diperoleh kemudian akan diolah untuk kemudian dianalisis dan disimulasikan menggunakan *software* DIgSILENT Power Factory 15.1. Alur pada penelitian ini dapat dilihat pada flowchart berikut



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. PEMBAHASAN DAN HASIL

A. Data Komponen Trafo 60 MVA

Berikut data komponen trafo terdiri dari data teknik Trafo 60 MVA, *Setting* relai OCR dan GFR, rasio CT, serta data Penyulang.

Tabel 2. Data Trafo 60 MVA

Merk	B&D
Kapasitas	60 MVA
Impedansi	12,05 %
Frekuensi	50 Hz
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV
Vektor Grup	Ynyn0+d
NGR	40 Ohm



MVA Hubung Singkat : 3603,17 MVA

Tabel 3. Rasio *Current Transformer*

CT	Rasio	Frekuensi
CT 150 kV	150/5 A	50 Hz
CT(<i>incoming</i>)	2000/5 A	50 Hz
CT penyulang	300/5 A	50 Hz

Tabel 4. Data Relai OCR dan GFR

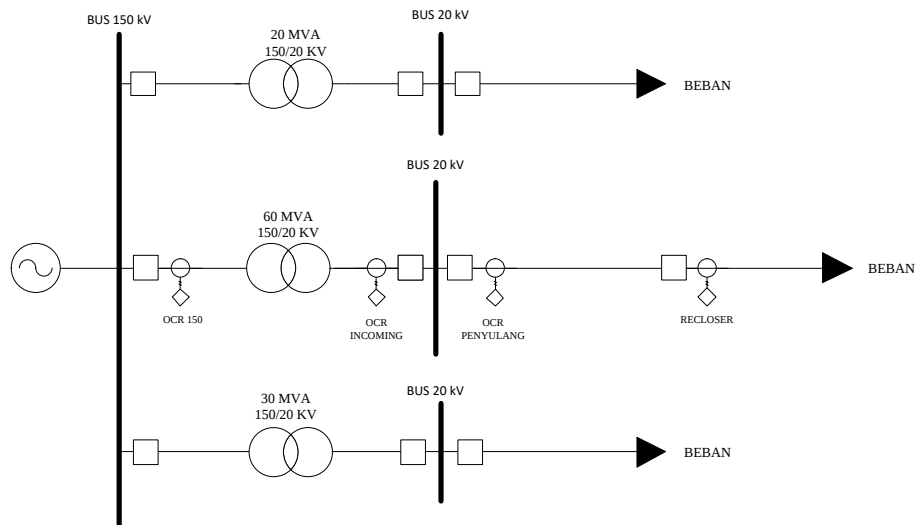
Data Relay	150 kV		<i>Incoming</i>		Penyulang	
	OCR 150	GFR 150	OCR 20	GFR 20	OCR 20	GFR 20
Merek	ABB		ABB		ABB	
I set	4,6 A	3,849 A	4,75 A	0,15 A	6 A	0,45 A
I actual	138 A	115,47 A	1900 A	60 A	360 A	27 A
Kurva	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tms	0,32	0,615	0,2	0,228	0,235	0,208

Tabel 4. Data Penyulang Malewang

No	Jenis Penghantar	Penghantar	
		Luas Penampang (mm ²)	Panjang (Km)
1	AAAC	150	16,950
2	XLPE	150	0,300

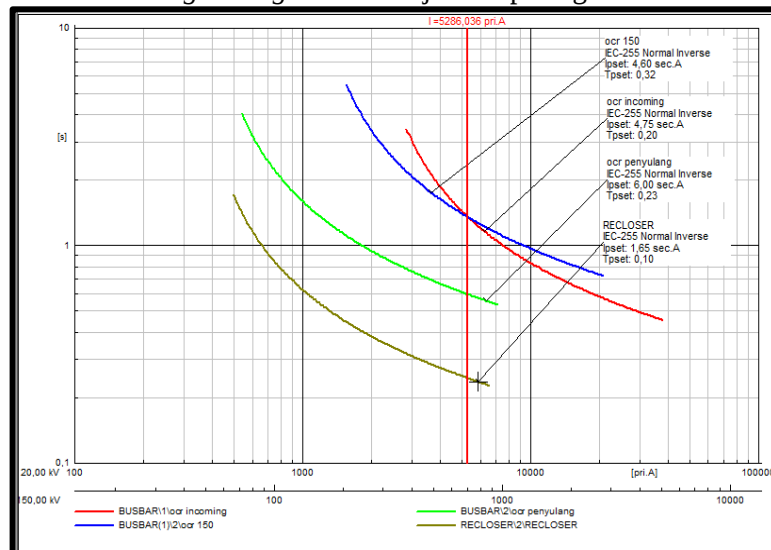
B. Koordinasi *Existing Setting* OCR

Koordinasi *existing* OCR dilakukan dengan membuat pemodelan *single line diagram* GI Tallasa seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. single line diagram GI Tallasa

Bentuk kurva koordinasi *existing* Setting OCR ditunjukkan pada gambar berikut

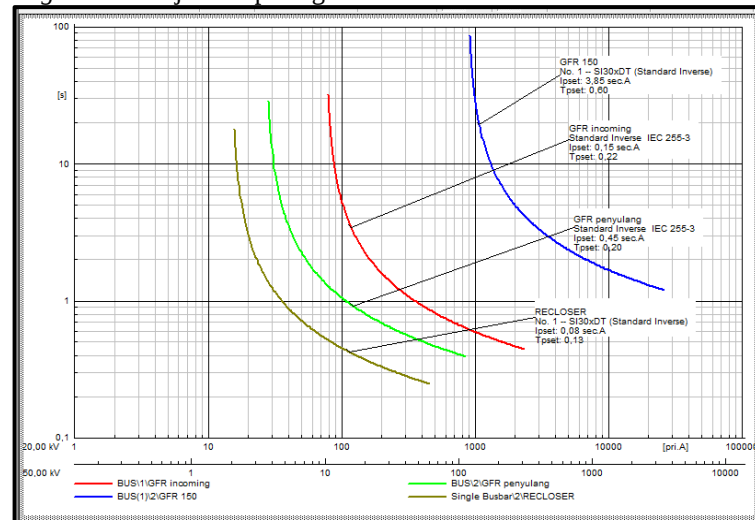


Gambar 2. Kurva Koordinasi *Existing* OCR

Berdasarkan hasil koordinasi *existing* relai OCR pada trafo 60 MVA di GI Tallasa diperoleh kurva koordinasi urutan kerja relai OCR yang tidak baik. Pada saat arus gangguan dibawah 5286,04 A terjadi *overlapping* pada kurva OCR sisi *incoming* 20 kV dan OCR sisi 150 kV yang mengakibatkan apabila terjadi gangguan hubung singkat maka OCR 150 kV berpotensi bekerja terlebih dahulu dibandingkan OCR *incoming*. Disebabkan oleh urutan kerja relai yang tidak sesuai tersebut, maka perlu dilakukan *resetting* relai OCR pada trafo 60 MVA di GI Tallasa.

C. Koordinasi Existing Setting GFR

Hasil koordinasi *existing* GFR ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 3. Kurva Koordinasi *Existing* GFR

Berdasarkan hasil koordinasi *existing* relai GFR diketahui bahwa koordinasi urutan kerja antara relai GFR penyulang, GFR sisi *incoming* dan GFR sisi 150 kV bekerja sesuai dengan urutan kerjanya. Kurva koordinasi relai menunjukkan pada saat terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah pada jaringan, tidak ada kurva yang *overlapping* atau tumpang tindih. Oleh sebab itu, *resetting* pada relai GFR tidak perlu dilakukan karena kurva koordinasi relai GFR telah menunjukkan koordinasi relai yang baik.

D. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus gangguan hubung singkat dilakukan dengan beberapa tahap perhitungan sebagai berikut

1. Impedansi Sumber

$$Z_{s(150kV)} = \frac{kV^2}{MVA_{hs}} = \frac{150^2}{3603,17} = 6,2445 \Omega$$

$$Z_{s(20kV)} = \frac{20^2}{150^2} \times 6,2445 = 0,111 \Omega$$

2. Impedansi Trafo

$$X_{t(pada\ 100\%)} = \frac{kV^2}{MVA_{trafo}} = \frac{20^2}{60} = 6,667 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_{t1} &= X_t \% \times X_{t(pada\ 100\%)} \\ &= 12,05 \times 6,667 \\ &= 0,803 \Omega \end{aligned}$$

3. Impedansi Penyulang

a. Penghantar XLPE 3 x 150 mm²

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_2 = \text{Panjang} \times Z_{positif} \\ &= 0,300 \times (0,206 + j0,104) \\ &= 0,0618 + j0,0312 \end{aligned}$$

b. Penghantar AAAC 3 x 150 mm²

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_2 = \text{Panjang penyulang} \times Z_{positif} \\ &= 16,950 \times (0,2162 + j0,3305) \\ &= 3,664 + j5,602 \end{aligned}$$

Untuk data impedansi penyulang berdasarkan tiap titik gangguan yang diasumsikan dapat dilihat perhitungan berikut

a. Jarak 10% dari GI



$$Z_1 = Z_2 = 10\% \times (3,664 + j5,602) \\ = 0,3664 + j0,5602 \, \Omega$$

b. Jarak 100% dari GI

$$Z_1 = Z_2 = 100\% \times (3,664 + j5,602) \\ = 3,664 + j5,602 \, \Omega$$

4. Impedansi Ekvivalen Jaringan

Tabel 5. Impedansi Ekvivalen

No.	Section	Impedansi Ekvivalen Urutan positif (Ω)
1.	10%	0,3664 + j1,4742
2.	100%	3,664 + j6,516

5. Arus Gangguan Hubung Singkat sisi *Incoming* 20 kV

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{0,0618 + j0,9452} = \frac{11547,005}{0,0618 + j0,9452} = 12190,67 \text{ A}$$

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph-ph}}{2 \times Z_{1eq}} = \frac{20000}{2 \times (0,0618 + j0,9452)} = \frac{20000}{0,1236 + j1,8904} = \frac{20000}{1,8944 \angle 86,26} = 10557,43 \text{ A}$$

6. Arus Gangguan Hubung Singkat sisi 150 kV

$$I_{3 \text{ fasa}} = I_{hs \text{ 3 fasa } 20kv} \times \frac{20}{150} = 12190,67 \times \frac{20}{150} = 1625,422 \text{ A}$$

$$I_{2 \text{ fasa}} = I_{hs \text{ 2 fasa } 20kv} \times \frac{20}{150} = 10557,43 \times \frac{20}{150} = 1407,6 \text{ A}$$

7. Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Malewang

Tabel 6. Arus Hubung Singkat 3 Fasa Penyulang Malewang

No.	Jarak	I _{hs} 3 fasa (A)		Error %
		Perhitungan	Simulasi	
1.	10%	7601,714	7656,604	0,72
2.	100%	1544,64	1561,787	1,11

Tabel 6. Arus Hubung Singkat 2 Fasa Penyulang Malewang

No.	Jarak	I _{hs} 2 fasa (A)		Error (%)
		Perhitungan	Simulasi	
1.	10%	6583,278	6688,703	1,6
2.	100%	1794,526	1766,671	1,57

E. Setting OCR

1. Setelan Relay OCR sisi penyulang 20 kV

Rasio CT = 300/5 A

$$I_{set \text{ primer OCR}} = 1,1 \times I_n = 1,1 \times 300 = 330 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ sekunder OCR}} = I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ = 330 \times \frac{1}{300/5} \\ = 5,5 \text{ A}$$



$$\begin{aligned} \text{TMS} &= t \times \frac{\left\{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1\right\}}{0,14} \\ &= 0,3 \times \frac{\left\{\left(\frac{7601,714}{330}\right)^{0,02} - 1\right\}}{0,14} \\ &= 0,3 \times \frac{0,065}{0,14} = 0,138 \end{aligned}$$

2. Setelan Relai OCR sisi *Incoming* 20 kV
In Trafo 20 kV = 1732 A

$$\begin{aligned} \text{Iset primer OCR} &= 1,1 \times I_n \\ &= 1,1 \times 1732 \\ &= 1905,2 \text{ A} \\ \text{Iset sek OCR} &= I \text{ set pri} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 1905,2 \times \frac{1}{2000/5} \\ &= 4,76 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TMS} &= t \times \frac{\left\{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1\right\}}{0,14} \\ &= 0,7 \times \frac{\left\{\left(\frac{12190,67}{1905,2}\right)^{0,02} - 1\right\}}{0,14} \\ &= 0,7 \times \frac{0,0378}{0,14} = 0,189 \end{aligned}$$

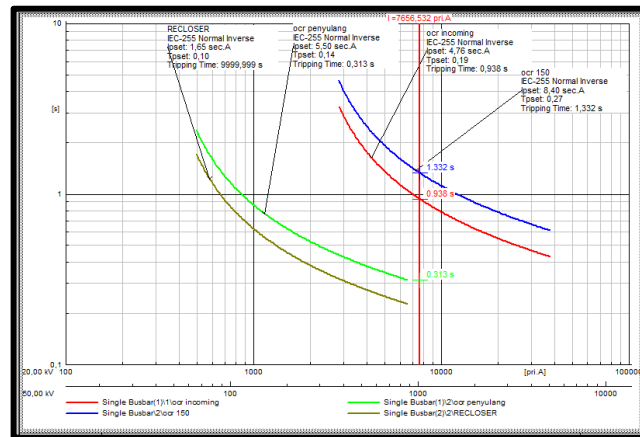
3. Setelan Relai OCR sisi *Incoming* 20 kV
In Trafo 150 kV = 230,94 A

$$\begin{aligned} \text{Iset primer OCR} &= 1,1 \times I_n \\ &= 1,1 \times 230,94 \\ &= 254,03 \text{ A} \\ \text{Iset sek OCR} &= I \text{ set pri} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 254,03 \times \frac{1}{150/5} \\ &= 8,46 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TMS} &= t \times \frac{\left\{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1\right\}}{0,14} \\ &= 1 \times \frac{\left\{\left(\frac{1625,422}{254,03}\right)^{0,02} - 1\right\}}{0,14} \\ &= 1 \times \frac{0,0378}{0,14} = 0,27 \end{aligned}$$

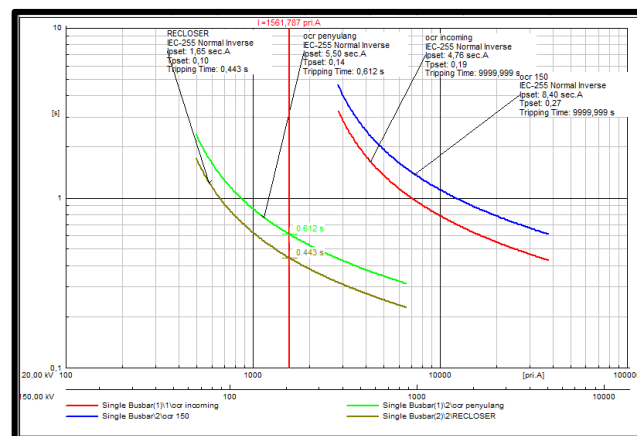
F. Koordinasi Relai pasca *Resetting*

Analisis koordinasi *resetting* OCR dilakukan untuk menguji bagaimana koordinasi atau urutan kerja relai OCR pasca dilakukan *resetting*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan gangguan hubung singkat 3 fasa pada jarak 10% dan 10%. Hasil simulasi koordinasi relai dapat dilihat pada kurva berikut.



Gambar 4. Kurva Koordinasi OCR jarak 10%

Berdasarkan hasil simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa pada jarak 10% yang dilakukan untuk melihat koordinasi kerja relai OCR didapatkan bahwa urutan kerja relai OCR pasca *resetting* telah sesuai dimana proteksi utama bekerja terlebih dahulu yaitu OCR penyulang yang merupakan relai terdekat dari gangguan kemudian pengaman cadangan yaitu OCR *incoming* dan OCR sisi 150 kV. Pada simulasi gangguan hubung singkat 10%, OCR penyulang bekerja pada detik 0,313 kemudian OCR *incoming* bekerja pada detik 0,938 dan terakhir OCR 150 kV bekerja pada detik 1,332.



Gambar 5. Kurva Koordinasi OCR jarak 10%

Pada simulasi gangguan hubung singkat 100%, yaitu titik gangguan terjauh dan merupakan gangguan yang terjadi setelah *recloser* didapatkan bahwa urutan kerja relai telah terkoordinasi dengan baik. *Recloser* bertindak sebagai pengaman utama karena merupakan relai terdekat dari gangguan kemudian *dibackup* oleh OCR penyulang sebagai pengaman cadangan. Adapun untuk OCR *incoming* dan OCR 150 kV tidak bekerja karena arus gangguan yang terjadi lebih kecil dari arus *Setting*-nya. *Recloser* bekerja pada detik 0,443 kemudian OCR penyulang bekerja pada detik 0,612.

4. KESIMPULAN

1. Hasil koordniasi *existing Setting* menunjukkan urutan kerja relai OCR tidak terkoordinasi dengan baik. Kurva OCR sisi *incoming* dan OCR sisi 150 kV mengalami *overlapping* sehingga urutan kerjanya tidak sesuai. Berdasarkan hasil simulasi, *Setting* OCR pada Trafo 60 MVA perlu dilakukan *resetting* untuk memperbaiki koordinasi kerja OCR pada trafo tersebut. Sedangkan, untuk koordinasi *existing Setting* GFR menunjukkan hasil koordinasi kerja relai yang baik sehingga tidak perlu dilakukan *resetting* untuk relai GFR.
2. Hasil perhitungan untuk *resetting* OCR diperoleh nilai *Setting* penyulang, $I_{set} = 5,5$ Ampere, TMS = 0,138, dan kurva SI. *Setting incoming*, $I_{set} = 4,74$ Ampere, TMS = 0,189, dan kurva SI. *Setting* OCR 150 kV, $I_{set} = 8,46$ Ampere, TMS = 0,27, dan kurva SI.



3. Hasil simulasi koordinasi *resetting* menunjukkan urutan kerja relai OCR sisi penyulang, OCR sisi *incoming* 20 kV dan OCR sisi 150 kV telah terkoordinasi dengan baik, dimana pengaman utama yaitu relai terdekat dari gangguan bekerja terlebih dahulu kemudian *dibackup* dengan pengaman cadangan apabila pengaman utama gagal bekerja. Kurva koordinasi yang dihasilkan menunjukkan kurva karakteristik *standart invers* dimana semakin besar arus gangguan yang dirasakan oleh relai maka semakin cepat relai akan bekerja.

5. SARAN

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan oleh pihak PT PLN (persero) dalam menentukan nilai *Setting Over Current Relay* dan *Ground Fault Relay* pada Trafo 60 MVA GI Tallasa.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu mahasiswa yang akan meneliti lebih lanjut mengenai analisis koordinasi relai OCR dan GFR pada Transformator kedepannya.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada kedua orang tua, keluarga, teman serta seluruh pihak yang telah ikut andil dalam berbagai aspek selama masa penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rizal, Choirul dan Abdul Azis. 2022. Analisa *Setting* Relai Arus Lebih (OCR) Dan Relai Gangguan Tanah (GFR) Pada Penyulang Gurami Gardu Induk Sungai Kedukan Palembang. Jurnal. Palembang : Universitas Palembang.
- [2] Dermawan, Erwin dan Dimas Nugroho. 2017. Analisa Koordinasi *Over Current Relay* Dan *Ground Fault Relay* Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka. Jurnal. Jakarta : Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [3] Iqbal, Muhammad. 2019. Analisis Koordinasi Relay Ocr Pada GI 150 Kv Tello. Skripsi. Makassar : Universitas Muhammadiyah Makassar.
- [4] Limbong dkk. 2019. Evaluasi *Setting* Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Di Gardu Induk Ngabang. Jurnal. Pontianak: Universitas Tanjung Pura Pontianak.
- [5] Yoyok, Triyono dkk. 2013. Analisis Studi Rele Pengaman (*Over Current Relay* Dan *Ground Fault Relay*) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang. Jurnal. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [6] Udiana, Agung Budhi, dkk. 2017. Studi Analisis Koordinasi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada *Recloser* di Saluran Penyulang Penebel. Jurnal. Bali: Universitas Udayana.