

## EVALUASI *SETTING* RELE JARAK GARDU INDUK UNGARAN JARINGAN 150kV ARAH KRAPYAK-2

**Oleh: Akhmad Jamaah**

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH. Tembalang Semarang 50275

### Abstrak

*Saluran transmisi memiliki peranan yang penting dalam penyaluran energi listrik. Transmisi berperan menyalurkan energi listrik tegangan tinggi ke tegangan rendah yang kemudian akan didistribusikan sampai ke konsumen. Karena pentingnya peranan saluran transmisi, maka diperlukan proteksi yang baik untuk menjaga keandalan penyaluran energi listrik. Salah satu proteksi yang digunakan pada sistem transmisi 150 kV adalah rele jarak (Distance Relay). Rele ini bekerja sebagai main protection pada saluran transmisi dengan mengukur besarnya impedansi gangguan. Rele jarak harus dapat melindungi instalasi dari kerusakan akibat gangguan sistem yang berupa hubung singkat. Setting pada rele jarak berpengaruh terhadap kinerja pengamanan saluran transmisi. Setting yang tidak tepat dapat menyebabkan rele tersebut gagal bekerja, sehingga penanganan gangguan membutuhkan waktu yang lebih lama dari waktu yang diharapkan. Oleh karena itu perlu adanya simulasi gangguan untuk dapat mengetahui keandalan kerja rele tersebut. Simulasi ini dilakukan dengan menghitung arus dan tegangan hubung singkat, sehingga besarnya impedansi gangguan dapat diketahui. Berdasarkan simulasi tersebut terlihat bahwa besarnya impedansi gangguan lebih kecil dari impedansi setting, sehingga rele jarak masih dapat mengamankan saluran.*

**Kata kunci :** *Proteksi, Rele Jarak, Setting, Hubung singkat*

### 1. Pendahuluan

Sistem Transmisi tenaga listrik merupakan bagian yang sangat penting dalam upaya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Sistem transmisi harus dirancang sedemikian rupa agar memiliki keandalan, keamanan, dan ramah lingkungan. Pengaman utama (*main protection*) yang digunakan pada sistem transmisi 150 kV adalah rele jarak (*Distance Relay*). Sehingga fungsinya dan perannya untuk mengamankan sistem sangatlah penting. Rele jarak harus dapat melindungi instalasi dari kerusakan akibat gangguan sistem yang berupa hubung singkat, sehingga penyaluran tenaga listrik tetap andal. *Setting* pada rele jarak berpengaruh terhadap kinerja pengamanan saluran transmisi. Setting yang tidak tepat dapat menyebabkan rele tersebut gagal bekerja, sehingga penanganan gangguan membutuhkan waktu yang lebih lama dari waktu yang diharapkan, sehingga dapat menyebabkan kerugian. Oleh karena itu perlu adanya simulasi gangguan untuk dapat mengetahui kendalan kerja rele tersebut. Simulasi ini dapat digunakan sebagai parameter seberapa cepat rele tersebut

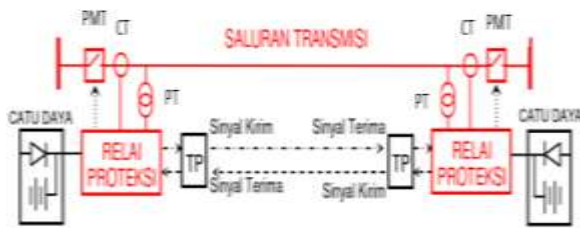
melokalisir gangguan yang terjadi sesuai dengan besarnya setting yang telah ditentukan.

### 2. Tinjauan Pustaka

#### A. Sistem Proteksi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Pola proteksi harus cocok dan sesuai dengan semua peralatan proteksi yang terpasang pada sistem itu. Pemutusan bagian-bagian yang terganggu harus selektif mungkin, hanya dibatasi pada bagian yang terganggu saja. Disamping itu proteksi harus sensitive, artinya harus dapat mendeteksi suatu kesalahan secara pasti. Untuk semua keadaan operasi dari sistem, peralatan proteksi harus dapat bekerja secara cepat agar gangguan segera dilokalisir, serta dapat diandalkan.

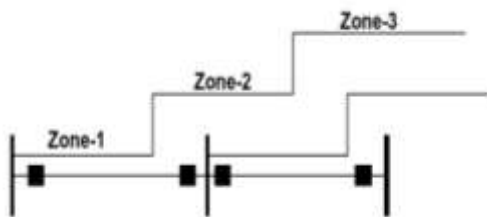
Komponen sistem proteksi SUTT terdiri dari transformator arus (CT), transformator tegangan (PT/CVT), rele proteksi, pemutus tenaga (PMT), catu daya rangkaian pengawatannya (*wiring*) dan teleproteksi (lihat gambar 1).



Gambar 1. Komponen Sistem Proteksi SUTT

**A1. Rele Jarak**

Rele jarak merupakan proteksi yang paling utama pada saluran transmisi. Rele jarak melakukan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran yang harus diamankan. Jika impedansi yang terukur di bawah batas settingnya, maka rele akan bekerja. Disebut rele jarak karena impedansi pada saluran besarnya akan sebanding dengan panjang saluran. Rele jarak bekerja dengan mengukur besaran impedansi(Z) transmisi dibagi menjadi beberapa daerah cakupan yaitu Zone-1, Zone-2, Zone-3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi (TP) sebagai upaya agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di dalam daerah pengamanannya.



Gambar 2. Daerah Pengamanan Rele Jarak

**A2. Prinsip Kerja Rele Jarak**

Rele jarak disebut juga rele impedansi karena rele jarak mengukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan yang dirasakan oleh rele. Dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Perhitungan impedansi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f}$$

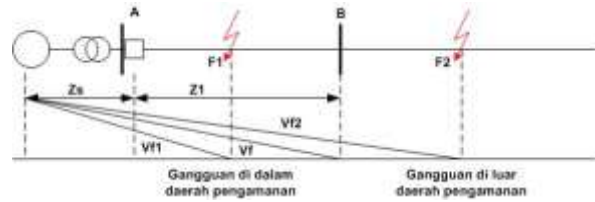
keterangan:  $Z_f$  = Impedansi(ohm)

$V_f$  = Tegangan(Volt)

$I_f$  = Arus gangguan

Rele jarak didesain untuk bekerja jika

impedansi yang dilihat oleh rele lebih kecil dari impedansi settingnya. Prinsip kerja rele jarak ditunjukkan pada gambar 3. AB merupakan daerah pengamanan untuk setting jangkauan Zona 1 pada rele jarak.



Gambar 3. Prinsip Kerja Rele Jarak terhadap Adanya Gangguan

Tegangan yang terukur oleh rele adalah :  $V_f = I_f \cdot Z_1$ . Sehingga perbandingan antara tegangan dan arus gangguan di AB adalah :  $\frac{V_f}{I_f} = \frac{I_f \cdot Z_1}{I_f} = Z_1$ .

Gangguan di  $F_1$  (di dalam daerah pengamanan zona 1):

Tegangan yang terukur oleh rele A adalah:

$$V_{f1} = I_{f1} \cdot Z_{11}$$

Dan perbandingan tegangan dan arus gangguan di  $AF_1$  adalah:

$$\frac{V_{f1}}{I_{f1}} = \frac{I_{f1} \cdot Z_{11}}{I_{f1}} = Z_{11}$$

Karena  $V_{f1} < V_f$  dan  $I_{f1} > I_f$  maka  $Z_{11} < Z_1$  sehingga rele akan bekerja. Jadi, bila harga impedansi gangguan lebih kecil daripada impedansi setting rele maka rele akan trip.

Gangguan di  $F_2$  (diluar daerah pengamanan zona 1):

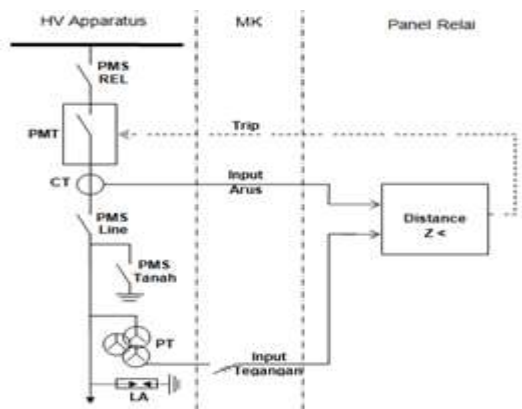
Tegangan yang terukur oleh rele A adalah:

$$V_{f2} = I_{f2} \cdot Z_{12}$$

maka perbandingan tegangan dan arus gangguan di  $AF_2$  adalah:

$$\frac{V_{f2}}{I_{f2}} = \frac{I_{f2} \cdot Z_{12}}{I_{f2}} = Z_{12}$$

Karena  $V_{f2} > V_f$  dan  $I_{f2} > I_f$  maka  $Z_{12} > Z_1$  sehingga rele tidak akan bekerja.



Gambar 4. Blok Diagram Rele Jarak

### A3. Pengukuran Impedansi Gangguan oleh Rele Jarak

Menurut jenis gangguan pada sistem tenaga listrik, terdiri dari gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dua fasa ke tanah dan satu fasa ke tanah. Rele jarak sebagai pengaman utama harus dapat mendeteksi semua jenis gangguan dan kemudian memisahkan sistem yang terganggu dengan sistem yang tidak terganggu.

1. Gangguan hubung singkat tiga fasa  
 Pada saat terjadi gangguan tiga fasa yang simetris maka amplitudo tegangan fasa  $V_R, V_S, V_T$  turun dan bedafasa tetap 120 derajat. Impedansi yang diukur rele jarak pada saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa adalah sebagai berikut:

$$V_{rele} = V_R$$

$$I_{rele} = I_R$$

$$Z_R = \frac{V_R}{I_R}$$

keterangan:

$Z_R$  = impedansi terbaca oleh rele

$V_R$  = Tegangan fasa kenetral

$I_R$  = Arus fasa

2. Gangguan hubung singkat dua fasa.

Untuk mengukur impedansi pada saat terjadi gangguan hubung singkat dua fasa, tegangan yang masuk kekomparaturrele adalah tegangan fasa yang terganggu, sedangkan arusnya adalah selisih (secara vektoris) arus-arus yang terganggu. Maka pengukuran impedansi untuk hubung singkat antara fasa S dan T adalah sebagai berikut :

$$V_{rele} = V_S - V_T$$

$$I_{rele} = I_S - I_T$$

sehingga,

$$Z_R = \frac{V_S - V_T}{I_S - I_T}$$

Tabel 1. Tegangan dan arus masukan rele untuk hubung singkat dua fasa

Fasa yang terganggu	Tegangan	Arus
R-S	$V_R - V_S$	$I_R - I_S$
S-T	$V_S - V_T$	$I_S - I_T$
T-R	$V_T - V_R$	$I_R - I_T$

3. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Untuk mengukur impedansi pada saat hubung singkat satu fasa ke tanah, tegangan yang dimasukkan ke rele adalah tegangan yang terganggu, sedangkan arus fasa terganggu ditambah arus sisa dikali factor kompensasi. Misalnya terjadi gangguan hubung singkat satu fasa R ke tanah, maka pengukuran impedansi dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Tegangan pada rele : } V_{rele} = V_R$$

$$\text{Arus pada rele : } I_{rele} = I_R + K_0 \cdot I_n$$

$$\text{Arus netral : } I_n = I_R + I_S + I_T$$

Kompensasi urutan nol ditentukan sebesar :

$$K_0 = \frac{1}{3} \left( \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} \right)$$

$$Z_1 = \frac{V_R}{I_R + K_0 \cdot I_n}$$

Tabel 2. Tegangan dan arus masukan rele untuk hubung singkat satu fasa ke tanah

Fasa yang terganggu	Tegangan	Arus
R-N	$V_R$	$I_R + K_0 \cdot I_n$
S-N	$V_S$	$I_S + K_0 \cdot I_n$
T-N	$V_T$	$I_T + K_0 \cdot I_n$

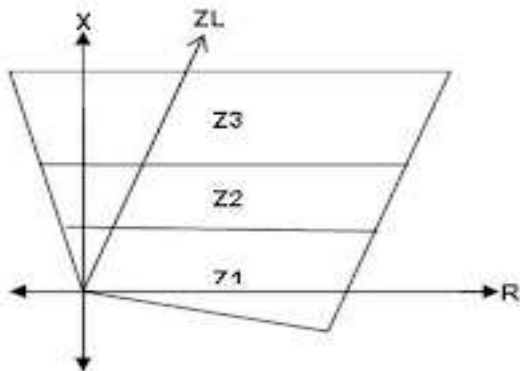
Impedansi urutan nol akan timbul pada gangguan tanah.  $K_0$  adalah untuk mengkompensasi adanya impedansi urutan nol sehingga impedansi yang terukur menjadi benar.

**A4. Karakteristik Rele Jarak**

Karakteristik rele jarak merupakan penerapan langsung dari prinsip dasar rele jarak, karakteristik ini biasa digambarkan dengan diagram R-X. Karakteristik Rele jarak adalah antara lain:

Karakteristik Quadrilateral  
Ciri-ciri :

- a. Karakteristik quadrilateral merupakan kombinasi dari 3 macam komponen yaitu reactance berarah dan sensitive
- b. Dengan setting jangkauan resistif cukup besar, maka karakteristik rele quadrilateral dapat mengantisipasi gangguan tanah dengan tahanan tinggi.
- c. Umumnya kecepatan rele lebih lambat dari kecepatan rele.

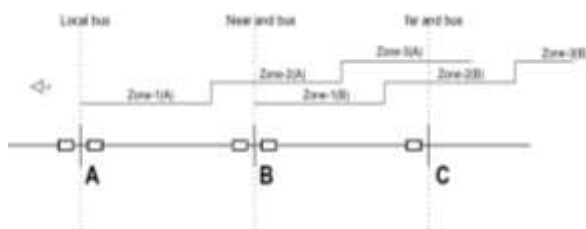


Gambar 5.karakteristik quadrilateral

**B. Penyetelan Rele Jarak**

Rele jarak pada dasarnya bekerja mengukur impedansi saluran, apabila impedansi yang terukur rele lebih kecil impedansi tertentu akibat gangguan ( $Z_{set} < Z_F$ ) maka rele akan bekerja.

Prinsip ini dapat memberikan selektivitas pengamanan, yaitu dengan mengatur hubungan antara jarak dan waktu kerja rele. Penyetelan rele jarak terdiri dari tiga daerah pengamanan, penyetelan zone-1 dengan waktu kerja rele  $t_1$ , zone-2 dengan waktu kerja rele  $t_2$ , dan zone-3 waktu kerja  $t_3$ .



Gambar 6. Zona Penyetelan Rele Jarak  
Rele jarak pada dasarnya bekerja mengukur impedansi saluran, apabila impedansi yang terukur / dirasakan rele lebih kecil impedansi tertentu akibat gangguan ( $Z_{set} < Z_F$ ) maka rele akan bekerja.

Prinsip ini dapat memberikan selektivitas pengamanan, yaitu dengan mengatur hubungan antara jarak dan waktu kerja rele. Penyetelan rele jarak terdiri dari tiga daerah pengamanan, penyetelan zone-1 dengan waktu kerja rele  $t_1$ , zone-2 waktu kerja rele  $t_2$ , dan zone-3 waktu kerja  $t_3$ .

a. Penyetelan Zona1

Dengan mempertimbangkan adanya kesalahan-kesalahan daridata saluran, CT,PT,danperalatanpenunjanglainsebesar 10 % -20%,zone-1 rele disetel 80 % dari panjang saluran yang diamankan.

$$Z_{1P} = 0,8 \cdot Z_{L1} \Omega \text{ (primer)}$$

$$Z_{1S} = Z_{1P} \times n \Omega \text{ (sekunder)}$$

Waktukerja rele seketika, ( $t_1=0$ )tidak dilakukan penyetelan waktu.

Keterangan:  $Z_{1P}$  = Zona 1 Primer

$Z_{1S}$  = Zona 1 Sekunder

$n$  = rasioCT/PT

b. Penyetelan Zone2

Prinsip peyetelan Zone-2 adalah berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Zone 2 harus menjangkau busbar di depan (bus B)
2. Jangkauan zone 2 harus mampu berfungsi sebagai rele cadangan jauh (*back up*) *distance relay* didepannya
3. Setelan zone 2 tidak boleh *over-reach* dengan setelan  $Z_{2B}$ *distance relay* didepannya
4. Setelan zone 2 harus lebih kecil dari 50% impedansi trafo di GI didepannya
5. Setelan zone 2 harus mempertimbangkan faktor kesalahan CT, PT, dan rele proteksi.

$$Zone-2_{min} = 1,2 \cdot Z_{L1} \text{ (2.9)}$$

$$Zone-2_{mak} = 0,8(Z_{L1} + 0,8 \cdot Z_{L2}) \text{ (2.10)}$$

$$Zone-2 \text{ trf} = 0,8 \{ Z_{L11} + (0,5 \times j X_{t1}) \} \text{ (2.11)}$$

$$Z_{2b} = Z_{L1} + 0,8Z_{L2} \text{ (2.12)}$$

$Z_2$  dipilih nilai yang terbesar, tetapi tidak

melebihi Zone-2 trf.

$$Z_{2P} = Z_{2 \text{ maks}} \Omega$$

$$Z_{2S} = Z_{2P} \times n \Omega$$

Keterangan:

$Z_{L1}$  = Impedansi saluran yang diamankan.

$Z_{L11}$  = Impedansi saluran berikutnya yang terpendek

$Z_{2P}$  = Zone-2 terbesar

$Z_{2S}$  = Zone-2 untuk setting

Waktu kerja relet<sub>2</sub> = 0.4 s/d0.8 dt.

### c. Penyetelan Zone 3

Prinsip penyetelan zone-3 adalah berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :

$$\text{Zone-3}_{\text{min}} = 1.2 (Z_{L1} + 0.8.Z_{L2})$$

$$\text{Zone-3}_{\text{mak}} = 0.8 (Z_{L1} + 1.2.Z_{L2}).k$$

$$\text{Zone-3}_{\text{trafo}} = 0.8 (Z_{L1} + 0.5.Z_{\text{trf}})$$

Keterangan :

$Z_{L1}$  = Impedansi saluran yang diamankan

$Z_{L2}$  = Impedansi saluran berikutnya yang terpanjang

Waktu kerja relai  $t_3 = 1.2 \text{ s/d}1.6 \text{ dt.}$

### d. Penyetelan Zone 3 Reverse

Fungsi penyetelan zone-3reverse adalah digunakan pada saat pemilihan teleproteksi pola *blocking*.

Dasar peyetelan zone-3 reverse ada dua jenis:

1. Bila  $Z_{3\text{rev}}$  member sinyal trip. Zone-3 rev =  $1.5 Z_2 - Z_{L1}$
2. Bila  $Z_{3\text{rev}}$  tidak memberi sinyal trip. Zone-3 rev =  $2Z_2 - Z_{L1}$ .

## B1. Pola Kerja Rele Jarak

Agar dapat bekerja selektif dan seketika pada daerah unit proteksi, *distance relay* dilengkapi dengan teleproteksi. Teleproteksi merupakan rangkaian peralatan yang berfungsi untuk mengirim dan menerima sinyal dari gardu induk yang satu ke gardu induk lain di depannya atau yang berhadapan, untuk dapat memberikan perintah *trip* seketika. Pola teleproteksi yang digunakan adalah *Permissive Under-reach Transfer Trip Scheme*(PUTT). Pola ini peralatan teleproteksi (TP) akan mengirim sinyal (*carrier send*) ke peralatan

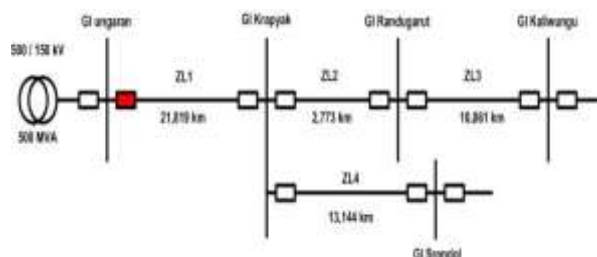
TP pada gardu induk di depannya apabila *distance relay* mendeteksi gangguan pada zona 1. Pada gardu induk yang menerima sinyal (*carrier receive*), apabila *distance relay* mendeteksi gangguan pada zona 2 dan menerima sinyal TP, maka relai akan memberikan perintah *trip* waktu zona 1. Rangkaian logika pola ini sebagaimana terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Logika Skema PUTT

## 3. Data Jaringan dan Analisa Data

Rele jarak yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah rele jarak yang berada pada gardu induk Ungaran yang digunakan untuk mengamankan bay penghantar 150 kV arah gardu induk Krapyak. Gambar 8 menunjukkan konfigurasi jaringan GI Ungaran.



Gambar 8. Konfigurasi Jaringan Gardu Induk Ungaran-Krapyak-2

### a. GI Ungaran Arah Krapyak

Panjang saluran : 21,819 km  
 Jenis penghantar : HA222, 2x281,1 mm<sup>2</sup>  
 CCC : 1200 A  
 $Z_{L1}$  : 0,0685 + 0,2045 j  $\Omega$ /km  
 $Z_{L0}$  : 0,219 + 0,6130  $\Omega$ /km

### b. GI Krapyak Arah Randugarut

Panjang saluran : 2,773 km  
 Jenis penghantar : TA221 281,10 mm<sup>2</sup>  
 CCC : 900 A  
 $Z_{L1}$  : 0,1370 + 0,3966j  $\Omega$ /km

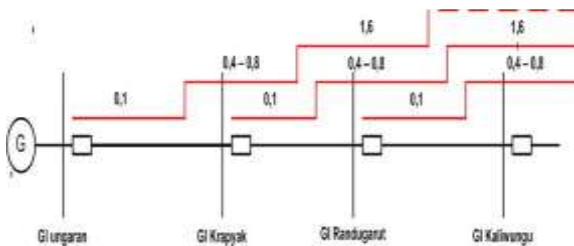
$Z_{L0} : 0,2871 + 1,1898j \Omega/km$

**c. Trafo GI Krapyak**

Trafo 1 GI Krapyak  
 Tegangan : 150 / 20 kV  
 Daya : 60 MVA  
 $X_{T11} : 46,425 \Omega$

**d. Data Setting Rele Jarak**

Merk : ABB  
 Tipe : REL 316\*4  
 Lokasi : Ungaran  
 Proteksi : Krapyak 2  
 Karakteristik : Quadrilateral  
 Pola : PUTT  
 In : 1 A  
 Zone 1 : 2,8  $\Omega$   
 Zone 2 : 4,3  $\Omega$   
 Zone 3 : 9,3  $\Omega$   
 $T_1$  : maks 0,1 detik  
 $T_2$  : 0,4 detik  
 $T_3$  : 1,6 detik  
 Waktu kerja rele jarak ditunjukkan oleh gambar 9.



Gambar 9. Waktu Kerja Rele Jarak Krapyak-2

**e. Setting Rele Jarak GI Ungaran Bay Krapyak 2**

1. Rasio CT dan PT

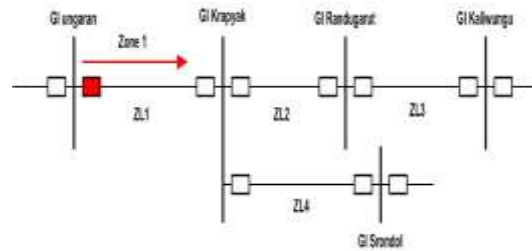
$$n_1 = \frac{\text{Rasio CT}}{\text{Rasio PT}}$$

$$n_1 = \frac{1200 / 1}{1500 / 1}$$

$$n_1 = 0,8$$

2. Jangkauan Impedansi

a. Zone 1



Gambar 10. Jangkauan Impedansi Zone 1

$$Z_{1P} = 80\% \times Z_{L11}$$

$$= 0,8 \times 4,706$$

$$= 3,765 \Omega$$

$$Z_{1S} = Z_{1P} \cdot n_1$$

$$= 3,765 \times 0,8$$

$$= 3,012 \Omega$$

$$X_{1P} = Z_{1P} \sin \theta$$

$$= 3,765 \sin 71,481^\circ$$

$$= 3,57 \Omega$$

$$X_{1S} = X_{1P} \cdot n_1$$

$$= 3,57 \times 0,8$$

$$= 2,856 \Omega$$

keterangan:

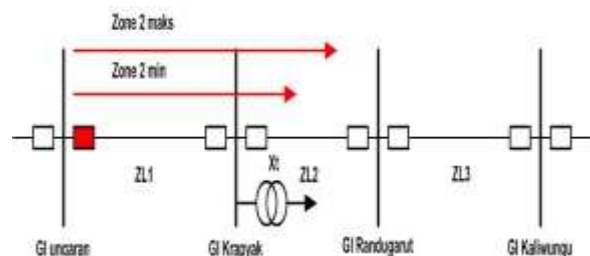
$Z_{1P}$  = Impedansi Primer

$Z_{1S}$  = Impedansi Sekunder

$X_{1P}$  = Setting Primer

$X_{1S}$  = Setting Sekunder (settingzone 1)

b. Zone 2



Gambar 11. jangkauan Impedansi zone 2

$$Z_{2min} = 1,2 Z_{L11}$$

$$= 1,2 \times 4,706$$

$$= 5,647 \Omega$$

$$Z_{2maks} = 0,8 (Z_{L11} + 0,8 Z_{L21})$$

$$= 0,8 (4,706 + 0,8 \times 1,164)$$

$$= 4,509 \Omega$$

$$Z_{2trf} = 0,8 \{ Z_{L11} + (0,5 \times j Z_{trf}) \}$$

$$= 0,8 (4,706 + 0,5 \times 46,425)$$

$$= 22,3348 \Omega$$

$$Z_{2b} = Z_{L11} + (0,8 \cdot Z_{L21})$$



$$= 4,706 + (0,8 \times 1,164)$$

$$= 5,637 \Omega$$

keterangan:

- $Z_{2min}$  = Jangkauan zona 2 minimum
- $Z_{2maks}$  = Jangkauan zona 2 maksimum
- $Z_{trf}$  = Impedansi Trafo GI Krapyak
- $Z_{2trf}$  = Zone 2 trafo
- $Z_{2b}$  = Zone 2 Batas

Dipilih Zone 2 terbesar tetapi tidak lebih besar dari zone 2 trafo, oleh karena itu dipilih  $Z_{2min}$  sebagai setting zone 2 GI Ungaran.

$$Z_{2P} = Z_{2min}$$

$$= 5,647 \Omega$$

$$Z_{2S} = Z_{2P} \times n_1$$

$$= 5,647 \times 0,8$$

$$= 4,517 \Omega$$

$$X_{2S} = Z_{2S} \sin \theta$$

$$= 4,517 \sin 71,481^\circ$$

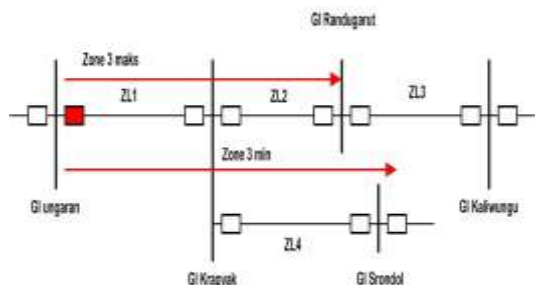
$$= 4,284 \Omega$$

keterangan:

- $Z_{2P}$  = Zone 2 primer
- $Z_{2S}$  = Zone 2 sekunder
- $X_{2S}$  = Setting zone 2

Untuk setting waktu ( $T_2$ ) karena  $Z_{2maks} < Z_{2min}$  dan  $Z_{2b} < Z_{2min}$  maka setting waktu zone 2 ( $T_2$ ) = 0,8 detik. Namun karena proteksi SUTT Krapyak – Randugarut memakai Line Current Differensial, maka  $T_2$  dipilih 0,4 detik.

c. Zone 3



Gambar 12. Jangkauan Impedansi zone 3

$$Z_{3min} = 1,2 (Z_{L11} + Z_{L41})$$

$$= 1,2 (4,706 + 5,515)$$

$$= 12,265 \Omega$$

$$Z_{3maks} = 0,8 Z_{L11} + 0,8 (Z_{L21} + 0,8 Z_{L31}) \cdot k$$

$$= 0,8 \times 4,706 + 0,8 (1,164 + 0,8 \times 4,557) \cdot 1$$

$$= 7,612 \Omega$$

$$Z_{3trafo} = 0,8 (Z_{L11} + 0,5 \cdot Z_{trf})$$

$$= 0,8 (4,706 + 0,5 \times 46,425)$$

$$= 40,727 \Omega$$

keterangan:

- $Z_{3min}$  = Jangkauan zone 3 minimum
- $Z_{3maks}$  = Jangkauan zone 3 maksimum
- $Z_{3trf}$  = Zone 3 trafo
- K = faktor infeed (= 1)

Dipilih Zone 3 terbesar tetapi tidak lebih besar dari zone 3 trafo. Oleh karena itu dipilih  $Z_{3min}$  sebagai setting zone 3 GI Ungaran. Untuk setting waktu ( $T_3$ ) karena  $Z_{3min} > Z_{3maks}$  maka setting waktu zone 3 ( $T_3$ ) = 1,6 detik

$$Z_{3P} = 12,265 \Omega$$

$$Z_{3S} = Z_{3P} \cdot n_1$$

$$= 12,265 \times 0,8$$

$$= 9,812 \Omega$$

$$X_{3S} = Z_{3S} \sin \theta$$

$$= 9,812 \sin 71,481^\circ$$

$$= 9,304 \Omega$$

keterangan:

- $Z_{3P}$  = Zone 3 primer
- $Z_{3S}$  = Zone 3 sekunder
- $X_{3S}$  = Setting zone 3

**f. Analisa Setting Rele Jarak Berdasarkan Perhitungan Hubung Singkat**

Setting rele jarak GI Ungaran – Krapyak-2 dari hasil perhitungan gangguan hubung singkat dan data setting disajikan pada tabel 3. dan tabel 4.

Table 3. Setting Rele jarak Ungaran-Krapyak

Zona	Z1	Z2	Z3
Setting	2,8 Ω	4,3 Ω	9,3 Ω

Table 4. Perhitungan Impedansi Terlihat oleh Rele saat Hubung Singkat

Letak Gangguan	Jenis Gangguan		
	3 Fasa (Ω)	2 Fasa / Antar Fasa (Ω)	1 Fasa ke Tanah (Ω)
Zone 1	0,0894	0,2107	2,133
Zone 2	0,09695	0,2189	2,1356
Zone 3	0,0986	0,2194	2,1363

Berdasarkan hasil perhitungan hubung singkat yang terjadi di zone 1, dapat dilihat bahwa impedansi yang terukur oleh rele lebih kecil dari nilai setting rele yang telah ditentukan. Gangguan ini terletak

pada saluran Ungaran–Krapyak 2, sehingga rele yang berada di Ungaran mendeteksi adanya gangguan di wilayah kerja *zone 1* dengan impedansi sebesar  $0,0894\Omega$  (gangguan 3 fasa),  $0,2107\Omega$  (gangguan antar fasa) dan  $2,133\Omega$  (gangguan 1 fasa ke tanah), yaitu lebih kecil dari *settingzone 1* sebesar  $2,8\Omega$ , sehingga rele akan bekerja *instant* dengan waktu dibawah  $0,1$  detik.

Saat disimulasikan terjadi gangguan di *zone 2* yang terletak di saluran Ungaran–Randugarut, didapatkan hasil impedansi yang terukur oleh rele adalah  $0,09695\Omega$  (gangguan 3 fasa),  $0,2189\Omega$  (gangguan antar fasa), dan  $2,1356\Omega$  (gangguan 1 fasa ke tanah). Impedansi tersebut lebih kecil dari nilai *setting* rele di Ungaran, *zone2* yaitu  $4,3\Omega$  dan *zone 1* yaitu  $2,8\Omega$ , sehingga rele akan bekerja dengan *delay*  $0,4$  detik. Namun, karena gangguan tersebut terletak pada saluran Krapyak–Randu garut maka gangguan akan dideteksi oleh rele jarak yang berada di krapyak untuk mengamankan saluran menuju Randugarut sebagai gangguan di *zone1* sehingga rele di Krapyak akan bekerja *instant* dengan waktu maksimal  $0,1$  detik.

Sama halnya seperti saat disimulasikan terjadi gangguan di *zone 3* yang terletak di saluran Krapyak–Sronдол, didapatkan hasil impedansi yang terukur oleh rele adalah  $0,0986\Omega$  (gangguan 3 fasa),  $0,2194\Omega$  (gangguan antar fasa), dan  $2,1363\Omega$  (gangguan 1 fasa ke tanah). Impedansi tersebut juga lebih kecil dari nilai *setting* rele di Ungaran, *zone 3* yaitu  $9,3\Omega$ , sehingga rele akan bekerja dengan *delay*  $0,8$  detik. Namun, karena gangguan tersebut terletak pada saluran Krapyak–Sronдол maka gangguan akan dideteksi oleh rele jarak yang berada di krapyak untuk mengamankan saluran menuju Sronдол sebagai gangguan di *zone 1* sehingga rele di Krapyak akan bekerja *instant* dengan waktu maksimal  $0,1$  detik.

Rele jarak akan mendeteksi gangguan sesuai dengan jarak gangguan yang terjadi.

Jika gangguan terjadi di daerah kerja *zone 1* maka rele akan bekerja *instant* dengan waktu maksimal  $0,1$  detik. Jika gangguan terjadi di daerah kerja *zone 2* maka rele akan bekerja dengan *delay* waktu  $0,4$  detik. Jika gangguan terjadi di daerah kerja *zone 3* maka rele akan bekerja dengan *delay* waktu  $1,6$  detik. *Delay* waktu ini bertujuan untuk memberikan kesempatan pada rele di GI depan yang mendeteksi gangguan di *zone 1* untuk melokalisir gangguan dengan bekerja *instant* (maksimal  $0,1$  detik)

#### 4. Kesimpulan

- Penyetelan rele jarak pada GI UngaranZona 1 merupakan *main protection*.(saluran Ungaran – Krapyak)
- Seluruh nilai setting yang dilakukan PLN sudah benar berdasarkan pendekatan teoritis.
- Rele jarak tidak tergantung pada jenis gangguan yang terjadi tetapi tergantung pada jarak titik gangguan yang terjadi terhadap rele.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Nomor Dokumen No.P3B/OMPROT/01/TDSR. 2006. “Pelatihan O&M Relai Proteksi Jaringan”. Jakarta : PT. PLN (Persero)
- Pramono,Joko; Montario C.B;Zamrudi. 2010.”Transmissio of Electrical Energy”.Depok:Unversitas Indonesia
- \_\_\_\_\_.”Proteksi dan Kontrol Penghantar”Jakarta : PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali
- Tim Dikpro Proteksi.”Perhitungan Setting Relai Proteksi SUTT/SUTET”. Semarang: PT PLN (Persero) Pusdiklat
- Tobing, Cristof Naek Halomoan.2008.Rele Jarak sebagai Proteksi Saluran Transmisi.Depok : Universitas Indonesia Depok
- Yudha,Hendra M.2008.”Rele Proteksi Prinsip dan Aplikasi”.Riau: Universitas Sriwijaya