

# ANALISIS SETTING DAN KOORDINASI RELE JARAK PADA GI 150 KV PANDEAN LAMPER ARAH SRONDOL

Bayu Seno Adi Nugroho<sup>\*)</sup>, Karnoto, and Mochammad Facta

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: bayusenoan@gmail.com

## Abstrak

Pada saluran transmisi, potensi gangguan yang terjadi adalah gangguan hubung singkat. Gardu induk pada sistem 150kV menggunakan rele jarak sebagai sistem proteksi utamanya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis koordinasi *setting* rele jarak Pandean Lamper arah Spondol dan melakukan analisis kinerja rele jarak pada subsistem Pandean Lamper arah Spondol dalam mengatasi gangguan. *Setting* rele yang didapatkan dari PT.PLN disimulasikan menggunakan *software DIGSILENT 14.1* untuk melihat jangkauan rele. Standar yang digunakan adalah standar IEEE std C37.113.2015 *IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rele pada subsistem Pandean Lamper arah Spondol memiliki *setting* yang tidak sesuai dengan standar. Zona 1 memiliki jangkauan 79%, zona 2 sebesar 183,6% dan zona 3 sebesar 382,8% dimana pada standar zona 1 seharusnya memiliki *setting* 80%-90%, zona 2 120%-150% dan zona 3  $1,2 \times (ZL_1 + ZL_2)\%$ . Gangguan pada sistem disimulasikan dalam 2 skenario. Skenario pertama disimulasikan dengan jarak 79,05%-83,28% dan Skenario kedua sebesar 91,6%-95,7%. Setelah dilakukan perhitungan ulang didapatkan nilai jangkauan yang baru untuk zona 1 sebesar 85,1%, zona 2 sebesar 149,6%, zona 3 Pandean Lamper1 arah Spondol 1 sebesar 315,4% dan zona 3 Pandean Lamper2 arah Spondol 2 sebesar 371,7%. Setelah dilakukan perhitungan ulang rele bekerja sesuai standar.

*Kata kunci: saluran transmisi, rele jarak, digsilent*

## Abstract

Fault in transmission system is short circuit. Distance relay is usually used for main protection in transmission system. The purpose of this work is to analyze and evaluate the distance relay coordination in Pandean Lamper to Spondol substation. Data of relay setting obtained from PT.PLN was simulated by using DIGSILENT 14.1 to know sensitivity and zone area of the relay. This research based on IEEE standard C37.113.2015 about Protective Relay Applications to Transmission Line. Results of the simulation show that relay setting in Pandean Lamper to Spondol substation are different from the standard. Zone 1 reach had 79% reach, zone 2 had 183,6% reach and zone 3 had 382,8% reach. Faults were simulated in 2 scenarios. First scenario had 79,05%-83,28% of first zone protection. Second scenario had 91,6%-95,7% of first zone protection. According to previous setting, relay worked at zone 2 as the fault occur at zone 1. After several recalculation, the new reach settings for each zone were applied. Zone 1 had 85,1% reach, zone 2 had 149,6% reach, zone 3 in Pandean Lamper1 to Spondol 1 had 315,4% and zone 3 in Pandean Lamper2 to Spondol 2 had 371,7% reach. After resetting relay operate appropriately according to standard.

*Keywords : transmission system, distance relay, digsilent*

## 1. Pendahuluan

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi [1]. Saluran transmisi menjadi salah satu komponen yang penting dalam penyaluran tenaga listrik. Pada suatu sistem setiap kesalahan dalam suatu rangkaian yang menyebabkan terganggunya aliran arus disebut gangguan [2]. Gangguan pada sistem transmisi dan

distribusi dapat terjadi karena beberapa sebab diantaranya karena suhu, hewan, dan kegagalan peralatan [3]. Gangguan dapat menimbulkan kerusakan pada sistem tenaga [2], untuk itu dibutuhkan peralatan perlindungan untuk mengatasi gangguan yang terjadi pada sistem.

Rele jarak biasa digunakan di saluran transmisi sebagai proteksi utama. Rele ini menghitung impedansi saluran dengan membandingkan tegangan dan arus dengan

menggunakan trafo arus dan trafo tegangan pada lokasi rele[4]. Pada saluran udara tegangan menengah 150kV di kota Semarang, *setting* rele yang dilakukan oleh PT.PLN yaitu dengan perhitungan manual dan menggunakan *Mathcad*, kemudian implementasi langsung pada rele yang akan *disetting*. Untuk melihat apakah rele jarak sudah terkoordinasi dan *tersetting* dengan baik, dapat digunakan *software DigSILENT*. Pada penelitian sebelumnya [5][6][7] telah dilakukan perhitungan dan analisis rele jarak secara manual. Pada penelitian yang lain [8], menyimpulkan bahwa koordinasi dan *setting* dari rele jarak dapat dilihat secara tepat oleh *software DigSILENT PowerFactory*. *Software* ini dapat digunakan untuk melihat koordinasi rele antar jaringan dan untuk menganalisis dari simulasi diagram R – X untuk berbagai macam gangguan [8].

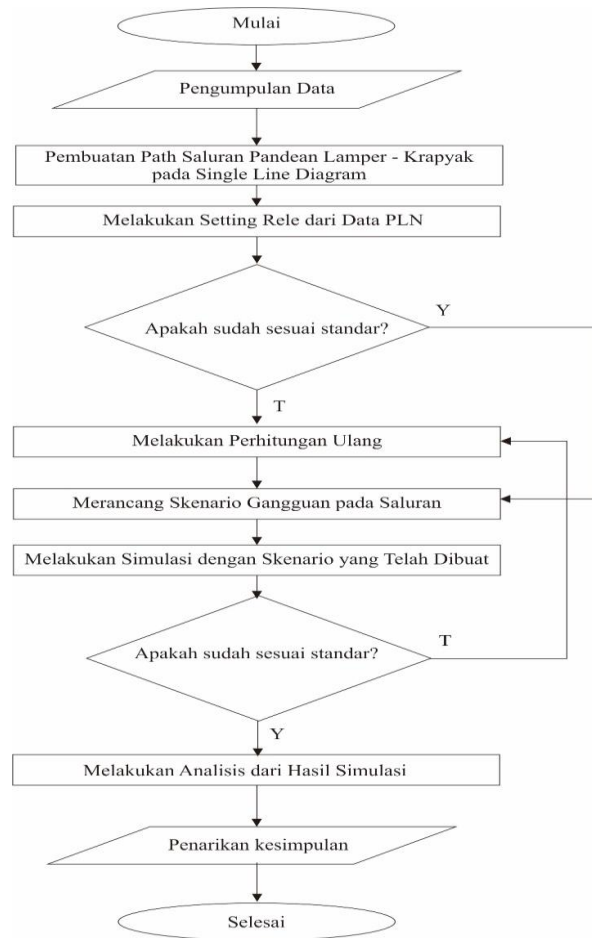
Pada penelitian ini, akan dilakukan simulasi koordinasi rele jarak dan simulasi gangguan pada saluran Pandean Lamper ke arah Sronдол dengan menggunakan *software DigSILENT PowerFactory 14.1*. Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensimulasikan koordinasi rele jarak yang ada pada sistem transmisi 150 kV SUBSISTEM Pandean Lamper arah Sronдол.
2. Mengamati dan menganalisis jangkauan zona rele yang ada pada sistem transmisi 150 kV SUBSISTEM Pandean Lamper arah Sronдол terhadap standar dari IEEE mengenai *setting* rele jarak.
3. Membandingkan dan menganalisis kondisi kinerja rele jarak sebelum dan setelah *setting* terhadap simulasi gangguan skenario yang ditentukan.

**2. Metode**

**2.1. Langkah Penelitian**

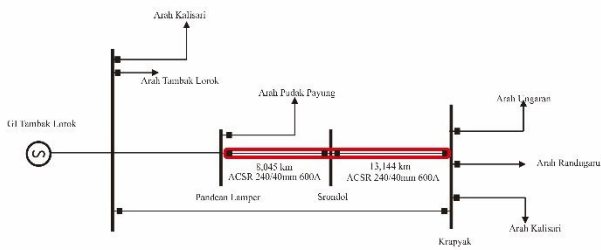
Metode penelitian dari penelitian ini diperlihatkan pada gambar 1.



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

**2.2. Data Penelitian**

Data yang diperoleh berupa data single line diagram dan *setting* impedansi yang kemudian disimulasikan dengan menggunakan *software DigSILENT 14.1*. Hasil dari simulasi menunjukkan jangkauan tiap zona pada rele yang *disetting*. Gambaran sistem ditampilkan pada gambar 2. Hasil simulasi ditampilkan pada tabel 1.



Gambar 2. Gambaran Saluran Pandean Lamper arah Krapyak

Tabel 1. Data Hasil Jangkauan Zona Proteksi PT.PLN GI Pandean Lamper arah Krapyak

Rele	Zona	Z Sekunder (ohm)	% Saluran
Pandean Lamper 1 arah Srndol 1	Zona 1	1.07	79.24%
	Zona 2	2.48	183.66%
	Zona 3	5.17	382.88%
Pandean Lamper arah Srndol 2	Zona 1	1.07	79.24%
	Zona 2	2.48	183.66%
	Zona 3	6.48	479.90%
Srndol 1 arah Krapyak 1	Zona 1	1.89	85.67%
	Zona 2	2.64	119.67%
	Zona 3	4.25	192.65%
Srndol 2 arah Krapyak 2	Zona 1	2.45	79.89%
	Zona 2	3.36	114.23%
	Zona 3	4.25	144.48%

Data yang diperoleh dibandingkan dengan standar IEEE std C37.113.2015 *IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*. Hasil perbandingan ditunjukkan pada tabel 2

Tabel 2. Perbandingan Jangkauan Rele dengan Standar

Rele	Zona	Menurut Standar	Eksisting
Pandean Lamper 1 - Srndol 1	Zona 1	80-90% $L_1$	79.24%
	Zona 2	120%-150% $L_1$	183.66%
	Zona 3	$1,2 \times (L_1+L_2)$	382.88%
Pandean Lamper 2 - Srndol 2	Zona 1	80-90% $L_1$	79.24%
	Zona 2	120%-150% $L_1$	183.66%
	Zona 3	$1,2 \times (L_1+L_2)$	479.90%
Srndol 1 - Krapyak 1	Zona 1	80-90% $L_1$	85.67%
	Zona 2	120%-150% $L_1$	119.67%
	Zona 3	$1,2 \times (L_1+L_2)$	192.65%
Srndol 2 - Krapyak 2	Zona 1	80-90% $L_1$	79.89%
	Zona 2	120%-150% $L_1$	114.23%
	Zona 3	$1,2 \times (L_1+L_2)$	144.48%

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai jangkauan eksisting belum sesuai dengan standar. Untuk itu dilakukan perhitungan impedansi dengan menggunakan persamaan berikut[9][10]:

1. Perhitungan Impedansi Primer

$$Z_1 = 0,85 \times ZL_1 \quad (1)$$

$$Z_{2 \min} = 1,2 \times ZL_1 \quad (2)$$

$$Z_{2 \max} = 1,5 \times ZL_1 \quad (3)$$

$$Z_3 = 1,2 \times (ZL_1 + ZL_2) \quad (4)$$

Dimana

- $Z_1$  = Setting impedansi zonal
- $Z_{2 \min}$  = Setting impedansi minimal zona 2
- $Z_{2 \max}$  = Setting impedansi maksimal zona 2
- $Z_3$  = Setting impedansi zona 3
- $ZL_1$  = Impedansi pada saluran 1
- $ZL_2$  = Impedansi pada saluran 2

Setelah mendapatkan nilai impedansi primer kemudian dihitung nilai impedansi sekundernya:

2. Perhitungan Impedansi Sekunder

$$Z_{primer} \times \frac{CT_{primer} \times VT_{sekunder}}{CT_{sekunder} \times VT_{primer}} \quad (5)$$

3. Hasil dan Analisa

3.1. Perbandingan Jangkauan Rele

Setelah dilakukan perhitungan dengan standar dari IEEE, didapatkan perbandingan jangkauan zona rele yang dijabarkan dalam tabel 3

Tabel 3. Perbandingan Jangkauan Zona Rele Sebelum dan Setelah Setting

Rele	Zona	Z lama (%)	Z baru (%)
Pandean Lamper 1 - Srndol 1	Zona 1	79.24	85,1
	Zona 2	183.66	149,6
	Zona 3	382.88	315,4
Pandean Lamper 2 - Srndol 2	Zona 1	79.24	85,1
	Zona 2	183.66	149,6
	Zona 3	479.90	371,7
Srndol 1 - Krapyak 1	Zona 1	85.67	85,67
	Zona 2	119.67	128,28
	Zona 3	192.65	234,80
Srndol 2 - Krapyak 2	Zona 1	79.89	84,9
	Zona 2	114,23	149,9
	Zona 3	144,48	198,8

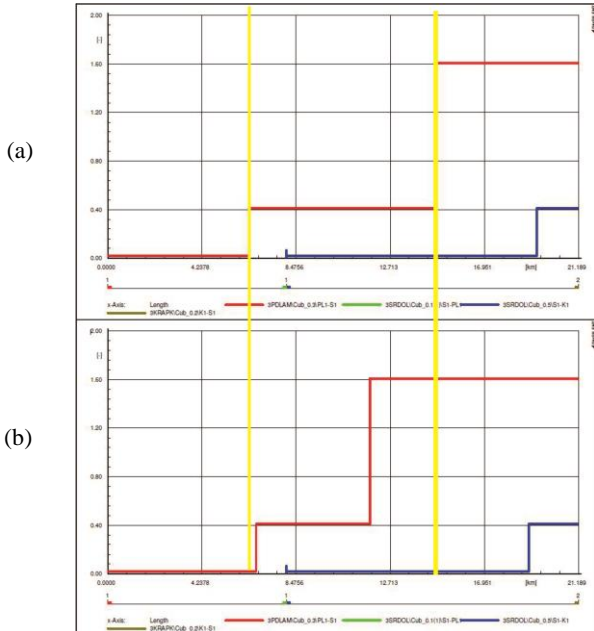
Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan setting, nilai jangkauan tiap zona pada rele yang dianalisis sudah sesuai dengan standar.

3.2. Perbandingan Grafik Koordinasi Rele Jarak

Untuk mengetahui bagaimana perbedaan setelah rele di setting ulang dan sebelum rele disetting ulang, maka dilakukan perbandingan grafik sebelum dan setelah rele disetting ulang.

3.2.1. Perbandingan Grafik Koordinasi Rele pada Pandean Lamper 1 – Krapyak 1

Hasil dari *setting* dapat kita ketahui dari grafik koordinasi rele jarak. Grafik perbandingan koordinasi rele jarak pada saluran Pandean Lamper 1 arah Krapyak 1 ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 3. *Time – Distance Coordination Subsystem Pandean Lamper 1 ke Krapyak 1 Sebelum (a) dan Setelah (b)Setting Ulang*

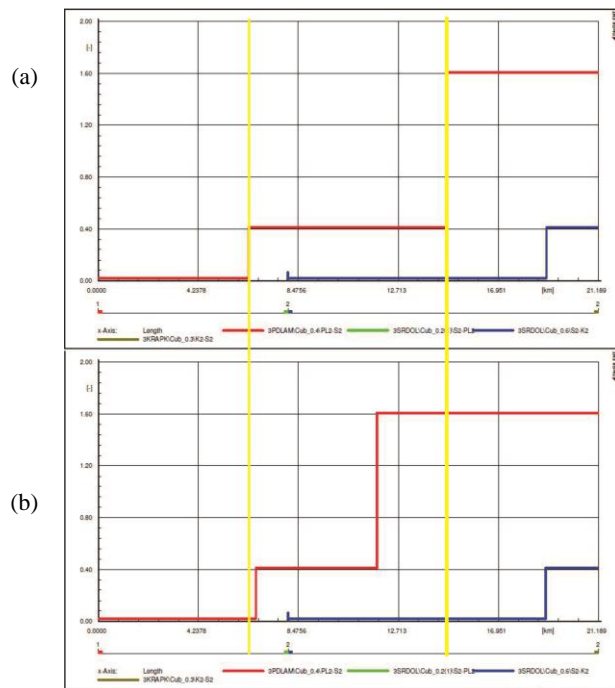
Pada gambar 2 (a), dapat dilihat bahwa kondisi kinerja rele kondisi eksisting adalah baik karena tidak terjadi overlapping diantara rele. Namun, pada saat dilihat nilai jangkauannya, rele sebelum *setting* memiliki zona 1 yang lebih pendek daripada zona 1 rele setelah *setting*. Rele zona 1 sebelum *setting* memiliki jangkauan 79% dari total jarak, dimana pada standar yang ditetapkan oleh IEEE, zona 1 memiliki jangkauan 80% - 90% dari saluran yang dilindungi. Pada Gambar 2 (b) atau gambar koordinasi rele setelah *setting*, dapat dilihat bahwa jangkauan zona 1 lebih panjang dari gambar sebelumnya yaitu sebesar 82,9% dari total saluran. Nilai ini diperoleh dari hasil perhitungan menurut standar IEEE seperti yang dapat kita lihat dari sub bab 4.1. Dapat dilihat bahwa hasil setelah *setting* menunjukkan bahwa *setting* zona 1 rele jarak Pandean Lamper 1 arah Krapyak 1 telah sesuai dengan standar.

Untuk zona 2 rele sebelum *setting* memiliki zona 2 yang lebih panjang daripada zona 1 rele setelah *setting*. Zona 2 jangkauan rele mencapai 183% dari saluran utama yang dilindungi, dimana pada standar IEEE direkomendasikan untuk mensetting zona 2 sebesar 120 % hingga 150% dari saluran yang dilindungi. Setelah dilakukan *setting* ulang, Pada Gambar 2 b atau gambar koordinasi rele setelah *setting*, dapat dilihat bahwa jangkauan zona 2 lebih pendek dari gambar sebelumnya yaitu sebesar 149,6%

dari total saluran. Nilai ini diperoleh dari hasil perhitungan menurut standar IEEE seperti yang dapat kita lihat dari sub bab 4.6. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa hasil setelah *setting* menunjukkan bahwa *setting* zona 2 rele jarak Pandean Lamper 1 arah Krapyak 1 telah sesuai dengan standar.

### 3.2.2. Perbandingan Grafik Koordinasi Rele pada Pandean Lamper 2 – Krapyak 2

Hasil dari *setting* dapat kita ketahui dari grafik koordinasi rele jarak. Grafik perbandingan koordinasi rele jarak pada saluran Pandean Lamper 2 arah Krapyak 2 ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 4. *Time – Distance Coordination Subsystem Pandean Lamper 2 ke Krapyak 2 Sebelum dan Setelah Setting Ulang*

Pada gambar 3 (a), dapat dilihat bahwa kondisi kinerja rele kondisi eksisting adalah baik karena tidak terjadi overlapping diantara rele. Namun, pada saat dilihat nilai jangkauannya, rele sebelum *setting* memiliki zona 1 yang lebih pendek daripada zona 1 rele setelah *setting*. Rele zona 1 sebelum *setting* memiliki jangkauan 79,2% dari total jarak, dimana pada standar yang ditetapkan oleh IEEE, zona 1 memiliki jangkauan 80% - 90% dari saluran yang dilindungi. Pada Gambar 3 (b) atau gambar koordinasi rele setelah *setting*, dapat dilihat bahwa jangkauan zona 1 lebih panjang dari gambar sebelumnya yaitu sebesar 82,9% dari total saluran. Nilai ini diperoleh dari hasil perhitungan menurut standar IEEE seperti yang dapat kita lihat dari sub bab 4.6. Dapat dilihat bahwa hasil setelah *setting* menunjukkan bahwa *setting* zona 1 rele

jarak Pandean Lamper 1 arah Krapyak 1 telah sesuai dengan standar.

Untuk zona 2 rele sebelum *setting* memiliki zona 2 yang lebih panjang daripada zona 1 rele setelah *setting*. Zona 2 jangkauan rele mencapai 183% dari saluran utama yang dilindungi, dimana pada standar IEEE direkomendasikan untuk mensetting zona 2 sebesar 120 % hingga 150% dari saluran yang dilindungi. Setelah dilakukan *setting* ulang, Pada Gambar 3 b atau gambar koordinasi rele setelah *setting*, dapat dilihat bahwa jangkauan zona 2 lebih pendek dari gambar sebelumnya yaitu sebesar 149,6% dari total saluran. Nilai ini diperoleh dari hasil perhitungan menurut standar IEEE seperti yang dapat kita lihat dari sub bab 4.6. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil setelah *setting* menunjukkan bahwa *setting* zona 2 rele jarak Pandean Lamper 2 arah Krapyak 2 telah sesuai dengan standar.

### 3.3. Skenario Gangguan

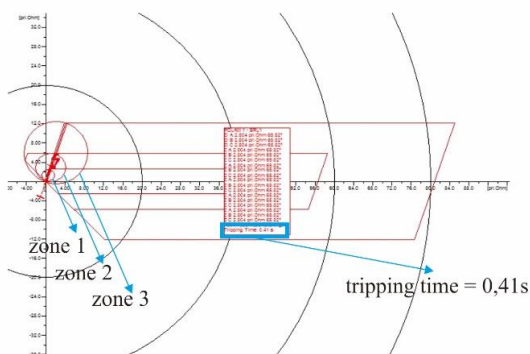
Setelah dilakukan *setting*, maka dilakukan simulasi skenario gangguan. Skenario gangguan ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Skenario Gangguan

Letak Anomali	Jenis gangguan	Letak Simulasi Gangguan
Pandean	3 fasa	80%
Lamper -	1 fasa ke tanah	81%
Spondol Tower	2 fasa	82%
19 -20	2 fasa ke tanah	83%
Pandean	3 fasa	92%
Lamper -	1 fasa ke tanah	93%
Spondol Tower	2 fasa	94%
22 -23	2 fasa ke tanah	95%

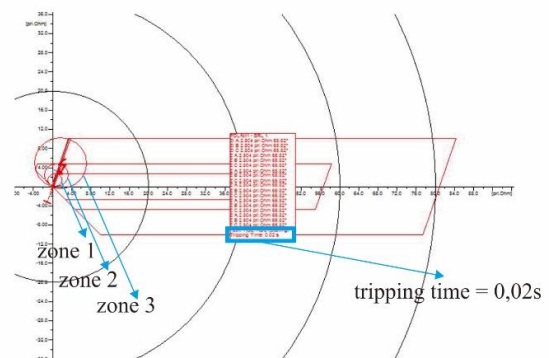
#### 3.3.1. Skenario 1

Skenario 1 adalah skenario gangguan yang terjadi pada tower 19 -22 dimana jika dipersentasekan nilainya 79,05% - 83,28%. Gangguan yang disimulasikan adalah gangguan hubung singkar 3 fasa, 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 2 fasa ke tanah. Berikut adalah hasil simulasi gangguan yang ditampilkan pada diagram R - X



Gambar 5. Skenario 1 Gangguan 3 Fasa Sebelum Resetting

Gambar 4 menunjukkan kinerja rele saat terjadi gangguan 3 fasa. Pada grafik tersebut menunjukkan kinerja rele di saluran Pandean Lamper dan Spondol dimana letak gangguan disimulasikan diantara kedua subsistem. Lokasi gangguan adalah 80% dari saluran Pandean Lamper. Jika menurut standar gangguan akan diisolir dalam waktu 0,0 detik dikarenakan gangguan seharusnya dibaca oleh zona 1 rele. Namun pada keadaan sebelum dilakukan *setting*, zona 1 tersetting sebesar 79,2%. Maka gangguan akan terbaca oleh zona 2 *setting*. Selanjutnya ditampilkan skenario gangguan 3 Fasa Setelah Resetting



Gambar 6. Skenario 1 Gangguan 3 Fasa Setelah Resetting

Gambar 5 menunjukkan kinerja rele saat terjadi gangguan 3 fasa setelah dilakukan *setting* ulang. Lokasi gangguan adalah 80% dari saluran Pandean Lamper ke arah Spondol. Gangguan akan diisolir dalam waktu 0,0 detik karena gangguan dibaca oleh zona 1 rele. Setelah dilakukan *setting* ulang, jangkauan zona 1 menjadi 85,1%. Maka gangguan terbaca pada zona 1 dan rele bekerja pada waktu 0,02 detik. Hal ini sesuai dengan standar IEEE dimana jangkauan dari zona 1 adalah 80% hingga 90% dan harus trip pada waktu 0 detik. Hal ini menunjukkan bahwa rele akan bekerja dengan baik ketika terjadi gangguan 3 fasa pada lokasi 80% dari saluran Pandean Lamper ke arah Spondol.

Dengan melakukan simulasi dengan jenis gangguan 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 2 fasa ke tanah, diperoleh data kinerja rele yang ditunjukkan pada tabel 5

Tabel 5. Hasil Simulasi Skenario 1

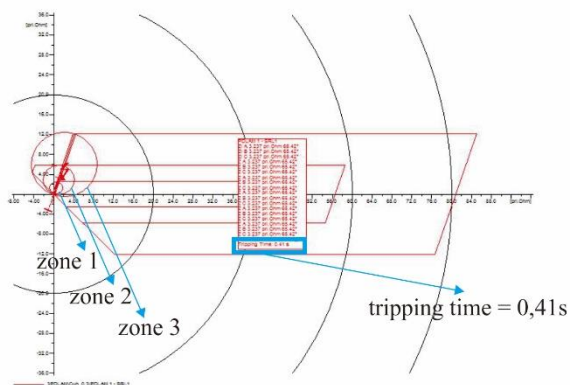
Gangguan	Lokasi Gangguan	Waktu Trip Sebelum Setting Ulang	Waktu Trip Setelah Setting Ulang
3 Fasa	80%	0,41 s	0,02 s
1 Fasa ke Tanah	81%	0,41 s	0,02 s
2 Fasa	82%	0,02 s	0,02 s
2 Fasa ke Tanah	83%	0,02 s	0,02s

Pada tabel 5 terlihat bahwa sebelum dilakukan *setting* ulang, gangguan yang terjadi pada sistem masuk pada zona 2 dan bekerja pada waktu 0,41 s. Setelah dilakukan

resetting, gangguan yang terjadi pada sistem masuk pada zona 1 dan bekerja pada waktu 0,02 s kecuali pada gangguan 2 fasa ke tanah pada lokasi gangguan 83% gangguan masuk pada zona 2 sistem.

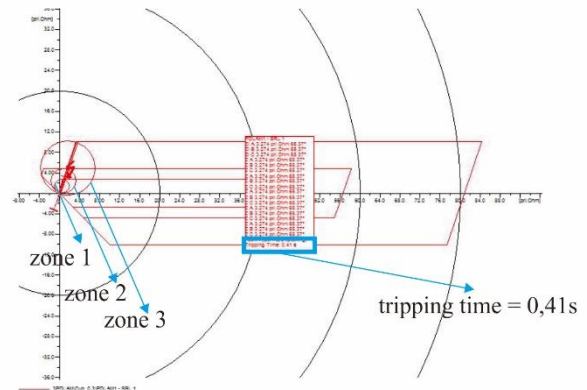
### 3.3.2. Skenario 2

Skenario 2 adalah skenario gangguan yang terjadi pada tower 22 – 23 dimana jika dipersentasekan nilainya 91,6% hingga 95,7% saluran. Gangguan yang disimulasikan adalah gangguan hubung singkar 3 fasa, 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 2 fasa ke tanah. Berikut adalah hasil simulasi gangguan yang ditampilkan pada diagram R – X.



Gambar 7. Skenario 2 Gangguan 3 Fasa Sebelum Resetting

Gambar 6 menunjukkan kinerja rele saat terjadi gangguan 3 fasa setelah dilakukan setting ulang. Lokasi gangguan adalah 92% dari saluran Pandean Lamper ke arah Srdondol. Gangguan diisolir dalam waktu 0,41 detik karena gangguan dibaca oleh zona 2 rele. Jangkauan zona 1 setelah dilakukan setting nilainya adalah 85,1%, maka pada gangguan di lokasi 92% akan dideteksi oleh zona 2. Skenario 2 sebelum dan sesudah setting menunjukkan bahwa pada saat terjadi gangguan di 92% saluran Pandean Lamper ke arah Srdondol rele akan trip pada waktu 0,41 detik. Hal ini menunjukkan bahwa rele akan bekerja dengan baik ketika terjadi gangguan 3 fasa pada lokasi 92% dari saluran Pandean Lamper ke arah Srdondol. Selanjutnya ditampilkan skenario gangguan 3 Fasa Setelah Resetting



Gambar 8. Skenario 2 Gangguan 3 Fasa Setelah Resetting

Gambar 7 menunjukkan kinerja rele saat terjadi gangguan 3 fasa pada lokasi 92% saluran. Pada grafik tersebut menunjukkan kinerja rele di saluran Pandean Lamper dan Srdondol dimana letak gangguan disimulasikan diantara kedua subsistem. Lokasi gangguan adalah 92% dari saluran Pandean Lamper ke arah Srdondol. Gangguan akan diisolir dalam waktu 0,4 detik dikarenakan gangguan dibaca oleh zona 2 rele.

Dengan melakukan simulasi dengan jenis gangguan 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 2 fasa ke tanah, diperoleh data kinerja rele yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Simulasi Skenario 2

Gangguan	Lokasi Gangguan	Waktu Trip Sebelum Setting Ulang	Waktu Trip Setelah Setting Ulang
3 Fasa	92%	0,41 s	0,41 s
1 Fasa ke Tanah	93%	0,41 s	0,41 s
2 Fasa	94%	0,02 s	0,02 s
2 Fasa ke Tanah	95%	0,41 s	0,41 s

Pada tabel 6 terlihat bahwa sebelum dan setelah dilakukan setting ulang, gangguan yang terjadi pada sistem masuk pada zona 2 dan bekerja pada waktu 0,41 s. Untuk diagram R – X yang telah disetting ulang, jika dibandingkan dengan diagram R – X rele yang belum disetting ulang menunjukkan performa yang sama yaitu pada gangguan dan jarak yang ditentukan telah bekerja dengan baik.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi koordinasi rele jarak dari saluran Pandean Lamper arah Sronдол yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai jangkauan pada rele jarak Pandean Lamper arah Sronдол memiliki jangkauan zona 1 sebesar 79,24 %, zona 2 sebesar 183,66% dan zona 3 untuk saluran 1 adalah 382,88% dan saluran 2 sebesar 479,9%. Nilai jangkauan ini belum sesuai dengan referensi standar yaitu standar IEEE dan NPAG Alstom.
2. Nilai jangkauan rele berubah setelah dilakukan perhitungan ulang dan *setting* ulang. Hasil perhitungan dan *setting* ulang menghasilkan nilai jangkauan zona 1 sebesar 85,1%, zona 2 sebesar 149,6% dan zona 3 saluran 1 sebesar 315,4% dan saluran 2 sebesar 371,7%
3. Koordinasi antara rele yang ada di GI Pandean Lamper arah Sronдол dengan rele di depannya yaitu rele pada GI Sronдол arah Krapyak tidak overlapping pada kedua salurannya pada kondisi eksisting dan setelah perhitungan ulang dan *setting*.
4. Pada skenario 1 sebelum dilakukan *setting* ulang, simulasi gangguan menunjukkan bahwa zona 1 rele tidak bekerja karena jangkauannya sebesar 79% dan letak gangguan adalah 79,05% - 83,28%
5. Pada skenario 1 setelah dilakukan *setting* ulang, jangkauan zona 1 rele jarak menjadi 85,1% dan pada saat dilakukan simulasi gangguan dengan letak gangguan pada 80% - 83% saluran, rele sudah bekerja sesuai dengan standar.
6. Pada skenario 2 letak gangguan adalah 91,6% - 95,7% dan lokasi gangguan pada skenario 2 dipilih pada 92 % - 95 % saluran dari Pandean Lamper arah Sronдол. *Setting* rele sebelum gangguan sebesar 79% dan *setting* setelah gangguan sebesar 82,9% saluran. Rele mendeteksi gangguan pada zona 2 dan trip pada waktu 0,4 detik.

- [1]. Hutauuruk, T.S. 1985. "Transmisi Daya Listrik". Erlangga. Jakarta.
- [2]. Stevenson, William D. 1996. "Analisa Sistem Tenaga Listrik". Erlangga. Bandung.
- [3]. Sree, Y. M., & Ravi, G. (2016). Multi-Terminal Transmission Line Protection using Wavelet Based Digital Relay in the Presence of Wind Energy Source, 4124-4128.
- [4]. Penthong, T., & Hongesombut, K. (2013). An efficient method of automatic distance relay *settings* for transmission line protection. *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, 5-8. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2013.6718905>
- [5]. Sudrajat, R., Saodah, S., & Waluyo. (2014). Analisis Penalaan Rele Jarak sebagai Proteksi Utama pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV Bandung Selatan - Cigereleng. *Jurnal Reka Elkomika*, 2(1), 36-48.
- [6]. Jamaah, A. (2014). EVALUASI SETTING RELE JARAK GARDU INDUK UNGARAN JARINGAN 150kV ARAH KRAPYAK-2. *ORBITH*, 10(1), 82-89.
- [7]. Supriana, S. K., & Arjana, D. (2014). STUDI PENGARUH UPRATING SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 kV TERHADAP SETTING RELE JARAK ANTARA GI KAPAL - GI PADANG SAMBIAN - GI. *E-Journal SPEKTRUM*, 1(1), 59-64.
- [8]. Nikolovski, S., & Prhal, D. (2009). Numerical Simulation of Distance Protection on Three Terminal High Voltage Transmission Lines, 3, 195-210
- [9]. Carpenter, W. (1999). *IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*. IEEE Std C (Vol.1999). <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1985.81970>
- [10]. ALSTOM. (2002). *Network Protection & Automation Guide*. Flash Espace, Cayfosa.