

# PERENCANAAN SETTING DIRECTIONAL GROUND RELAY (DGR) UNTUK GANGGUAN SATU FASA KE TANAH DI SALURAN 150 KV DOUBLE CIRCUIT GIS PESANGGARAN - GI NUSA DUA

Ganggas B Maulana Idham<sup>1</sup>, I Gede Dyana Arjana<sup>2</sup>, I Wayan Arta Wijaya<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali

email: [ganggasbagusmaulanaidham@gmail.com](mailto:ganggasbagusmaulanaidham@gmail.com)<sup>1</sup>, [dyanaarjana@unud.ac.id](mailto:dyanaarjana@unud.ac.id)<sup>2</sup>,  
[artawijaya@unud.ac.id](mailto:artawijaya@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Gangguan satu fasa ke tanah pada saluran transmisi 150 kV GIS Pesanggaran – GI Nusa Dua memiliki impedansi gangguan yang tinggi sehingga relai jarak sebagai pengaman cadangan tidak dapat mendeteksi gangguan tersebut. *Directional Ground Relay* (DGR) dipilih sebagai *relay* pengaman bantu untuk mengamankan sistem dari gangguan satu fasa ke tanah. Melakukan pemasangan *relay* DGR membutuhkan perencanaan dan menentukan *setting relay* terlebih dahulu yaitu mencari nilai  $I_{set}$ , TMS dan waktu trip. Perhitungan yang telah dilakukan pada studi ini mendapatkan hasil *setting* DGR dengan *pickup current range* 0,0522 – 0,0722 A. DGR akan bekerja setelah 2,297 detik apabila *relay* diferensial sebagai *relay* pengaman utama tidak bekerja atau *fail* dan *relay* jarak sebagai pengaman cadangan juga tidak berhasil mengamankan gangguan satu fasa ke tanah.

**Kata Kunci** : Relai Tanah Terarah, Gangguan satu fasa ke tanah, Relai Pengaman Bantu

## Abstract

*The single phase to ground fault on the 150 kV transmission line GIS Pesanggaran – Nusa Dua Substation has a high fault impedance so that the distance relay as an auxiliary safety device cannot detect the disturbance. Directional Ground Relay (DGR) was chosen as an auxiliary protection relay to secure the system from single phase to ground faults. Installation of auxiliary protection relays requires planning and relay setting steps to obtain  $I_{set}$ , TMS and trip time. The calculations that have been carried out get the results of DGR setting with a pickup current range of 0.0522 – 0.0722 A. DGR will work after 2.297 seconds if the differential relay as the main protection relay does not work or fails and the distance relay as a backup protection does not succeed in securing a single phase fault to ground as well.*

**Keywords** : *Directional Ground Relay, 1 Phase to Ground fault, Backup Relay Protection*

## 1. PENDAHULUAN

Kenaikan kebutuhan energi listrik di Bali bertumbuh tiap tahun sebesar 5,3% menyebabkan total energi yang terjual per tahunnya juga mengalami peningkatan sebesar 7,62% dari 5300 GWh di tahun 2018 menjadi 5700 GWh di tahun 2019[1,2].

Untuk mengimbangi kenaikan kebutuhan energi listrik tersebut, Gardu Induk Pesanggaran melakukan pengembangan menjadi *Gas Insulated Switchgear (GIS)* dan merubah panjang kabel dari 13,2 km *single line* menjadi 14,26 km *double circuit* serta melakukan *uprating* konduktor dari 550 A menjadi 895 A, dan juga mengganti konfigurasi sistem proteksi relai. Relai diferensial sebagai pengaman utama dan relai jarak sebagai pengaman cadangan.

Relai jarak menggunakan impedansi gangguan sebagai faktor deteksinya sehingga menyebabkan relai jarak susah untuk mendeteksi gangguan satu fasa ke tanah. Apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah dan relai jarak sebagai relai cadangan fail, maka diperlukan pemasangan *Directional Ground Relay* sebagai relai pengaman bantu untuk mengamankan gangguan satu fasa ke tanah.

## 2. Kajian Pustaka

### 2.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

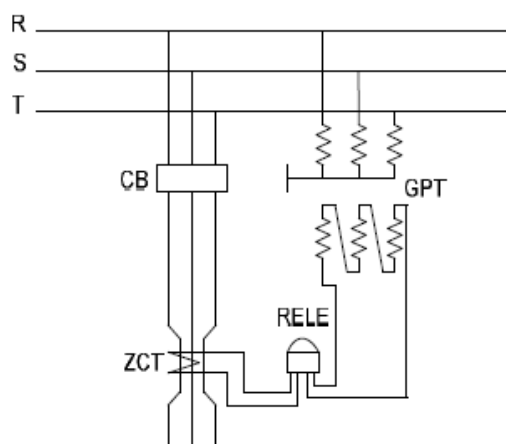
Gangguan yang terjadi karena kegagalan isolasi antara penghantar fasa dengan tanah. Gangguan ini menimbulkan arus yang lebih besar dari arus pada kondisi normal[3]. Untuk mencari besar gangguan arus hubung singkat satu fasa ketanah dihitung menggunakan persamaan:

$$I_a = 3I_{a1} = 3 \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

### 2.2 Directional Ground Relay (DGR)

*Directional Ground Relay (DGR)* adalah relai tanah terarah yang digunakan untuk mengamankan gangguan yang terjadi antara fasa dengan tanah. Relai ini mendeteksi arus dan tegangan yang mengarah ke tanah.

DGR dipasang pada setiap *feeder* atau saluran utama. Relai DGR mempunyai jenis yang sama seperti relai arus lebih. DGR dihubungkan ke ZCT untuk mendeteksi arus gangguan yang mengarah ke tanah dan dihubungkan pada GPT untuk mendeteksi tegangan gangguan tidak seimbang yang mengarah ke tanah.



Gambar 1. Hubungan DGR, GPT dan ZCT

DGR yang digunakan sebagai *backup* memiliki waktu tunda 2 detik lebih lama dari *relay* utama dan cadangan[4]. Untuk mencari nilai *setting* arus gangguan relai DGR dihitung menggunakan rumus :

$$I_{Set} = 10\% \times I_{f \text{ Maksimum}} \quad (2)$$

### 2.3 Setelan Waktu TMS dan Waktu Trip

*Time Multiple Setting* atau TMS digunakan pada *setting relay* agar lebih sensitif[5]. Berikut merupakan rumus dari TMS :

$$TMS = \frac{tx \left( \left( \frac{I_f}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta} \quad (3)$$

Setelah mendapatkan TMS, kemudian menghitung waktu trip DGR menggunakan rumus berikut :

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left[ \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right]^\alpha - 1} \quad (4)$$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) APP Bali. Penelitian dilakukan dari bulan Oktober 2021.

#### 3.2 Sumber Data Penelitian

Data pada penelitian ini diperoleh dari PT. PLN (Persero) APP Bali Gardu Induk Kapal dan sumber literasi yang mendukung pembahasan penelitian ini.

#### 3.2 Analisis Data

Alur analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yakni:

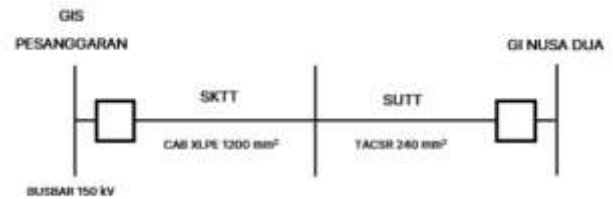
- a) Menghitung nilai total impedansi dari kabel tanah dan kabel udara urutan positif
- b) Menghitung nilai impedansi mutual pada impedansi urutan nol
- c) Menghitung  $I_{dasar}$ ,  $Z_{dasar}$  dan menghitung nilai  $I_f$
- d) Menghitung nilai setting GPT dan ZCT
- e) Menghitung setting waktu TMS dan waktu Trip DGR
- f) membuat pemodelan saluran transmisi GIS Pesanggaran – GI Nusa Dua pada software simulasi
- g) Melakukan analisa koordinasi kerja relai diferensial, relai jarak, dan DGR

### 4. HASIL PEMBAHASAN

#### 4.1 Single Line GIS Pesanggaran – GI Nusa Dua

Saluran transmisi 150 kV GIS Pesanggaran – GI Nusa memiliki panjang

saluran 14,26 km seperti Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Single line GIS Pesanggaran – GI Nusa Dua

Saluran Transmisi GIS Pesanggaran-GI Nusa Dua menggunakan 2 jenis kabel yaitu kabel tanah dari sisi GIS Pesanggaran dengan panjang 7,06 km dan kabel salurn udara dari lapangan terbang Bandara Internasional Ngurah Rai hingga GI Nusa Dua dengan panjang 7,2 km.

#### 4.2 Hasil Perhitungan Gangguan Satu Fasa ke Tanah

Titik gangguan 1 fasa ke tanah terjadi pada sistem saluran 150 kV GIS Pesanggaran – GI Nusa Dua simulasikan terletak pada 0% hingga 100% panjang saluran.

a. Sebelum mencari arus gangguan minimum dan maksimum untuk nilai setting DGR, terlebih dahulu mencari nilai  $I_f$  pu dan  $I_{dasar}$ . Nilai  $I_{dasar}$  dihitung :

$$I_{dasar} = \frac{MVA_{3\phi} \phi_{dasar}}{\sqrt{3} \times kV_{L-L} \phi_{dasar}} \quad (5)$$

$$I_{dasar} = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 150}$$

$$I_{dasar} = 230,94 A$$

Kemudian mencari nilai  $I_f$  pu dengan perhitungan di bawah:

$$I_f \text{ pu} = I_{a1} \quad (6)$$

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0} = \frac{E_a}{(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_n + Z_f)} \quad (7)$$

$$I_a$$

$$I_a$$

$$I_f pu = 0,003125$$

b. Arus hubung singkat maksimum dan minimum gangguan satu fasa ke tanah dihitung:

$$I_f = I_f (pu) \times I_{dasar} \quad (8)$$

$$I_f = 0,003125 \times 230,94 A$$

$$I_f = 0,722 A$$

Hasil perhitungan gangguan maksimum dan minimum yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Arus Gangguan Maksimum dan Minimum Setting DGR

| Arus Gangguan 1 Fasa ke Tanah |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Minimum (0%)                  | Maksimum (100%) |
| 0,522 A                       | 0,722 A         |

#### 4.3 Perhitungan Setting Relay DGR

Setelah menghitung arus gangguan maksimum dan minimum maka dapat dihitung  $I_{set}$ , TMS, dan waktu trip untuk nilai setting relay DGR.

##### a. Setting pickup current

Untuk mencari setting pickup current sebagai  $I_{set}$  pada relay DGR dapat dihitung:

$$I_{set} = 10\% \times I_f \text{ Maksimum}$$

$$I_{set} = 10\% \times 0,722 A$$

$$I_{set} = 0,0722 A$$

##### b. Setting TMS

Setting nilai TMS menggunakan Standard Inverse dihitung sebagai berikut:

$$TMS = \frac{tx \left( \left( \frac{I_f}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta}$$

$$TMS = \frac{0,3 \left( \left( \frac{0,722}{0,0722} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14}$$

$$TMS = 0,101 SI$$

##### c. Setting Waktu Trip

Perhitungan waktu trip relay DGR dihitung sebagai berikut:

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left[ \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right]^\alpha - 1}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,101}{\left[ \frac{0,722}{0,0722} \right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,297 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan setting waktu trip relay DGR untuk pickup current maksimum dan minimum dapat dilihat pada Tabel 2:

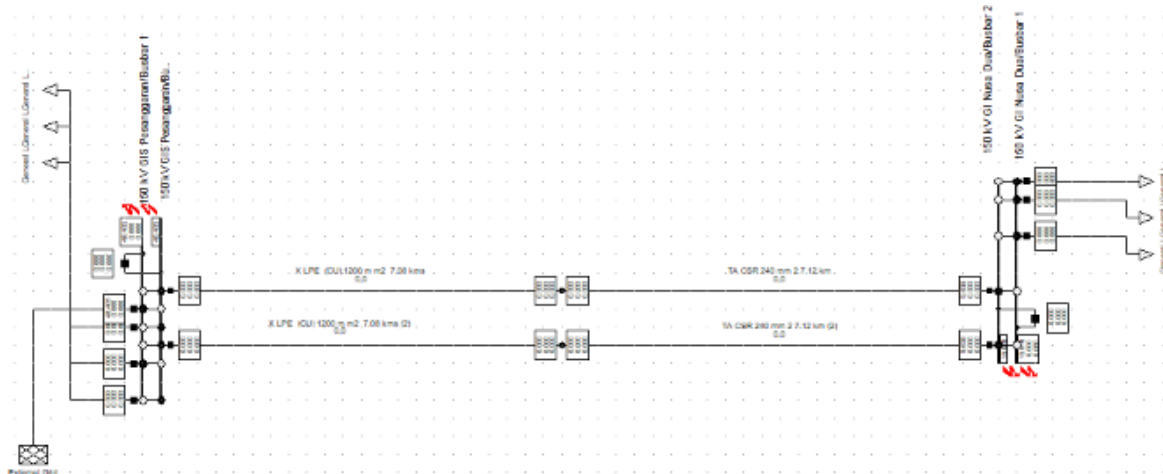
Tabel 2. Setting waktu trip relay DGR

| Titik Gangguan | Directional Ground Relay |             |
|----------------|--------------------------|-------------|
|                | TMS = 0,101 SI           |             |
|                | Pickup Current Setting   | Waktu Trip  |
| 0%             | 0,0512 A                 | 0,297 detik |
| 100%           | 0,0722 A                 | 0,297 detik |

#### 4.4 Hasil Simulasi menggunakan Power Factory

Simulasi dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari PT.PLN

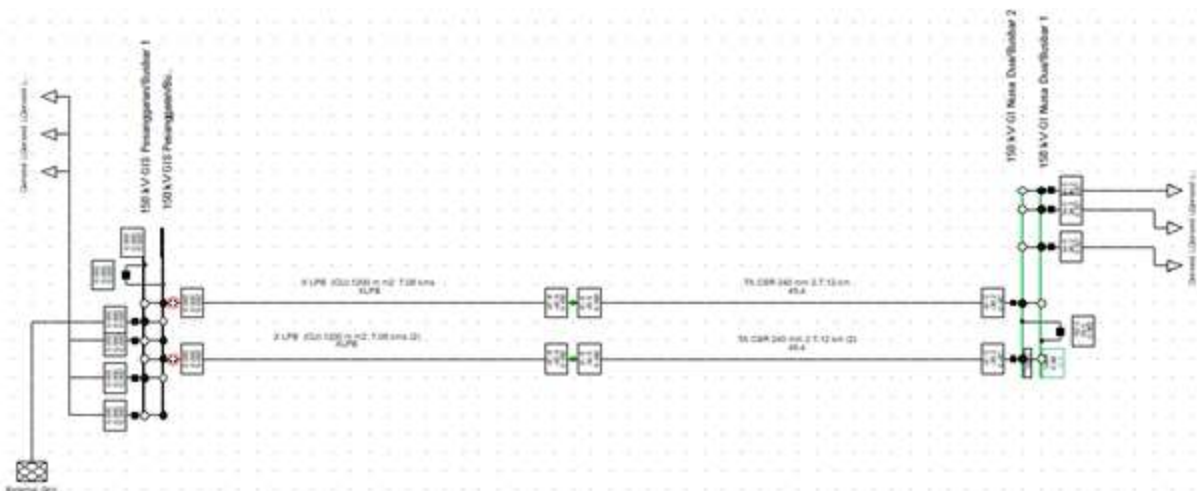
dan hasil perhitungan yang telah dilakukan digunakan untuk melengkapi parameter komponen pada pemodelan saluran transmisi 150 kV GIS Pesanggaran – GI Nusa Dua dengan gangguan pada titik 0% dan 100% panjang saluran yang ditunjukkan pada Gambar 3:



Gambar 3. Pemodelan saluran transmisi 150 kV GIS Pesanggaran – GI Nusa Dua dengan titik gangguan 0% dan 100%

Setelah memasukkan komponen model relay pada single line yang telah dibuat pada Gambar 3, relay DGR akan

mengamankan gangguan dengan mengirimkan sinyal trip ke PMT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut :



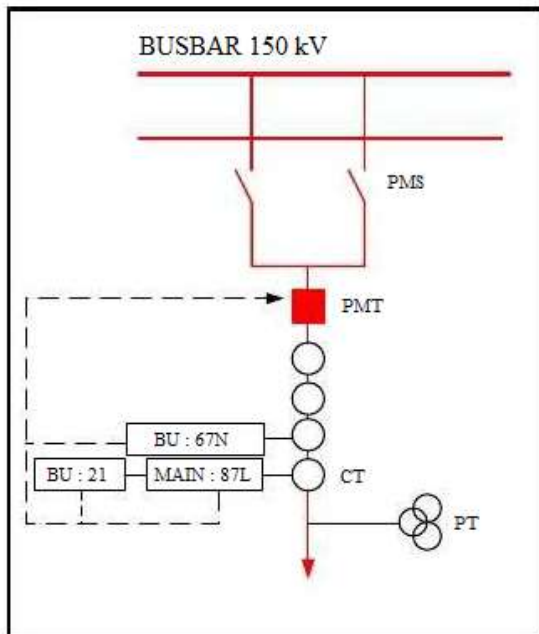
Gambar 4. PMT pada sisi 0% panjang saluran sudah trip dan mengamankan gangguan

Gambar 4 menunjukkan bahwa PMT pada GIS Pesanggaran dimana terjadi gangguan pada titik 0% panjang saluran sudah trip dan gangguan berhasil

diamankan ditandai dengan lingkaran merah pada PMT di sisi busbar GIS Pesanggaran.

#### 4.5 Koordinasi Kerja Relay Diferensial, Relay Jarak, dan DGR

Koordinasi kerja antar relay pengaman utama dan relay pengaman cadangan diilustrasikan seperti pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Single Line Koordinasi kerja antar relay

Ketika terjadi gangguan 1 fasa ke tanah, ketiga relay proteksi sudah merasakan gangguan tersebut dan relay proteksi akan bekerja untuk mengirimkan sinyal ke PMT untuk segera mengisolasi gangguan. Gambar 5 menunjukkan relay diferensial bertugas sebagai pengaman utama yang akan mengirimkan sinyal ke PMT secara instant apabila merasakan gangguan dengan waktu 0 detik.

Relai jarak sebagai pengaman cadangan akan mengirimkan sinyal ke PMT apabila dalam waktu 0,8 detik gangguan masih terasa, karena artinya relay diferensial tidak bekerja atau *fail*. Relai jarak memiliki kekurangan dalam mendeteksi dan mengamankan gangguan

1 fasa ke tanah karena nilai impedansi gangguan yang besar, maka apabila relay jarak yang bekerja sebagai pengaman cadangan tidak bekerja atau gagal mengamankan gangguan 1 fasa ke tanah, relay DGR akan bekerja mengamankan gangguan 1 fasa ke tanah sebagai relay bantu.

Relai DGR akan bekerja dalam waktu 0,297 detik setelah waktu tunda 2000 ms atau 2 detik sehingga total waktu relay DGR akan bekerja mengirimkan sinyal ke PMT setelah 2,297 detik, dengan demikian tidak akan terjadi *overlapping* antara relay pengaman utama, relay cadangan, dan relay bantu.

#### 5. KESIMPULAN

Pemasangan DGR sebagai relay bantu untuk mengatasi gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah merupakan cara yang tepat karena apabila terjadi gangguan 1 fasa ke tanah dan relay diferensial mengalami gagal kerja atau *fail* maka relay jarak yang memiliki kelemahan terhadap gangguan jenis ini akibat nilai impedansi gangguan yang tinggi membuat relay jarak berpotensi besar juga mengalami kegagalan. Sehingga diperlukan pemasangan DGR sebagai relay bantu.

*Directional Ground Relay* sebagai relay pengaman cadangan bekerja dengan waktu tunda 2000 ms atau 2 detik dan akan trip dalam waktu 0,297 detik sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk relay DGR bekerja adalah 2,297 detik agar tidak terjadi *overlapping* dengan relay diferensial sebagai pengaman utama dan relay jarak sebagai pengaman cadangan. Relay DGR akan bekerja apabila relay pengaman utama dan relay pengaman cadangan mengalami kegagalan.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN. 2019. Statistik PLN 2018. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [2] PT. PLN. 2020. Statistik PLN 2019. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [3] Stevenson, Jr, William D. 1983. Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [4] Karyana. 2013. Pedoman dan Petunjuk Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [5] Darwanto, Agus & Priyanto, Joni. 2012. "Studi Penggunaan Directional Ground Relay (DGR)"
- [6] Upayana, I. N, Arjana,, I. G. D, dan Wijaya, I. W. A. 2017. "Pemasangan DGR (Directional Ground Relay) untuk Mengatasi Gangguan Sympathetic Trip pada GIS Bandara Penyulang Ngurah Rai I dan Ngurah Rai II". Jurnal Teknik Universitas Udayana, Vol 16, No. 2.