

ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI OCR DAN GFR UNTUK MENGATASI GANGGUAN HUBUNGSINGKAT PADA TRANSFORMATOR DAYA DI GARDU INDUK MEDARI

Thoriq Darus Salam, Giri Wiyono

Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta
Jl. Colombo No.1, Karang Gayam Caturtunggal, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

Email: thoriqdarus.2020@student.uny.ac.id
giriwiyono@uny.ac.id

Intisari- Gangguan hubungsingkat menjadi masalah yang sering terjadi dalam pengoperasian transformator daya di Gardu Induk. Hal ini diperlukan sistem proteksi yang memadai agar tidak menimbulkan kondisi gangguan yang lebih parah. Upaya untuk mengatasi gangguan hubungsingkat pada transformator daya ini digunakan unit proteksi *Over Current Relay (OCR)* dan *Ground Fault Relay (GFR)*. Unit proteksi ini berkerja dengan cara mendeteksi arus lebih, kemudian memberikan perintah ke Pemutus Tenaga (PMT) untuk *trip* sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Studi ini dilakukan pada Transformator Daya 30 MVA di Gardu Induk Medari Sleman untuk menggambarkan koordinasi relai proteksi OCR dan GFR pada kedua sisi transformator daya. Studi ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual kemudian disimulasikan pada software ETAP 19.01. Hasil dari perhitungan diperoleh nilai arus *setting* primer OCR sisi 150 kV yaitu 127,017 A dan sisi 20 kV yaitu 952,62 A dengan nilai TMS sisi 150 kV sebesar 0,27 dan nilai TMS sisi 20 KV sebesar 0,19. Adapun nilai arus *setting* primer GFR sisi 150 kV sebesar 46,19 A dan sisi 20 kV sebesar 346,41 A dengan nilai TMS sisi 150 kV yaitu 0,23 dan sisi 20 kV yaitu 0,16

Kata kunci: Gangguan Hubungsingkat, Transformator Daya, *Over Current Relay (OCR)*, *Ground Fault Relay (GFR)*.

I. PENDAHULUAN

Tenaga listrik yang didistribusikan ke konsumen harus memiliki keandalan yang tinggi. Untuk meningkatkan keandalan itu diperlukan adanya antisipasi terhadap gangguan yang dapat merusak peralatan pada sistem tenaga listrik. Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik perlu dilokalisir agar penyaluran tenaga listrik tetap terjaga. Pada umumnya gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik yaitu gangguan hubungsingkat, baik gangguan hubungsingkat simetris maupun gangguan hubungsingkat asimetris. Guna mengatasi gangguan hubungsingkat yang tidak mungkin dapat diprediksi secara tepat, maka diperlukan peralatan proteksi untuk menjaga keandalan sistem tenaga listrik tersebut. Adapun peralatan proteksi yang digunakan saat terjadi gangguan hubungsingkat antara lain: *Over Current Relay (OCR)* dan *Ground Fault Relay (GFR)* [1]. Peralatan relai proteksi tersebut harus dapat mengidentifikasi kondisi gangguan pada sistem tenaga listrik dan kemudian mengambil tindakan yang dianggap perlu untuk mencegah gangguan yang mengganggu operasi normal sistem tenaga listrik. Untuk mengatasi kondisi gangguan itu, maka diperlukan adanya koordinasi relai OCR pada transformator daya pada sisi *incoming* 20 kV dan 150 kV. Disamping itu juga diperlukan koordinasi relai GFR untuk mencegah gangguan hubungsingkat fasa ke tanah.

Proses koordinasi proteksi itu bertujuan untuk memperoleh *setting* waktu yang tepat untuk

memerintahkan peralatan proteksi beroperasi saat terjadi gangguan hubungsingkat. Gangguan hubungsingkat ini dapat menimbulkan arus yang besar pada sistem tenaga listrik. Jika hal ini tidak segera diatasi dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan listrik yang dilewati arus gangguan tersebut [7]. Koordinasi proteksi yang baik dapat diperoleh kesesuaian kapasitas arus pada peralatan proteksi tersebut, sehingga saat terjadi gangguan hubungsingkat, peralatan proteksi dapat memutus jaringan listrik sampai batas terjadinya gangguan. Sedangkan koordinasi proteksi yang buruk akan menimbulkan pemadaman listrik secara menyeluruh (*blackout*) [8].

II. KAJIAN TEORI

A. Sistem Proteksi

Sistem proteksi tenaga listrik adalah sistem yang digunakan untuk memberikan proteksi terhadap peralatan listrik apabila terdapat kondisi abnormal pada sistem ataupun terjadi gangguan sistem. Sistem proteksi harus bekerja dalam waktu yang cepat untuk melokalisasi gangguan pada sistem tenaga listrik [2]. Dalam pengamanan sistem tenaga listrik, seluruh peralatan harus diamankan dengan tetap menekankan selektivitas kerja sistem proteksi. Tujuan dari pengamanan sistem tenaga listrik sebagai berikut [3]:

1. Mencegah kerusakan peralatan pada sistem tenaga listrik akibat gangguan atau kondisi operasi sistem tenaga listrik yang tidak normal,
2. Meminimalisir daerah yang terganggu,
3. Memberikan layanan terbaik bagi konsumen,
4. Melindungi manusia dari ancaman tenaga listrik.

Sistem proteksi tenaga listrik terdiri atas beberapa komponen yang memiliki fungsi sebagai berikut: [3].

1. Relay Proteksi berfungsi untuk menerima besaran arus, tegangan, frekuensi, dan lain-lain. Jika masukan listrik yang signifikan melebihi batas *setting* relai, alarm akan dibunyikan dan relai akan melepas PMT untuk menghilangkan gangguan,
2. Transformator arus (CT) memantau besaran arus, tegangan, daya, dan frekuensi yang dikirimkan ke relai proteksi. Gaya gerak magnet menghasilkan fluk pada inti, yang kemudian menghasilkan GGL pada sisi kumparan sekunder,

3. Jaringan listrik menyalurkan besaran atau sinyal listrik dari satu perangkat proteksi ke proteksi lain,
4. *Battery* menyediakan tenaga untuk kerja PMT sehingga dapat mengisolir gangguan yang terdapat pada sistem tenaga listrik,
5. Pemutus Tenaga (PMT) sebagai peralatan yang dapat membuka dan menutup rangkaian listrik dalam setiap keadaan sesuai dengan ratingnya. Pada PMT terdapat media isolasi untuk memadamkan busur api yang terbentuk ketika proses membuka atau menutup kontak PMT.

B. Gangguan Hubungsingkat

Gangguan hubungsingkat merupakan suatu kondisi terjadinya hubungan konduksi, baik secara sengaja maupun tidak sengaja, antar penghantar bertegangan atau tidak bertegangan yang melalui media hambatan, sehingga menimbulkan aliran arus abnormal pada sistem tenaga listrik [4]. Beberapa jenis gangguan hubungsingkat yang terjadi pada sistem tenaga listrik, antara lain:

1. Gangguan hubungsingkat 3 fasa,
2. Gangguan hubungsingkat 2 fasa dan 2 fasa ke tanah,
3. Gangguan hubungsingkat 1 fasa ke tanah.

Dalam proses perhitungan arus gangguan hubungsingkat dapat dilakukan melalui beberapa langkah perhitungan sebagai berikut:

- a. Impedansi sumber

Impedansi sumber pada sisi primer 150 kV diperoleh dengan menggunakan rumus berikut Ini:

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

Dimana:

X_s = Impedansi sumber (Ω)

kV^2 = Tegangan primer transformator (kV)

MVA = Data hubungsingkat di bus 150 kV

Sedangkan untuk impedansi sumber di sisi bus 20 kV diperoleh dengan menggunakan rumus berikut.

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

- b. Impedansi Transformator

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

Dimana:

X_t = Impedansi transformator (Ω)

kV^2 = Tegangan sekunder transformator tenaga (kV)

untuk mendapatkan nilai reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$) diperoleh dengan persamaan berikut.

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

c. Impedansi Ekvivalen

Perhitungan nilai impedansi ekuivalen dari titik gangguan ke sumber dapat dilakukan dengan memperhatikan hubungan belitan trafo dan konfigurasi sambungan seri atau paralel impedansi. Jika impedansi dari sumber ke titik gangguan tersambung seri, perhitungan impedansi ekuivalen Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat dilakukan dengan menjumlahkan impedansi-impedansi tersebut. Namun, perhitungan impedansi ekuivalen Z_{0eq} yang melibatkan trafo tenaga yang netralnya di tanahkan memerlukan informasi tentang hubungan belitan trafo tersebut. Nilai impedansi ekuivalen jaringan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1}$$

Dimana:

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

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

Z_{s1} = Impedansi sumber (Ω)

Z_{t1} = Impedansi trafo tenaga urutan positif dan negative (Ω)

Urutan nol Z_{0eq}

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3RN$$

Dimana:

Z_{0eq} = Impedansi ekuivalen urutan nol (Ω)

Z_{t0} = Impedansi trafo tenaga urutan nol (Ω)

RN = tahanan tanah trafo tenaga (Ω)

d. Arus hubung singkat 3 fasa

Arus gangguan hubungsingkat 3 fasa dapat diperoleh melalui persamaan berikut.

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

Dimana:

I_{3fasa} = Arus hubungsingkat 3 fasa (A)

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

e. Arus hubungsingkat 2 fasa

Arus gangguan hubungsingkat 2 fasa dapat diperoleh melalui persamaan berikut ini.

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

Dimana:

I_{2fasa} = Arus hubungsingkat 2 fasa (A)

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

f. Arus hubungsingkat 1 fasa ke tanah

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

Dimana:

I_{1fasa} = Arus hubungsingkat 1 fasa (A)

Z_{1eq} = Impedansi urutan positif (Ω)

Z_{0eq} = Impedansi urutan nol (Ω)

C. Over Current Relay

Relai arus lebih merupakan jenis relai yang berfungsi sebagai proteksi terhadap gangguan hubungsingkat antar fasa yang bekerja ketika arus masukan melebihi suatu harga tertentu yang telah diatur [6].

1. Arus setting OCR

Arus penyetelan untuk relay OCR, baik pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator, harus lebih besar dari arus beban maksimumnya. Selain itu, dalam kesalahan *pick up*, nilai arus penyetelan harus sesuai dengan standar *British Standard Pick Up*, yaitu antara 1.05 hingga 1.2 kali nilai I_{set} . Untuk menghitung nilai arus penyetelan untuk relay OCR, dapat menggunakan persamaan berikut.

$$I_{set}(\text{primer}) = 1,1 \times I_n \text{ trafo}$$

$$I_{set}(\text{sekunder}) = I_{set}(\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Rasio CT}}$$

Dimana:

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

$I_{set}(\text{sekunder})$ = Setelan arus sekunder (A)

I_n = Arus nominal

2. Setting waktu (TMS)

Hasil perhitungan arus gangguan hubungsingkat yang telah diperoleh dapat digunakan untuk menentukan nilai waktu (TMS) pada relai. Adapun rumus *setting* waktu disesuaikan dengan tipe relai sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Operasi Waktu Jenis Relai Invers

Tipe Relai	Setelan Waktu (TMS)
Standard Inverse	$TMS = \frac{\left[\frac{I_{hs1fasa}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1}{0,14} \times t$
Very Inverse	$TMS = \frac{\left[\frac{I_{hs1fasa}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1}{13,5} \times t$
Extremely Inverse	$TMS = \frac{\left[\frac{I_{hs1fasa}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1}{80} \times t$
Long Time Inverse	$TMS = \frac{\left[\frac{I_{hs1fasa}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1}{120} \times t$

D. Ground Fault Relay (GFR)

Prinsip kerja dari GFR memiliki kesamaan seperti OCR namun hanya berbeda dalam penggunaannya. GFR digunakan untuk mendeteksi gangguan antar fasa dengan pentanahan[2].

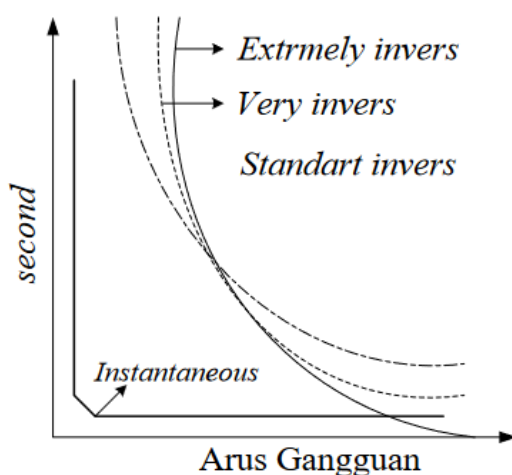
1. Arus setting GFR

$$I_{set}(\text{primer}) = 0,4 \times I \text{ nominal trafo}$$

$$I_{set}(\text{sekunder}) = I_{set}(\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Rasio CT}}$$

2. Setting Waktu (TMS)

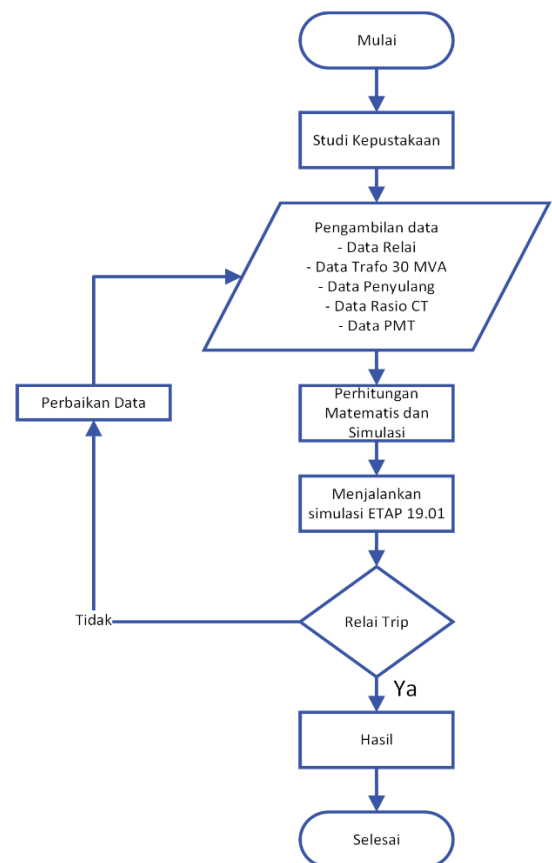
Untuk perhitungan setelan waktu pada relay GFR ini menggunakan rumus yang sama dengan relay OCR dalam hal penyetingan TMS. Namun Relay GFR cenderung bersifat sensitif dibandingkan relay OCR



Gambar 1 Kurva karakteristik relay tipe inverse

III. METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan metode kuantitatif, untuk menghitung nilai *setting arus* dan *setting waktu* peralatan proteksi tenaga listrik. Teknik analisis yang digunakan dalam studi ini yaitu teknik analisis kuantitatif [9]. Studi ini dilakukan di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Medari Yogyakarta pada bulan Mei-Juni 2023. Studi ini mengambil lokasi pada sistem proteksi transformator daya 30 MVA Gardu Induk (GI) Medari. Studi dimulai dengan melakukan kajian pustaka berdasarkan beberapa artikel jurnal yang sesuai. Metode pengumpulan data dilakukan dengan observasi secara langsung di GI Medari, dilanjutkan dengan proses wawancara dengan operator GI Medari. Selanjutnya data analisis menggunakan perhitungan dan simulasi software ETAP 19.01. Berikut ini alur penelitian yang digambarkan dalam bentuk *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 2 Flowchart Penelitian

Data peralatan yang diperoleh dari hasil observasi di GI Medari:

1. Data transformator daya 1
 - a. Merk : XIAN
 - b. Tipe : SFZ-30000/150
 - c. Frekuensi : 50 Hz
 - d. Daya : 30 MVA
 - e. Tegangan : 150/20 kV
 - f. Impedansi : 13%
 - g. Tegangan pri : 150 kV
 - h. Tegangan sek : 20 kV
 - i. Cooling sys : ONAN-ONAF
2. Data OCR & GFR sisi 150 kV
 - a. Merk : AREVA
 - b. Tipe : MICOM P122
 - c. Karakteristik : Standard Inverse
 - d. Rasio CT : 150/1 A
3. Data OCR & GFR sisi 20 kV
 - a. Merk : AREVA
 - b. Tipe : MICOM P122
 - c. Karakteristik : Standard Inverse
 - d. Rasio CT : 1000/1 A
4. Data PMT
 - a. Merk : ABB
 - b. Tipe : 3AQ1EG
 - c. Frekuensi : 50 Hz
 - d. Arus : 3150
 - e. *Breaking Current*: 31,5 kA
5. Data penyulang

Tabel 2. Arus beban dan Panjang jaringan pada penyulang

Penyulang	Impedansi Trafo	I beban	Jenis Penghantar	Panjang Jaringan
Medari 1	13%	98 A	AAAC 240 mm ²	6 km
Medari 2		80 A		5,8 km
Medari 3		125 A		17,37 km
Medari 4		208 A		25,2 km
Medari 5		146 A		1,9 km

Medari 6		70 A	NFA2XS Y 240 mm ²	1,9 km
----------	--	------	------------------------------	--------

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformator daya I pada GI Medari memiliki kapasitas daya sebesar 30 MVA dengan frekuensi 50 Hz. Transformator ini mensuplai beberapa penyulang yaitu Medari 1, Medari 2, Medari 3, Medari 4, Medari 5, Medari 6. Untuk mengamankan sistem terutama proteksi pada transformator daya adalah dengan memasang sistem proteksi. Sistem proteksi pada transformator daya terdiri atas 2 bagian yaitu bagian utama dan bagian cadangan. Bagian utama dari proteksi transformator ini yaitu relai differensial, sedangkan pada bagian cadangan yaitu relai OCR dan GFR.

Hubung singkat yang terjadi pada sisi primer transformator (150 kV) pada Gardu Induk Medari adalah 2806,29 MVA.

1. Impedansi sumber 150kV

$$X_s(\text{sisi } 150\text{kV}) = \frac{kV^2}{MVA} = \frac{150^2}{2806,89} = 8,01 \text{ ohm}$$

2. Impedansi sumber 20kV

$$X_s(\text{sisi } 20\text{kV}) = \frac{20^2}{150^2} \times X_s(150\text{kV}) = \frac{20^2}{150^2} \times 8,01 = 0,142 \text{ ohm}$$

3. Impedansi Trafo 150kV

$$X_t \text{ pada } 100\% = \frac{kV^2}{MVA \text{ trafo}} = \frac{150^2}{30} = 750 \text{ ohm}$$

4. Impedansi trafo 20kV

$$X_t \text{ pada } 100\% = \frac{kV^2}{MVA \text{ trafo}} = \frac{20^2}{30} = 13,33 \text{ ohm}$$

5. Impedansi trafo urutan positif dan negative sisi 150kV

$$X_t = \% \text{ yang diketahui} \times X_t (\text{pada } 100\%) = 13 \% \times 750 = 97,5 \text{ ohm}$$

6. Impedansi trafo urutan positif dan negative sisi 20kV

$$X_t = \% \text{ yang diketahui} \times X_t (\text{pada } 100\%) = 13 \% \times 13,33 = 1,733 \text{ ohm}$$

7. Impedansi trafo urutan nol sisi 150kV

$$X_{t0} = 10 \times X_t = 10 \times 97,5 = 975 \text{ ohm}$$

8. Impedansi trafo urutan nol sisi 20kV

$$X_{t0} = 10 \times X_t = 10 \times 1,733 = 17,33 \text{ ohm}$$

9. Impedansi ekivalen jaringan urutan positif dan negative sisi 150kV

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1} = j8,01 + j97,5 = j105,51$$

10. Impedansi ekivalen jaringan urutan positif dan negative sisi 20kV

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1} = j0,142 + j1,733 = j1,875$$

11. Impedansi ekivalen jaringan urutan nol sisi 150kV

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3 R_N = 975 + 3.0 = j975$$

12. Impedansi ekivalen jaringan urutan nol sisi 20kV

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3 R_N = 17,33 + 3.0 = j17,33$$

13. Gangguan hubung singkat sisi 150 kV

$$I_{3fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} = \frac{\frac{150000}{\sqrt{3}}}{j105,51} = \frac{86602}{\sqrt{105,51^2}} = 820,79 \text{ A}$$

$$I_{2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{2 \times Z_{1eq}} = \frac{150000}{2 \times j105,51} = \frac{150000}{\sqrt{211,02^2}} = 710,83 \text{ A}$$

14. Gangguan hubung singkat sisi 20 kV

$$I_{3fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{j1,875} = \frac{11547}{\sqrt{1,875^2}} = 6158,4 \text{ A}$$

$$I_{2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{2 \times Z_{1eq}} = \frac{20000}{2 \times j1,875} = \frac{20000}{\sqrt{3,75^2}} = 5333,33 \text{ A}$$

15. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sisi 150 kV

$$I_{1fasa} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}} = \frac{3 \times \frac{150000}{\sqrt{3}}}{2(j105,51) + j975} = \frac{259807,62}{\sqrt{211,02^2 + 975^2}} = 219,06 \text{ A}$$

16. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sisi 20 kV

$$I_{1fasa} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}} = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{2(j1,875) + j17,33} = \frac{34641}{\sqrt{3,75^2 + 17,33^2}} = 1643,31 \text{ A}$$

Sebelum melakukan penyetelan relai pada sisi 150kV dan sisi 20 kV transformator daya terlebih dahulu harus mengetahui arus nominalnya.

Arus nominal sisi 150kV

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} V_{base}} = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 150} = 115,47 \text{ A}$$

Arus nominal sisi 20kV

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} V_{base}} = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 20} = 866,025 \text{ A}$$

SETTING OCR

1. Setelan relai ocr sisi *Incoming* 20kV

$$In \text{ trafo } 20kV = 866,025 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer } OCR} &= 1,1 \times In \\ &= 1,1 \times 866,025 \\ &= 952,62 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I_{set \text{ sekunder } OCR} =$$

$$I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} = 952,62 \times \frac{1}{1000/1} = 0,952 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} TMS &= t \times \frac{\left\{ \left(\frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,7 \times \frac{\left\{ \left(\frac{6158,4}{952,62} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,19 \end{aligned}$$

2. Setelan relai OCR sisi 150 kV

$$In \text{ trafo } 150kV = 115,47 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer } OCR} &= 1,1 \times In \\ &= 1,1 \times 115,47 \\ &= 127,017 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I_{set \text{ sekunder } OCR} =$$

$$I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} = 127,017 \times \frac{1}{150/1} = 0,847 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} TMS &= t \times \frac{\left\{ \left(\frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 1 \times \frac{\left\{ \left(\frac{820,79}{127,017} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,27 \end{aligned}$$

SETTING GFR

1. Setelan relai GFR sisi *Incoming* 20kV

$$In \text{ trafo } 20kV = 866,025 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer}} &= 0,4 \times In = 0,4 \times 866,025 \\ &= 346,41 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{set \text{ sekunder } OCR} &= I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\ &= 346,41 \times \frac{1}{\frac{1000}{1}} = 0,346 \text{ A} \end{aligned}$$

$$TMS = t \times \frac{\left\{ \left(\frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14}$$

$$= 0,7 \times \frac{\left\{ \left(\frac{1643,31}{346,41} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} = 0,16$$

2. Setelan relai GFR sisi 150 kV

$$I_{n \text{ trafo } 150kV} = 115,47 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ primer } OCR} = 0,4 \times I_n$$

$$= 0,4 \times 115,47$$

$$= 46,19 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ sekunder } OCR} =$$

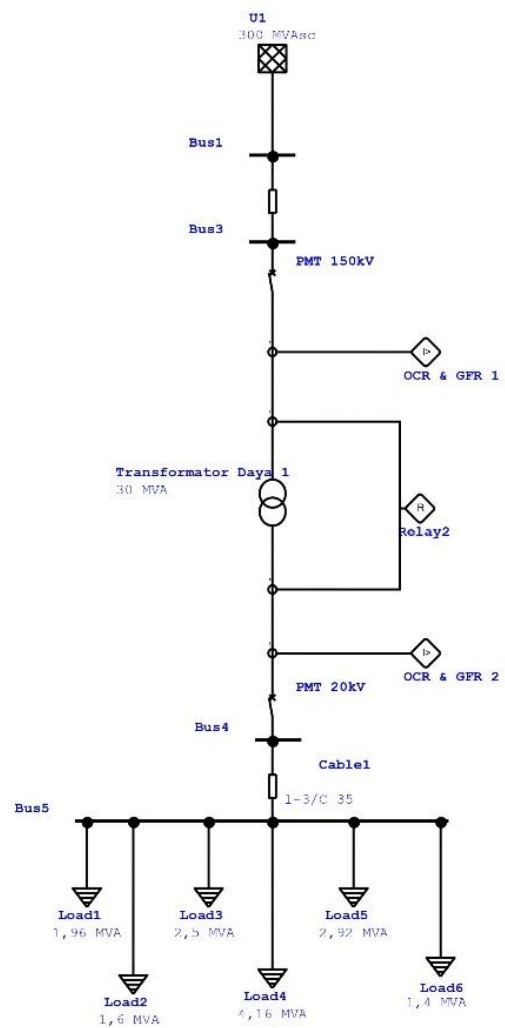
$$I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{Rasio \text{ CT}} = 46,19 \times \frac{1}{150/1}$$

$$= 0,31 \text{ A}$$

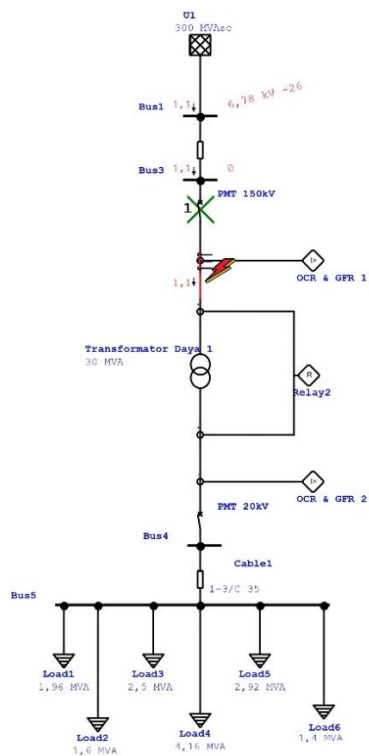
$$TMS = t \times \frac{\left\{ \left(\frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14}$$

$$= 1 \times \frac{\left\{ \left(\frac{219,06}{46,19} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} = 0,23$$

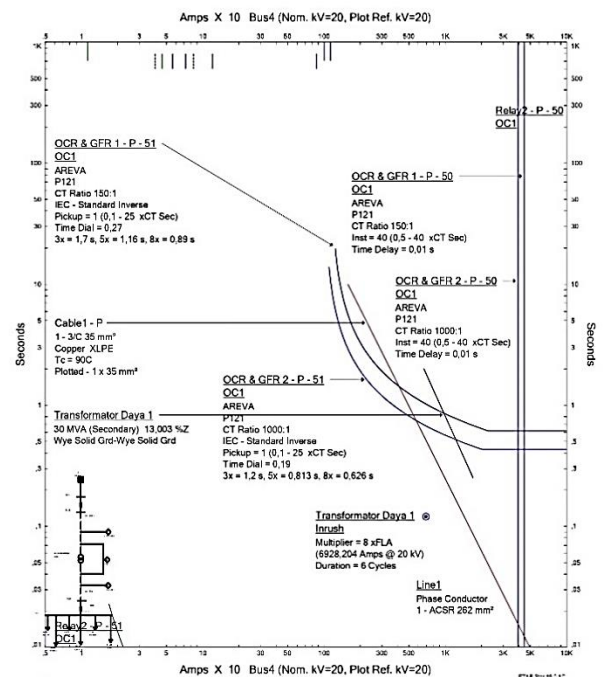
Setelah data yang diinginkan diperoleh, selanjutnya proses pembuatan pemodelan sistem proteksi dengan *over current relay* dan *ground fault relay* terhadap transformator daya ditambah dengan beberapa peralatan lain yang mendukung agar sistem tersebut dapat berjalan. Pembuatan pemodelan ini menggunakan software ETAP *Power Station*.



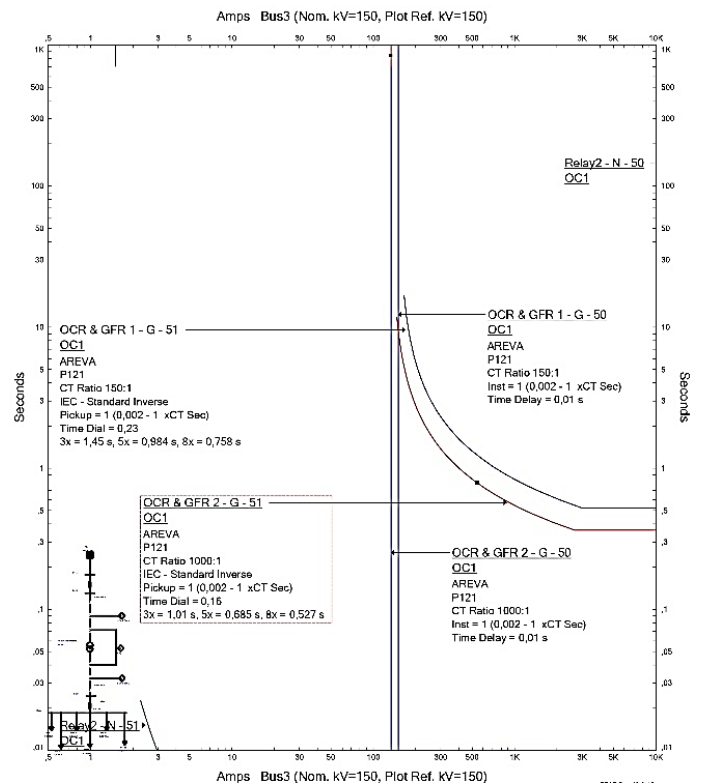
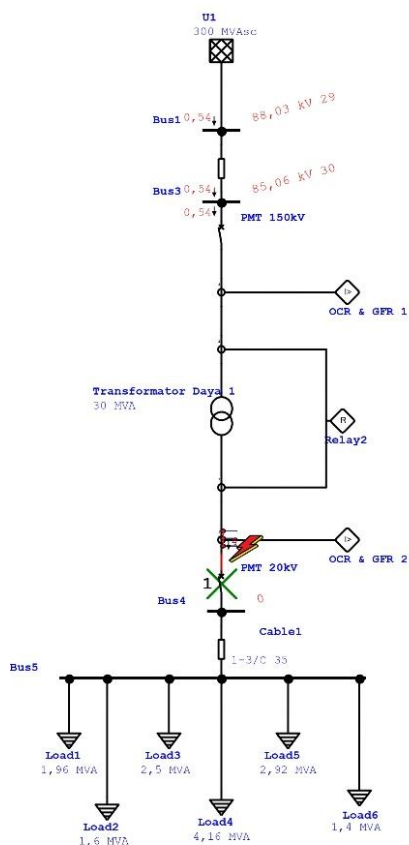
Gambar 3 Single Line Diagram OCR & GFR ETAP kondisi normal



Gambar 4 Single Line OCR dan GFR ETAP kondisi gangguan 150 kV



Gambar 6 Karakteristik waktu OCR pada transformator daya



Gambar 7 Karakteristik waktu relai GFR pada transformator daya

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan *setting* OCR dan GFR yang dilakukan melalui simulasi untuk melihat gambaran karakteristik waktu (TMS) pada masing-masing relay, maka hasilnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem proteksi OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*) pada transformator daya dapat berfungsi sebagai proteksi utama atau proteksi cadangan. Proteksi tersebut berperan penting saat terjadi gangguan di luar transformator daya, dan sebagai proteksi cadangan jika relai differensial atau *Restricted Earth Fault* (REF) mengalami kegagalan proteksi di dalam transformator daya. Relai OCR dan GFR akan aktif ketika mendeteksi adanya arus yang melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, dan selanjutnya memberikan perintah kepada PMT (*Protective Main Trip*) untuk memutus pasokan daya.
2. Setelah melakukan perhitungan, diperoleh arus *setting* primer OCR untuk sisi 150 kV sebesar 127,017 A dan untuk sisi 20 kV sebesar 952,62 A dengan nilai TMS sisi 150 kV adalah 0,27 dan nilai TMS sisi 20 kV adalah 0,19. Sedangkan untuk arus *setting* primer GFR sisi 150 kV sebesar 46,19 A dan sisi 20 kV sebesar 346,41 A dengan nilai TMS sisi 150 kV adalah 0,23 dan sisi 20 kV adalah 0,16
3. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa koordinasi *setting* relay OCR atau GFR dapat berjalan dengan baik yang digambarkan dalam grafik terlihat tidak saling *overlap*, sehingga PMT tidak akan *trip* secara bersamaan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Iqbal, Muhammad. 2019. Analisis Koordinasi Relay Ocr Pada GI 150 Kv Tello. Skripsi. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.

- [3] Kustanto, 2014. Analisis Ocr (Over Current Relay) dan Gfr (Ground Fault Relay) Pada Transformator Daya 1 (60 Mva) Gardu Induk Bantul 150 K Menggunakan Program Etap. Jurnal.Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
- [4] Limbong dkk. 2019. Evaluasi Setting Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Di Gardu Induk Ngabang. Jurnal. Pontianak: Universitas Tanjung Pura Pontianak
- [5] 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.
- [6] 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
- [7] I. N. Afif, "Koordinasi Proteksi OCR dan GFR Pada Penyulang SYG10 di PT.PLN (Persero) GI Sayung," 2020.
- [8] M. Sitompul, "Pnyetelan Ulang Recloser Pada Penyulang WLI06 Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Kelistrikan Dengan Menggunakan Software ETAP 12.6.0," 2020
- [9] R. Fansur, "Setting Kerja Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Untuk Circuit Breaker Outgoing (CBO) Penyulang Norwegia di PT. PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya," 2020.