

# ANALISIS *SETTING* DAN KOORDINASI RELE JARAK DAN RELE ARUS LEBIH PADA GI 150KV CILEGON BARU-SERANG-CIKANDE DAN ARAH SEBALIKNYA

Topan Wijaksono<sup>\*)</sup>, Susatyo Handoko dan Hermawan

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

<sup>\*)E-mail: topanwijaksono24@gmail.com</sup>

## Abstrak

Pada saluran transmisi, potensi gangguan yang terjadi adalah gangguan hubung singkat. Gardu induk pada sistem 150kV menggunakan rele jarak sebagai sistem proteksi utamanya dan rele arus lebih sebagai proteksi cadangannya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis koordinasi *setting* rele jarak dan rele arus lebih dari GI Cilegon Baru ke GI Cikande dan arah sebaliknya. *Setting* rele yang didapatkan dari PT.PLN disimulasikan menggunakan *software DIGSILENT 14.1* untuk melihat jangkauan proteksi rele. Analisis dibuat berdasarkan standar IEEE std C37.113.2015 IEEE *Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*. Pada *setting* eksisting dilakukan simulasi gangguan menggunakan skenario yang telah ditentukan. Pada skenario 1 gangguan disimulasikan pada jarak 86% Cilegon Baru arah Serang dan pada skenario 2 gangguan disimulasikan pada jarak 10% Serang arah Cikande. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai jangkauan rele jarak pada kondisi eksisting banyak yang belum memenuhi standar. Rele yang belum memenuhi standar dilakukan *resetting*. Setelah dilakukan *resetting* diperoleh nilai jangkauan baru yang sudah sesuai standar. Pada kondisi eksisting dan *resetting* semua rele tidak mengalami *overlapping*.

*Kata kunci: proteksi saluran transmisi, rele jarak, rele arus lebih, digsilent*

## Abstract

In the transmission line, the potential fault that occurs is a short circuit. At substation 150kV system using distance relay as the main protection and overcurrent relay as the backup protection. This study is aims to analyze the settings and coordination of the distance relay and overcurrent relay from Cilegon Baru to Cikande and also at reverse direction. Relay setting from PT.PLN are simulated using DIGSILENT 14.1 software to view the range of protection relay. The analysis is based on the IEEE Standard std C37.113.2015 IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Line. In the existing settings the simulation of the fault using a predetermined scenario. In scenario 1 the fault is simulated at 86% from Cilegon Baru to Serang and in scenario 2 the fault is simulated at 10% from Serang to Cikande. Simulation results indicate that the range of distance relay in the existing conditions does not meet the standard. The relay that has not met the standard must be reset. After resetting the values obtained new range has been standardized. Under existing and resetting conditions all relay do not overlap.

*Keywords: protection of transmission line, distance relay, overcurrent relay, digsilent*

## 1. Pendahuluan

Saluran transmisi menjadi salah satu komponen yang penting dalam penyaluran tenaga listrik. Gangguan dalam sistem transmisi dapat menimbulkan kerusakan besar pada sistem tenaga listrik, untuk itu dibutuhkan peralatan perlindungan untuk mengatasi gangguan yang terjadi. Pada saluran transmisi biasanya menggunakan rele jarak sebagai proteksi utamanya dan rele arus lebih sebagai proteksi cadangannya. Rele jarak ini menghitung impedansi saluran dengan membandingkan tegangan dan arus yang terukur pada lokasi rele dimana rele tersebut ditempatkan pada saat

terjadinya gangguan [1]. Simulasi koordinasi dan kinerja antara rele jarak satu dengan rele jarak lainnya diperlukan untuk melihat kinerja dari setiap rele yang ada pada gardu induk.

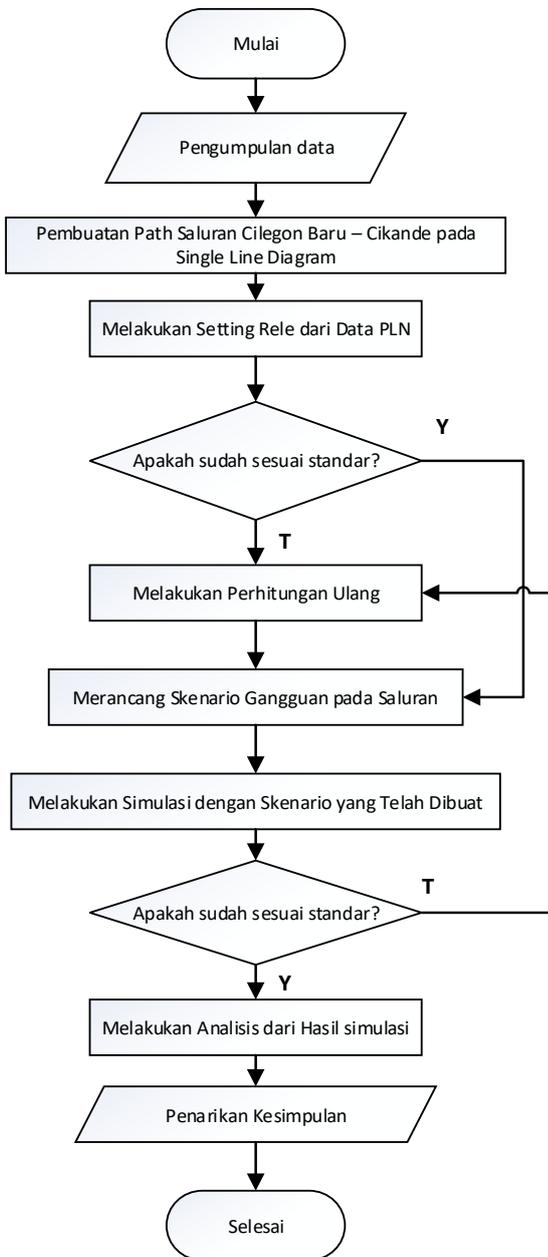
Penelitian yang dilakukan sebelumnya adalah perhitungan dan analisis kinerja rele jarak pada subsistem 150 kV secara manual [2] [3]. Penelitian yang lain [4] [5] [6], menyimpulkan bahwa koordinasi *setting* dari rele jarak dan rele arus lebih dapat dianalisis dengan *software DIGSILENT PowerFactory*. DIGSILENT dapat melakukan simulasi koordinasi rele jarak yang direpresentasikan ke dalam R-X diagram untuk berbagai macam gangguan.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai evaluasi *setting* rele jarak pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV Cilegon Baru – Serang – Cikande secara dua arah. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software DIgSILENT PowerFactory 14.1*. Data eksisting dari PT.PLN yang belum sesuai dengna standar akan dilakukan *resetting* dan dilakukan analisis kembali setelah *resetting*.

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

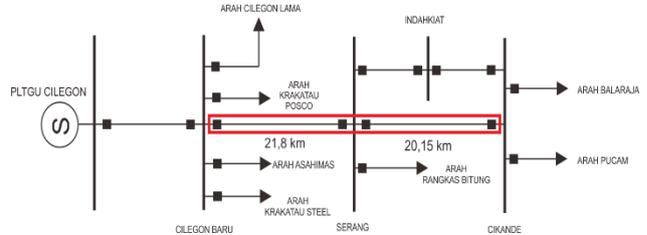
Penelitian ini dibuat dan dilaksanakan dalam beberapa tahap penelitian yang ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

### 2.2. Data Penelitian

Data penelitian diperoleh dari PT.PLN (Persero). Simulasi dilakukan dengan memasukkan data individual rele kedalam *single line software DIgSILENT 14.1*. *single line* yang dianalisis ditampilkan pada gambar 2. Hasil dari simulasi pada kondisi eksisting ditampilkan pada tabel 1.



Gambar 2. Single line yang dianalisa

Tabel 1. Hasil nilai jangkauan kondisi eksisting

Rele	Zona	Z Sekunder (ohm)	Jangkauan Saluran (%)
Cilegon Baru arah Serang	1	5,35	56,431
	2	7,55	79,637
	3	12,43	131,111
Serang arah Cikande	1	1,22	80,13
	2	1,82	119,54
	3	2,86	187,84
Cikande arah Serang	1	4,87	79,96
	2	7,31	120,03
	3	15,24	250,24
Serang arah Cilegon Baru	1	19,28	81,13
	2	28,92	121,70
	3	42,49	178,80

Dari tabel 1 selanjutnya dibandingkan dengan standar Network Protection & Automation Guide dari Alstom. Tabel 2 menunjukkan perbandingan jangkauan eksisting dengan standar.

Tabel 2. Perbandingan eksisting dengan standar

Rele	zona	Menurut Standar (%)	Nilai Jangkauan (%)	Keterangan
Cilegon Baru - Serang	1	80 - 85	56,431	Resetting
	2	120 - 127,06	79,637	Resetting
	3	230,91	131,111	Resetting
Serang - Cikande	1	80 - 85	80,13	Baik
	2	107,94 - 120	119,54	Baik
	3	187,53	187,84	Baik
Cikande - Serang	1	80 - 85	79,96	Resetting
	2	120 - 129,28	120,03	Baik
	3	249,82	250,24	Resetting
Serang - Cilegon Baru	1	80 - 85	81,13	Baik
	2	103,80 - 120	121,70	Resetting
	3	213,02	178,80	Resetting

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil simulasi dengan menggunakan data eksisting menunjukkan bahwa terdapat beberapa rele jarak yang belum sesuai dengan standar yang ada. Untuk itu dilakukan perhitungan ulang menurut standar berikut [7] [8].

Tabel 3. Standar setting rele jarak

Zona	Standar Setting
1	$(80 - 85)\% \times Z_{L11}$
2	$Z_{2min} = 1,2 \times Z_{L11}$ $Z_{2max} = Z_{L11} + (0,5 \times Z_{L21})$
3	$1,2 \times (Z_{L11} + Z_{L31})$

$Z_{L11}$  = Impedansi saluran transmisi yang diproteksi

$Z_{L21}$  = Impedansi saluran seksi berikutnya yang terpendek

$Z_{L31}$  = Impedansi saluran seksi berikutnya yang terpanjang

### 2.3. Resetting Rele Jarak

Untuk melakukan *resetting* diperlukan perhitungan ulang nilai impedansi dengan menggunakan persamaan berikut.

#### 2.3.1. Perhitungan impedansi primer

$$Z_1 = 0,85 \times Z_{L11} \quad (1)$$

$$Z_{2min} = 1,2 \times Z_{L21} \quad (2)$$

$$Z_{2max} = Z_{L11} + 0,5 Z_{L21} \quad (3)$$

$$Z_3 = 1,2(Z_{L11} + Z_{L31}) \quad (4)$$

Dimana

$Z_1$  = setting zona 1 rele jarak

$Z_{2min}$  = setting zona 2 minimum rele jarak

$Z_{2max}$  = setting zona 2 maksimum rele jarak

$Z_3$  = setting zona 3 rele jarak

$Z_{L11}$  = impedansi saluran yang diproteksi

$Z_{L21}$  = impedansi saluran berikutnya yang terpendek

$Z_{L31}$  = impedansi saluran berikutnya yang terpanjang

#### 2.3.2. Perhitungan impedansi sekunder

$$Z_s = Z_p \frac{CT_p \times VT_s}{CT_s \times VT_p} \quad (5)$$

Dimana

$Z_s$  = impedansi sekunder

$Z_p$  = impedansi primer

$CT_p$  = current transformer primer

$CT_s$  = current transformer sekunder

$VT_p$  = voltage transformer primer

$VT_s$  = voltage transformer sekunder

#### 2.3.3. Contoh perhitungan

Berikut merupakan contoh perhitungan pada rele jarak Cilegon Baru arah Serang.

Data rele Cilegon Baru arah Serang

$$L1 = 21,8 \text{ km}$$

$$Z_{L11} = 8,88 \Omega$$

$$Z_{L21} = 3,34 \Omega$$

$$Z_{L31} = 5,71 \Omega$$

$$\text{Rasio CT} = 1600/1$$

$$\text{Rasio VT} = 150000/100$$

#### Zone 1

$$Z_{1p} = 0,85 \times Z_{L11}$$

$$Z_{1p} = 0,85 \times 8,88 \quad Z_{1p} = 7,54 \Omega$$

$$Z_{1s} = Z_{1p} \frac{CT_p \times VT_s}{CT_s \times VT_p}$$

$$Z_{1s} = 7,54 \frac{1600 \times 100}{1 \times 150000} \quad Z_{1s} = 8,05 \Omega$$

#### Zone 2

$$Z_{2min} = 1,2 \times Z_{L21}$$

$$Z_{2min} = 1,2 \times 3,34 \quad Z_{2min} = 10,65 \Omega$$

$$Z_{2max} = Z_{L11} + 0,5 Z_{L21}$$

$$Z_{2max} = 8,88 + 0,5 \times 3,34 \quad Z_{2max} = 10,55 \Omega$$

$$Z_{2p} = Z_{2min} \quad Z_{2p} = 10,65 \Omega$$

$$Z_{2s} = Z_{2p} \frac{CT_p \times VT_s}{CT_s \times VT_p}$$

$$Z_{2s} = 10,65 \frac{1600 \times 100}{1 \times 150000} \quad Z_{2s} = 11,36 \Omega$$

#### Zone 3

$$Z_{3p} = 1,2(Z_{L11} + Z_{L31})$$

$$Z_{3p} = 1,2(8,88 + 5,71) \quad Z_{3p} = 17,5 \Omega$$

$$Z_{3s} = Z_{3p} \frac{CT_p \times VT_s}{CT_s \times VT_p}$$

$$Z_{3s} = 17,5 \frac{1600 \times 100}{1 \times 150000} \quad Z_{3s} = 18,66 \Omega$$

### 2.4. Setting Rele Arus Lebih

#### 2.4.1 Setting Arus

$$I_n = 1600A$$

$$I_{set} = (110\% - 120\%) \times I_n \quad (6)$$

$$I_{set} = (110\% - 120\%) \times 1600$$

$$I_{set} = 120\% \times 1600$$

$$I_{set} = 1920A$$

Dimana

$I_n$  = arus nominal CT

$I_{set}$  = arus setting

#### 2.4.2 Setting waktu

$$I_{set} = 1920A$$

$$I_{sc} = 6304A$$

$$T_{op} = 0,7s$$

$$TMS = \frac{(I_{sc}/I_{set})^{0,02} - 1}{0,14} \times T_{op} \quad (7)$$

$$TMS = \frac{(6304/1920)^{0,02} - 1}{0,14} \times 0,7$$

$$TMS = 0,120$$

Dimana

$I_{sc}$  = arus hubung singkat

$T_{op}$  = waktu operasi

$TMS$  = time multiple setting

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1. Perbandingan Nilai Jangkauan

Setelah dilakukan perhitungan ulang sesuai dengan persamaan 1-5 maka dapat dilihat perbandingan nilai jangkauan rele yang ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan kondisi eksisting dan *resetting*

Rele	Zona	Standar (%)	Jangkauan Eksisting (%)	Jangkauan Baru (%)
Cilegon	1	80 - 85	56,431	84,97
Baru –	2	120 - 127,06	79,637	120,33
Serang	3	230,91	131,111	230,85
Serang -	1	80 - 85	80,13	80,13
Cikande	2	107,94 - 120	119,54	119,54
	3	187,53	187,84	187,84
Cikande -	1	80 - 85	79,96	84,88
Serang	2	120 - 129,28	120,03	120,02
	3	249,82	250,24	249,57
Serang -	1	80 - 85	81,13	81,13
Cilegon	2	103,80 - 120	121,7	119,93
Baru	3	213,02	178,8	213,01

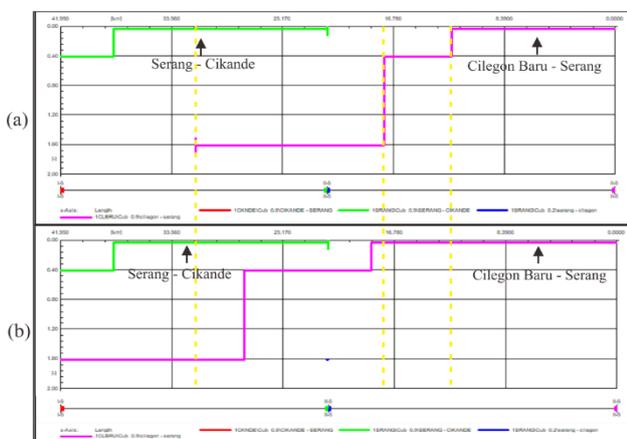
Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan *resetting* atau perhitungan ulang, nilai jangkauan rele jarak setiap zona sudah memenuhi standar yang ada.

#### 3.2. Perbandingan Koordinasi Rele Jarak

Perbandingan koordinasi rele jarak digunakan untuk mengetahui perbedaan koordinasi pada kondisi eksisting dan *resetting*.

##### 3.2.1. Saluran Cilegon Baru – Serang – Cikande

Untuk melihat koordinasi antar rele jarak dapat dilihat menggunakan fitur *Time Distance Coordination* (TDC) yang terdapat pada *software DIGSILENT* 14.1. Perbandingan koordinasi rele jarak saluran Cilegon Baru – Serang – Cikande ditampilkan pada gambar 3.



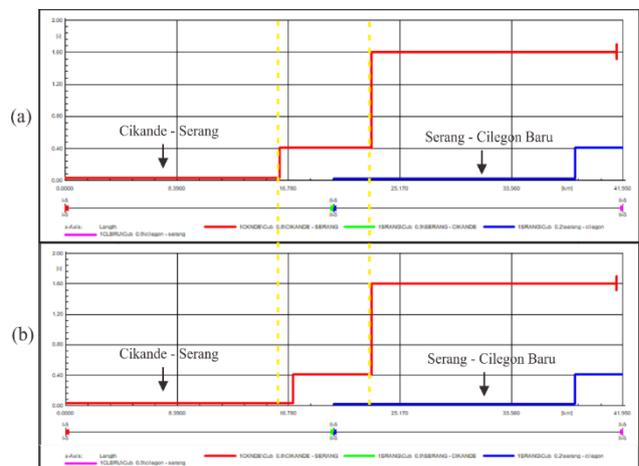
Gambar 3. Perbandingan TDC Cilegon Baru – Serang – Cikande eksisting (a) dan *resetting* (b)

Gambar 3 menunjukkan bahwa koordinasi rele pada kondisi eksisting maupun kondisi *resetting* adalah baik karena tidak terjadi overlapping diantara rele Cilegon Baru – Serang dan rele Serang - Cikande. Namun pada saat dilihat nilai jangkauannya, rele dalam kondisi eksisting (a) memiliki zona 1 yang lebih pendek daripada zona 1 rele pada kondisi *resetting* (b). Rele zona 1 sebelum *setting* memiliki jangkauan 56,43% 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 3 (a), jangkauan rele zona 1 kondisi *resetting* sebesar 84,97%. Nilai diperoleh dari hasil perhitungan menurut standar IEEE seperti yang dapat dilihat dari subbab 4.6. *Setting* zona 1 rele jarak Cilegon Baru arah Cikande telah sesuai standar.

Untuk zona 2 rele Cilegon Baru arah Serang pada kondisi eksisting (a) memiliki jangkauan sebesar 79,63% yang lebih pendek daripada jangkauan zona 2 rele Cilegon Baru arah Serang pada kondisi *resetting* (b) yang memiliki jangkauan sebesar 120,33%. Dan pada zona 3 rele Cilegon Baru arah Serang pada kondisi eksisting memiliki jangkauan sebesar 131,11% sementara pada kondisi *resetting* jangkauan zona 3nya sebesar 230,85%. Tetapi pada rele Serang arah Cikande tidak ada perbedaan karena tidak dilakukan *resetting* atau perhitungan ulang karena *setting* kondisi eksistingnya sudah sesuai standar IEEE dan NPAG.

##### 3.2.2. Saluran Cikande – Serang – Cilegon Baru

Untuk melihat koordinasi antar rele jarak pada saluran Cikande – Serang – Cilegon Baru dapat dilihat menggunakan fitur *Time Distance Coordination* (TDC) yang terdapat pada *software DIGSILENT* 14.1. Perbandingan koordinasi eksisting dan kondisi *resetting* rele jarak saluran Cikande – Serang – Cilegon Baru ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan TDC Cikande – Serang – Cilegon Baru eksisting (a) dan *resetting* (b)

Gambar 4 (a) dan (b) menunjukkan kinerja rele kondisi eksisting dan *resetting* sudah baik karena tidak terjadi *overlapping* diantara rele jarak Cikande arah Serang dan Serang arah Cilegon Baru. Pada rele jarak Cikande arah Serang bagian zona 1 terdapat perbedaan antara kondisi eksisting dan kondisi *resetting*, terlihat bahwa jangkauan pada kondisi *resetting* lebih besar yaitu sebesar 84,88% sementara jangkauan pada kondisi eksisting terlihat lebih pendek yang nilainya sebesar 79,96%. Setelah *diresetting* jangkauan zona 1 rele Cikande arah Serang sudah memenuhi standar IEEE dimana besarnya jangkauan zona 1 yaitu 80% - 90%.

Pada zona 2 dan zona 3 rele Cikande arah Serang tidak ada perbedaan pada gambar 4, hal ini dikarenakan tidak dilakukannya *resetting* karena *setting* kondisi eksistingnya sudah memenuhi standar. Serta zona 1 pada rele Serang arah Cilegon Baru juga tidak terlihat perbedaan antara kondisi eksisting dan *resetting*, hal ini juga dikarenakan tidak dilakukannya *resetting* karena *setting* kondisi eksistingnya sudah memenuhi standar IEEE dan NPAG.

**3.3. Skenario Gangguan pada Rele Jarak**

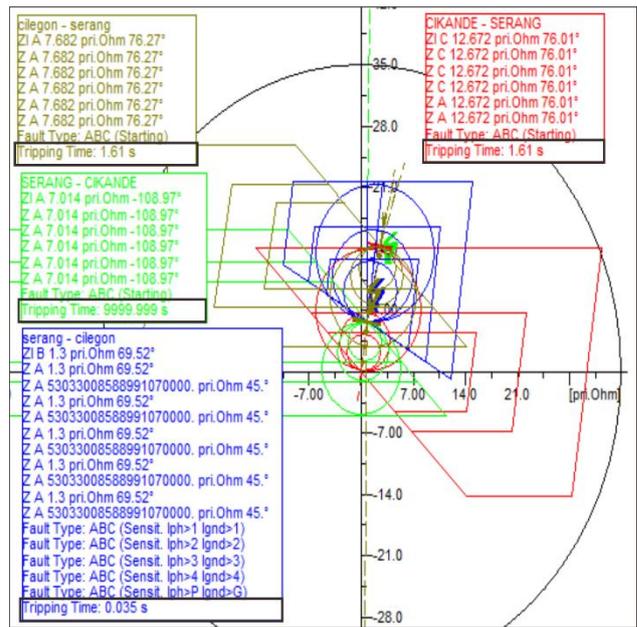
Untuk melihat performa kerja masing – masing rele maka dilakukan simulasi gangguan hubung singkat berdasarkan skenario yang telah dirancang. Skenario dibuat berdasarkan data anomali jaringan. Data anomali adalah data potensi gangguan di sepanjang saluran Cilegon Baru – Cikande. Skenario 1 letak gangguan berada pada jarak 86% dari GI Cilegon Baru arah GI Serang, sedangkan skenario 2 letak gangguan berada pada jarak 10% dari GI Serang arah GI Cikande. Jenis gangguan yang disimulasikan adalah gangguan hubung singkat 3 fasa, 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 2 fasa ke tanah. Tabel 5 menampilkan letak skenario gangguan.

**Tabel 5. Skenario gangguan hubung singkat**

Skenario	Jenis Gangguan	Lokasi Anomali	Letak Simulasi gangguan
Skenario 1	3 fasa	85,51% - 86,82%	86%
	1 fasa ke tanah	85,51% - 86,82%	86%
	2 fasa	85,51% - 86,82%	86%
	2 fasa ke tanah	85,51% - 86,82%	86%
Skenario 2	3 fasa	9,85% - 11,26%	10%
	1 fasa ke tanah	9,85% - 11,26%	10%
	2 fasa	9,85% - 11,26%	10%
	2 fasa ke tanah	9,85% - 11,26%	10%

**3.3.1. Skenario 1**

Skenario 1 merupakan gangguan yang terjadi diantara menara 65 dan 66 SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) pada saluran susbsistem Cilegon Baru arah Cikande. Hasil dari R-X Diagram kondisi *eksisting* ditampilkan pada gambar 5.



**Gambar 5. R-X Diagram gangguan 3 fasa eksisting**

Pada gambar 5 dapat dilihat kinerja rele jarak subsistem Cilegon Baru – Cikande secara 2 (dua) arah saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa. Gangguan terletak diantara subsistem Cilegon Baru dan subsistem Serang sejauh 86%. Waktu kerja rele jarak untuk mengisolir gangguan pada masing – masing subsistem ditampilkan sesuai gambar 5. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan semua rele jarak sudah bekerja dengan baik.

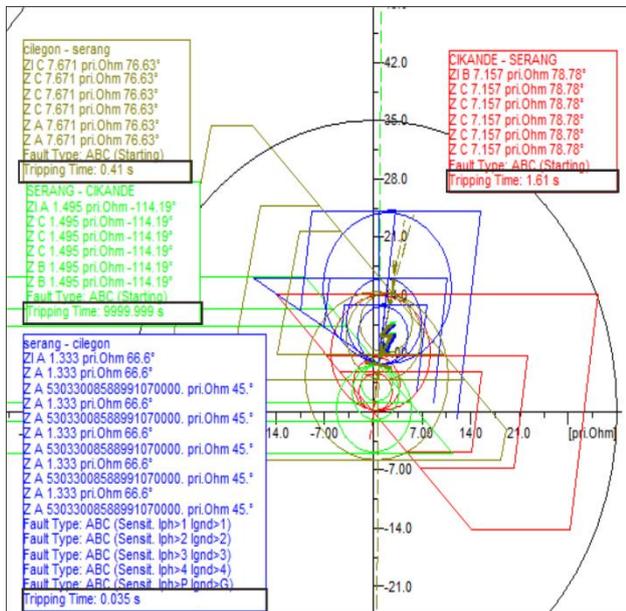
Rele jarak pada subsistem Cilegon Baru – Serang bekerja dengan waktu 1,61 detik. Hal ini dikarenakan zona 3 rele jarak subsistem Cilegon Baru – Serang membaca gangguan hubung singkat 3 fasa, sedangkan rele jarak pada subsistem Serang – Cikande tidak mengalami *trip* dikarenakan rele jarak pada subsistem tersebut tidak mendeteksi adanya gangguan hubung singkat didepannya.

Pada subsistem Cikande – Serang rele jarak bekerja dengan waktu 1,61 detik. Ini dikarenakan gangguan hubung singkat 3 fasa dibaca oleh zona 3 rele jarak subsistem Cikande – Serang. Sementara pada subsistem Serang – Cilegon Baru kerja rele jarak ialah 0,035 detik. Ini disebabkan zona 1 rele jarak subsistem Serang – Cilegon Baru membaca gangguan hubung singkat 3 fasa.

Selanjutnya hasil dari R-X Diagram kondisi *resetting* ditampilkan pada gambar 6.

Pada gambar 6 dapat dilihat kinerja rele jarak subsistem Cilegon Baru – Cikande secara 2 (dua) arah saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa. Gangguan terletak diantara subsistem Cilegon Baru dan subsistem Serang sejauh 86%. Waktu kerja rele jarak untuk mengisolir gangguan pada masing – masing subsistem ditampilkan

sesuai gambar 6. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan semua rele jarak sudah bekerja dengan baik.



Gambar 6. R-X Diagram gangguan 3 fasa resetting

Rele jarak pada subsistem Cilegon Baru – Serang bekerja dengan waktu 0,41 detik. Hal ini dikarenakan zona 2 rele jarak subsistem Cilegon Baru – Serang membaca gangguan hubung singkat 3 fasa, sedangkan rele jarak pada subsistem Serang – Cikande tidak mengalami *trip* dikarenakan rele jarak pada subsistem tersebut tidak mendeteksi adanya gangguan hubung singkat kedepannya.

Pada subsistem Cikande – Serang rele jarak bekerja dengan waktu 1,61 detik. Ini dikarenakan gangguan hubung singkat 3 fasa dibaca oleh zona 3 rele jarak subsistem Cikande – Serang. Sementara pada subsistem Serang – Cilegon Baru kerja rele jarak ialah 0,035 detik. Ini disebabkan zona 1 rele jarak subsistem Serang – Cilegon Baru membaca gangguan hubung singkat 3 fasa.

Dengan simulasi yang sama dengan jenis gangguan 2 fasa, 2 fasa ke tanah dan 1 fasa ke tanah diperoleh tabel 6.

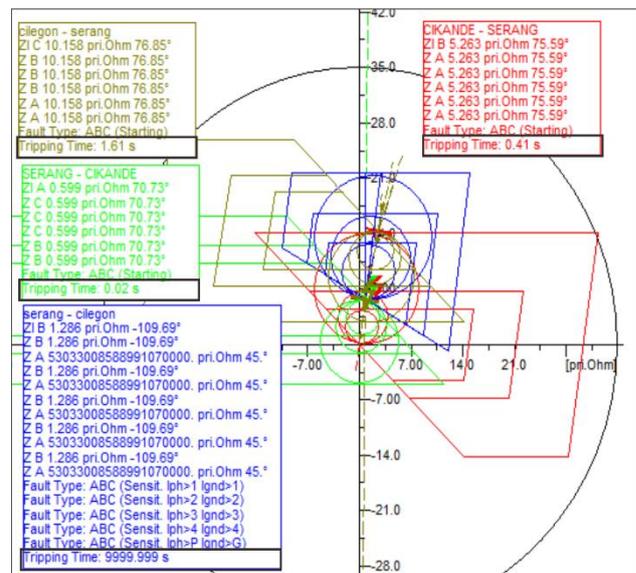
Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa ketika terjadi gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 2 fasa ke tanah serta 1 fasa ke tanah semua rele pada subsistem sudah bekerja dengan baik sesuai dengan zona proteksinya. Namun pada subsistem Cilegon Baru – Serang terdapat perbedaan antara saat kondisi eksisting dan saat kondisi resetting dimana saat kondisi eksisting rele bekerja pada waktu 1,61 detik untuk setiap gangguan kecuali saat gangguan 2 fasa sementara saat kondisi resetting rele bekerja pada waktu 0,41 detik, karena rele membaca gangguan yang terjadi pada zona 2.

Tabel 6. Data kinerja rele skenario 1

Rele	Gangguan	Trip kondisi eksisting (s)	Trip kondisi resetting (s)
Cilegon Baru - Serang	3 Fasa	1,61	0,41
	1 Fasa ke Tanah	1,61	0,41
	2 Fasa	0,41	0,41
Serang - Cikande	2 Fasa ke Tanah	1,61	0,41
	3 Fasa	9999,999	9999,999
	1 Fasa ke Tanah	9999,999	9999,999
Cikande - Serang	2 Fasa	9999,999	9999,999
	2 Fasa ke Tanah	9999,999	9999,999
	3 Fasa	1,61	1,61
Serang - Cilegon Baru	1 Fasa ke Tanah	1,61	1,61
	2 Fasa	1,61	1,61
	2 Fasa ke Tanah	1,61	1,61
Serang - Cilegon Baru	3 Fasa	0,035	0,035
	1 Fasa ke Tanah	0,02	0,02
	2 Fasa	0,035	0,035
Cilegon Baru	2 Fasa ke Tanah	0,02	0,02

### 3.3.2. Skenario 2

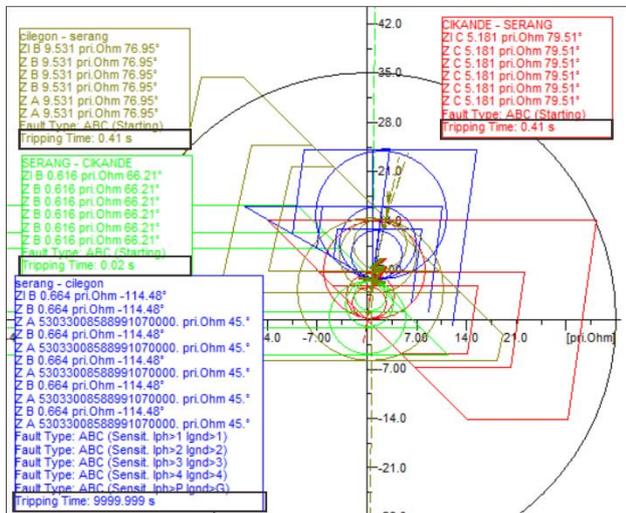
Skenario 2 merupakan gangguan yang terjadi diantara menara 7 dan 8 SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) pada saluran subsistem Serang arah Cikande. Hasil dari R-X Diagram kondisi *eksisting* ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7. R-X Diagram gangguan 3 fasa eksisting

Pada gambar 7 dapat dilihat kinerja rele jarak subsistem Cilegon Baru – Cikande secara 2 (dua) arah saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa. Gangguan terletak diantara subsistem Serang dan subsistem Cikande sejauh 10%. Waktu kerja rele jarak untuk mengisolir gangguan pada masing – masing subsistem ditampilkan sesuai gambar 7. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan semua rele jarak sudah bekerja dengan baik.

Rele jarak pada subsistem Cilegon Baru – Serang bekerja dengan waktu 1,61 detik. Hal ini dikarenakan zona 3 rele jarak subsistem Cilegon Baru – Serang membaca gangguan hubung singkat 3 fasa, sedangkan rele jarak pada subsistem Serang – Cikande rele jarak bekerja dengan waktu 0,02 detik. Ini dikarenakan gangguan hubung singkat 3 fasa dibaca oleh zona 1 rele jarak subsistem Cikande – Serang. Pada subsistem Cikande – Serang rele jarak bekerja dengan waktu 0,41 detik. Ini dikarenakan gangguan hubung singkat 3 fasa dibaca oleh zona 2 rele jarak subsistem Cikande – Serang. Sementara pada subsistem Serang – Cilegon Baru tidak mengalami *trip* dikarenakan rele jarak pada subsistem tersebut tidak mendeteksi adanya gangguan hubung singkat didepannya.. Selanjutnya hasil dari R-X Diagram kondisi *resetting* ditampilkan pada gambar 8.



Gambar 8. R-X Diagram gangguan 3 fasa resetting

Pada gambar 8 dapat dilihat kinerja rele jarak subsistem Cilegon Baru – Cikande secara 2 (dua) arah saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa. Gangguan terletak diantara subsistem Serang dan subsistem Cikande sejauh 10%. Waktu kerja rele jarak untuk mengisolir gangguan pada masing – masing subsistem ditampilkan sesuai gambar 8. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan semua rele jarak sudah bekerja dengan baik.

Rele jarak pada subsistem Cilegon Baru – Serang bekerja dengan waktu 0,41 detik. Hal ini dikarenakan zona 2 rele jarak subsistem Cilegon Baru – Serang membaca gangguan hubung singkat 3 fasa, sedangkan rele jarak pada subsistem Serang – Cikande rele jarak bekerja dengan waktu 0,02 detik. Ini dikarenakan gangguan hubung singkat 3 fasa dibaca oleh zona 1 rele jarak subsistem Cikande – Serang. Pada subsistem Cikande – Serang rele jarak bekerja dengan waktu 0,41 detik. Ini dikarenakan gangguan hubung singkat 3 fasa dibaca oleh zona 2 rele jarak subsistem Cikande – Serang. Sementara pada subsistem Serang – Cilegon Baru tidak mengalami *trip* dikarenakan rele jarak

pada subsistem tersebut tidak mendeteksi adanya gangguan hubung singkat didepannya..

Selanjutnya hasil dari R-X Diagram kondisi *resetting* ditampilkan pada gambar 8.

Dengan simulasi yang sama dengan jenis gangguan 2 fasa, 2 fasa ke tanah dan 1 fasa ke tanah diperoleh tabel 7.

Tabel 7. Data kinerja rele kondisi skenario 2

Rele	Gangguan	Trip kondisi eksisting (s)	Trip kondisi resetting (s)
Cilegon Baru - Serang	3 Fasa	1,61	0,41
	1 Fasa ke Tanah	1,61	0,41
	2 Fasa ke Tanah	1,61	0,41
Serang - Cikande	3 Fasa	0,02	0,02
	1 Fasa ke Tanah	0,02	0,02
	2 Fasa ke Tanah	0,02	0,02
Cikande - Serang	3 Fasa	0,41	0,41
	1 Fasa ke Tanah	0,41	0,41
	2 Fasa ke Tanah	0,41	0,41
Serang - Cilegon Baru	3 Fasa	9999,999	9999,999
	1 Fasa ke Tanah	9999,999	9999,999
	2 Fasa ke Tanah	9999,999	9999,999

Berdasarkan tabel 7 dapat dilihat bahwa ketika terjadi gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 2 fasa ke tanah serta 1 fasa ke tanah semua rele pada subsistem sudah bekerja dengan baik sesuai dengan zona proteksinya. Namun pada subsistem Cilegon Baru – Serang terdapat perbedaan antara saat kondisi eksisting dan saat kondisi resetting dimana saat kondisi eksisting rele bekerja pada waktu 1,61 detik untuk setiap gangguan kecuali saat gangguan 2 fasa sementara saat kondisi resetting rele bekerja pada waktu 0,41 detik, karena rele membaca gangguan yang terjadi pada zona 2.

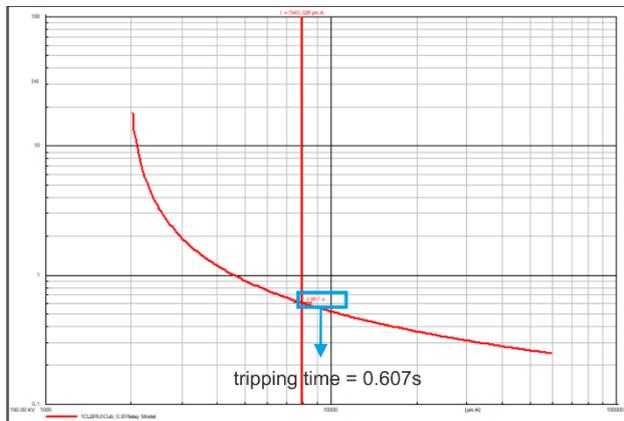
### 3.4. Hasil Simulasi Rele Arus Lebih

Untuk melihat performa kerja rele arus lebih maka dilakukan simulasi gangguan hubung singkat berdasarkan skenario yang telah dirancang. Skenario dibuat berdasarkan data anomali jaringan. Data anomali adalah data potensi gangguan di sepanjang saluran Cilegon Baru – Cikande. Skenario 1 letak gangguan berada pada jarak 86% dari GI Cilegon Baru arah GI Serang, sedangkan skenario 2 letak gangguan berada pada jarak 10% dari GI Serang arah GI Cikande. Jenis gangguan yang disimulasikan adalah gangguan hubung singkat 3 fasa, 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 2 fasa ke tanah. Hasil simulasi dari kerja rele arus lebih dapat ditampilkan dengan fitur *Time Overcurrent Plot* pada software Digsilent.

#### 3.4.1. Skenario 1

Skenario 1 merupakan gangguan yang terjadi diantara menara 65 dan 66 SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) pada saluran subsistem Cilegon Baru arah Cikande. Hasil

dari *Time Overcurrent Plot* saat skenario 1 ditampilkan pada gambar 9.



Gambar 9. *Time – Over Current Plot* Gangguan 2 Fasa

Pada gambar 9 dapat dilihat kinerja dari rele arus lebih saat terdapat gangguan hubung singkat 2 fasa. Rele arus lebih bekerja pada waktu 0,607 detik, jika dibandingkan dengan kinerja rele jarak pada gambar 7, rele jarak bekerja pada waktu 0,41 detik. Hal ini berarti bahwa rele jarak bekerja lebih dulu dari rele arus lebih yang dikarenakan rele jarak bekerja sebagai proteksi utama, sedangkan rele arus lebih bekerja sebagai proteksi cadangan.

Dengan simulasi yang sama dengan jenis gangguan 3 fasa, 2 fasa ke tanah dan 1 fasa ke tanah diperoleh tabel 8.

Tabel 8. Waktu Kerja Rele Jarak dan Rele Arus Lebih

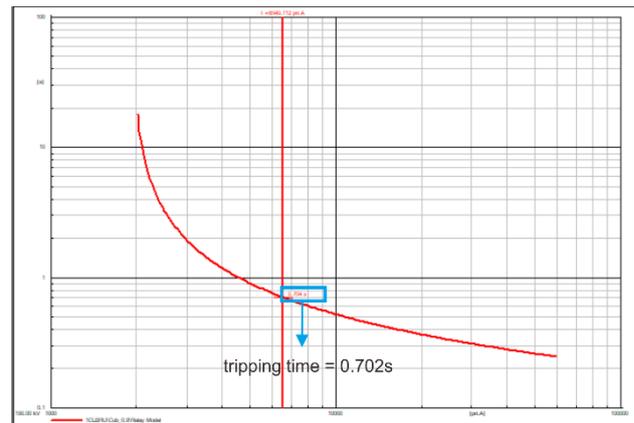
Gangguan	Skenario 1	
	Rele Jarak	Rele Arus Lebih
3 Fasa	0,41s	0,549s
1 Fasa ke Tanah	0,41s	0,721s
2 Fasa	0,41s	0,607s
2 Fasa ke Tanah	0,41s	0,588s

### 3.4.2. Skenario 2

Skenario 2 merupakan gangguan yang terjadi diantara menara 7 dan 8 SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) pada saluran subsistem Serang arah Cikande. Hasil dari *Time Overcurrent Plot* saat skenario 2 ditampilkan pada gambar 10.

Pada gambar 10 dapat dilihat kinerja dari rele arus lebih saat terdapat gangguan hubung singkat 2 fasa. Rele arus lebih bekerja pada waktu 0,702 detik, jika dibandingkan dengan kinerja rele jarak pada gambar 8, rele jarak bekerja pada waktu 0,41 detik. Hal ini berarti bahwa rele jarak bekerja lebih dulu dari rele arus lebih yang dikarenakan rele jarak bekerja sebagai proteksi utama, sedangkan rele arus lebih bekerja sebagai proteksi cadangan.

Dengan simulasi yang sama dengan jenis gangguan 3 fasa, 2 fasa ke tanah dan 1 fasa ke tanah diperoleh tabel 9.



Gambar 10. *Time – Over Current Plot* Gangguan 2 Fasa

Tabel 9. Waktu Kerja Rele Jarak dan Rele Arus Lebih

Gangguan	Skenario 2	
	Rele Jarak	Rele Arus Lebih
3 Fasa	0,41s	0,628s
1 Fasa ke Tanah	0,41s	0,869s
2 Fasa	0,41s	0,702s
2 Fasa ke Tanah	0,41s	0,678s

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi koordinasi kinerja rele jarak dan rele arus lebih subsistem Cilegon Baru – Cikande secara 2 arah yang telah dilakukan menggunakan *software DIGSILENT*, maka dapat diketahui bahwa pada kondisi eksisting terdapat beberapa rele jarak yang nilai jangkauannya belum sesuai dengan standar IEEE dan NPAG Alstom. Setelah dilakukan perhitungan ulang (*resetting*), nilai jangkauan semua rele sudah sesuai dengan standar. Koordinasi antara rele yang ada di GI Cilegon Baru arah Serang dengan rele yang ada didepannya yaitu rele pada GI Serang arah Cikande tidak mengalami *overlapping* pada kondisi eksisting maupun *resetting*. Koordinasi antara rele yang ada di GI Cikande arah Serang dengan rele di GI Serang arah Cilegon Baru tidak mengalami *overlapping* pada kondisi eksisting maupun *resetting*. Rele jarak sudah bekerja sesuai dengan waktu kerjanya pada saat gangguan di skenario 1 dan skenario 2 setelah dilakukan *resetting*. Koordinasi antara rele jarak dengan rele arus lebih sudah baik dimana kerja rele arus lebih tidak mendahului kerja rele jarak. Studi lebih lanjut dapat dikembangkan dengan menambahkan GFR sebagai *backup protection* serta mengevaluasi rele jarak pada subsistem lain di wilayah PT.PLN APP Cilegon.

## Referensi

- [1]. Ir. Sulasno, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Kedua ed. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2001
- [2]. Akhmad Jamaah, "Evaluasi Setting Rele Jarak Gardu Induk Ungaran Jaringan 150kV Arah Krapyak-2," *ORBITH*, vol. 10, pp. 82-89, Maret 2014.

- [3]. Rhamandita Sudrajat, Siti Saodah, and Waluyo , "Analisis Penalaan Rele Jarak sebagai Proteksi Utama pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV Bandung Selatan - Cigereleng," *Reka Elkomika*, vol. 2, pp. 36-48, Januari 2014.
- [4]. Nikolovski S, Prhal D, and Maric P, "Numerical Simulation Of Distance Protection On Three Terminal High Voltage Transmission Lines," Oktober 2009.
- [5]. Tanzil Ramadhan Aljufri, Bambang Supradono, and Luqman Assaffat, "Scanning dan Resetting Distance Relay Pada Penghantar 150 kV Kudus Arah Jekulo," *Media ElektriKa*, vol. 4, Desember 2011.
- [6]. Bayu Seno Adi Nugroho, "Analisis Setting dan Koordinasi Rele Jarak Pada GI 150 KV Pandean Lamper Arah Sronдол," *Transient*, vol. 6, Maret 2017.
- [7]. IEEE *Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines.*: IEEE Std C37.113-2015, 2015.
- [8]. ALSTOM, *Network Protection & Automation Guide.*: Alstom Grid, 2011.