

# ANALISIS *SETTING* DAN KOORDINASI RELE JARAK PADA GI 150 KV KRAPYAK–SRONDOL–PANDEAN LAMPER DAN ARAH SEBALIKNYA

Susatyo Handoko, Muhammad Aulan Ni'am<sup>\*)</sup>, and Mochammad Facta

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

<sup>\*)</sup>E-mail: [haunim100@gmail.com](mailto:haunim100@gmail.com)

## Abstrak

Saluran transmisi berfungsi menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke beban. Gangguan hubung singkat dapat terjadi pada saluran transmisi. Pada sistem transmisi 150 kV rele jarak sebagai proteksi utama dan sebagai proteksi cadangan untuk seksi didepannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *setting* dan koordinasi rele jarak pada saluran Krapyak-Srondol-Pandean Lamper dan arah sebaliknya. *Setting* rele eksisting dari PT. PLN kemudian diinputkan dan dihitung menggunakan *software* DIGSILENT untuk mengevaluasi jangkauan proteksinya. Analisis dibuat dengan berdasarkan standar IEEE std C37.113.1999 IEEE *Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*. Pada *setting* eksisting kemudian dilakukan simulasi gangguan menggunakan skenario yang telah ditentukan. Pada skenario 1 gangguan disimulasikan pada jarak 3% Srondol arah Krapyak dan pada skenario 2 gangguan disimulasikan pada jarak 84% Srondol arah Krapyak. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai jangkauan rele pada kondisi eksisting banyak yang belum memenuhi standar. *Setting* yang belum memenuhi standar dilakukan *resetting*. Setelah dilakukan *resetting* diperoleh nilai jangkauan baru yang sudah sesuai standar. Pada kondisi eksisting dan *resetting* semua rele telah terkoordinasi dengan baik. Kerja rele Pandean Lamper kondisi *resetting* masih mengalami capaian kurang sehingga perlu dilakukan modifikasi. Hasil modifikasi *setting* menghasilkan nilai impedansi sebesar 13 ohm primer agar rele bekerja.

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

## Abstract

The transmission line transmits the electrical energy from the plant to the load. Short circuit fault may occur on the transmission line. Distance relay is used as the main and backup protection in the high voltage transmission system. This study aims to analyze the setting and coordination of the distance relay on Krapyak-Srondol-Panden Lamper lines and also at reverse direction. Relay setting of PT. PLN is calculated and as input to the DIGSILENT software to evaluate the range of protection. An analysis is made for with the IEEE std standard C37.113.1999 IEEE *Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*. The existing settings based on simulation performance during fault using predetermined scenarios. The simulation results show that several range values on the distance relay in the existing setting have not met the standard so they need recalculation. A new range that meets the standards is obtained after resetting. All relays are not overlapping in the existing and resetting condition. On the resetting conditions, the relay of Pandean Lamper still works underreach, so it needs to be modified. The result of the modification of the relay setting yields a larger impedance value to 13 ohm primary.

*Keywords: transmission line, protection system, distance relay, digsilent*

## 1. Pendahuluan

Umumnya jarak saluran transmisi yang jauh menyebabkan rentan terhadap berbagai jenis gangguan [1], untuk itu dibutuhkan sistem proteksi untuk mengatasi gangguan yang terjadi pada sistem. Sistem proteksi mempunyai peranan yang penting dalam mengisolir gangguan dan mengamankan bagian yang tidak terkena gangguan serta

menjaga keandalan dan keamanan sistem tenaga listrik [2]-[5]. Pada saluran transmisi biasanya menggunakan sistem proteksi rele jarak sebagai proteksi utama (*main protection*) dan *backup* untuk seksi didepannya [2]-[7]. Idealnya setiap saluran transmisi dilindungi oleh dua buah rele jarak yang saling berhadapan. Tiap ujung saluran juga dipasang CT dan VT untuk mengukur arus dan tegangan sistem.

Pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV di kota Semarang, *setting* rele dilakukan secara manual menggunakan *Mathcad* oleh PT. PLN kemudian hasil perhitungannya diimplementasikan langsung pada rele yang akan *disetting*. Untuk melihat apakah sistem saluran udara tegangan tinggi 150 kV di kota Semarang sudah terlindungi dengan baik atau belum maka dilakukan simulasi. Simulasi yang dilakukan adalah koordinasi rele jarak dengan rele didepannya dan simulasi kerja rele pada masing-masing gardu induk dalam mengatasi gangguan hubung singkat. Simulasi untuk mengetahui hasil perhitungan tidak dilakukan.

Penelitian terkait diantaranya analisis dan *setting* rele jarak sebagai sistem proteksi saluran udara tegangan tinggi 150 kV dengan perhitungan secara manual [2], [4], [5]. Penelitian lain [8] tentang rele jarak dimana koordinasi dan *setting* dari rele jarak dapat dicek secara tepat menggunakan program aplikasi *DIgSILENT*.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai evaluasi *setting* rele jarak pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV Krapyak – Spondol – Pandean Lamper secara dua arah pada kedua saluran dengan saluran Krapyak-Spondol sebagai lokasi gangguan hubung singkat. Simulasi tersebut menggunakan program aplikasi *DIgSILENT* 14.1 karena *software* ini memiliki kemampuan untuk menyimulasikan aliran daya, gangguan hubung singkat dan memiliki fitur untuk menyimulasikan jangkauan dan kinerja proteksi rele jarak.

Untuk menyederhanakan permasalahan dalam penelitian ini maka diberikan batasan-batasan sebagai berikut :

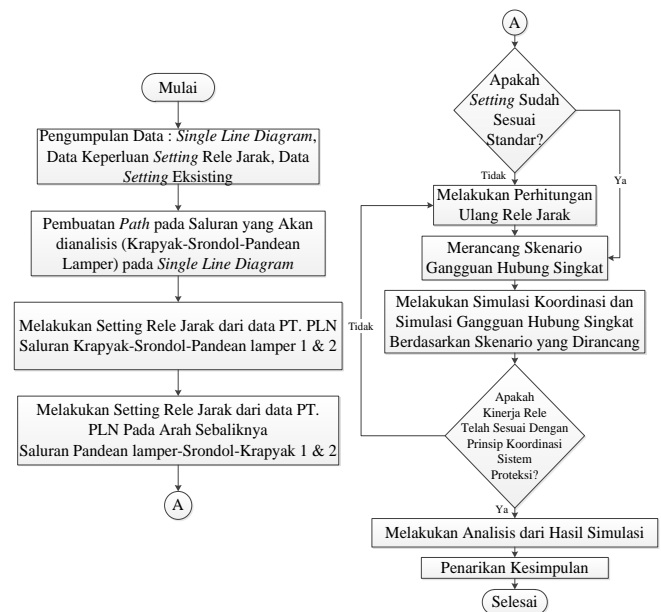
1. Rele jarak yang dianalisis dan dikoordinasikan adalah rele jarak pada saluran Krapyak-Spondol-Pandean lamper dan arah sebaliknya dengan saluran Krapyak-Spondol sebagai lokasi letak gangguan hubung singkat. Simulasi menggunakan *software DIgSILENT PowerFactory* 14.1
2. Dimisalkan busbar pertama adalah busbar pada Gardu Induk Krapyak dan busbar terakhir adalah busbar pada Gardu Induk Pandean Lamper.
3. Perhitungan yang dilakukan hanya membahas perhitungan nilai impedansi *setting*, sudut rele, *resistive reach*, kompensasi urutan nol, dan nilai jangkauan zona proteksi rele jarak.
4. Perhitungan arus hubung singkat dilakukan dengan *software DIgSILENT* , perhitungan secara manual tidak dilakukan.
5. Gangguan yang digunakan untuk menguji kinerja rele hanya gangguan hubung singkat 3 fasa, 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 2 fasa ke tanah karena gangguan hubung singkat tersebut merupakan jenis gangguan hubung singkat yang sering terjadi pada saluran transmisi.
6. Data *single line diagram* yang digunakan merupakan data beban pada bulan Agustus 2017 yang diberikan oleh APB P2B.
7. Koordinasi antara rele jarak dengan rele *backup* lain tidak dibahas.

8. Standar acuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar IEEE C37.113.1999 tentang aplikasi rele proteksi pada saluran transmisi dan NPAG dari *Alstom* yang merupakan standar umum yang digunakan untuk menentukan *setting* koordinasi proteksi rele jarak di saluran transmisi.
9. Tidak membahas pengaruh kapasitansi terhadap kinerja rele jarak karena saluran udara tegangan tinggi Krapyak-Spondol-Pandean Lamper tergolong saluran transmisi pendek (panjang kurang dari 80 km), sehingga pengaruh kapasitansi pada saluran ini sangat kecil dan dapat diabaikan[7].
10. Tidak mensimulasikan skema teleproteksi rele jarak karena *software DIgSILENT* tidak ada fitur untuk mensimulasikan teleproteksi.
11. Koordinasi rele jarak zona 3 dengan rele didepannya tidak dilakukan karena untuk melihat koordinasi rele jarak zona 3 dengan rele didepannya diperlukan minimal 4 Gardu Induk.

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

Berikut disajikan diagram alir penelitian yang digunakan dalam penelitian ini :

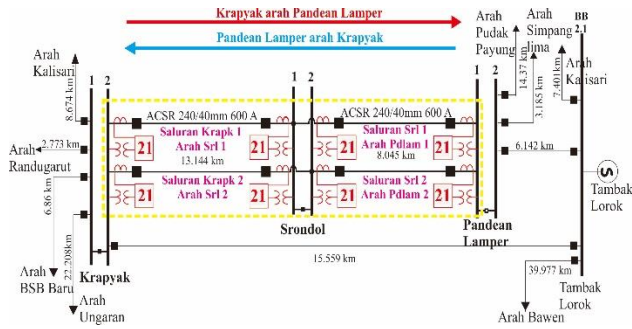


Gambar 1. Diagram Alir Langkah Penelitian

### 2.2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. PLN APP Semarang dan PT. PLN APB P2B TJBT. Data yang diperoleh dari APB diantaranya *single line diagram* sistem Jawa – Bali berupa data *DIgSILENT*. Data yang diperoleh dari APP adalah peta proteksi gardu induk Krapyak-Spondol-Pandean Lamper, data penghantar sistem, data *setting* rele jarak, data *library* rele untuk *DIgSILENT*, serta data anomali pada saluran. Data *single*

line diagram dan setting eksisting kemudian diinputkan ke *DIGSILENT* sehingga didapatkan nilai jangkauan tiap zona proteksinya. Gambaran umum saluran yang dianalisis ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan jangkauan eksistingnya ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 2. Gambaran Saluran Krapyak-Srndol-Pandean Lamper dua arah**

**Tabel 1. Jangkauan zona rele jarak PT. PLN saluran Krapyak-Srndol-Pandean Lamper dan arah sebaliknya**

Saluran	Zona	Zsec (Ω)	Sudut Rele (°)	Jangkauan (%)
Krapyak 1 arah Srndol 1	Zona 1	1,77	72	80,21966
	Zona 2	2,65	72	120,1029
	Zona 3	4,28	72	193,9775
Krapyak 2 arah Srndol 2	Zona 1	1,77	72	80,21966
	Zona 2	2,65	72	120,1029
	Zona 3	4,28	72	193,9775
Srndol 1 arah Pandean Lamper 1	Zona 1	1,44	71	79,98461
	Zona 2	2,16	71	119,9769
	Zona 3	7,7	71	427,6955
Srndol 2 arah Pandean Lamper 2	Zona 1	1,44	71	79,98461
	Zona 2	2,16	71	119,9769
	Zona 3	6,019	71	334,3801
Pandean Lamper 1 arah Srndol 1	Zona 1	1,44	71	79,98461
	Zona 2	3,323	71	184,409
	Zona 3	5,69	71	316,0503
Pandean Lamper 2 arah Srndol 2	Zona 1	1,44	71	79,98461
	Zona 2	3,323	71	184,409
	Zona 3	5,69	71	316,0503
Srndol 1 arah Krapyak 1	Zona 1	1,77	72	80,21966
	Zona 2	2,65	72	120,1029
	Zona 3	3,42	72	155,0007
Srndol 2 arah Krapyak 2	Zona 1	2,362	72	80,21965
	Zona 2	3,543	72	120,3295
	Zona 3	4,56	72	155,0007

Data Tabel 1 selanjutnya dibandingkan dengan standar IEEE std C37.113.1999 *IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*. Tabel 2 menunjukkan perbandingan jangkauan eksisting dengan standar.

**Tabel 2. Perbandingan jangkauan rele dengan standar**

Rele	Zona	Jangkauan Standar (%)	Jangkauan Eksisting (%)	Ket.
Krapyak 1 arah Srndol 1	Zona 1	80–90	80,21966	Baik
	Zona 2	120–130,6	120,1029	Baik
	Zona 3	193,56	193,9775	Resetting
Krapyak 2 arah Srndol 2	Zona 1	80–90	80,21966	Baik
	Zona 2	120–130,6	120,1029	Baik
	Zona 3	193,56	193,9775	Resetting
Srndol 1 arah Pandean Lamper 1	Zona 1	80–90	79,98461	Resetting
	Zona 2	119,8–120	119,9769	Baik
	Zona 3	334,38	427,6955	Resetting
Srndol 1 arah Pandean Lamper 2	Zona 1	80–90	79,98461	Resetting
	Zona 2	119,8–120	119,9769	Baik
	Zona 3	334,38	334,3801	Baik
Pandean Lamper 1 arah Srndol 1	Zona 1	80–90	79,98461	Resetting
	Zona 2	120–181,69	184,5756	Resetting
	Zona 3	316,0503	316,0503	Baik
Pandean Lamper 2 arah Srndol 2	Zona 1	80–90	79,98461	Resetting
	Zona 2	120–181,69	184,5756	Resetting
	Zona 3	316,0503	316,0503	Baik
Srndol 1 arah Krapyak 1	Zona 1	80–90	80,21966	Baik
	Zona 2	110,55–120	120,1029	Resetting
	Zona 3	224,38	155,0007	Resetting
Srndol 2 arah Krapyak 2	Zona 1	80–90	80,21965	Baik
	Zona 2	110,55–120	120,3295	Resetting
	Zona 3	224,38	155,0007	Resetting

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai jangkauan eksisting banyak yang belum memenuhi standar yang ditentukan. Untuk itu dilakukan perhitungan ulang dengan menggunakan standar berikut [9], [10].

**Tabel 3. Standar setting rele jarak**

Zona	Standar Setting
Zona 1	$(80-90)\% \times Z_{L1}$
Zona 2	$Z_{2min}$
	$1,2 \times Z_{L1}$
Zona 3 Forward	$Z_{2max}$
	$Z_{L1} + (0,5 \times Z_{L2s})$
	$1,2 \times (Z_{L1} + Z_{L2l})$

$Z_{L1}$  = Impedansi saluran transmisi yang diproteksi

$Z_{L2s}$  = Impedansi saluran transmisi seksi berikutnya yang terpendek

$Z_{L2l}$  = Impedansi saluran transmisi seksi berikutnya yang terpanjang

### 2.3. Resetting Rele Jarak

Contoh perhitungan diambil pada rele GI Sronдол arah Krapyak 1.

Data Rele : SCHNEIDER

Tipe : MICOM P442

#### 2.3.1. Rasio CT & PT

CT = 600/1 A PT = 150 kV / 100 V

$I_n = 1 \text{ A}$   $n_1 = \text{CT/PT}$   $n_1 = 0,4$

$V_n = 100/\sqrt{3} \text{ V}$

#### 2.3.2. Data SUTT 150 kV

1. Sronдол-Krapyak ( $L_1 = 13,144 \text{ km}$ )

Impedansi penghantar :

$R_{L11} = 0,137 \text{ } \Omega/\text{km}$   $X_{L11} = 0,3966 \text{ } \Omega/\text{km}$

Impedansi urutan positif :

$Z_{L1} = R_{L11} + j X_{L11}$

$Z_{L11} = (R_{L11} + j X_{L11}) * L_1$   $Z_{L11} = 1,801 + 5,213i$   $\Omega$

$|Z_{L11}| = 5,515 \text{ } \Omega$

$\theta_{ph1} = \tan^{-1}(X_{L11}/R_{L11})$   $\theta_{ph1} = 70,943^\circ$

Impedansi urutan nol :

$R_{L10} = 0,15 + R_{L11}$   $R_{L10} = 0,287 \text{ } \Omega/\text{km}$

$X_{L10} = 3 * X_{L11}$   $X_{L10} = 1,1898 \text{ } \Omega/\text{km}$

$Z_{L10} = (R_{L10} + j X_{L10}) * L_1$   $Z_{L10} = 3,772 + 15,639i$

$|Z_{L10}| = 16,087 \text{ } \Omega$

$\theta_{N1} = \tan^{-1}(X_{L10}/R_{L10})$   $\theta_{N1} = 76,438^\circ$

2. Krapyak-Randugarut ( $L_2 = 2,773 \text{ km}$ )

Impedansi penghantar :

$R_{L21} = 0,1370 \text{ } \Omega/\text{km}$   $X_{L21} = 0,3966 \text{ } \Omega/\text{km}$

Impedansi urutan positif :

$Z_{L2} = R_{L21} + j X_{L21}$

$Z_{L21} = (R_{L21} + j X_{L21}) * L_2$

$Z_{L21} = 0,38 + 1,1i$   $|Z_{L21}| = 1,164 \text{ } \Omega$

$\theta_{ph2} = \tan^{-1}(X_{L21}/R_{L21})$   $\theta_{ph2} = 70,943^\circ$

Impedansi urutan nol :

$R_{L20} = 0,15 + R_{L21}$   $R_{L20} = 0,287 \text{ } \Omega/\text{km}$

$X_{L20} = 3 * X_{L21}$   $X_{L20} = 1,190 \text{ } \Omega/\text{km}$

$Z_{L20} = (R_{L20} + j X_{L20}) * L_2$

$Z_{L20} = 0,796 + 3,299i$   $Z_{L20} = 3,394 \text{ } \Omega$

$\theta_{N2} = \tan^{-1}(X_{L20}/R_{L20})$   $\theta_{N2} = 76,438^\circ$

3. Krapyak-Ungaran ( $L_3 = 22,208 \text{ km}$ )

Impedansi penghantar :

$R_{L31} = 0,0685 \text{ } \Omega/\text{km}$   $X_{L31} = 0,2045 \text{ } \Omega/\text{km}$

Impedansi urutan positif :

$Z_{L3} = R_{L31} + j X_{L31}$

$Z_{L31} = (R_{L31} + j X_{L31}) * L_3$

$Z_{L31} = 1,521 + 4,542i$   $|Z_{L31}| = 4,79 \text{ } \Omega$

$\theta_{ph3} = \tan^{-1}(X_{L31}/R_{L31})$   $\theta_{ph3} = 71,481^\circ$

Impedansi urutan nol :

$R_{L30} = R_{L31} + 0,15$   $R_{L30} = 0,2185 \text{ } \Omega/\text{km}$

$X_{L30} = 3 * X_{L31}$   $X_{L30} = 0,6135 \text{ } \Omega/\text{km}$

$Z_{L3} = R_{L30} + j X_{L30}$

$Z_{L30} = (R_{L30} + j X_{L30}) * L_3$

$Z_{L30} = 4,852 + 13,625i$   $|Z_{L30}| = 14,463 \text{ } \Omega$

$\theta_{N3} = \tan^{-1}(X_{L30}/R_{L30})$   $\theta_{N3} = 70,396^\circ$

4. Impedansi Trafo

GI SRONDOL Trafo 150/20 kV, 31,5 MVA,  $X_T 18,21 \%$

$X_{T1} = (0,1821 * 150^2) / 31,5$   $X_{T1} = 130,071 \text{ } \Omega$

GI KRAPYAK Trafo 150/20 kV, 60 MVA,  $X_T 12,38 \%$

$X_{T2} = (0,1238 * 150^2) / 60$   $X_{T2} = 46,425 \text{ } \Omega$

#### 2.3.3. Jangkauan Induktif

##### ZONE 1

Zona 1 dipilih dari standar yaitu sebesar 85% dari  $Z_{L11}$ .

$Z_{1P} = 0,85 * |Z_{L11}| = 4,688 \text{ } \Omega$  (primer)

$Z_{1S} = Z_{1P} * \frac{CT}{VT} = 4,688 * \frac{600}{1} * \frac{100}{150000}$

$Z_{1S} = 1,875 \text{ } \Omega$  (sekunder)

LineAngle =  $\tan^{-1}\left(\frac{X_{L11}}{R_{L11}}\right) = 70,493^\circ$

Pilih LineAngle =  $71^\circ$

##### ZONE 2

$Z_{2min} = 1,2 * |Z_{L11}|$   $Z_{2min} = 6,618 \text{ } \Omega$

$Z_{2max} = |Z_{L11}| + 0,5 * |Z_{L21}|$   $Z_{2max} = 6,097 \text{ } \Omega$

$Z_{Trf2} = 0,8 * (Z_{L11} + i 0,5 * (X_{T2}))$

$Z_{Trf2} = 1,441 + 22,74i$   $|Z_{Trf2}| = 22,786 \text{ } \Omega$

Dipilih Zone 2 terbesar tetapi tidak lebih besar dari zone 2 trafo.

Maka dipilih  $Z_{2min}$  sebesar 6,618  $\Omega$ .

$Z_{2P} = 6,618 \text{ } \Omega$  (primer)

$Z_{2S} = Z_{2P} * \frac{CT}{VT}$

$= 6,618 * \frac{600}{1} * \frac{100}{150000}$

$Z_{2S} = 2,6473 \text{ } \Omega$  (sekunder)

##### ZONE 3

$Z_3 = 1,2 * (|Z_{L11}| + |Z_{L31}|)$

$= 1,2 * (5,515 + 4,79)$

$= 12,366 \text{ } \Omega$

$Z_{Trf3} = 0,8 * (Z_{L11} + Z_{L21} + 0,8 * (X_{T2}) * i)$

$= 0,8 * (5,515 + 1,164 + 0,8 * (46,425) * i)$

$= 1,745 + 34,762i$

$|Z_{Trf3}| = 34,806 \text{ } \Omega$

Zone 3 tidak boleh lebih besar dari zone 3 trafo. Nilai  $Z_3$  sebesar 12,366  $\Omega$ .

$Z_{3P} = 12,366 \text{ } \Omega$  (primer)

$Z_{3S} = Z_{3P} * \frac{CT}{VT}$

$= 12,366 * \frac{600}{1} * \frac{100}{150000}$

$= 4,946 \text{ } \Omega$  (sekunder)

#### 2.3.4. Setelan Waktu

Setting waktu pada rele jarak menurut standar IEEE yaitu zona 1 *trip* tanpa waktu tunda, zona 2 *trip* dengan waktu tunda tipikal 15-30 cycles (0,3 – 0,6 detik) dan disesuaikan juga dengan aplikasi di PLN. Setting waktu zona 2 pada PLN adalah 0,4 detik, serta zona 3 *trip* dengan waktu 1,6 detik sesuai kondisi di PLN.

- T1 = 0 detik
- T2 = 0,4 detik
- T3 = 1,6 detik

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1. Perbandingan Jangkauan Rele

Setelah dilakukan perhitungan ulang sesuai standar IEEE dan NPAG *Alstom*, didapatkan perbandingan jangkauan zona rele jarak seperti ditampilkan pada Tabel 4.

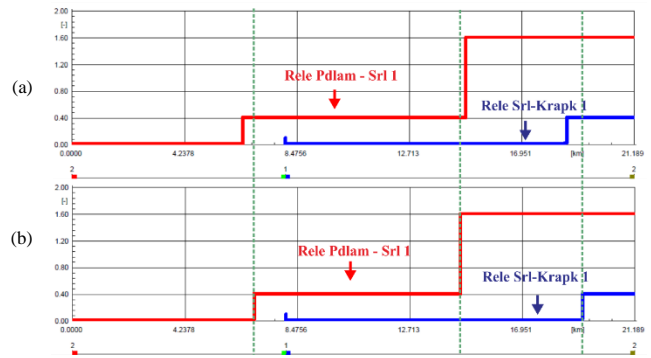
**Tabel 4. Perbandingan jangkauan zona rele sebelum dan setelah dilakukan *setting* ulang.**

Rele	Zona	Jangkauan Standar (%)	Eksisting (%)	Resetting (%)
Krapyak 1 arah Sronдол 1	Zona 1	80–90	80,21966	85
	Zona 2	120–130,6	120,1029	130,6
	Zona 3	193,56	193,9775	193,56
Krapyak 2 arah Sronдол 2	Zona 1	80–90	80,21966	85
	Zona 2	120–130,6	120,1029	130,6
	Zona 3	193,56	193,9775	193,56
Sronдол 1 arah Pandean Lamper 1	Zona 1	80–90	79,98461	85
	Zona 2	119,8–120	119,9769	120
	Zona 3	334,38	427,6955	334,38
Sronдол 1 arah Pandean Lamper 2	Zona 1	80–90	79,98461	85
	Zona 2	119,8–120	119,9769	120
	Zona 3	334,38	334,3801	334,38
Pandean Lamper 1 arah Sronдол 1	Zona 1	80–90	79,98461	85
	Zona 2	120–181,69	184,5756	181,69
	Zona 3	316,0503	316,0503	3,160,503
Pandean Lamper 2 arah Sronдол 2	Zona 1	80–90	79,98461	85
	Zona 2	120–181,69	184,5756	181,69
	Zona 3	316,0503	316,0503	3,160,503
Sronдол 1 arah Krapyak 1	Zona 1	80–90	80,21966	85
	Zona 2	110,55–120	120,1029	120
	Zona 3	224,38	155,0007	224,38
Sronдол 2 arah Krapyak 2	Zona 1	80–90	80,21965	85
	Zona 2	110,55–120	120,3295	120
	Zona 3	224,38	155,0007	224,38

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai jangkauan pada rele jarak setelah dilakukan perhitungan ulang sudah sesuai dengan standar.

#### 3.2. Perbandingan Grafik Koordinasi Rele Jarak

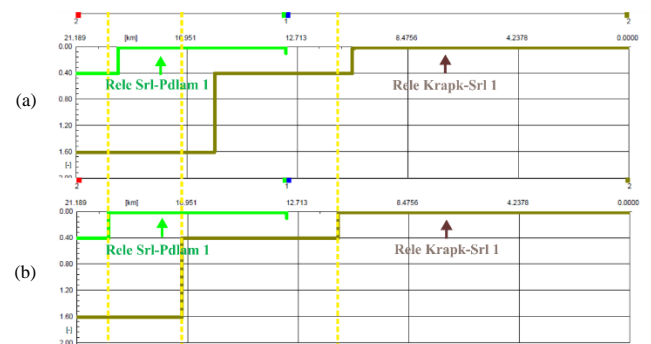
##### 1. Saluran Pandean lamper 1 – Sronдол 1 – Krapyak 1



**Gambar 3. Time – Distance Coordination saluran pandean lamper 1 ke krapyak 1 (a) eksisting dan (b) *resetting***

Gambar 3 menunjukkan bahwa koordinasi rele pada kondisi eksisting dan *resetting* tidak saling *overlapping*. Terlihat bahwa grafik berwarna merah tidak saling bertabrakan atau mendahului grafik berwarna biru. Rele pandean lamper – sronдол yang berwarna merah nilai jangkauan zona 1 pada kondisi eksisting (79,98%) lebih pendek daripada nilai jangkauan zona 1 setelah *resetting* (85%), sedangkan nilai jangkauan zona 2 pada kondisi eksisting (184,41%) lebih panjang dari jangkauan zona 2 *resetting* (181,7%). Serta rele sronдол-krapyak yang berwarna biru nilai jangkauan zona 1 pada kondisi eksisting (80,22%) lebih pendek daripada nilai jangkauan pada kondisi *resetting* (85%).

##### 2. Saluran Krapyak 1 – Sronдол 1 – Pandean lamper 1

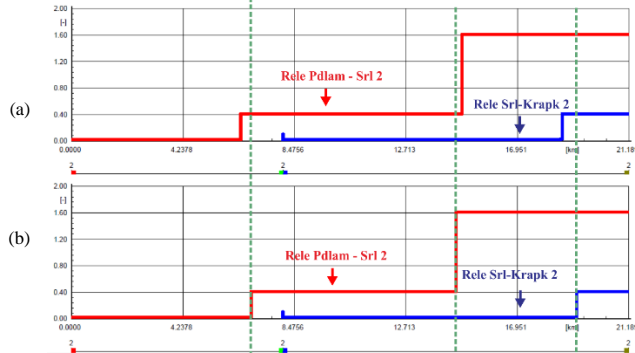


**Gambar 4. Time – Distance Coordination saluran krapyak 1 – pandean lamper 1 (a) eksisting dan (b) *resetting***

Gambar 4 menunjukkan pada kondisi eksisting dan *resetting* jangkauan rele tidak saling *overlapping*. Terlihat bahwa grafik berwarna coklat tidak saling bertabrakan atau mendahului grafik berwarna hijau. Rele krapyak – sronдол yang berwarna coklat nilai jangkauan zona 1 pada kondisi eksisting (80,22%) lebih pendek daripada nilai jangkauan zona 1 setelah *resetting* (85%). Nilai jangkauan zona 2 pada kondisi eksisting (120,1%) juga lebih pendek dari nilai jangkauan zona 2 *resetting* (130,6%). Serta rele sronдол-pandean lamper yang berwarna hijau nilai

jangkauan zona 1 pada kondisi eksisting (79,98%) lebih pendek dari nilai jangkauan pada kondisi *resetting* (85%).

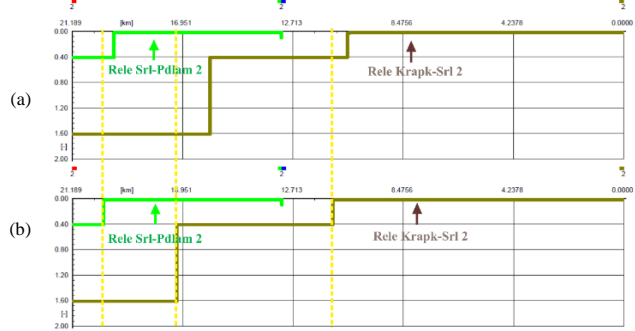
3. Saluran Pandean lamper 2 – Sronдол 2 – Krapyak 2



Gambar 5. Time – Distance Coordination saluran pandean lamper 2 ke krapyak 2 (a) eksisting dan (b) *resetting*

Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada kondisi eksisting dan *resetting* rele pandean lamper – sronдол dengan rele didepannya yaitu rele sronдол - krapyak tidak saling *overlapping*. Grafik berwarna merah tidak saling bertabrakan atau mendahului grafik berwarna biru. Rele pandean lamper – sronдол yang berwarna merah nilai jangkauan zona 1 pada kondisi eksisting (79,98%) lebih pendek daripada nilai jangkauan zona 1 setelah *resetting* (85%). Sedangkan nilai jangkauan zona 2 pada kondisi eksisting (184,41%) lebih panjang dari jangkauan zona 2 *resetting* (181,7%). Serta rele sronдол-krapyak yang berwarna biru nilai jangkauan zona 1 pada kondisi eksisting (80,22%) lebih pendek daripada nilai jangkauan pada kondisi *resetting* (85%).

4. Saluran Krapyak 2 – Sronдол 2 – Pandean lamper 2



Gambar 6. Time – Distance Coordination saluran pandean lamper 1 ke krapyak 1 (a) eksisting dan (b) *resetting*

Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada kondisi eksisting dan *resetting* rele krapyak – sronдол dengan rele didepannya yaitu rele sronдол - pandean lamper juga telah terkoordinasi dengan baik karena tidak saling *overlapping*, bertabrakan, atau mendahului. Grafik berwarna coklat

tidak saling bertabrakan atau mendahului grafik berwarna hijau. Rele krapyak – sronдол yang berwarna coklat nilai jangkauan zona 1 pada kondisi eksisting (80,22%) lebih pendek daripada nilai jangkauan zona 1 setelah *resetting* (85%). Nilai jangkauan zona 2 pada kondisi eksisting (120,1%) juga lebih pendek dari nilai jangkauan zona 2 *resetting*(130,6%). Serta rele sronдол-pandean lamper yang berwarna hijau nilai jangkauan zona 1 pada kondisi eksisting (79,98%) lebih pendek daripada nilai jangkauan pada kondisi *resetting* (85%).

3.3. Skenario Gangguan

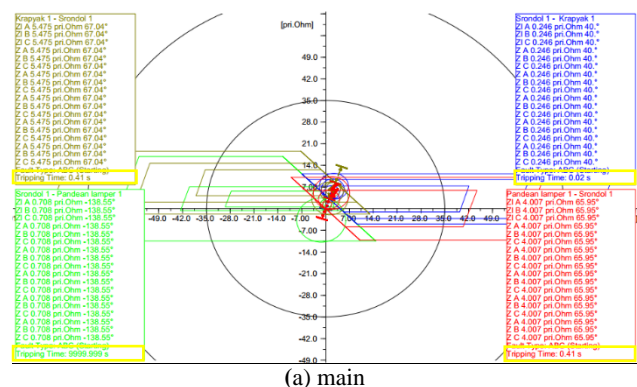
Untuk melihat performa kerja masing-masing rele maka dilakukan simulasi gangguan hubung singkat berdasarkan skenario yang telah dirancang. Skenario dibuat berdasarkan data anomali jaringan. Data anomali adalah data potensi gangguan di sepanjang saluran Sronдол-Krapyak. Skenario 1 letak gangguan berada pada jarak 3% dari GI Sronдол arah GI Krapyak, sedangkan skenario 2 letak gangguan berada pada jarak 84% dari GI Sronдол arah GI Krapyak. Jenis gangguan yang disimulasikan adalah gangguan hubung singkat 3 fasa, 1 fasa ke tanah, 2 fasa dan 2 fasa ke tanah. Tabel 4 menampilkan letak skenario gangguan.

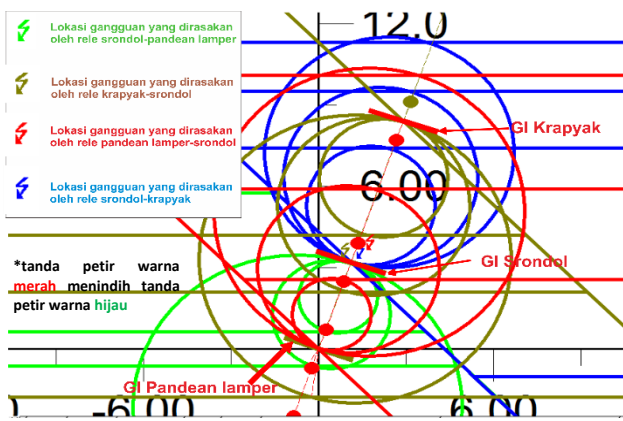
Tabel 5. Skenario gangguan hubung singkat.

Skenario	Saluran	Lokasi Anomali	Letak Gangguan
Skenario 1	Sronдол - Krapyak 1	2,22 – 4,44% Tower 1 - 2	3%
	Sronдол - Krapyak 2	2,22 – 4,44% Tower 1 - 2	3%
Skenario 2	Sronдол - Krapyak 1	84,44% Tower 38	84%
	Sronдол - Krapyak 2	84,44% Tower 38	84%

3.4. Simulasi Gangguan

3.4.1. Skenario 1

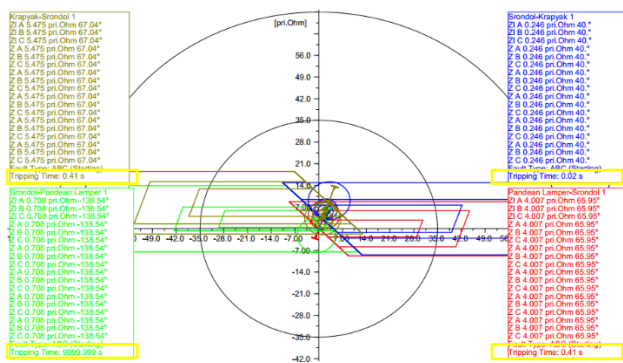




(b) inset

**Gambar 7. Skenario 1 gangguan 3 fasa kondisi eksisting**

Gambar 7 menunjukkan kinerja rele kondisi eksisting saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada lokasi 3% saluran dari GI Srdondol ke arah Krapyak 1. Rele Srdondol-Krapyak 1 bekerja dengan waktu 0,02 detik (*instant*) dikarenakan gangguan dibaca oleh rele sebagai zona 1, rele Krapyak-Srdondol 1 bekerja dengan waktu 0,41 detik karena gangguan dibaca rele sebagai sebagai zona 2, rele pandean lamper-srdondol 1 bekerja dengan waktu 0,41 detik karena gangguan dibaca oleh rele sebagai zona 2, serta rele srdondol-pandean lamper 1 tidak bekerja (9999,999 detik) karena gangguan tidak dilihat oleh rele atau gangguan terjadi dibelakang titik rele.



**Gambar 8. Skenario 1 gangguan 3 fasa setelah *resetting***

Gambar 8 menunjukkan kinerja rele saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada lokasi 3% saluran dari GI Srdondol ke arah Krapyak 1 setelah dilakukan *resetting*. Rele Srdondol-Krapyak 1 bekerja dengan waktu 0,02 detik (*instant*), setelah rele *diresetting*, jangkauan zona 1 rele srdondol-krapyak 1 menjadi 85,02% maka gangguan dibaca oleh rele sebagai zona 1. Rele Krapyak-Srdondol 1 bekerja dengan waktu 0,41 detik, nilai jangkauan zona 2 rele krapyak-srdondol 1 setelah *resetting* adalah 130,6% maka gangguan dibaca oleh rele sebagai zona 2. Lalu rele pandean lamper-srdondol 1 bekerja dengan waktu 0,41 detik, karena nilai jangkauan zona 2 rele pandean lamper-srdondol 1 setelah *resetting* adalah 181,7% maka gangguan juga dibaca oleh rele sebagai zona 2. Untuk rele srdondol-

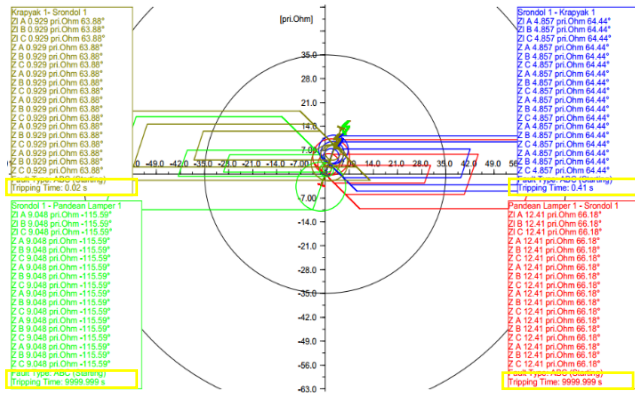
pandean lamper 1 tidak bekerja (9999,999 detik) karena gangguan terjadi di belakang titik rele maka gangguan tidak dilihat oleh rele srdondol-pandean lamper 1. Dari simulasi ini dapat dikatakan semua rele telah bekerja dengan baik sesuai zona proteksi dan waktu kerjanya. Dengan melakukan simulasi dengan jenis gangguan yang lain yaitu 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 2 fasa ke tanah pada kondisi eksisting dan *resetting*, diperoleh data performa kinerja rele yang ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Hasil simulasi gangguan skenario 1 lokasi 3% saluran Srdondol-Krapyak**

Rele	Gangguan	Salur an	Trip kondisi eksisting (s)	Trip setelah <i>resetting</i> (s)
Krapyak-Srdondol 1	3 Fasa	1	0.41	0.41
	1 Fasa ke Tanah		0.41	0.41
	2 Fasa		0.41	0.41
Krapyak-Srdondol 2	2 Fasa ke Tanah	2	0.41	0.41
	3 Fasa		0.41	0.41
	1 Fasa ke Tanah		0.41	0.41
Srdondol - Krapyak 1	2 Fasa ke Tanah	1	0.02	0.02
	3 Fasa		0.02	0.02
	1 Fasa ke Tanah		0.021	0.021
Srdondol - Krapyak 2	2 Fasa ke Tanah	2	0.02	0.02
	3 Fasa		0.02	0.02
	1 Fasa ke Tanah		0.021	0.021
Srdondol - Pandean lamper 1	2 Fasa ke Tanah	1	9999.999	9999.999
	3 Fasa		9999.999	9999.999
	1 Fasa ke Tanah		9999.999	9999.999
Srdondol - Pandean lamper 2	2 Fasa ke Tanah	2	9999.999	9999.999
	3 Fasa		9999.999	9999.999
	1 Fasa ke Tanah		9999.999	9999.999
Pandean lamper - Srdondol 1	2 Fasa ke Tanah	1	9999.999	9999.999
	3 Fasa		9999.999	9999.999
	1 Fasa ke Tanah		9999.999	9999.999
Pandean lamper - Srdondol 2	2 Fasa ke Tanah	2	9999.999	9999.999
	3 Fasa		9999.999	9999.999
	1 Fasa ke Tanah		9999.999	9999.999

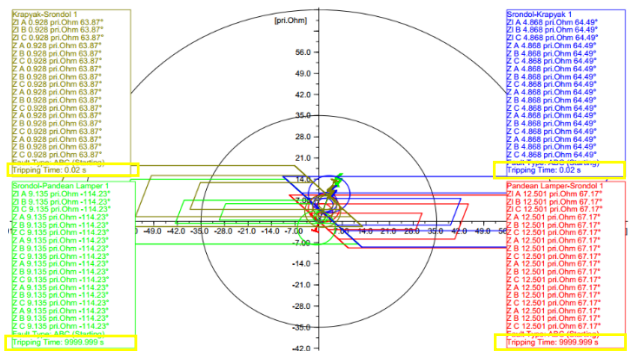
Tabel 6 menunjukkan bahwa pada letak gangguan skenario 1, rele pada kondisi sebelum dan setelah dilakukan setting ulang menunjukkan performa yang sama.

3.4.2. Skenario 2



Gambar 8. Skenario 2 gangguan 3 fasa eksisting

Gambar 8 menunjukkan kinerja rele saat terjadi gangguan 3 fasa pada lokasi 84% saluran dari GI Srdondol ke arah Krapyak 1. Rele Krapyak-Srdondol 1 bekerja dengan waktu 0,02 detik (*instant*) dikarenakan gangguan dibaca oleh rele sebagai zona 1, rele Srdondol-Krapyak 1 bekerja dengan waktu 0,41 detik dikarenakan gangguan dibaca oleh rele sebagai zona 2, rele rele srdondol-pandean lamper 1 tidak bekerja (9999,999 detik) karena gangguan tidak dilihat oleh rele srdondol-pandean lamper 1. Sedangkan rele pandean lamper-srdondol 1 juga tidak bekerja (9999,999 detik) karena impedansi gangguan yang dibaca oleh rele pandean lamper-srdondol 1 lebih besar dari impedansi setting atau rele mengalami kondisi *underreach*.



Gambar 9. Skenario 2 saluran 1 gangguan 3 fasa setelah resetting

Gambar 9 menunjukkan kinerja rele saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada lokasi 84% saluran dari GI Srdondol ke arah GI Krapyak setelah dilakukan resetting. Rele Srdondol-Krapyak 1 bekerja dengan waktu 0,02 detik (*instant*), setelah rele disetting ulang, jangkauan zona 1 rele srdondol-krapyak 1 adalah 85,02% maka gangguan dibaca oleh zona 1. Lalu rele Krapyak-Srdondol 1 bekerja dengan

waktu 0,02 detik, nilai jangkauan zona 1 rele krapyak-srdondol 1 setelah resetting adalah 85% sehingga gangguan dibaca oleh rele sebagai zona 1. Rele pandean lamper-srdondol 1 tidak bekerja (9999,999 detik) karena terjadi kondisi *underreach* yaitu impedansi gangguan yang dibaca oleh rele pandean lamper-srdondol 1 (12,501 ohm primer) lebih besar daripada impedansi setting rele pada zona 3 (10,669 ohm primer) maka rele tidak *trip*. Rele srdondol-pandean lamper 1 juga tidak bekerja (9999,999 detik) karena gangguan tidak dilihat oleh rele.

Kinerja seluruh rele ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil simulasi gangguan skenario 2 lokasi 3% saluran Srdondol-Krapyak.

Rele	Gangguan	Trip eksisting (s)	Trip Resetting (s)
Krapyak-Srdondol 1	3 Fasa	0.02	0.02
	1 Fasa ke Tanah	0.021	0.021
	2 Fasa	0.02	0.02
Krapyak-Srdondol 2	2 Fasa ke Tanah	0.02	0.02
	3 Fasa	0.02	0.02
	1 Fasa ke Tanah	0.021	0.021
Srdondol - Krapyak 1	2 Fasa	0.41	0.02
	2 Fasa ke Tanah	0.41	0.02
	3 Fasa	0.41	0.02
Srdondol - Krapyak 2	1 Fasa ke Tanah	0.41	0.021
	2 Fasa	0.41	0.02
	2 Fasa ke Tanah	0.41	0.02
Srdondol - Pandean lamper 1	3 Fasa	9999.999	9999.999
	1 Fasa ke Tanah	9999.999	9999.999
	2 Fasa	9999.999	9999.999
Srdondol - Pandean lamper 2	2 Fasa ke Tanah	9999.999	9999.999
	3 Fasa	9999.999	9999.999
	1 Fasa ke Tanah	9999.999	9999.999
Pandean lamper - Srdondol 1	2 Fasa	9999.999	9999.999
	2 Fasa ke Tanah	9999.999	9999.999
	3 Fasa	9999.999	9999.999
Pandean lamper - Srdondol 2	1 Fasa ke Tanah	9999.999	9999.999
	2 Fasa	9999.999	9999.999
	2 Fasa ke Tanah	9999.999	9999.999

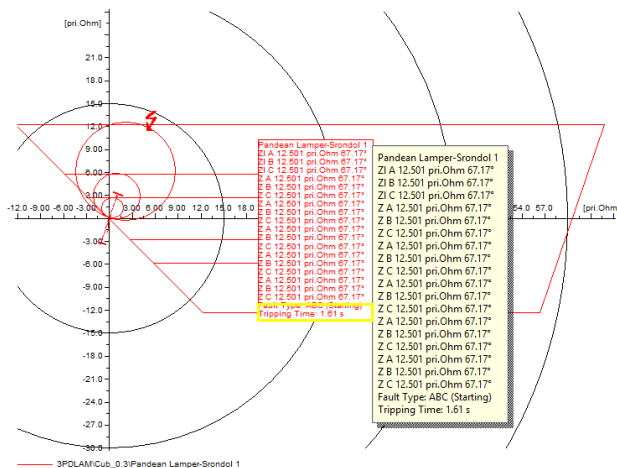


Tabel 7 menunjukkan bahwa rele Krapyak - Srdondol memperlihatkan performa kerja yang sama, sedangkan rele Srdondol - Krapyak menunjukkan performa kerja yang berbeda karena jangkauan rele pada kondisi eksisting sebesar 80,21966% sehingga rele membaca gangguan sebagai zona 2, sementara pada kondisi *resetting* jangkauannya sebesar 85% sehingga saat terjadi gangguan pada jarak 84% rele bekerja sebagai zona 1. Rele pandean lamper-srdondol pada kondisi eksisting maupun setelah *resetting* tidak bekerja karena rele mengalami kondisi *underreach*.

### 3.4. Modifikasi Setting

Pada simulasi gangguan skenario 2 kondisi eksisting dan setelah *resetting*, terdapat ketidaksesuaian kerja rele pandean lamper arah srdondol. Rele pandean lamper-srdondol tidak bekerja saat dilakukan simulasi gangguan hubung singkat dengan letak gangguan 84% dari GI Srdondol arah GI Krapyak. Rele seharusnya bekerja sebagai zona 3 bila terjadi gangguan hubung singkat dengan letak gangguan pada skenario 2. Modifikasi yang dilakukan adalah menaikkan *setting* impedansi zona 3 akibat adanya arus *infeed* dari nilai *resetting* sebesar 10,669 ohm (primer) menjadi 13 ohm (primer) atau naik sebesar 39% dari impedansi *resetting*. Kondisi *underreach* diakibatkan oleh pengaruh *infeed* pada saluran transmisi ganda ke ganda.

Gambar 10 adalah simulasi setelah dilakukan modifikasi *setting* rele.



Gambar 10. Skenario 2 gangguan 3 fasa setelah modifikasi

Gambar 10 menunjukkan kerja rele pandean lamper-srdondol saat gangguan 3 fasa pada lokasi 84% dari GI Srdondol arah Krapyak telah sesuai dengan kerja yang seharusnya yaitu 1.61 detik. Gangguan dibaca oleh zona 3 rele.

Dengan melakukan simulasi dengan jenis gangguan yang lain, didapatkan data kinerja rele setelah modifikasi sebagai berikut :

Tabel 8. Kinerja rele setelah modifikasi *setting*

Rele	Lokasi gangguan	Gangguan	Trip Rele
Pandean lamper-srdondol saluran 1 dan 2	Skenario 2 sejauh 84% dari GI Srdondol arah Krapyak	3 Fasa	1,61 detik
		1 Fasa ke Tanah	1,61 detik
		2 Fasa	1,61 detik
		2 Fasa ke Tanah	1,61 detik

Tabel 8 menunjukkan bahwa rele pandean lamper-srdondol setelah dilakukan modifikasi *setting*, rele sudah bekerja dengan benar.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi koordinasi dan kerja rele jarak yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa nilai jangkauan eksisting banyak yang belum memenuhi standar sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang. Setelah dilakukan perhitungan ulang, nilai jangkauan rele jarak telah memenuhi standar. Berdasarkan simulasi koordinasi, koordinasi semua rele pada kondisi eksisting maupun *resetting* sudah benar ditandai dengan jangkauan rele yang tidak saling *overlapping*. Berdasarkan simulasi gangguan hubung singkat pada skenario 1, kinerja rele pada kondisi sebelum dan setelah dilakukan *setting* ulang menunjukkan performa yang sama. Berdasarkan simulasi gangguan hubung singkat pada skenario 2 dengan letak gangguan sejauh 84% Srdondol arah Krapyak, rele Krapyak-Srdondol memperlihatkan performa kerja yang sama baik pada kondisi eksisting maupun *resetting*, sedangkan rele Srdondol-Krapyak menunjukkan performa kerja yang berbeda karena jangkauan rele pada kondisi eksisting sebesar 80,21966% sehingga rele membaca gangguan sebagai zona 2, sementara pada kondisi *resetting* jangkauannya sebesar 85% sehingga saat terjadi gangguan pada jarak 84% rele bekerja sebagai zona 1. Berdasarkan simulasi gangguan hubung singkat pada skenario 2, rele pandean lamper-srdondol tidak bekerja karena mengalami kondisi *underreach* sehingga perlu dilakukan modifikasi. Modifikasi menghasilkan kenaikan impedansi *setting* zona 3 sebesar 39% dari impedansi *resetting*. Setelah dilakukan modifikasi, rele telah bekerja dengan benar sesuai zona nya.

## Referensi

- [1] W. D. Stevenson, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, 4th ed. Jakarta: Erlangga, 1996.
- [2] A. Jamaah, "EVALUASI *SETTING* RELE JARAK GARDU INDUK UNGARAN JARINGAN 150kV ARAH KRAPYAK-2," *Orbith*, vol. 10, no. 1, pp. 82–89, 2014.

- [3] M. Nordiansyah, I. G. . Arjana, and W. Setiawan, "SETTING RELE JARAK PADA SISTEM SUTT 150 KV GI KAPAL – GI PADANG SAMBIAN MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)," vol. 1, no. 1, pp. 85–90, 2014.
- [4] T. R. Aljufri, B. Supradono, and L. Assaffat, "Scanning dan *Resetting* Distance Relay Pada Pengantar 150 kV Kudus Arah Jekulo," *Media Elektr.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–13, 2011.
- [5] R. Sudrajat, S. Saodah, and Waluyo, "Analisis Penalaan Rele Jarak sebagai Proteksi Utama pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV Bandung Selatan – Cigereleng," *J. Reka Elkomika*, vol. 2, no. 1, pp. 36–48, 2014.
- [6] A. Hamdadi dan Fikriansyah, "Analisa dan Pengaturan Ulang Relay Jarak Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Keramasan – Bukit Asam," *Mikrotiga*, vol. 1, no. 3, pp. 9–17, 2014.
- [7] A. Ridwan, I. G. A. Dyana, and I. W. W. Arta, "Studi Pengaruh Mutual Inductance terhadap *Setting* Rele Jarak pada Saluran Transmisi Double Circuit 150 kV Antara GI Kapal – GI Pemecutan Kelod," vol. 2, no. E-Journal SPEKTRUM, pp. 106–110, 2015.
- [8] B. S. A. Nugroho, Karnoto, and M. Facta, "ANALISIS *SETTING* DAN KOORDINASI RELE JARAK PADA GI 150 KV PANDEAN LAMPER ARAH SRONDOL," 2015.
- [9] W. Carpenter, *IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*, vol. 1999, no. February 2000. 1999.
- [10] ALSTOM, *Network Protection & Automation Guide*, First Edit. Alstom Grid, 2002.