

# PERENCANAAN PENAMBAHAN RELAY DIRECTIONAL EARTH FAULT (DEF) UNTUK GANGGUAN SATU FASA KE TANAH DI SALURAN 150 KV GARDU INDUK NUSA DUA – PESANGGRAN

G. A. P. Yuni Maheswari<sup>1</sup>, I Gede Dyana Arjana<sup>2</sup>, Cok Gede Indra Partha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit, Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab. Badung, Bali

email: [gyunimaheswari@gmail.com](mailto:gyunimaheswari@gmail.com), [dyanaarjana@unud.ac.id](mailto:dyanaarjana@unud.ac.id), [cokindra@unud.ac.id](mailto:cokindra@unud.ac.id)

## ABSTRAK

Gangguan arus hubung singkat satu fasa ketanah yang terjadi pada saluran transmisi 150 kV Gardu Induk Nusa Dua-Pesanggran, menyebabkan pemadaman terjadi pada wilayah Gardu Induk Nusa Dua meluas hingga wilayah sekitarnya. Gangguan yang terjadi gagal untuk diamankan akibat *relay* GFR (*Ground Fault Relay*) tidak dapat mendeteksi adanya arus gangguan sehingga gagal bekerja. *Relay* bantu dibutuhkan untuk mengamankan gangguan arus hubung singkat satu fasa ketanah membantu *relay* GFR, dimana *relay* yang dipilih adalah *relay* DEF (*Directional Earth Fault*). Pemasangan *relay* bantu membutuhkan perencanaan dan langkah-langkah *setting relay* untuk memperoleh  $I_{set}$ , TMS dan waktu trip. Perhitungan yang telah dilakukan mendapatkan hasil *relay* GFR bekerja pada gangguan minimum sebesar 1.200A sedangkan *relay* DEF bekerja pada gangguan minimum 0,521A. Gangguan satu fasa ketanah yang terdeteksi pada saluran 150 kV berdasarkan simulasi adalah dibawah 300A. *Relay* DEF akan bekerja setelah *relay* GFR tidak berhasil mendeteksi gangguan satu fasa ketanah dengan rentang waktu 0 – 0,3 detik.

**Kata Kunci** : Gangguan satu fasa ketanah, *relay* GFR, *relay* DEF

## ABSTRACT

*Disruption of short circuit flow of one ground phase that occurred on the transmission line 150 kV Nusa Dua-Pesanggran Substation, causing blackouts to occur in the Nusa Dua Substation area extending to the surrounding area. The disruption that occurred failed to be secured because the GFR (Ground Fault Relay) relay could not detect the presence of a current interference so it failed to work. Assisted relays are needed to secure short circuit flow interference one phase to help the GFR relay, where the selected relay is the DEF (Directional Earth Fault) relay. Installation of auxiliary relays requires planning and relay setting steps to obtain  $I_{set}$ , TMS and trip time. Calculations that have been done get the results of the GFR relay working at a minimum interference of 1,200A while the DEF relay works at a minimum interference of 0.521A. The one-phase disruption detected on the 150 kV channel based on the simulation is below 300A. Def relay will work after the GFR relay does not manage to detect interference of one phase of the land with a time span of 0 - 0.3 seconds.*

**Keywords:** One phase ground fault, GFR relay, DEF relay

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 6,9% tiap tahunnya, sehingga penyaluran energi listrik semakin diperhatikan agar kebutuhan tetap terpenuhi. Saluran transmisi merupakan mata rantai penghubung antara pembangkit dan sistem distribusi serta menghubungkan dengan sistem-sistem daya lainnya. Sistem transmisi Bali selatan khususnya pada Gardu Induk Nusa Dua – Pesanggaran, merupakan salah satu pengguna energi listrik di Bali.

Gangguan sering terjadi pada saluran transmisi salah satunya adalah gangguan satu fasa ketanah. Gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dapat dideteksi oleh *relay* GFR (*Ground Fault Relay*), namun pada kondisi tertentu *relay* GFR tidak dapat mendeteksi arus gangguan satu fasa ketanah. Didukung dengan hasil penelitian dari Upayana pada tahun 2017 ketika terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah di GIS Bandara GFR tidak dapat mengamankan gangguan tersebut sehingga pemadaman [1]. *Relay* DEF (*Directional Earth Fault*) dipasang sebagai *relay* bantu untuk mengamankan gangguan hubung singkat satu fasa ketanah.

Gangguan satu fasa ketanah yang terjadi pada sistem transmisi Gardu Induk Nusa Dua – Pesanggaran, di akibatkan gagalnya *relay* GFR untuk mendekteksi adanya arus gangguan satu fasa ketanah.

Berdasarkan permasalahan pada latar belakang tersebut, maka cara yang akan dilakukan untuk mengamankan sistem transmisi jika terjadi gangguan satu fasa ketanah adalah dengan pemasangan *relay* DEF yang akan dapat mendekteksi arus gangguan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan *relay* GFR. Hasil keputusan untuk pemasangan *relay* DEF sebagai *relay* bantu berdasarkan hasil penelitian dari Anggoro pada tahun 2018 yang menggunakan *relay* DEF untuk mengamankan saluran transmisi 150 kV Gardu Induk Teluk Lembu ketika terjadi gangguan hubung singkat dengan arus maksimum yang terjadi 1300 A di 3 titik

area busbar GI Garuda Sakti – GI Teluk Lembu dengan waktu singkat  $\pm 120$  ms [2]. *Relay* DEF sebagai *relay* bantu yang terpasang pada sistem yang akan dikordinasikan dengan *relay* utama agar tidak terjadi *overlapping*.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Gangguan Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah

Gangguan yang terjadi karena kegagalan isolasi antara penghantar fasa dan tanah. Gangguan ini menimbulkan arus yang lebih besar dari arus pada kondisi normal [3]. Rumus untuk mencari besar gangguan arus hubung singkat satu fasa ketanah adalah sebagai berikut:

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

### 2.2 Relay GFR (*Ground Fault Relay*)

*Relay* hubung tanah yang bekerja jika terjadi ketidakseimbangan arus atau gangguan hubung singkat ketanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral [4]. *Setting* arus *relay* GFR dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{set} (\text{primer}) = 10\% \times I_n \quad (2)$$

### 2.3 Relay DEF (*Directional Earth Fault*)

*Relay* arus lebih berarah yang dipasang pada saluran transmisi 150 kV, yang bekerja mengamankan gangguan stau fasa ketanah bersifat tahanan tinggi (*high resistance*). *Relay* ini dirancang akan bekerja bila arus lebih itu arahnya ke depan, dan arah sebaliknya. *Relay* DEF sebagai backup bekerja dengan waktu tunda 2 detik lebih lama dari *relay* utama [5]. *Setting* arus gangguan *relay* DEF dihitung menggunakan rumus:

$$I_{set} = 10\% \times I_{f \text{ maksimum}} \quad (3)$$

### 2.4 Setelan Waktu TMS

Time Multiple *Setting* atau TMS digunakan pada *setting relay* agar lebih sensitive [6]. Berikut merupakan rumus dari TMS:

$$TMS = \frac{tx \left( \left( \frac{I_f}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta} \quad (4)$$

$$t = \frac{\beta \times tms}{\left[ \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right]^\alpha - 1} \quad (5)$$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) APP Bali. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Juni 2020.

#### 3.2 Sumber Data Penelitian

Data dalam penelitian ini bersumber dari PT. PLN (Persero) APP Bali dan sumber-sumber lainnya yang mendukung judul penelitian.

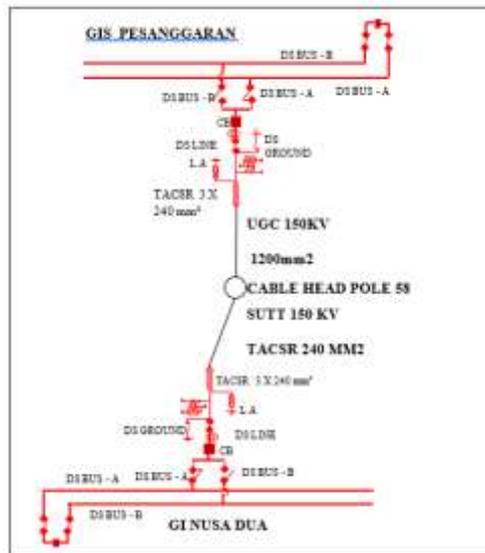
#### 3.2 Analisis Data

Alur analisis data yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :

- a) Pengumpulan data-data teknis yang berkaitan dengan sistem

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Single Line Diagram Gardu Induk Nusa Dua – Pesanggaran



Gambar 1. Single line diagram Gardu Induk Nusa Dua - Pesanggaran

Single line diagram sistem transmisi 150 kV GI Nusa Dua-Pesanggaran yang pernah mengalami gangguan arus hubung singkat satu fasa ketanah, menggunakan relay DEF sebagai relay bantu akibat gagalnya relay GFR mendeteksi gangguan. Gangguan yang terjadi berada pada saluran transmisi 150 kV Gardu Induk Nusa Dua.

- b) Pembuatan pemodelan saluran transmisi Gardu Induk Nusa Dua - Pesanggaran
- c) Menghitung gangguan hubung singkat satu fasa ketanah
- d) Menghitung setting relay GFR
- e) Menghitung  $I_{dasar}$ ,  $Z_{dasar}$ , impedansi pentanahan netral trafo per unit, impedansi saluran, nilai per unit arus gangguan, menghitung hubungan singkat satu fasa ketanah, dan setting relay koordinasi waktu kerja 2 detik setelah relay GFR bekerja .
- f) Perhitungan setting relay DEF.
- g) Pembuatan pemodelan saluran transmisi Gardu Induk Nusa Dua-Pesanggaran.
- h) Analisa koordinasi setting relay GFR dan DEF.

**4.2 Hasil Perhitungan Gangguan Satu Fasa Ketanah**

Lokasi titik gangguan 1 fasa ketanah yang menyebabkan trip pada sistem saluran 150 kV GI Nusa Dua – Pesanggaran diasumsikan terletak 0% hingga 100% panjang saluran. Perhitungan untuk arus hubung singkat pada gangguan satu fasa ketanah yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_{f1\text{phase}} = \frac{3 \times E_{ph}}{2 \times Z_{1eq} \times Z_{0eq}}$$

$$I_{f1\text{phase}} = \frac{3 \times \frac{150000}{\sqrt{3}}}{(2 \times (0 + j52,825)) + 120 + j137,7}$$

$$I_{f1\text{phase}} = 2.146,9 \text{ A}$$

Hasil perhitungan gangguan hubung singkat satu fasa ketanah di titik gangguan 0% dan 100% dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Nilai Hubung Singkat 1 Fasa Ketanah

%Panjang	Arus hubung singkat 1 fasa ketanah
0%	2.146,9
100%	1.200,9

**4.2 Hasil Perhitungan Setting Relay GFR**

Arus gangguan maksimum dan minimum, nilai TMS, serta waktu trip relay adalah hal yang berkaitan dalam setting relay GFR.

- a. Perhitungan arus gangguan minimum sebagai berikut:

$$I_{set} = 10\% \times I_{f\text{minimum}}$$

$$I_{set} = 10\% \times 1.200,953$$

$$I_{set} = 120,0953 \text{ A}$$

Perhitungan untuk mencari arus gangguan maksimum menggunakan persamaan yang sama dengan  $I_{f\text{maksimum}}$ .

- b. Perhitungan setting TMS

Setting TMS menggunakan standard inverse mendapatkan nilai sebagai berikut:

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

$$TMS = \frac{0.3 \left( \left( \frac{1.200,953}{120,0953} \right)^{0.02} - 1 \right)}{0.14}$$

$$TMS = 0,1 \text{ SI}$$

- c. Perhitungan waktu trip relay

Lokasi titik gangguan pada 100% dan 0% perhitungan waktu trip relay menggunakan persamaan yang sama, berikut perhitungan pada titik gangguan 100%:

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

$$t = \frac{0.14 \times 0.1}{\left[ \left( \frac{1.200,953}{120,0953} \right)^{0.02} - 1 \right]}$$

$$t = 0.297 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan untuk setting relay GFR dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Setting Relay GFR

Titik Gangguan	Relay GFR	
	$I_{set} = 120,09\text{A} : TMS = 0,1 \text{ SI}$	
	Arus gangguan 1 fasa ketanah ( $I_f$ )	Setting waktu trip relay
0%	2.146,9 A	0,235 detik
100%	1.200,9 A	0,297 detik

**4.3 Hasil Perhitungan Setting Relay DEF**

Setting relay DEF diawali dengan perhitungan nilai dari arus gangguan minimum dan maksimum, nilai setting TMS dan waktu trip relay.

- a. Perhitungan arus gangguan maksimum dan minimum

Arus gangguan maksimum dan minimum dapat dicari dengan persamaan berikut:

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

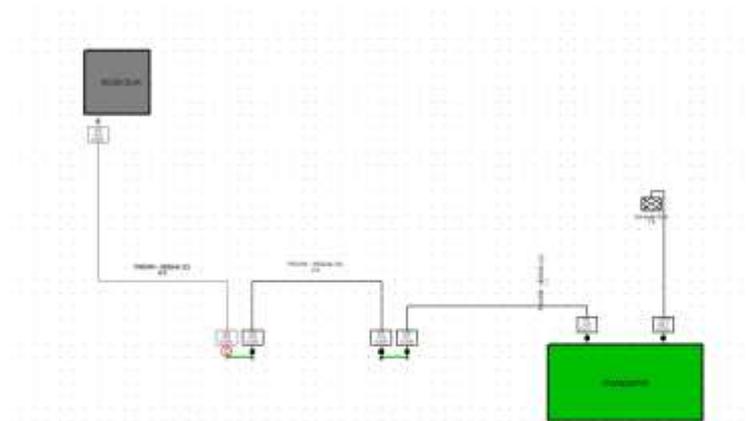
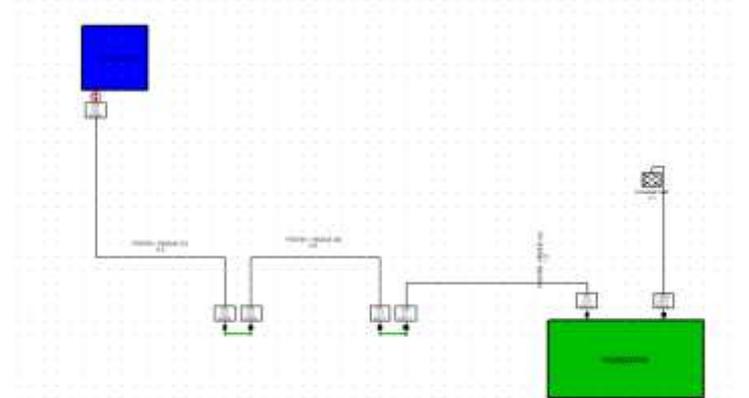
$$I_f = 0,003125 \times 230,94$$

$$I_f = 0,72 \text{ A}$$

Hasil perhitungan gangguan maksimum dan minum dapat dilihat pada tabel berikut:



Hasil simulasi titik gangguan pada line A (0%) maupun line B (100%) mendapatkan nilai gangguan yang sama yaitu dibawah 300 A berdasarkan perhitungan simulasi. Hasil yang membedakan antara titik gangguan line A dan line B adalah titik PMT bekerja, dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4



Gambar 3. Hasil simulasi titik gangguan line A

Gambar 4. Hasil simulasi titik gangguan line C

#### 4.5 Analisa Koordinasi Relay DEF dan Relay GFR

Arus gangguan satu fasa ketanah yang terdeteksi berdasarkan hasil simulasi program Digsilent adalah dibawah 300 A. Relay GFR yang terpasang memiliki batas arus gangguan satu fasa ketanah minimum untuk dapat terdeteksi oleh relay GFR adalah 1.200,9 A. Batas minimum ini lebih besar jika dibandingkan dengan gangguan arus hubung singkat satu fasa ketanah yang terjadi pada sistem, sehingga relay GFR tidak dapat mendeteksi arus gangguan tersebut. Relay DEF yang memiliki batas minimum arus gangguan satu fasa ketanah dapat terdeteksi oleh relay DEF adalah 0,521 A. Batas minimum

relay DEF lebih kecil jika dibandingkan dengan gangguan arus hubung singkat satu fasa ketanah yang terjadi pada sistem. Koordinasi relay DEF saat mendeteksi adanya arus gangguan akan bekerja 2 detik setelah relay GFR gagal mengamankan gangguan, ini berdasarkan waktu tunda yang diberikan pada relay DEF ketika bekerja sebagai relay bantu agar tidak terjadi overlapping dengan relay utamanya.

#### 5. KESIMPULAN

Pemasangan relay DEF sebagai relay bantu untuk mengatasi gangguan arus hubung singkat satu fasa ketanah merupakan cara yang tepat, berdasarkan hasil simulasi program Digsilent relay DEF dapat membantu mengamankan gangguan

arus hubung singkat satu fasa ketanah yang tidak dapat dideteksi oleh *relay* GFR. Koordinasi *relay* DEF saat terjadinya gangguan dimana *relay* DEF sebagai *relay* bantu akan bekerja 2 detik setelah *relay* utama bekerja. Waktu tunda diberikan agar tidak terjadi overlapping antara *relay* DEF dan *relay* GFR.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Anggoro, Arif Sandy, Hamdani, Eddy. 2018. Studi Implementasi Directional Earth Fault pada Proteksi Bay Penghantar 150 kV Garuda Sakti – Teluk Lembu. Riau: Universitas Riau
- [3] Pandaitan, B. 1999. Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik Berbasis SCADA. Jakarta: Prenhallindo
- [4] SPLN: 1987. Transformator Tegangan. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [5] Sutarjana, I. K, Arjana, I. G. D, dan Partha, T. G. I. 2015. Studi Analisis Setting Relay Pengaman di Penyulang Ngurah Rai I dan NGurah Rai II. Jurnal Teknik Universitas Udayana, Vol 2, No 1.
- [6] Titarenko, M & Dukelsky, Noskov. "Protective Relaying In Electrical System. Moscow: Peace Publisher.