

Analisis Kinerja Over Current Relay dan Ground Fault Relay Gardu Induk Gedebage Penyulang Mesi 20 kV di PT PLN (Persero) UP2D Jawa Barat

FERDY CHANDRA ZAELANI, WALUYO

Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: ferdy.zaelani46@gmail.com

ABSTRAK

Pada sebuah system daya, termuat permasalahan utama yakni adanya gangguan arus hubungan singkat. Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) melindungi sistem kelistrikan dari gangguan arus hubung singkat. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja sistem relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR) pada penyulang Mesi 20 kV Gardu Induk Gedebage. Artikel ini menganalisis perhitungan matematis dan membandingkannya dengan data simulasi untuk menentukan arus yang disetel dan waktu pengoperasian relai dalam kondisi normal atau trip. Berdasarkan pembahasan, arus hubung singkat maksimum untuk arus hubung singkat tiga fasa terjadi pada titik kegagalan penyulang 25% yaitu sebesar 9245 A. Sedangkan arus hubung singkat minimum untuk arus hubung singkat satu fasa ke bumi terjadi pada titik gangguan penyulang 100% yaitu sebesar 907,305 A. Hasil yang diperoleh membuktikan hal berikut dari hasil simulasi dengan setting relay OCR dan GFR yang konstan. Jika beban 11,546 MVA maka jarak atau titik gangguan dapat mempengaruhi perubahan arus gangguan dan perubahan waktu operasi rele. Semakin jauh jarak atau titik kegagalan maka semakin lambat relay mengirimkan informasi ke pemutus arus.

Kata kunci: Arus hubung singkat, GFR, OCR, Relai, Waktu operasi

ABSTRACT

In a power system, there is a main problem, namely short circuit current disturbances. Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR) protect the electrical system from short circuit current disturbances. The aim of this research is to analyze the performance of the overcurrent relay (OCR) and ground fault relay (GFR) systems at the Mesi 20 kV feeder at the Gedebage Main Substation. This article analyzes mathematical calculations and compares them with simulation data to determine the set current and operating time of the relay under normal or trip conditions. Based on the discussion, the maximum short circuit current for three-phase short circuit current occurs at the 25% feeder failure point, namely 9245 A. Meanwhile, the minimum short circuit current for single-phase short circuit current to earth occurs at the 100% feeder failure point, namely 907.305 A. The results obtained prove the following from the simulation results with constant OCR and GFR relay settings. If the load is 11.546 MVA then the distance or point of fault can affect changes in fault current and changes in relay operating time. The farther the distance or point of failure, the slower the relay will send information to the circuit breaker.

Keywords: Short circuit current, GFR, OCR, Relay, Operating time

1. PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat dalam suatu wilayah, diperlukan suatu sistem penyaluran dari pembangkitan menuju ke konsumen. Sistem tersebut terdiri dari sistem transmisi dan distribusi. Sistem transmisi adalah sistem yang menghubungkan dari pembangkit ke Gardu induk, sedangkan sistem distribusi yang berhubungan langsung dengan konsumen **(IEEE, 2004)**. Dalam pendistribusian energi listrik, kesinambungan pelayanan yang baik kepada konsumen merupakan hal yang sangat penting. Hal ini dipengaruhi oleh keandalan sistem dalam jaringan, dan sistem yang tidak dapat diandalkan dapat menyebabkan kegagalan yang berdampak negatif pada konsumen. Untuk mengatasi masalah ini, perangkat pengaman harus dipasang untuk menjamin kontinuitas daya. Oleh karena itu, sistem proteksi harus disesuaikan dengan baik untuk menjaga kelangsungan operasional distribusi tenaga listrik **(Syafriyudin, 2016)**.

Perangkat keselamatan harus terkoordinasi dengan baik satu sama lain agar berfungsi sesuai fungsinya masing-masing jika terjadi kegagalan. Dalam hal ini, koordinasi perangkat keselamatan pasti akan mempengaruhi pasokan listrik **(Medina, 2019)**. Relai pelindung digunakan sebagai alat pengaman. Relai proteksi adalah perangkat yang secara otomatis mengatur/menghidupkan suatu rangkaian berdasarkan perubahan lainnya. Tujuan dari sistem ini adalah untuk mendeteksi kegagalan dan memisahkan jaringan yang rusak dari bagian lain yang masih sehat **(Alam, 2016)**.

OCR dan GFR merupakan relay yang beroperasi sebagai respon terhadap peningkatan arus yang mengalir melalui relay. Fungsi OCR dan GFR adalah untuk melindungi peralatan listrik dari hubung singkat satu fasa dan hubung singkat bumi satu fasa, serta dapat digunakan untuk melindungi terhadap beban lebih. OCR dan GFR digunakan sebagai tindakan proteksi utama untuk jaringan distribusi listrik dan tindakan proteksi cadangan untuk generator, transformator, dan saluran transmisi **(Nova, 2013)**.

Masalah yang sering terjadi pada gardu listrik besar adalah kelebihan beban, yang seringkali menjadi penyebab utama pemadaman listrik, terutama pada sistem distribusi tenaga listrik. Oleh karena itu, sistem jaringan tenaga listrik memerlukan suatu sistem proteksi yang sangat baik agar sistem distribusi tenaga listrik dapat beroperasi dengan normal tanpa menimbulkan permasalahan. Kegagalan yang berdampak signifikan terhadap jaringan listrik yang merupakan pusat distribusi energi listrik **(Pamudji, 2014)**.

Studi literatur yang dilakukan adalah melaksanakan kajian secara teoritis berkaitan dengan penelitian ini dari beberapa referensi seperti karya ilmiah, jurnal dan buku. Berdasarkan studi literatur yang dilakukan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan model perhitungan gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, 1 fasa dan bagaimana mendapatkan impedansi kabel berdasarkan konfigurasi saluran.

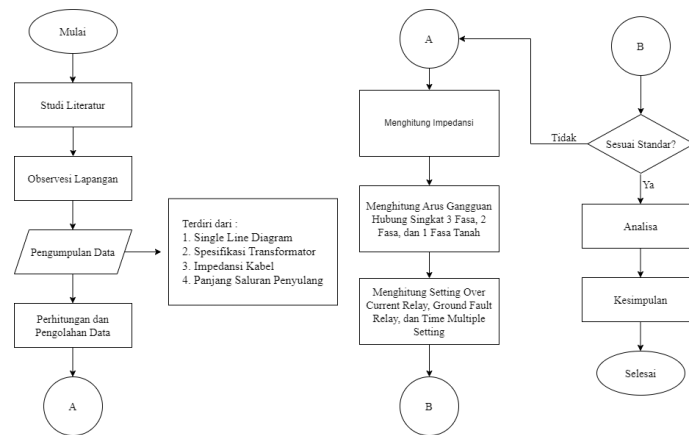
Berdasarkan paparan pendahuluan diatas, muatan pada penelitian ini akan menganalisis kinerja sistem Over Current Relay (OCR) serta Ground Fault Relay (GFR) yang ada di Penyulang MESI 20kV, Gardu Induk Gedebage.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

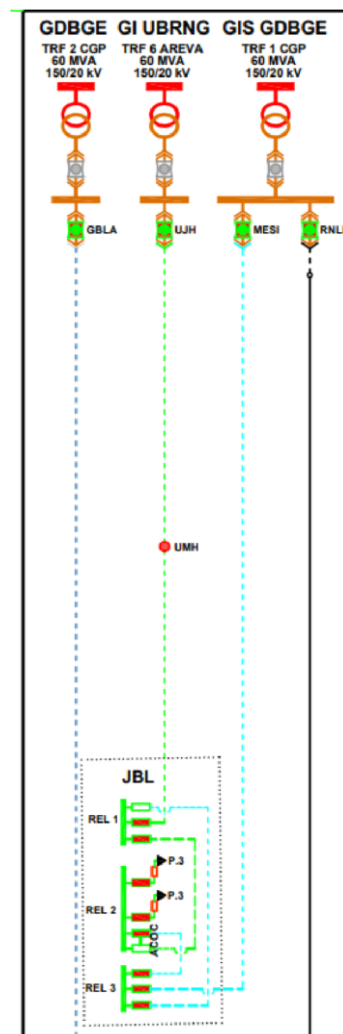
Dalam proses penyusunan penelitian ini penulis melakukan studi literatur, observasi lapangan, pengumpulan data. Setelah data diperoleh **(PT. PLN UP2D Jawa Barat, 2022)**,

lalu pengolahan data dengan langkah-langkah sistematis yang disusun dalam suatu metodologi penelitian. Adapun metodologi penelitian dijelaskan pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

Gambar 2 di bawah ini merupakan *Single Line Diagram (SLD)* penyulang MESI yang ada di gardu induk Gedebage.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang MESI

2.2 Pengumpulan Data

Mencari informasi pendukung laporan melalui buku-buku dipergustakaan, kumpulan jurnal, data-data yang diperoleh dilapangan, dan data hasil pengujian yang dilakukan oleh mentor dan staff PT. PLN Persero UP2D Jawa Barat. Melakukan studi lapangan dengan cara kunjungan langsung ke lapangan didampingi oleh mentor dan staff lapangan. Wawancara dengan mengadakan diskusi dan tanya jawab secara langsung dengan mentor, staff, dan teknisi yang berada di PT.PLN Persero UP2D Jawa Barat.

2.3 Rumus Yang Digunakan

Dalam menghitung impedansi dikenal tiga macam impedansi urutan yaitu :

Impedensi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber maka data yang diperlukan adalah data hubung singkat pada bus primer trafo. Dilakukan dengan persamaan (1).

$$Z_s = \frac{(kV^2)}{MVA_{sc3\phi}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Z_s = impedansi (Ω)
 kV^2 = tegangan dasar sisi primer(v)
 $MVA_{sc3\phi}$ = Daya hubung singkat 3 fasa (MVA)

Perlu diingat bahwa impedansi sumber ini adalah nilai ohm pada sisi 150KV, karena arus gangguan hubung singkat yang akan dihitung adalah gangguan hubung singkat di sisi 20 KV, maka impedansi sumber tersebut harus dikonversikan dulu ke sisi 20 KV, sehingga pada perhitungan arus gangguan nanti sudah menggunakan sumber 20 KV. Untuk mengkonversikan impedansi yang terletak di sisi 150 KV, dilakukan dengan persamaan (2) :

$$Z_{s_{sekunder}} = \frac{kV_s^2}{kV_p^2} \times Z_{s_{primer}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$Z_{s_{primer}}$ = impedansi sisi sekunder (Ω)
 kV_s^2 = tegangan dasar sisi sekunder (v)
 kV_p^2 = tegangan dasar sisi primer (v)
 $Z_{s_{primer}}$ = impedansi sisi primer (Ω)

Impedansi Transformator

Mencari impedansi transformator menggunakan persamaan (3) berikut :

$$Z_{t_1} = Z_{t_2} = \frac{(kV)^2}{MVA} \times Z \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

Z_{t_1} = Impedansi transformator urutan positif
 Z_{t_2} = Impedansi transformator urutan negatif
 $(kV)^2$ = Tegangan sisi sekunder transformator (v)
 MVA = Kapasitas daya transformator (MVA)

Impedansi Total

Impedansi total jaringan

Impedansi total jaringan merupakan penjumlahan dari impedansi transformator (Z_t), impedansi sistem (Z_s), dan impedansi saluran (Z_L) menggunakan persamaan (4) berikut :

$$Z_{tot1}=Z_{tot2}=Z_t+Z_s+Z_L \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- Z_{tot1} = Impedansi total urutan positif (Ω)
- Z_{tot2} = Impedansi total urutan negatif (Ω)
- Z_t = Impedansi trafo (Ω)
- Z_s = Impedansi sumber (Ω)
- Z_L = Impedansi saluran dilihat dari titik gangguan (Ω)

Impedansi total nol

Impedansi total jaringan merupakan penjumlahan dari impedansi urutan nol (Z_0), sistem pentanahan gardu ($3R_N$), dan impedansi nol penyulang (Z_{s0}) menggunakan persamaan (5) berikut :

$$Z_{0eq} = Z_{s0}+3R_N+Z_0 \text{ Penyulang} \dots\dots\dots(5)$$

- Z_{0eq} = Impedansi nol total (Ω)
- Z_0 = Impedansi urutan nol (Ω)
- $3R_N$ = Impedansi sumber (Ω)
- Z_{s0} penyulang = Impedansi nol penyulang dilihat dari titik gangguan (Ω)

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Pada penelitian ini yang dianalisa arus gangguan yang sering terjadi pada masing-masing saluran yaitu arus gangguan hubung singkat 3 fasa ,dua fasa dan satu fasa-tanah. Dengan adanya arus gangguan yang mengakibatkan kedip tegangan yang dihasilkan dengan memasukkan nilai arus gangguan tersebut.

Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Untuk menghitung gangguan hubung singkat tiga fasa dapat digunakan persamaan (6) berikut :

$$I_{hs3\phi} = \frac{V_f}{Z_1} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

- $I_{hs3 \text{ fasa}}$ = Arus gangguan hubung singkat 3 fasa (A)
- V_f = Tegangan dititik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (V)
- Z_1 = Impedansi urutan positif total (Ω)

Arus Hubung Singkat Dua Fasa

Untuk menghitung gangguan hubung singkat dua fasa dapat digunakan persamaan (7) berikut :

$$I_{hs2\phi} = \frac{j\sqrt{3}V_f}{2(Z_1+Z_2)} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

$I_{hs2 \text{ fasa}}$ = arus gangguan hubung singkat 2 fasa (A)
 V_f = Tegangan Gangguan (V)
 Z_1 = Impedansi total penyulang urutan positif (Ω)
 Z_2 = Impedansi total penyulang urutan negatif (Ω)

Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Tanah

Untuk menghitung gangguan hubung singkat satu fasa dapat digunakan persamaan (8) berikut :

$$I_{hs1\phi} = \frac{3V_f}{Z_{0ek} + Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

$I_{hs1\phi}$ = arus gangguan hubung singkat 1 fasa – tanah (A)
 V_f = Tegangan dititik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (V)
 Z_{0ek} = Impedansi total nol (Ω)
 Z_1 = Impedansi total penyulang urutan positif (Ω)
 Z_2 = Impedansi total penyulang urutan negatif (Ω)

Perhitungan Setting Over Current Relay Dan Ground Fault Relay

Dari data yang di dapat maka penulis dapat melakukan setting relay OCR pada sisi 20 kV. Tahapan yang dilakukan penulis pada saat penyetelan OCR yaitu :

Setting Over Current Relay

Setting Over Curent Relay (OCR) adalah menentukan nilai arus berlebih yang diterima oleh CBO melalui pembacaan relay. Setting menggunakan standard inverse dengan persamaan (9) dan (10) :

$$I_{set \text{ primer}} = 1,2 \times I_{beban} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

$I_{set \text{ prime}}$ = Arus setting primer OCR yang dimasukkan ke relai (A)
 I_{beban} = Arus beban puncak pada penyulang (A)
 1,2 = Karakteristik inverse

$$I_{set \text{ sekunder}} = \frac{I_{set \text{ primer}}}{Ratio \text{ CT}} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

$I_{set \text{ sekunder}}$ = Arus setting sekunder OCR (A)
 $I_{set \text{ primer}}$ = Arus setting primer OCR (A)
 Ratio CT = Ratio CT yang terpasang pada CBO

Setting Ground Fault Relay

Setting menggunakan standard inverse dengan menggunakan persamaan (11) dan (12) :

$$I_{set \text{ primer}} = 0,1 \times I_{hs1\phi} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

$I_{set \text{ primer}}$ = Arus setting primer GFR yang dimasukkan ke relay (A)
 $I_{hs1\phi}$ = Arus hubung singkat 1 fasa terkecil (A)
 0,1 = Karakteristik Inverse

$$I_{set \text{ sekunder}} = \frac{I_{set \text{ primer}}}{Ratio \text{ CT}} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

$I_{set \text{ sekunder}}$ = Arus setting sekunder GFR (A)
 $I_{set \text{ primer}}$ = Arus setting primer GFR (A)
 Ratio CT = Ratio CT yang terpasang pada CBO

Setting Time Multiple Setting (TMS)

Untuk mencari waktu kerja relay, maka dibutuhkan beberapa variabel diantaranya Time Multiple Setting (TMS) tanpa satuan. Menggunakan persamaan (13).

$$TMS = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_f}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

TMS = Time Multiple Setting. Nilai yang di-setting ke relay sebagai konstanta (tanpa satuan)
 t = 0,3 s (minimum), bila terdapat recloser atau gardu hubung, maka terdapat waktu tunda (Δt) relay:
 0,3 s/d 0,4 s.
 I_f = Arus gangguan hubung singkat (A)
 I_{set} = Arus setting (A)
 α dan β = Karakteristik standard inverse

Waktu Kerja Relai

Untuk mencari waktu kerja relay, menggunakan persamaan (14).

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana:

t = waktu kerja (s)
 TMS = Time Multiple Setting. Nilai yang di-setting ke relay sebagai konstanta (tanpa satuan)
 α dan β = Karakteristik standard inverse.
 I_f = Arus gangguan hubung singkat (A)

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Data Penelitian

1. Konstanta Jaringan

Untuk perhitungan jatuh tegangan, resistansi dan reaktansi kedua konduktor perlu diperhitungkan. Kombinasi antara resistansi dan reaktansi disebut dengan impedansi yang dinyatakan dalam satuan ohm. Data impedansi kawat ini diambil dari (SPLN 64 tahun 1995). Tabel 1 menunjukkan data teknis penghantar untuk menghitung impedansi.

Tabel 1. Data Teknis Penghantar

Jenis Kabel	Luas Penampang (mm) ²	Impedansi urutan positif/negatif (Ω /km)	Impedansi urutan Nol (Ω /km)
XLPE	240	0,125 + j0,097	0,275 +j0,029

2. Data Saluran Penyulang

Saluran Penyulang MESI pada Gardu Induk Gedebage terdiri dari jenis Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20 kV. Tabel 2 merupakan data panjang penyulang MESI yang ada di Gardu Induk Gedebage (**Data Sheet Gangguan 2021-2022 PLN GI Gedebage**).

Tabel 2. Panjang Penyulang

Nama Penyulang	Singkatan Penyulang	Panjang (km)	Jenis	Ibeban (A)
MESI	MESI	3,71	SKTM	333,33

3. Data Gangguan Hubung Singkat

Tabel 3 merupakan data tegangan gangguan hubung singkat yang ada di gardu induk Gedebage

Tabel 3. Data Gangguan Hubung Singkat

hs 3 ϕ	4995,67 MVA
hs 1 ϕ	1409,35 MVA

4. Data Transformator Gardu Induk Gedebage

Tabel 4 menunjukkan data pada transformator yang ada pada gardu induk Gedebage (**Data Sheet Sistem Data Gangguan 2021-2022 PLN GI Gedebage**).

Tabel 4. Data Transformator

Belitan	Bintang
Impedansi Transformator	16,11%
Kapasitas Transformator	60 MVA
NGR	12 ohm
Ratio CT	2000/5
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV

5. Data Relai OCR dan GFR di Transformator

Tabel 5 menunjukkan data relai OCR dan GFR pada transformator yang ada pada gardu induk Gedebage.

Tabel 5. Data relai OCR dan GFR

Nama Penyulang	Karakteristik	Merk	No. Seri	Ratio
MESI	Inverse	ABB	1YHP000060A6346	600/5

3.2 Hasil Perhitungan

Dari pengolahan data didapatkan besarnya arus gangguan hubung singkat, hal ini ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Arus Gangguan Hubung Singkat

Titik Gangguan	Jarak (km)	3 fasa (A)	2 fasa (A)	1 fasa (A)
25%	0,9275	9245	8004,802	944,854
50%	1,855	6299,511	7386,342	934,513
75%	2,7825	5375,70	6822,445	919,496
100%	3,71	4067,743	6316,321	907,305

Ada beberapa hal yang menjadi analisa penulis, untuk arus hubung singkat dapat di lihat pada Tabel 6 penulis menjadikan jaringan menjadi beberapa bagian, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%. Dapat dianalisis bahwa besarnya arus hubung singkat sangat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan terhadap sumber. Pada penyulang MESI 20 kV, arus hubung singkat tiga fasa maksimum sebesar 9245 A terjadi pada titik gangguan terdekat (0–25%), sedangkan arus hubung singkat satu fasa ke tanah minimum sebesar 907,305 A terjadi pada titik gangguan terjauh (100%). Hal ini disebabkan oleh meningkatnya impedansi total jaringan seiring bertambahnya panjang saluran, yang mengakibatkan penurunan arus gangguan sesuai dengan prinsip dasar sistem tenaga listrik.

Kemudian, karena pada penelitian ini digunakan unit relay standar terbalik, maka nilai konstanta $\alpha = 0,02$ dan $\beta = 0,14$ digunakan untuk perhitungan TMS dan pengaturan waktu OCR dan GFR. Nilai waktu trip atau t pada perhitungan Time Multiplexing Settings (TMS) disesuaikan dengan nilai yang diinginkan pada pengaturan relai setiap zona untuk meminimalkan gangguan dan memungkinkan relai beroperasi secepat mungkin. Berikut hasil setting relai pada gangguan 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Setting Relai Gangguan 3 fasa, 2 fasa, 1 fasa

Titik Gangguan	Jarak (km)	Waktu kerja relai 3 fasa (detik)	Waktu kerja relai 2 fasa (detik)	Waktu kerja relai 1 fasa (detik)
25%	0,9275	0,30	0,29	0,29
50%	1,855	0,34	0,30	0,29
75%	2,7825	0,37	0,31	0,30
100%	3,71	0,40	0,32	0,30

Pada Tabel 7 di atas, dapat dilihat bahwa jarak gangguan semakin jauh gangguannya maka selisih waktu kerja relay juga semakin lama begitu juga sebaliknya. Semakin besar arus gangguannya maka waktu kerja relay pun akan semakin cepat. Arus gangguan yang dibaca oleh relay ini berbanding terbalik dengan waktu kerjanya, hal ini memperlihatkan karakteristik waktu terhadap besar gangguan.

Hubungan antara besar arus gangguan dan waktu kerja relai menunjukkan karakteristik inverse, dimana semakin besar arus gangguan yang terdeteksi maka semakin cepat waktu kerja relai. Hasil pengaturan dan perhitungan setting relai OCR dan GFR menunjukkan bahwa pada titik gangguan 100% diperoleh waktu kerja relai sebesar 0,40 detik untuk gangguan tiga fasa, 0,32 detik untuk gangguan dua fasa, dan 0,30 detik untuk gangguan satu fasa tanah. Nilai ini masih berada dalam rentang waktu kerja yang diizinkan dan menunjukkan koordinasi relai yang baik.

4. KESIMPULAN

Arus hubung singkat maksimum adalah $I_{hs3\phi}$, atau 9245 A, pada jarak 0%, dan arus hubung singkat minimum adalah $I_{hs1\phi}$, atau 907,305 A, pada jarak 100%. Hal ini sesuai dengan teori yang ada. Jarak mempengaruhi besar kecilnya gangguan hubung singkat. Dalam kasus gangguan tanah tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa, semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya, begitu pula sebaliknya, semakin jauh titik gangguannya, semakin kecil arus sisa hubung singkatnya, dan sebaliknya.

Kemudian untuk menghitung besarnya hubung singkat kita perlu mengetahui besarnya impedansi positif/saling dan impedansi nol, dan untuk menghitung impedansi saluran kita perlu mengetahui besarnya impedansi saluran.

Dan berdasarkan pengolahan data yang sudah didapat setting relai OCR dan GFR pada saat penyulang mengalami gangguan di titik gangguan 100% yaitu sebesar 0,40 detik pada hubung singkat 3 fasa, 0,32 detik pada hubung singkat 2 fasa, dan 0,30 pada hubung singkat 1 fasa tanah.

Dari hasil perhitungan dan hasil simulasi ETAP nilai setting waktu relai didapat 0,29 detik sampai 0,43 detik, nilai waktu yang didapat sangat baik yaitu di bawah 1 detik, dengan begitu nilai setting waktu kerja rele sesuai dengan yang diperlukan.

Dari hasil simulasi dengan setting relai OCR dan GFR yang tetap pada beban 11,546 MVA, jarak atau titik gangguan dapat mempengaruhi perubahan arus gangguan yang membuat waktu kerja relai berubah-ubah, semakin panjang jarak atau titik gangguan maka semakin lambat relai akan memberikan informasi ke circuit breaker.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada PT.PLN (Persero) UP2D Jawa Barat atas arahan dan bimbingan serta data-data yang diberikan untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Alam PH, D. (2016). *Studi Ground Fault Relay Gardu Induk Cigereleng Penyulang CBI 20 KV*. Laporan Kerja Praktek.
- IEEE.(2004). *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*. IEEE Std 1366-2012.
- Medina, D. (2019). *Analisis Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi 20 KV Pada Penyulang CPK (Cigereleng Palasari Kuning) PT. PLN (Persero) UP3 Bandung*. Proyek Akhir, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Nova, T. & Syahrial. (2013). Perhitungan Setting Rele OCR dan GFR pada Sistem Interkoneksi Diesel Generator di Perusahaan "X ". *Jurnal Reka Elkomika*, 1(1). 76-85.
- Pamudji, N. (2014). *Proteksi dan Kontrol Transformator*. PT. PLN (Persero).
- PT. PLN (Persero) UP2D Jawa Barat, (2022). *Data Sheet Data Sistem Gangguan 2022 PLN Gardu Induk Gedebage*. PT. PLN (Persero).
- Syafriyudin. (2016). *Tranmisi Daya Listrik*. Akprind Press, 1-23.