

**LAPORAN PENELITIAN**

**SETTING RELE JARAK PADA PENGHANTAR TALANG KELAPA 1  
DI GI GANDUS UPT PALEMBANG UIP3B SUMATERA**



**OLEH  
CHOIRUL RIZAL  
NIDN. 0024126201**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PALEMBANG  
TAHUN 2020**

## LAPORAN PENELITIAN

Judul : Setting Rele Jarak Pada Pengantar TalangKelapa 1 Di Gi Gandus Upt Palembang Uip3b Sumatera

Nama Ketua Peneliti : Ir. Choirul Rizal, MT

NIDN : 0024126201

Pangkat / Gol. / Jabatan : IV.a / Lektor Kepala

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Telepon/HP/Faksimili : - / 08127846460

e-mail :

Nama Anggota Peneliti :

NIDN :

Pangkat / Gol. / Jabatan :

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Telepon/HP/Faksimili : - /

e-mail :

Tempat Penelitian : Gi Gandus Upt Palembang Uip3b Sumatera

Waktu Penelitian : Agustus– Oktober 2020

Biaya Penelitian : Rp. 7.500.000,-

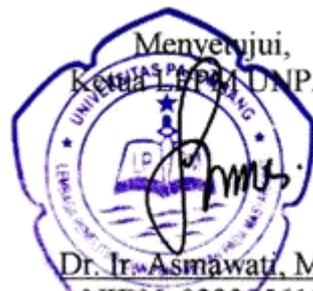
Sumber Dana : Universitas Palembang

Palembang, November 2020

Peneliti,

  
Ir. Choirul Rizal, MT.  
NIDN. 0024126201

  
Mengetahui :  
Dekan Fakultas Teknik,  
  
Ir. S.S. Purwanto, MT.  
NIDN. 0022115001

Menyetujui,  
Ketua LPPM UNPAL  
  
Dr. Ir. Asmawati, M.Si.  
NIDN. 0223056101

## DAFTAR ISI

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| Daftar Isi .....                                     | <i>iii</i>     |
| Kata Pengantar .....                                 | <i>iv</i>      |
| Daftar Gambar .....                                  | <i>v</i>       |
| Bab 1. Pendahuluan .....                             | 1              |
| 1.1. Latar Belakang .....                            | 1              |
| Bab 2. Tinjauan Pustaka .....                        | 3              |
| 2.1. Rugi-rugi pada saluran .....                    | 3              |
| 2.2. Rugi-rugi tegangan.....                         | 6              |
| 2.3. Rugi-rugi daya .....                            | 10             |
| Bab 3. Metode Penelitian .....                       | 12             |
| Bab 4. Hasil dan Pembahasan .....                    | 14             |
| 4.1. Data pada penyulang dieng .....                 | 14             |
| 4.2. Rugi-rugi daya setelah perubahan pengantar..... | 15             |
| Bab 5. Kesimpulan.....                               | 20             |
| 5.1. Kesimpulan .....                                | 20             |
| Daftar Pustaka .....                                 | 21             |

## DAFTAR GAMBAR

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| 1. Pentanahan tanpa impedansi/langsung.....            | 6              |
| 2. Pentanahan melalui tahanan .....                    | 7              |
| 3. Pentanahan titik netral dengan pentahanan coil..... | 7              |

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena Berkat Rahmat dan Karunianya penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian yang berjudul “***Setting Rele Jarak Pada Penghantar Talang Kelapa 1 Di Gi Gandus Upt Palembang Uip3b Sumatera***” Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada LPPM Universitas Palembang yang telah memberikan saran, petunjuk, motivasi dan membimbing dalam menyelesaikan penulisan Laporan Penelitian ini, serta semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Laporan Penelitian ini.

Akhirnya tidak ada yang sempurna kecuali Allah SWT. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun dalam rangka penyempurnaan Laporan Penelitian ini. Kiranya Laporan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, November 2020

Penulis

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1. Latar Belakang**

Saluran transmisi merupakan suatu sistem yang kompleks yang mempunyai karakteristik yang berubah-ubah secara dinamis sesuai keadaan sistem itu sendiri. Adanya perubahan karakteristik ini dapat menimbulkan masalah jika tidak segeraantisipasi. Gangguan pada saluran transmisi merupakan gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik. Gangguan – gangguan pada saluran transmisi dapat berupa gangguan temporer dan gangguan permanen. Untuk menghindari terjadinya gangguan pada saluran transmisi tersebut, maka diperlukan suatu pengaman. Sistem pengaman merupakan salah satu bagian penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian instalasi listrik yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar.

Rele jarak atau biasa disebut rele distance merupakan salah satu pengaman yang mengamankan/mengisolir penghantar (saluran udara/saluran kabel) tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi dari gangguan temporer dan gangguan permanen yang terjadi pada penghantar tersebut, sehingga rele ini dapat dipakai sebagai pola pengamanan pada saluran transmisi, untuk itu penulis membahas “Setting Rele Jarak Pada Penghantar Talang Kelapa-1 di GI Gandus UPT Palembang UIP3B Sumatera” yang merupakan salah satu upaya untuk menjaga kesinambungan pelayanan ke konsumen dan meminimalisir gangguan pada saluran transmisi.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perhitungan rele pengaman jarak pada penghantar Talang kelapa 1 di GI Gandus.
2. Untuk mengetahui Locus impedansi gangguan saat terjadi di GI Gandus penghantar talang kelapa 1

## **1.3. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai konfigurasi single Line diagram pada sebuah Gardu Induk.
2. Dapat menjadi acuan dalam menentukan perhitungan zona pengaman 1, dan zona pengaman 2,
3. Dapat mempermudah pemahaman mengenai locus impedansi gangguan saat terjadi gangguan

#### **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan ruanglingkut penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana konfigurasi single Line diagram GI Gandus pada penyaluran UPT Palembang UIP3B Sumatera ?
2. Bagaimana menentukan perhitungan zona pengaman 1, dan zona pengaman 2, pada rele jarak penghantar Talang kelapa 1 di GI Gandus?
3. Bagaimana perhitungan impedansi gangguan pada rele jarak pada penghantar Talang kelapa 1 GI Gandus

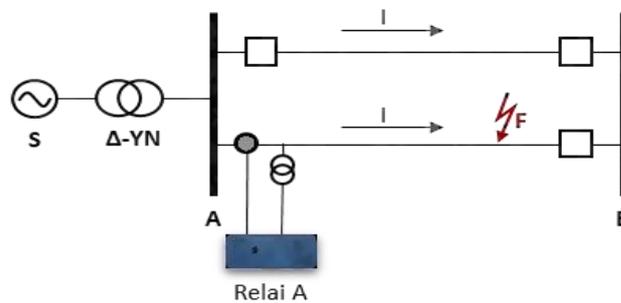
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Rele Jarak

Rele jarak adalah Rele penghantar yang prinsip kerjanya berdasarkan pengukuran impedansi penghantar. Impedansi penghantar yang dirasakan oleh Rele adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari sebuah sirkuit. Rele ini mempunyai ketergantungan terhadap besarnya S.I.R (System impedance ratio's)

$$S.I.R = \frac{Z_s}{Z_L}$$

Dimana  $Z_s$  adalah impedansi sumber dibelakang rele dan  $Z_L$  adalah impedansi saluran ekuivalen sesuai dengan nilai setelan capaian rele proteksi<sup>(1,3)</sup>



*Gambar. 1. Pengukuran rele jarak dengan inputan CT dan PT*

Rele jarak mengukur tegangan pada titik Rele dan arus gangguan yang terlihat dari Rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Perhitungan impedansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- $Z_f$  : Impedansi gangguan (ohm)
- $V_f$  : Tegangan gangguan (Volt)
- $I_f$  : Arus gangguan (Amp)

Rele jarak akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi seting, dengan ketentuan :

- a. Bila nilai impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi seting Rele maka Rele akan trip ( $Z_f < Z_L = \text{Trip}$ )
- b. Bila nilai impedansi gangguan lebih besar dari pada impedansi seting Rele maka Rele tidak trip ( $Z_f > Z_L = \text{No Trip}$ )

nilai  $Z_f$  dapat dihitung dengan menggunakan nilai kompleks tegangan dan arus gangguan yang terbaca pada rele jarak sesuai jenis gangguannya. Adapun jenis gangguan dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu sebagai berikut <sup>(1,2)</sup>

1. Gangguan Fasa-fasa :

$$Z_{f(a-b)} = \frac{V_a - V_b}{i_a - i_b} \dots \dots \dots (2)$$

$$Z_{f(b-c)} = \frac{V_b - V_c}{i_b - i_c} \dots \dots \dots (3)$$

$$Z_{f(a-c)} = \frac{V_a - V_c}{i_a - i_c} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

$$Z_{f(a-b)} = \text{Impedansi gangguan fasa A ke fasa B } (\Omega)$$

- $Z_{f(b-c)}$  = Impedansi gangguan fasa B ke fasa C ( $\Omega$ )
- $Z_{f(a-c)}$  = Impedansi gangguan fasa A ke fasa C ( $\Omega$ )
- $V_a$  = phasor Tegangan gangguan fasa A ( $\Omega$ )
- $V_b$  = phasor Tegangan gangguan fasa B ( $\Omega$ )
- $V_c$  = phasor Tegangan gangguan fasa C ( $\Omega$ )
- $i_a$  = phasor arus gangguan fasa A ( $\Omega$ )
- $i_b$  = phasor arus gangguan fasa B ( $\Omega$ )
- $i_c$  = phasor arus gangguan fasa C ( $\Omega$ )

untuk gangguan 3 fasa murni bisa menggunakan salah satu dari persamaan (2), (3), maupun (3)<sup>(1,2,3)</sup>

## 2. Gangguan Fasa tanah

$$Z_{f(a)} = \frac{V_a}{i_a + i_n \cdot K_n} \dots\dots\dots (5)$$

$$Z_{f(b)} = \frac{V_b}{i_b + i_n \cdot K_n} \dots\dots\dots (6)$$

$$Z_{f(c)} = \frac{V_c}{i_c + i_n \cdot K_n} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

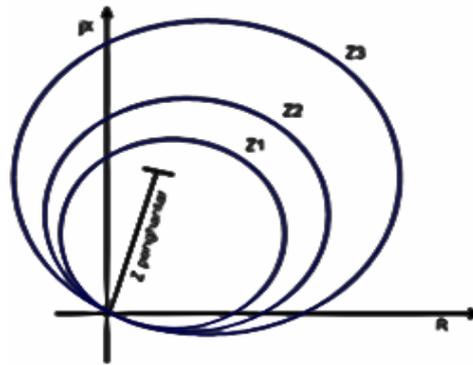
- $Z_{f(a)}$  = Impedansi gangguan fasa A ke tanah ( $\Omega$ )
- $Z_{f(b)}$  = Impedansi gangguan fasa B ke tanah ( $\Omega$ )
- $Z_{f(c)}$  = Impedansi gangguan fasa C ke tanah ( $\Omega$ )
- $V_a$  = phasor Tegangan gangguan fasa A ( $\Omega$ )
- $V_b$  = phasor Tegangan gangguan fasa B ( $\Omega$ )
- $V_c$  = phasor Tegangan gangguan fasa C ( $\Omega$ )
- $i_a$  = phasor arus gangguan fasa A ( $\Omega$ )
- $i_b$  = phasor arus gangguan fasa B ( $\Omega$ )
- $i_c$  = phasor arus gangguan fasa C ( $\Omega$ )
- $i_n$  = phasor arus gangguan netral ( $\Omega$ )
- $K_n$  = kompensasi urutan-nol  $\left( \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1} \right)$

## 2.2. Karakteristik Rele Jarak

### 1. Mho

Ciri-ciri :

- Titik pusatnya bergeser sehingga mempunyai sifat *directional*.
- Mempunyai keterbatasan untuk mengantisipasi gangguan tanah *high resistance*. Gangguan *high resistance* akan menambah nilai Rf (tahanan gangguan) sehingga Rele akan bekerja di luar zona proteksinya (gangguan yang berada di *zone-1* namun karena bersifat resistif sehingga Rele membacanya sebagai *zone-2*), begitu pula jika terdapat jenis gangguan kapasitif maupun induktif. Gangguan akan menambah nilai Xf (reaktansi kapasitif atau induktif gangguan) sehingga akan bekerja di luar zona proteksinya.
- Bisa digunakan untuk karakteristik gangguan fasa-fasa<sup>(1,3,4)</sup>

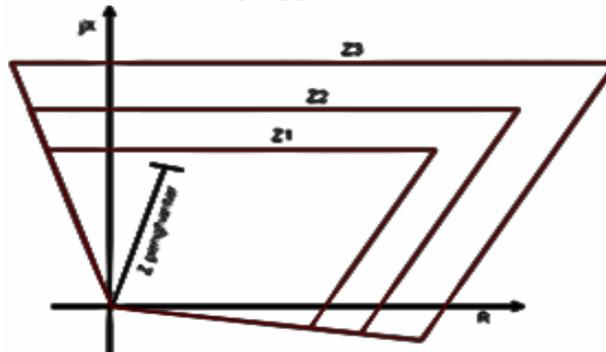


Gambar. 2. Karakteristik Mho

## 2. Quadrilateral

Ciri-ciri :

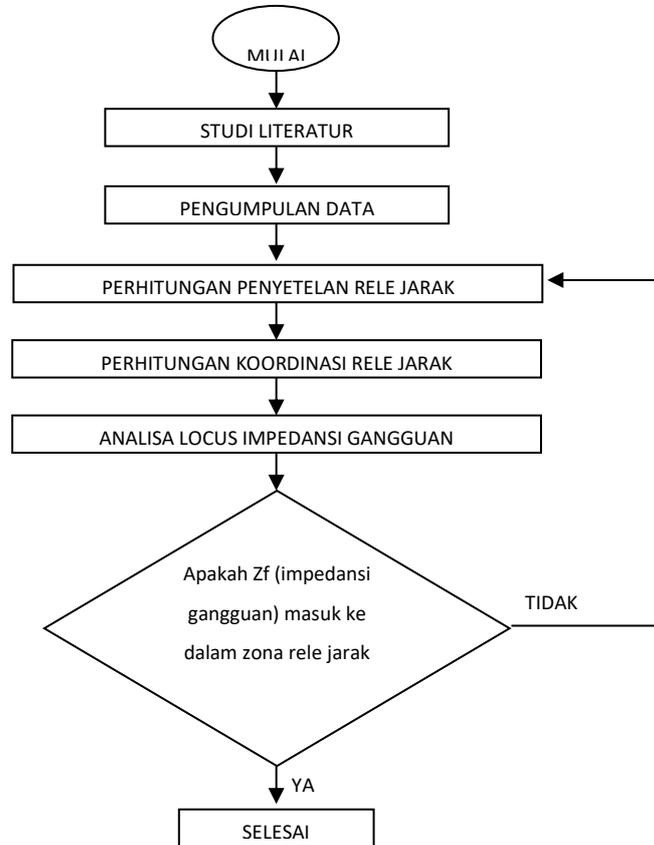
- Karakteristik quadrilateral merupakan kombinasi dari 3 macam komponen yaitu : reactance, berarah dan resistif
- Dengan seting jangkauan resistif cukup besar maka karakteristik Rele quadrilateral dapat mengantisipasi gangguan tanah dengan tahanan tinggi (high resistance). Dengan batasan jangkauan resistif kurang dari 50 % impedansi beban.
- Umumnya pada Rele elektromekanik dan statis kecepatan Rele dengan karakteristik quadrilateral lebih lambat dari jenis mho. Pada Rele numerik yang telah menggunakan digital sinyal microprocessor (DSP) kecepatan antara karakteristik mho dan quadrilateral relative sama.
- Bisa digunakan untuk karakteristik gangguan fasa-fasa dan fasa-tanah



Gambar. 3. Karakteristik Quadrilateral

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Desain Penelitian



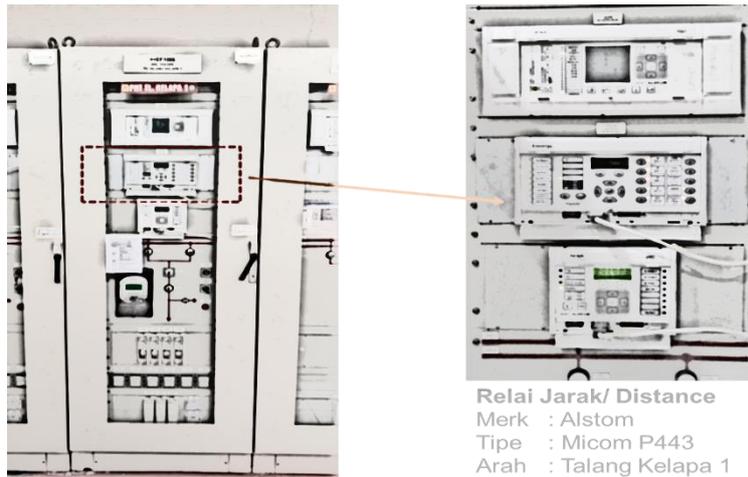
Gambar. 4. Diagram Alir Desain Penelitian

### Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian dalam Menyusun laporan ini dilaksanakan di PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Borang Gardu Induk Gandus, yang beralamat di jalan Tanjung Barangan kecamatan Gandus Kota Palembang.

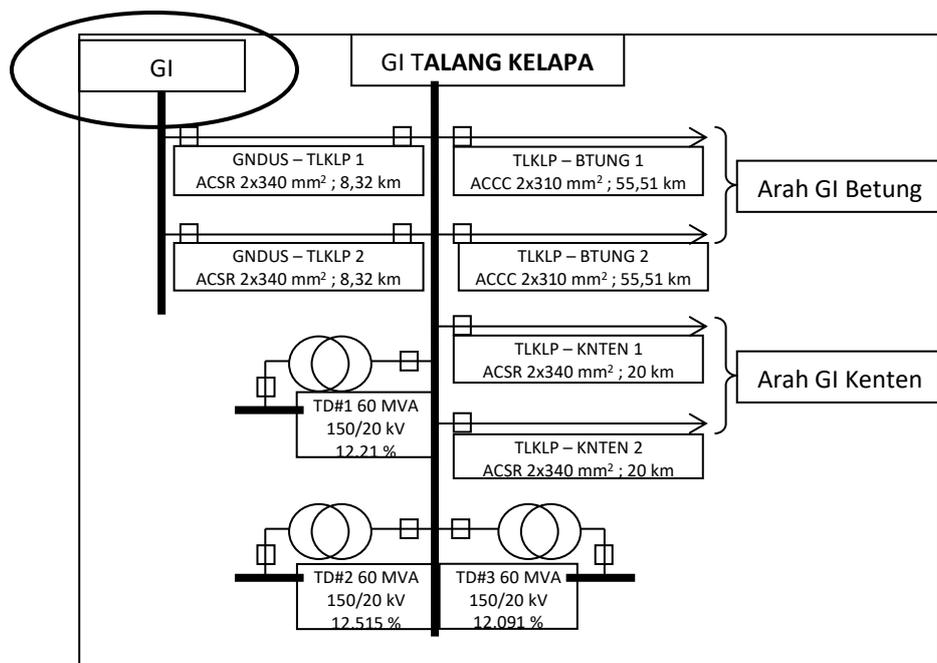


Gambar. 5. Lokasi Gardu Induk Gandus



Gambar. 6. Panel dan Relai Jarak arah Talang Kelapa 1 Di Gi Gandus

### 3.2. Pengumpulan Data



Gambar. 7. : SLD sub sistem sederhana GI Gandus dan GI Talang Kelapa

Data adalah sesuatu yang terjadi dan dapat dijadikan fakta atau bukti untuk mendukung dalam pembahasan masalah yang ada . Adapun tempat yang penulis pilih untuk melakukan penelitian dan analisa adalah GI Gandus dimana Gardu tersebut merupakan Gardu dibawah ULTG Borang, sehingga proses pengumpulan data dapat diperoleh dengan melakukan koordinasi dengan tim proteksi di ULTG Borang. Untuk melakukan perhitungan setting rele impedansi Zona 1 dan zona 2 rele jarak, maka dibutuhkan data jenis dan panjang konduktor, serta data rasio CT dan PT, yang kemudian dimasukkan ke dalam perhitungan sesuai persamaan ketetapan Zona 1 dan Zona 2 yaitu :

$$ZL = (R1 +j X1) \cdot L \dots\dots\dots (8)$$

$$Z1 = 80 \% \cdot ZL \dots\dots\dots (9)$$

$$Z2 = 120 \% \cdot ZL \dots\dots\dots (10)$$

$$Z_r = Z_p \cdot n \dots\dots\dots (11)$$

$$n = \text{Rasio CT} / \text{Rasio PT} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

R1 = Data resistansi urutan-positif konduktor / saluran ( $\Omega/\text{km}$ )

X1 = Data reaktansi urutan-positif konduktor / saluran ( $\Omega/\text{km}$ )

ZL = Impedansi konduktor / saluran ( $\Omega$ )

L = Panjang konduktor / saluran (km)

Z1 = Setting Zona 1 Rele jarak ( $\Omega$ )

Z2 = Setting Zona 2 Rele jarak ( $\Omega$ )

Z = Setting impedansi sisi primer (termasuk ZL, Z1, dan Z2) ( $\Omega$ )

n = perbandingan rasio CT terhadap rasio PT

Adapun untuk mendapatkan nilai impedansi gangguan maka, digunakan persamaan

$$Z_{f(b-c)} = \frac{V_b - V_c}{i_b - i_c} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

$Z_{f(b-c)}$  = Impedansi gangguan fasa B ke fasa C ( $\Omega$ )

$V_b$  = phasor Tegangan gangguan fasa B ( $\Omega$ )

$V_c$  = phasor Tegangan gangguan fasa C ( $\Omega$ )

$i_b$  = phasor arus gangguan fasa B ( $\Omega$ )

$i_c$  = phasor arus gangguan fasa C ( $\Omega$ )

**Berikut data teknis GI gandum arah Talang Kelapa 1 :**

Data Konduktor

- Jenis / Panjang : ACSR 2x340 mm<sup>2</sup> CCC =1560 A / 8,32 km
- R1 (ACSR 2x340 mm<sup>2</sup>) : 0,04591  $\Omega/\text{km}$
- X1 (ACSR 2x340 mm<sup>2</sup>) : 0,27025  $\Omega/\text{km}$
- R0 (ACSR 2x340 mm<sup>2</sup>) : 0,49545  $\Omega/\text{km}$
- X0 (ACSR 2x340 mm<sup>2</sup>) : 1,53269  $\Omega/\text{km}$
- Rasio CT : 1600 / 1 A
- Rasio PT : 150 kV / 100 V

**Berikut data setting rele jarak untuk Zona-1 dan Zona 2 GI gandum arah Talang Kelapa 1**

:

- Setting Values : Secondary
- Line Parameters
  - Line Impedance (ZL) : 2,433  $\angle$  80,359°  $\Omega$
  - kZn : 1,63  $\angle$  -9,959°  $\Omega$
- Distance Elements
  - Z1 Reach : 1,946  $\angle$  80,359 °  $\Omega$
  - tZ1 delay : 0 s
  - Z2 Reach : 2,919  $\angle$  80,359 °  $\Omega$
  - tZ2 delay : 0,4 s

**Berikut contoh rekaman gangguan sebagai data nilai arus dan tegangan gangguan yang akan diteliti :**

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Setting Zr dan Zona

Berdasarkan data dari metodologi penelitian, maka setting Zr untuk Zona 1 dan Zona dapat dihitung dengan persamaan (8) – (12), sedangkan untuk impedansi gangguan sesuai dapat dihitung dengan persamaan (13)

#### Perhitungan Zona Pengaman 1

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (Z_+) \cdot L \\ &= (0,04591 + j. 0,27025 \Omega/\text{km}) \cdot 8,32 \text{ km} \\ &= 0,3820 + j. 2,2485 \Omega \text{ (dalam bentuk rectangular)} \\ &= 2,2807 \angle 80,3580^\circ \Omega \\ Z1 &= (Z_{L1}) \cdot 80\% \\ &= (0,3820 + j. 2,2485 \Omega) \cdot 80\% \\ &= 0,3056 + j. 1,7988 \Omega \\ &= 1,8246 \angle 80,3580^\circ \end{aligned}$$

Nilai Zona pengaman 1 (Z1) sebesar  $1,8246 \angle 80,3580^\circ$  adalah nilai dalam primer, untuk mendapatkan nilai dalam sekunder maka perlu dikali rasio CT dibagi rasio PT sehingga :

$$\begin{aligned} Z_r &= Z_1(\text{ dalam nilai primer}) \cdot n \\ &= (1,8246 \angle 80,3580^\circ \Omega) \cdot (1600) / (1500) \\ &= 1,9462 \angle 80,3580^\circ \Omega \end{aligned}$$

Diperoleh Nilai Z1 Reach sebesar  $1,9462 \Omega$  dengan sudut  $80,3580^\circ$ . pada lampiran setelan formulir perhitungan setting proteksi untuk penghantar Gandus – Talang Kelapa 1,2 untuk merk Alstom, type Micom P443, setelan Z1 Reach masuk ke setelan sub menu Group1 Distance Elements

#### Perhitungan Zona Pengaman

$$\begin{aligned} Z2 &= 1,2 \cdot (Z_{L1}) \\ &= 1,2 \cdot (2,2807 \angle 80,3580^\circ \Omega) \\ &= 2,7368 \angle 80,3580^\circ \Omega \end{aligned}$$

Nilai Zona pengaman 2 (Z2) sebesar  $2,7368 \angle 80,3580^\circ$  adalah nilai dalam primer, untuk mendapatkan nilai dalam sekunder maka perlu dikali rasio CT dibagi rasio PT sehingga :

$$\begin{aligned} Z_r &= Z_2(\text{ dalam nilai primer}) \cdot n \\ &= (2,7368 \angle 80,3580^\circ \Omega) \cdot (1600) / (1500) \\ &= 2,9193 \angle 80,3580^\circ \Omega \end{aligned}$$

Nilai Z2 Reach sebesar  $2,9193 \Omega$  dengan sudut  $80,3580^\circ$ . pada lampiran setelan formulir perhitungan setting proteksi untuk penghantar Gandus – Talang Kelapa 1,2 untuk merk Alstom, type Micom P443, setelan Z2 Reach masuk ke setelan sub menu Group1 Distance Elements

### 4.2. Perhitungan Impedansi Gangguan Zf

$$\begin{aligned} Z_{f(b-c)} &= \frac{V_b - V_c}{i_b - i_c} \\ Z_{f(b-c)} &= \frac{(48,961 \angle 265,066^\circ) - (46,4185 \angle 223,613^\circ)}{(9,6500 \angle 259,082^\circ) - (9,6786 \angle 79,008^\circ)} \\ Z_{f(b-c)} &= \frac{(-4,2111 - j. 48,7800) - (-33,6077 - j. 32,0187)}{(-1,8277 - j. 9,4753) - (1,8454 + j. 9,5010)} \\ Z_{f(b-c)} &= \frac{29,3966 - j. 16,7613}{-3,6731 - j. 18,9763} \\ Z_{f(b-c)} &= \frac{33,8393 \angle -29,691^\circ}{19,3285 \angle -100,955^\circ} \end{aligned}$$

$$Z_{f(b-c)} = 1,750 \angle 71,264^\circ$$

Nilai impedansi gangguan ( $Z_f$ ) sebesar  $1,7507 \angle 71,264^\circ$  adalah nilai dalam primer, untuk mendapatkan nilai dalam sekunder maka perlu dikali rasio CT dibagi rasio PT sehingga :

$$\begin{aligned} Z_r &= Z_f(\text{ dalam nilai primer}) \cdot n \\ &= (1,7507 \angle 71,264^\circ \Omega) \cdot (1600) / (1500) \\ &= 1,8674 \angle 71,264^\circ \Omega \end{aligned}$$

Diperoleh Nilai  $Z_f$  (sekunder) sebesar  $1,8674 \angle 71,264^\circ \Omega$  yang apabila dibandingkan dengan nilai impedansi Zona-1 yaitu  $1,9462 \angle 80,3580^\circ \Omega$  , maka nilai  $Z_f < Z_r$  sehingga rele proteksi akan bekerja (trip)

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian tentang perhitungan setting rele jarak di GI gandus arah Talang kelapa 1 serta perhitungan impedansi gangguan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan persamaan memiliki nilai yang sesuai dengan nilai setting yang diterapkan pada rele jarak yaitu  $1,946 \angle 80,359^\circ \Omega$  untuk Z1 dan  $2,919 \angle 80,359^\circ \Omega$ .
2. Hasil perhitungan impedansi gangguan yang diperoleh dari rekaman gangguan memiliki nilai yang lebih rendah dari impedansi zona-1 rele jarak yaitu  $1,8674 \angle 71,264^\circ \Omega$  sehingga rele akan bekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Pandjaitan, Bonar. 2012. "*Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*". Andi, Yogyakarta
2. Stevenson, William D. Jr. 1984. "*Analisa Sistem Tenaga Listrik*". McGreaw-Hill. Inc New York
3. PT. ABB. 2007. "*Technical reference manual Line distance protection IED REL 670*".
4. Sudirham, Sudaryanto. 2012. "*Analisis Rangkaian Listrik Jilid-1*". Bandung
5. [Http://ft.unj.ac.id/elektro/wp-content/uploads/2020/08/1.-Sistem-Bilangan.pdf](http://ft.unj.ac.id/elektro/wp-content/uploads/2020/08/1.-Sistem-Bilangan.pdf)