

# ANALISIS *SETTING RELAY* JARAK PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 KV GARDU INDUK BANTUL – WATES (STUDI KASUS PADA GARDU INDUK BANTUL 150 KV)

Malik Ash Shidiqi, Ramadoni Syahputra<sup>1</sup>, M. Yusvin Mustar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Telp: 0274-387656 Fax. 0274-387646  
Email: [diqi31@gmail.com](mailto:diqi31@gmail.com)

---

*Electric power protection system is a protection system that serves to protect electrical power system equipment from damage due to interference or abnormal conditions. Distance relay is the main protection on high voltage airways and extra high voltage airways. Distance relay works by comparing the impedance value in the event of a disturbance with a predetermined impedance value (setting impedance). Setting the setting value on the distance relay is very important because it will affect the performance of the distance relay. In this final project, a study on the setting of distance relays on 150 KV high voltage air ducts was conducted in Bantul - Wates Substation. From the results of the study, the results of the difference in distance relay settings are calculated manually and the value of the relay distance setting that is already in Bantul Substation. For the results, there is a very small difference in the amount of resistance and inductive reactance. The value of distance relay settings used in Bantul Substation can still be used because it still meets SPLN standards T5.002-1: 2010.*

**Keywords:** *Electric power system protection, distance relay, distance relay setting*

## I. PENDAHULUAN

Era sekarang ini kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Energi listrik tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia serta perkembangan dan kemajuan ilmu dan teknologi. Seiring perkembangan yang semakin pesat maka dibutuhkan penyediaan energi listrik yang semakin besar. Sistem yang menyediakan energi listrik adalah sistem tenaga listrik. Dimana dalam sistem tenaga listrik terdiri dari 3 sub sistem, yaitu sub sistem pembangkitan, sub sistem transmisi, dan sub sistem distribusi. Sub sistem transmisi memiliki peran yang sangat penting dalam proses penyaluran energi listrik dari sub sistem pembangkitan menuju sub sistem distribusi.

Melihat fungsi dari sub sistem transmisi yang sangat penting, maka diperlukan sistem proteksi untuk melindungi saluran transmisi dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan. Sistem proteksi yang digunakan pada saluran transmisi salah satunya adalah *relay* jarak (*distance relay*). *Relay* jarak digunakan karena kemampuannya menghilangkan gangguan dengan cepat serta penyetelannya yang relatif mudah. Prinsip *relay* jarak adalah membandingkan nilai arus dan tegangan kemudian membandingkannya dengan nilai seting *relay*, dari hasil tersebut maka *relay* akan menentukan apakah dia harus bekerja atau tidak. Diperlukan koordinasi *relay* yang baik saat terjadinya gangguan pada saluran transmisi. perhitungan untuk menentukan seting pada *relay* jarak adalah salah satu

cara untuk mendeteksi adanya gangguan pada saluran transmisi. berdasarkan hal ini penulis membahas koordinasi pengaturan *relay* jarak yang ada pada Gardu Induk 150 KV Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

## II. LANDASAN TEORI

### 1. Saluran Transmisi

Adalah sistem yang menyalurkan tenaga listrik dengan skala yang besar dari sistem pembangkitan (*power plant*) ke sistem distribusi (*substation distribution*) melalui saluran udara. Saluran transmisi memiliki komponen utama, yakni:

- Menara transmisi atau tiang transmisi  
Adalah bangunan yang menopang saluran transmisi, bangunan tersebut berupa menara baja. Menara transmisi ada dua jenis, yaitu menara transmisi jenis tunggal dan menara transmisi jenis ganda.
- Isolator-isolator  
Jenis isolator yang digunakan pada saluran transmisi adalah jenis porselin. Dalam penggunaan dan konstruksinya dikenal tiga jenis isolator, yakni isolator jenis pasak, isolator jenis pos saluran, dan isolator gantung.
- Kawat penghantar (*conductor*)  
Jenis-jenis kawat penghantar yang digunakan pada saluran transmisi adalah tembaga dengan konduktivitas 100% (Cu 100%), tembaga dengan konduktivitas 97,5% (Cu 97,5%) dan aluminium dengan konduktivitas 61% (Al 61%). Untuk kawat aluminium terdiri dari berbagai jenis dengan lambang sebagai berikut:
  - AAC (*All-Alluminium Conductor*), adalah kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari aluminium.
  - AAAC (*All-Alluminium-Alloy Conductor*), adalah kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium.
  - ACSR (*All Conductor, Steel Reinforced*), adalah kawat penghantar aluminium yang berinti kawat baja.

- ACAR (*All Conductor, Alloy Reinforced*), adalah kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

## 2. Proteksi Pada Saluran Transmisi

### 2.1 Relay proteksi

Adalah *relay* yang bekerja dengan cara mengidentifikasi adanya gangguan dan mengamankan bagian saluran transmisi dari gangguan atau keadaan abnormal. *Relay* proteksi terdiri dari tiga bagian utama, yakni:

- a. Elemen pengindra  
Elemen pengindra ini berfungsi untuk merasakan besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus, frekuensi. Tergantung dari jenis *relay* yang digunakannya. Dalam elemen pengindra ini besaran-besaran listrik tadi akan dirasakan apakah besaran dalam keadaan normal atau dalam keadaan abnormal, kemudian besaran listrik tadi akan dilanjutkan ke elemen pembanding.
- b. Elemen pembanding  
Dalam elemen pembanding besaran yang tadi dikirimkan oleh elemen pengindra akan diterima kemudian akan dibandingkan dengan nilai seting yang telah ditetapkan oleh *relay* atau besaran arus kerja *relay* dalam keadaan normal.
- c. Elemen pengukur/penentu  
Elemen ini berfungsi mengadakan perubahan secara cepat atas informasi yang diterima dari elemen pembanding.

### 3. Relay Jarak

Merupakan suatu alat pengaman utama yang digunakan pada saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) dan saluran udara tegangan tinggi (SUTT).. Untuk cakupan proteksi dari *relay* jarak dibagi menjadi 3 zona, yaitu zona1, zona2, dan zona3. *Relay* proteksi juga dilengkapi dengan teleproteksi (TP) agar kinerja proteksi selalu cepat dan selektif dalam daerah yang diproteksi.

### 3.1 Prinsip kerja *relay* jarak

*Relay* jarak ini bekerja dengan cara membandingkan impedansi yang ada pada saluran yang mengalami gangguan dengan nilai setting yang ada pada *relay*. Untuk perhitungan impedansinya dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Z_f = V_f / I_f$$

Dimana:

$Z_f$  = Impedansi (ohm)

$V_f$  = Tegangan (Volt)

$I_f$  = Arus gangguan

Selain dengan membandingkan nilai impedansi pada saluran yang mengalami gangguan dengan nilai setting pada *relay*, *relay* jarak juga bekerja dengan mengikuti 2 ketentuan berikut ini:

- Jika nilai impedansi pada gangguan lebih kecil dari pada nilai impedansi setting, maka *relay* akan trip.
- Jika nilai impedansi pada gangguan lebih besar dari pada nilai impedansi setting, maka *relay* tidak akan trip.

### 3.2 Karakteristik *relay* jarak

*Relay* jarak memiliki beberapa macam karakteristik. Karakteristik ini adalah penerapan langsung dari prinsip dasar *relay* jarak. Karakteristik *relay* jarak dapat digambarkan dalam diagram R-X. Dibawah ini adalah karakteristik dari *relay* jarak:

#### a. Karakteristik impedansi

Untuk karakteristik impedansi ini memiliki beberapa ciri, yakni:

- Adalah lingkaran dengan titik pusat yang berada ditengah-tengah lingkaran, keadaan ini memiliki sifat *non directional*. Sehingga jika akan diaplikasikan untuk pengamanan saluran udara tegangan tinggi perlu ditambah dengan *relay directional* atau *relay* arah.
- Memiliki keterbatasan dalam mengantisipasi *high resistance ground fault* atau gangguan tanah dengan resistansi tinggi.

- Untuk karakteristik impedansi ini sangat sensitif dengan adanya perubahan nilai beban, terutama pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dengan saluran yang panjang. Hal ini menyebabkan jangkauan lingkaran impedansi dekat dengan daerah beban.

#### b. Karakteristik Mho

- Untuk karakteristik Mho ini titik pusatnya bergeser, sehingga karakteristik ini memiliki sifat *directional*.
- Memiliki keterbatasan dalam mengantisipasi *high resistance ground fault* atau gangguan tanah dengan resistansi tinggi.
- Pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dengan saluran yang panjang dipilih zone-3 dengan karakteristik Mho lensa geser.
- Kecepatan *relay* jenis ini lebih cepat dibandingkan *relay* jenis quadrilateral.

#### c. Karakteristik reaktansi

- Untuk karakteristik reaktansi ini sama dengan karakteristik impedansi yakni memiliki sifat *non directional*. Sehingga untuk pemasangan pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) perlu ditambah dengan *relay directional* atau *relay* arah.
- Karakteristik reaktansi ini dapat mengantisipasi *high resistance ground fault* atau gangguan tanah dengan resistansi tinggi, dikarenakan pada karakteristik reaktansi ini memiliki seting jangkauan resistif yang cukup besar

#### d. Karakteristik quadrilateral

- Untuk karakteristik quadrilateral ini merupakan kombinasi dari 3 komponen, dimana ketiga komponen ini adalah reaktansi, resistif dan berarah.
- Karakteristik quadrilateral ini dapat mengantisipasi *high resistance ground fault* atau gangguan tanah dengan resistansi tinggi, dikarenakan pada

karakteristik reaktansi ini memiliki seting jangkauan resitif yang cukup besar.

- Untuk kecepataannya *relay* quadrilateral lebih lambat dibandingkan dengan *relay* yang berkarakteristik Mho.

#### 4. Penyetelan daerah jangkauan *relay* jarak

##### a. Penyetelan zona-1

Pada penyetelan zona-1 ini zona yang dipilih wajib mencakup daerah sejauh mungkin dari saluran yang diproteksi. Untuk penyetelan pada zona-1 ini dengan mempertimbangkan adanya keadaan *over reaching*. *Over reaching* adalah keadaan dimana proteksi melebihi saluran yang ada didepannya. *Over reaching* pada rele disebabkan adanya kesalahan- kesalahan yang berasal dari data saluran, PT, CT, dan kesalahan dari penunjang lain dengan presentase sebesar 10% - 20%. Karena hal itu maka *relay* pada zona-1 akan disetel 80% dari panjang saluran yang diproteksi/diamankan.

$$\text{Penyetelan zona-1} = 0,8 \times Z_{L1}(\text{saluran})$$

Dimana:

$Z_{L1}$  = nilai impedansi saluran transmisi yang diamankan

Dengan ketentuan waktu kerja *relay* seketika, ( $t_1=0$ ) atau dengan kata lain tidak dilakukan penyetelan waktu pada penyetelan zona-1

##### b. Penyetelan zona-2

Untuk penyetelan pada zona-2 ini daerah yang diproteksi harus mencakup sisa saluran transmisi yang tidak dapat diamankan oleh zona-1, tetapi tidak diperbolehkan *overlapping*. *Overlapping* pada zona-2 ini adalah keadaan dimana proteksi melebihi dari jangkauan proteksi zona-2. Untuk penyetelan pada zona-2 terdapat waktu setel tunda agar dapat dikoordinasikan dengan *relay* yang berada diujung terminal lainnya. Adanya

waktu tunda ini disebabkan karena pertimbangan adanya kesalahannya-kesalahan penyetelan pada zona sebelumnya atau zona-1, yakni kesalahan CT dan PT. Waktu tunda juga berfungsi agar *relay* tidak trip secara langsung terhadap gangguan yang berada diluar saluran transmisi yang diproteksinya. Hal inilah yang menyebabkan pada zona-2 terdapat penyetelan minimum dan maksimum.

Pada penyetelan zona-2 untuk penyetelannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Zona-2}_{\min} = 1,2 \times Z_{L1}$$

$$\text{Zona-2}_{\max} = 0,8 (Z_{L1} + 0,8 \times Z_{L2})$$

Dimana:

$Z_{L1}$  = nilai impedansi saluran yang diproteksi

$Z_{L2}$  = nilai impedansi saluran berikutnya yang terpendek ( $\Omega$ )

Dengan waktu kerja *relay* adalah:

$$t_2 = 0,4 \text{ s/d } 0,8 \text{ detik}$$

##### c. Penyetelan zona-3

Pada zona-3 ini *relay* juga dapat berfungsi sebagai proteksi cadangan untuk saluran yang berada di zona depannya. Maka dari itu penyetelan diwajibkan meliputi seluruh saluran transmisi yang berada didepannya yang terpanjang.

Pada penyetelan zona-3 untuk penyetelannya mempunyai ketentuan sebagai berikut:

$$\text{Zona-3}_{\min} = 1,2 (Z_{L1} + 0,8 \times Z_{L3})$$

$$\text{Zona-3}_{\max1} = 0,8 (Z_{L1} + 1,2 \times Z_{L3})$$

Pemilihan pada zona-3 dipilih nilai yang terbesar antara zona-3 min dengan zona-3 maks 1. Untuk keadaan pada Gardu Induk (GI) yang berada didepannya memiliki trafo daya, maka jangkauan pada zona-3 tidak diperbolehkan melebihi nilai impedansi trafo daya. Untuk keadaan dimana terjadi *overlapping* dengan zona-3 selanjutnya maka waktu tunda *relay* dapat dikoordinasikan waktunya dengan

waktu tunda dari zona-3 berikutnya. Dengan penyetelan sebagai berikut:

$$\text{Zona-3}_{\text{maks2}} = 0,8 (Z_{L1} + K \times Z_{TR})$$

Dimana:

$Z_{L1}$  = nilai impedansi saluran yang diproteksi

$Z_{L3}$  = nilai impedansi saluran berikutnya yang terpanjang

$K$  = bagian trafo yang dilindungi, nilai  $k = 0,8$

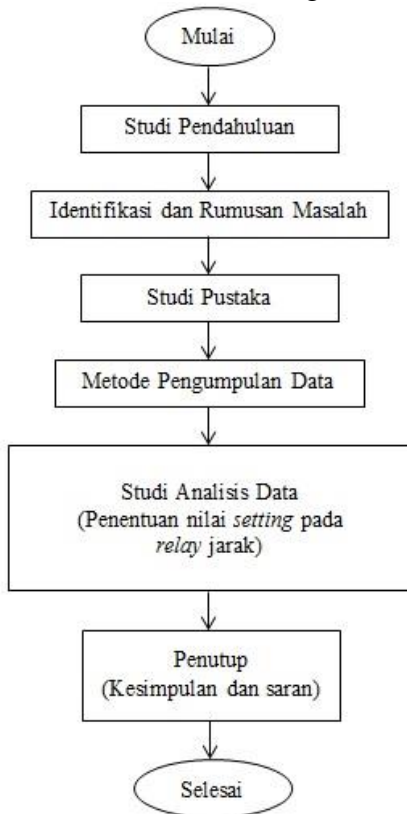
$Z_{TR}$  = nilai impedansi trafo

Dengan wakt kerja *relay* adalah:

$$t_3 = 1,2 \text{ s/d } 1,6 \text{ detik}$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Dibawah ini adalah tahapan yang dilakukan oleh penullis dalam menyusun tugas akhir dalam bentuk diagram alir



### IV. HASIL PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Penelitian

##### 1. Data kawat penghantar

Dari data yang telah didapat diketahui untuk jenis kawat penghantar yang

digunakan pada saluran transmisi GI Bantul – GI Wates adalah jenis kawat penghantar berjeniskan ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) 240/40 mm<sup>2</sup>. ACSR 240/40 mm<sup>2</sup> mempunyai spesifikasi seperti dibawah ini:

##### a. Luas area kawat penghantar

- Total = 282 mm<sup>2</sup>
- Besi = 39,5 mm<sup>2</sup>
- Alumunium = 243 mm<sup>2</sup>

##### b. Diameter kawat penghantar

- Inti = 8,04 mm<sup>2</sup>
- Total = 21,9 mm<sup>2</sup>

##### c. Resitivitas pada suhu 20°C

- $\rho_{20^\circ\text{C}}$  = 0,1188  $\Omega/\text{km}$

##### d. Jumlah pilin = 61

##### e. Radius = 0,008740 m

##### f. Faktor GMR = 0,772

##### g. Panjang penghantar GI Bantul – GI Wates = 31,784 km

Kemudian untuk data kawat GSW (*Ground Steel Wire*) yang digunakan adalah GSW 50mm<sup>2</sup>. Dimana mempunyai spesifikasi seperti dibawah ini:

##### a. Diameter = 9,6 mm

##### b. Jumlah pilin = 7

##### c. Resitivitas pada suhu 20°C = 12 $\mu\Omega\text{cm}$

##### d. Radius = 0,0048 m

##### e. Harga $T_0$ = 180°C

##### 2. Data *setting relay* jarak

Dibawah ini adalah data *setting relay* jarak yang ada pada GI Bantul – GI Wates.

Jenis *relay* : *Distance relay*

Merek/Tipe : SIFANG/CSC-101

Lokasi : Bantul

Proteksi : Wates

L1, L2 : 31.784, 23.009 Km

L3, L4 : 53.484, 34.7652 Km

Z1 : 0.137, 0.3966  $\Omega/\text{km}$

Z11 : 0.137, 0.3966  $\Omega/\text{km}$

Z12 : 0.137, 0.3966  $\Omega/\text{km}$

Z0 : 0.287 + j1.19  $\Omega/\text{km}$

CT : 600 /1 Ampere

PT : 150 KV / 100 Volt

In : 1 A

##### 3. Data spesifikasi *relay* jarak yang digunakan

Spesifikasi *relay* jarak yang digunakan pada GI Bantul GI Wates adalah sebagai berikut:

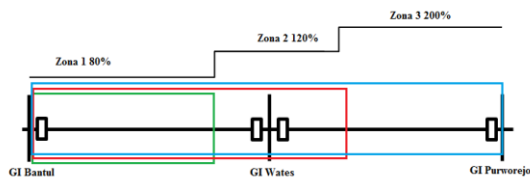
- Merek = SIFANG
- Tipe = CSC – 101
- Tegangan kerja = 110 VDC

4. Data rasio CT (*Current Transformator*)  
Rasio CT GI Bantul = 600 / 1 A

5. Data rasio PT (*Potential Transformator*)  
Rasio PT GI Bantul = 1500 / 1V

#### 4.2 Perhitungan *setting relay* jarak GI Bantul – GI Wates

Perhitungan *setting relay* jarak GI bantul – GI Wates terbagi menjadi 3 zona, yaitu zona 1 mencakup proteksi sejauh 80% dari saluran transmisi, zona 2 mencakup proteksi sejauh 120 % dari saluran transmisi, dan zona 3 mencakup proteksi sejauh 200% dari saluran transmisi. berikut adalah gambar lengkap zona proteksi *relay jarak* GI Bantul – GI Wates.



a. Untuk zona 1 dengan cakupan proteksi sepanjang 80% dari saluran transmisi. perhitungan *setting*-nya seperti dibawah ini:

Dengan data yang didapat :

- L1 = 31,784 km
- R1 PE = 4,678 Ω
- X1 PE = 4,205 Ω
- RarcPE = 0,212 Ω
- R kaki tower = 8 Ω

R1 PE dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

Impedansi saluran (RL1)

$$\begin{aligned} RL1 &= L1 \times R \\ &= 31,784 \times 0,1348 \Omega \\ &= 4,28448 \Omega \end{aligned}$$

Maka RE Z1 adalah:

$$R1 PE_p = [(0,8 \times RL1) + RarcPE + Rkaki tower]$$

$$R1 PE_p = [(0,8 \times 4,28448) + 0,212 + 8]$$

$$R1 PE_p = [3,42758 + 0,212 + 8]$$

$$R1 PE_p = 11,63958 \Omega$$

R1 PE sekunder (R1 PE<sub>s</sub>)

$$\begin{aligned} (R1 PE_s) &= 11,63958 \times \frac{CT}{PT} \\ &= 11,63958 \times \frac{600}{1500} \\ &= \underline{\underline{4,65583 \Omega}} \end{aligned}$$

Dengan waktu kerja *relay* 0 detik

X1 PE dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} X L1 &= L1 \times XL \\ &= 31,784 \times 0,38837 \Omega / Km \\ &= 12,34395 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X Z1p &= 0,8 \times XL1 \\ &= 0,8 \times 12,34395 \Omega \\ &= 9,87516 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X Z1s &= X Z1p \times \frac{CT}{PT} \\ &= 9,87516 \times \frac{600}{1500} \\ &= 9,87516 \times 0,4 \\ &= 3,95006 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X Z1set &= X Z1s + (X Z1s \times 0,042) \\ &= 3,95006 + (3,95006 \times 0,042) \\ &= 3,95006 + 0,16590 \\ &= \underline{\underline{4,11596 \Omega}} \end{aligned}$$

b. Untuk zona 2 dengan cakupan proteksi sepanjang 120% dari saluran transmisi. perhitungan *setting*-nya seperti dibawah ini:

Dengan data yang didapat:

- L2 = 23,009 km
- R2 PE = 8,685 Ω
- X2 PE = 6,64 Ω
- RarcPE = 0,212 Ω
- R kaki tower = 8 Ω
- R trafo = 92,483 Ω
- Faktor infeed = 1

Impedansi saluran (RL2)

$$\begin{aligned} RL2 &= L2 \times R \\ &= 23,009 \times 0,1348 \\ &= 3,10161 \Omega \end{aligned}$$

R2 PE dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

$$R2 PE_p = 0,8 \times (RL1 + 0,8 \times RL2 \times infeed) + RarcPE + 2 \times R kaki Tower$$

$$\begin{aligned}
&= 0,8 \times (4,28448 + 0,8 \times 3,10161) \\
&\quad + 0,212 + 2 \times 8 \\
&= 0,8 \times (4,28448 + 2,48128) + \\
&\quad 0,212 + 16 \\
&= 0,8 \times (6,76576) + 0,212 + 16 \\
&= 5,41260 + 0,212 + 16 \\
&= 21,62461 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R2 \text{ PEs} &= RE \text{ Pep} \times \frac{CT}{PT} \\
&= 21,62461 \times \frac{600}{1500} \\
&= \mathbf{8,64984 \Omega}
\end{aligned}$$

Dengan waktu kerja *relay* 0,4 - 0,8

X2 PE dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
XL2 &= L2 \times XL \\
&= 23,009 \times 0,38837 \Omega / \text{Km} \\
&= 8,93600 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
XZ2_{\min} &= 1,2 \times XL1 \\
&= 1,2 \times 12,34395 \Omega \\
&= 14,81274 \Omega
\end{aligned}$$

Dari tabel parameter telah diketahui impedansi trafo GI Wates sebesar 92,483Ω.

$$\begin{aligned}
XT1 &= 92,483 \text{ dirubah menjadi imajiner} \\
&= 92,483j
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
XZ2_{\max} &= 0,8 (XL1 + 0,8 \times XL2 \times \text{infeed}) \\
&= 0,8 (12,34395 + 0,8 \times 8,93600 \times 1) \\
&= 0,8 (12,34395 + 7,1488) \\
&= 15,5942 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
XZ2_{\text{trf}} &= 0,8 (XL1 + 0,5 \times XT1j) \\
&= 0,8 (12,34395 + 0,5 \times 92,483j) \\
&= 0,8 (12,34395 + 46,2415j) \\
&= 9,87516 + 36,9932j \\
&= 38,28858 \Omega, 75,05^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
XZ2_B &= XL1 + 0,8 \times XL2 \\
&= 12,34395 + 0,8 \times 8,93600 \\
&= 12,34395 + 7,1488 \\
&= 19,49275 \Omega
\end{aligned}$$

Dari data diatas maka dipilihlah nilai Z2 yang paling besar, tetapi tidak boleh melebihi nilai impedansi  $XZ2_{\text{trf}}$  dan  $XZ2_B$ . Untuk itu dipilihlah nilai dari  $XZ2_{\max}$ .

Maka untuk nilai  $XZ2_p$  adalah:

$$\begin{aligned}
XZ2_p &= XZ2_{\max} \\
&= 15,5942 \Omega
\end{aligned}$$

$$XZ2_s = XZ2_p \times \frac{CT}{PT}$$

$$\begin{aligned}
&= 15,5942 \times \frac{600}{1500} \\
&= 6,23768 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
XZ2_{\text{set}} &= XZ2_s + (XZ2_s \times 0,042) \\
&= 6,23768 + (6,23768 \times 0,042) \\
&= 6,23768 + 0,26198 \\
&= \mathbf{6,49966 \Omega}
\end{aligned}$$

c. Untuk zona 3 dengan cakupan proteksi sepanjang 200% dari saluran transmisi. perhitungan *setting*-nya seperti dibawah ini:

- L3 = 53,484 Km
- R3 PE = 11,515 Ω
- X3 PE = 12,761 Ω
- RarcPE = 0,212 Ω
- R kaki tower = 8 Ω
- R trafo = 92,483 Ω
- Faktor infeed = 1

Impedansi saluran (RL3)

$$\begin{aligned}
RL3 &= L3 \times R \\
&= 53,484 \times 0,1348 \Omega \\
&= 7,20964 \Omega
\end{aligned}$$

R3 PE dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
R3 \text{ PE}_p &= 1,2 \times (RL2 + RL3 \times \text{infeed}) + \\
&\quad RarcPE + 2 \times R \text{ kaki tower} \\
&= 1,2 \times (3,10161 + 7,20964 \times 1) + \\
&\quad 0,212 + 2 \times 8 \\
&= 1,2 \times (10,31125) + 0,212 + 16 \\
&= 12,3735 + 0,212 + 16 \\
&= 28,5855 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R3PE_s &= 28,5855 \times \frac{CT}{PT} \\
&= 28,5855 \times \frac{600}{1500} \\
&= \mathbf{11,4342 \Omega}
\end{aligned}$$

Dengan waktu kerja *relay* 1,2 detik

X3PE dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
XL3 &= L3 \times XL \\
&= 53,484 \times 0,38837 \Omega / \text{km} \\
&= 20,77158 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
XL4 &= L4 \times XL \\
&= 34,7652 \times 0,38837 \Omega / \text{km} \\
&= 13,50176 \Omega
\end{aligned}$$

Dari tabel parameter telah diketahui impedansi trafo GI Wates sebesar 92,483Ω.

$$XT1 = 92,483 \text{ dirubah menjadi imajiner} \\ = 92,483j$$

$$XZ3 = 1,2 \times (XL1 + XL3) \\ = 1,2 \times (12,34395 + 20,77158) \\ = 1,2 \times 33,11553 \\ = 39,73863 \Omega$$

$$XZ3_{\min} = 0,8 \times (XL1 + 1,2 \times XL3 \times \textit{infeed}) \\ = 0,8 \times (12,34395 + 1,2 \times \\ 20,77158 \times 1) \\ = 0,8 \times (12,34395 + 24,92589) \\ = 0,8 \times (37,26984) \\ = 29,81587 \Omega$$

$$XZ3_{\max} = 0,8 \times [XL1 + \textit{infeed} \times \{0,8 \times \\ (XL3 + 0,8 \times XL4)\}] \\ = 0,8 \times [12,34395 + 1 \times \{0,8 \times \\ (20,77158 + 0,8 \times 13,50176)\}] \\ = 0,8 \times [12,34395 + 1 \times \{0,8 \times \\ (31,57298)\}] \\ = 0,8 \times [12,34395 + 1 \times 25,25838] \\ = 0,8 \times 37,60234 \\ = 30,08187 \Omega$$

$$XZ3_{\text{trf}} = 0,8 \times (XL1 + 0,8 \times XT1) \\ = 0,8 \times (12,34395 + 0,8 \times 92,483j) \\ = 0,8 \times (12,34395 + 73,9864j) \\ = 9,87516 + 59,18912j \\ = 60,00725 \Omega, 80,52^\circ$$

$$XZ3_B = XL1 + [\textit{infeed} \times 0,8 \times (XL3 + 0,8 \\ XL4)] \\ = 12,34395 + [1 \times 0,8 \times (20,77158 \\ + 0,8 \times 13,50176)] \\ = 12,34395 + [1 \times 0,8 \times (31,57298)] \\ = 12,34395 + 25,25839 \\ = 37,60234 \Omega$$

Dari data diatas maka dipilihlah nilai Z3 yang paling besar, tetapi tidak boleh melebihi nilai impedansi  $XZ3_{\text{trf}}$  dan  $XZ3_B$ . Untuk itu dipilihlah nilai dari  $XZ3_{\max}$ .

$$XZ3_p = XZ3_{\max} \\ = 30,08187 \Omega$$

$$XZ3_s = XZ3_p \times \frac{CT}{PT} \\ = 30,08187 \times \frac{600}{1500} \\ = 12,03274 \Omega$$

$$XZ3_{\text{set}} = XZ3_s + (XZ3_s \times 0,042) \\ = 12,03274 + (12,03274 \times \\ 0,042)$$

$$= 12,03274 + 0,50537 \\ = \underline{\underline{12,53811 \Omega}}$$

perbandingan nilai *setting relay* perhitungan manual dengan *setting relay* yang ada pada gardu induk Bantul

Hasil <i>setting relay</i> jarak manual	<i>Setting relay</i> jarak GI Bantul	Selisih <i>setting</i>	Keterangan
R1 PE = 4,66583 Ω	R1 PE = 4,678 Ω	0,260 %	Zona 1
X1 PE = 4,11596 Ω	X1 PE = 4,205 Ω	2,117 %	
R2 PE = 8,64984 Ω	R2 PE = 8,685 Ω	0,404 %	Zona 2
X2 PE = 6,49966 Ω	X2 PE = 6,640 Ω	2,113 %	
R3 PE = 11,4342 Ω	R3 PE = 11,515 Ω	0,701 %	Zona 3
X3 PE = 12,53811 Ω	X3 PE = 12,761 Ω	1,746 %	

dapat dilihat bahwa untuk perbandingan hasil *setting relay* jarak dengan perhitungan manual dengan nilai *setting relay* yang ada pada Gardu Induk (GI) Bantul 150 KV mempunyai selisih yang cukup kecil pada tiap zonanya. Semua nilai settingan telah memenuhi standar SPLN T5.002-1:2010.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian mengenai “Analisis *Setting Relay* Jarak (*Distance Relay*) pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Gardu Induk Bantul”, didapat hasil dari perhitungan *setting relay* jarak dan perbandingan nilai *setting relay* jarak secara manual dan *setting relay* jarak yang sudah ada pada Gardu Induk Bantul. Hasil yang telah didapat setelah melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

- Pengaturan proteksi *relay jarak* pada Gardu Induk Bantul – Gardu Induk Wates adalah sebagai berikut:
  - Zona 1 memproteksi 80 % dari panjang saluran GI Bantul – GI Wates.
  - Zona 2 memproteksi 120 % dari panjang saluran GI Bantul – GI Wates. Ini berarti zona 2 berfungsi sebagai pengaman cadangan yang memproteksi saluran selanjutnya yaitu saluran GI Wates – GI Purworejo.
  - Zona 3 diatur untuk proteksi cadangan dan memproteksi saluran berikutnya. Dalam penelitian ini saluran berikutnya adalah GI Wates – GI Purworejo.



## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian, maka terdapat saran untuk beberapa hal guna mengembangkan penelitian ini menjadi lebih baik maupun untuk PT. PLN. Saran tersebut adalah:

### a. Saran bagi PT. PLN Gardu Induk Bantul 150 KV

Jika nilai *setting*-an pada *relay* jarak ada yang tidak memenuhi standar SPLN T.5 002-1 2010 tentang proteksi dan kontrol penghantar maka perlu dilakukan penyetingan ulang agar nilai *seting* mendekati dengan standar yang ditentukan.

### b. Saran bagi penelitian mendatang

Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar mencari metode lain untuk menghitung nilai induktansi pada saluran transmisi dan mencari pengaruh apa saja yang terjadi pada *relay jarak* saat gangguan hubung singkat terjadi. Serta mencari metode untuk mensimulasikannya dengan software.

## REFERENSI

- [1] Aslimeri, dkk. (2008). “Teknik Transmisi Tenaga Listrik” Jilid 3, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [2] Hamdadi, Antonius. Fikriansyah. (2014). “Analisa dan Pengaturan Ulang *Relay* Jarak pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Keramasan – Bukit Asam”,.
- [3] Hutauruk, Ts. (1985). “Transmisi Daya Listrik”, Bandung: Erlangga.
- [4] Kadir, Abdul. (2006). “Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik” , Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press)
- [5] Kadir, Abdul. (2010). “Pemangkit Tenaga Listrik” Edisi Revisi, Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press)
- [6] Karyana. (2013). “Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali” Edisi Pertama, Jakarta: PT PLN PERSERO.
- [7] Marsudi, djiteng. (2015). “Operasi Sistem Tenaga Listrik” Edisi Ketiga, Jakarta: Graha Ilmu.
- [8] Saadat, Hadi. (1999). “*Power System Analysis*”, Singapore: McGraw-Hill Book Companies.
- [9] SPLN T5.002-1:2010. (2010). “Pola Proteksi Saluran Transmisi Bagian Satu: Tegangan Tinggi 66 KV dan 150 KV”, Jakarta Selatan: PT PLN PERSERO
- [10] Syahputra, R., (2010). *Fault Distance Estimation of Two-Terminal Transmission Lines. Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (2nd APTECS)*, Surabaya, 21-22 Desember. 2010, pp. 419-423.
- [11] Syahputra, R., (2016). “Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- [12] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). “*Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources*”, *Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014*, UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.
- [13] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). *Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- [14] (2006). “Pelatihan O&M *Relay* Proteksi Jaringan”: PT PLN PERSERO.
- [15] (2014). “Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Transformator”, Jakarta: PT PLN PERSERO.

