

# STUDI KOORDINASI KERJA RELAI JARAK SEBAGAI PENGAMAN CADANGAN PADA SALURAN 150 KV GIS PESANGGARAN-GI NUSA DUA

Deoka Gusti<sup>1</sup>, I Gede Dyana Arjana<sup>2</sup>, Cokorde Gede Indra Partha<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Bali

Email: <sup>1</sup>deoka@student.unud.ac.id, <sup>2</sup>dyanaarjana@ee.unud.ac.id, <sup>3</sup>cokindra@unud.ac.id

## ABSTRAK

Pengembangan GI Pesanggaran Konvensional menjadi GIS Pesanggaran sebagai bentuk peningkatan kehandalan sistem tenaga listrik yang ada di Bali menyebabkan perubahan konfigurasi sistem proteksi pada saluran transmisi yang menghubungkan GIS Pesanggaran dengan GI Nusa Dua. Relai jarak yang sebelumnya menjadi pengaman utama pada saluran transmisi tersebut mengalami perubahan fungsi menjadi pengaman cadangan akibat kurang selektifnya relai jarak dalam menanggulangi gangguan dan sebagai proteksi dengan cakupan deteksi gangguan yang luas apabila pengaman utama mengalami kegagalan kerja. Hasil pengujian simulasi menggunakan perangkat lunak analisis sistem tenaga setelah ditentukan nilai *setting* relai jarak dan menempatkan gangguan pada 110% dan 180% panjang saluran menunjukkan bahwa relai jarak sudah bekerja sesuai regulasi P3B JB No. 211/151/P3B/2010 ditandai dengan relai jarak dapat mendeteksi gangguan pada zona 2 dengan waktu tunda kerja relai sebesar 0,815 detik dan mendeteksi gangguan pada zona 3 dengan waktu tunda kerja relai sebesar 1,615 detik.

**Kata kunci :** Sistem Proteksi, Pengaman Cadangan, Relai Jarak

## ABSTRACT

*The development of Pesanggaran Conventional Substation into the Pesanggaran Gas Insulated Switchgear (GIS) as a form of increasing the reliability of the electric power system in Bali which led to changes in the protection system configuration on the transmission line connecting the GIS Pesanggaran and Nusa Dua Substation. The distance relay that was previously functioning as a primary protection was changed to backup protection due to the lack of selectivity of the distance relay in isolate the disruption and as the backup protection if the main protection experiencing a failure. Simulation testing using power system analysis software after determining the value of the distance relay setting and tested with short circuit at 110% and 180% of the transmission line length shows the distance relay has worked according to the P3B JB regulation No. 211/151/P3B/2010 and distance relay can detect disruption in zone 2 with a delay time of 0,815 seconds and detect disruption in zone 3 with a delay time of 1,615 seconds.*

**Key Words :** Protection System, Backup Protection, Distance Relay

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pelanggan PLN per jenis tegangan sebesar 5,3% pada tahun 2018-2019 menjadi salah satu alasan dikembangkannya infrastruktur sistem tenaga listrik di Bali [1],[2]. Salah satu yang dikembangkan adalah Gardu Induk (GI) Pesanggaran yang sudah beroperasi selama 20 tahun sejak 28 Januari 1994 hingga 2014 dilakukan pengembangan menjadi *Gas Insulated Switchgear* (GIS) Pesanggaran. Pengembangan Gardu Induk tersebut dilakukan karena teknologi yang diusung Gardu Induk Pesanggaran terdahulu kurang handal dibandingkan dengan Gardu Induk lainnya yang ada di Bali. Gardu Induk Pesanggaran dalam beroperasinya masih menggunakan sistem *busbar* tunggal sedangkan Gardu Induk yang lain sudah menggunakan sistem *busbar* ganda sehingga dapat beroperasi dengan kehandalan yang lebih baik dibandingkan dengan Gardu Induk yang masih menggunakan sistem *busbar* tunggal [3].

Pengembangan Gardu Induk Pesanggaran menjadi GIS Pesanggaran diikuti dengan perubahan konfigurasi saluran dan sistem proteksi salurannya. Saluran transmisi *hybrid* mengalami perubahan panjang saluran dari yang sebelumnya memiliki panjang total 13,2 kms menjadi 14,26 kms dan *uprating* pada sisi Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) dari sebelumnya memiliki KHA sebesar 550 A, mengalami *uprating* konduktor menjadi 895 A [4]. Relai jarak pada sistem proteksi saluran transmisi mengalami perubahan fungsi yang semula sebagai pengaman utama berubah menjadi pengaman cadangan jarak jauh.

Sistem proteksi yang baik menurut Penyalur dan Pengatur Pusat Beban Jawa Bali (P3B JB) haruslah memenuhi beberapa persyaratan seperti selektif, sensitif, handal dan cepat [5]. Perubahan panjang saluran transmisi, *uprating* konduktor dan perubahan fungsi relai jarak sebagai pengaman cadangan menjadi alasan perlunya dilakukan penentuan

*setting* yang tepat agar tercapainya tujuan dari sistem proteksi pada saluran transmisi yang menghubungkan GIS Pesanggaran dengan GI Nusa Dua. Penentuan *setting* relai jarak yang berfungsi sebagai pengaman cadangan pada saluran transmisi 150 KV harus memenuhi regulasi P3B JB No. 211/151/P3B/2010 dimana relai jarak yang berperan sebagai pengaman cadangan dapat mengisolasi gangguan dengan waktu tunda kerja sehingga dapat memberikan kesempatan terlebih dahulu pada relai utama untuk bekerja [6].

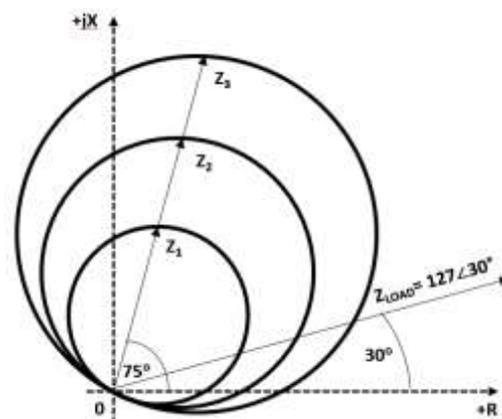
## 2. RELAI JARAK

### 2.1 Prinsip Kerja Relai Jarak

Relai Jarak memiliki prinsip kerja dengan cara membandingkan impedansi berdasarkan rasio perbandingan tegangan dan arus gangguan yang terukur pada lokasi relai terpasang dengan batas jangkauan (*reach*) yang telah ditentukan [7]. Relai jarak akan mengirimkan sinyal *trip* jika nilai impedansi yang terdeteksi lebih kecil dibandingkan nilai *setting* batas jangkauannya.

### 2.2 Karakteristik *Mho* pada Relai Jarak

Karakteristik *Mho* digambarkan dalam 3 buah lingkaran yang masing-masing mewakili cakupan zona 1, 2 dan 3 pada relai jarak. Ukuran diameter masing-masing lingkaran menggambarkan *setting reach* untuk tiap zona dan posisi lingkaran tersebut ditentukan oleh sudut fasa (*maximum torque angle*). Relai jarak akan mengirimkan sinyal



Gambar 2.1 Karakteristik Mho pada Relai Jarak

trip jika impedansi gangguan yang terdeteksi berada didalam lingkaran seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.

**2.3 Cakupan Jangkauan Relai Jarak**

Relai jarak dalam operasinya terbagi kedalam 3 zona cakupan untuk mendeteksi impedansi gangguan. Standar P3B untuk cakupan zona relai jarak adalah 80% pada zona 1, 120% pada zona 2 dan 220% pada zona 3.

**2.3.1 Zona 1**

Zona 1 menjangkau 80% panjang keseluruhan saluran dengan waktu kerja instan atau tanpa waktu tunda. Relai jarak akan mengirimkan sinyal trip secara instan atau  $T_1 = 0$  detik jika impedansi gangguan terdeteksi pada zona 1 [8].

$$Z_1 = 0,8 \cdot Z_{line1} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- $Z_1$  = Setting impedansi zona 1
- $Z_{line1}$  = Total impedansi positif/negatif saluran pertama

**2.3.2 Zona 2**

Zona 2 menjangkau 120% sampai kurang dari 180% panjang keseluruhan saluran. Relai jarak akan mengirimkan sinyal trip setelah waktu tunda selama 0,6-0,8 detik jika impedansi gangguan terdeteksi pada zona 2 [8].

$$Z_{2min} = 1,2 \cdot Z_{line1} \dots\dots\dots(2)$$

$$Z_{2max} = 0,8 (Z_{line1} + 0,8 \cdot Z_{line2}) \dots\dots(3)$$

Nilai setting impedansi relai jarak yang ditentukan harus lebih kecil dari nilai impedansi transformator.

$$Z_{2trafo} = 0,8 (Z_{line1} + 0,5 \cdot X_t) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- $Z_{2min}$  = Setting impedansi zona 2 minimum
- $Z_{2max}$  = Setting impedansi zona 2 maximum
- $Z_{2trafo}$  = Impedansi Transformator
- $X_t$  = Reaktansi Transformator
- $Z_{line2}$  = Total impedansi positif/negatif saluran kedua

Waktu tunda pada zona 2 sebesar 0,6-0,8 detik diatur ketentuannya sebagai berikut:

$$T_2 = \begin{cases} 0,4 \text{ s jika zona } Z_{max} > \text{zona } Z_{min} \\ 0,8 \text{ s jika zona } Z_{min} > \text{zona } Z_{max} \end{cases}$$

**2.3.3 Zona 3**

Zona 3 menjangkau 220% panjang keseluruhan saluran. Relai jarak akan mengirimkan sinyal trip setelah waktu tunda selama 1,2-1,6 detik jika impedansi gangguan terdeteksi pada zona 3 [8].

$$Z_{3min} = 1,2 \cdot (Z_{line1} + 0,8 \cdot Z_{line2}) \dots\dots(5)$$

$$Z_{3max} = 0,8 (Z_{line1} + 1,2 \cdot Z_{line2}) \dots\dots(6)$$

Keterangan:

- $Z_{3min}$  = Setting impedansi zona 3 minimal
- $Z_{3max}$  = Setting impedansi zona 3 maximum
- Waktu tunda pada zona 3 sebesar 1,2-1,6 detik diatur ketentuannya sebagai berikut:

$$T_3 = \begin{cases} 1,2 \text{ s jika zona } Z_{max} > \text{zona } Z_{min} \\ 1,6 \text{ s jika zona } Z_{min} > \text{zona } Z_{max} \end{cases}$$

**2.4 Maximum Torque Angle**

Maximum torque angle adalah sudut dari diameter lingkaran Mho. Maximum torque angle berfungsi untuk menentukan sudut dan posisi dari Mho-circle. Besaran sudut maximum torque angle di-setting sesuai dengan impedansi urutan positif penghantar yang akan diproteksi.

**2.5 Kompensasi Urutan Nol**

Pengukuran impedansi pada gangguan hubung singkat 1 tanah memerlukan kompensasi urutan nol untuk mengurangi kesalahan pengukuran relai jarak akibat pengukuran impedansi yang mencakup impedansi urutan nol.

$$K_0 = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1} \dots\dots\dots(7)$$

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan pada GIS Pesanggaran dan GI Nusa Dua dengan jangka waktu penelitian pada bulan April – Mei 2021.

Tahapan yang dilakukan dalam melakukan analisis dituangkan kedalam beberapa poin sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur.

2. Pengumpulan data kelistrikan saluran transmisi GIS Pesanggaran-GI Nusa Dua.
3. Menghitung nilai *setting* relai jarak sebagai pengaman cadangan GIS Pesanggaran-GI Nusa Dua.
4. Melakukan pengujian hasil nilai *setting* relai jarak sebagai pengaman cadangan GIS Pesanggaran-GI Nusa Dua dengan bantuan perangkat lunak di komputer untuk melihat apakah relai jarak dapat berkoordinasi dan bekerja sesuai dengan regulasi P3B No. 211/151/P3B/2010.
5. Menganalisis hasil dari simulasi.
6. Menarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Menentukan *Setting* Relai Jarak sebagai Pengaman Cadangan

###### 4.1.1 Impedansi Saluran Transmisi 150 kV

Saluran transmisi *hybrid* 150 kV yang menghubungkan GIS Pesanggaran dan GI Nusa Dua mengalami perubahan panjang saluran dari sebelumnya 13,4 kms menjadi 14,26 kms dengan konfigurasi 7,06 kms pada sisi SKTT dan 7,20 kms pada sisi SUTT. Spesifikasi saluran transmisi yang digunakan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Saluran Transmisi

Saluran	Panjang (km)	Jenis Penghantar	Penampang (mm <sup>2</sup> )	Total Impedansi Urutan Positif (Ω)	Total Impedansi Urutan Nol (Ω)
GIS Pesanggaran -GI Nusa Dua	14,26 km	TACSR dan XLPE	240 mm <sup>2</sup> dan 1200 mm <sup>2</sup>	1,46517+ j2,92844	1,3345 + j3,41178
GI Nusa Dua-GIS Pecatu	12,08 km	XLPE	1200 mm <sup>2</sup>	0,9462264+ j0,234352	0,37389+ j1,4193396

Sumber: PT. PLN APP Bali

###### 4.1.2 Reaktansi Transformator

Spesifikasi transformator yang digunakan pada Gardu Induk (GI) Nusa Dua ditampilkan pada tabel 2. Diketahui dari

Tabel 2. Spesifikasi Transformator

Bay Trafo	Merk	Type	MVA	Tegangan		Vektor Group	Imp (%)
				P	S		
Trafo 1	SHANDONG	SFZ11-60000/150	60	150	20	YNyn0(d)	12,50
Trafo 2	POUWELS	ORF 60/275	60	150	20	YNyn0(d)	12,32
Trafo 3	UNINDO	PO60LEC942	60	150	20	YNyn0(d1)	12,24

Sumber: PT. PLN APP Bali

ketiga transformator masing-masing memiliki reaktansi sebesar 46,875 Ω/km, 46,2 Ω/km dan 45,9 Ω/km. Reaktansi transformator UNINDO PO60LEC942 sebesar 45,9 Ω/km merupakan reaktansi transformator terkecil.

###### 4.1.3 Relai *Micom* P545

*Micom* P545 merupakan relai diferensial dengan relai jarak sebagai proteksi opsional yang digunakan pada Sistem proteksi saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan GIS Pesanggaran-GI Nusa Dua [9]. Data teknis rasio *current transformer* (CT) dan *Voltage Transformer* (VT) relai Alstom *Micom* P545 ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3 Rasio CT dan VT pada relai *Micom* P545

Gardu Induk	Bay	Merk / Type	Rasio CT	Rasio VT
GIS Pesanggaran	Nusa Dua 1	Alstom <i>Micom</i> P545	2000/1	150000/100
	Nusa Dua 2	Alstom <i>Micom</i> P545	2000/1	150000/100

Sumber: PT. PLN P3B JB APP

###### 4.1.4 Zona Jangkauan Relai Jarak

Relai jarak yang berfungsi sebagai pengaman cadangan pada saluran transmisi hanya memfungsikan zona 2 dan zona 3 dengan waktu tunda yang ditentukan sesuai dengan regulasi P3B No. 211/151/P3B/2010. Hal ini dilakukan untuk memberikan kesempatan pada relai utama untuk bekerja terlebih dahulu.

(a) Zona 2

Jangkauan zona 2 ditentukan dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) sebagai berikut.

$$Z_{2min} = 1,2 \times Z_{line1} = 1,758204 + j3,514128$$

$$Z_{2min} = 3,92942 \Omega$$

$$\begin{aligned}\theta_{phs} &= 63,4201^\circ \\ Z_{2max} &= 0,8 \times (Z_{line1} + 0,8 \times Z_{line2}) \\ &= 1,777720896 + j2,49273728 \\ Z_{2max} &= 3,0617 \\ \theta_{phs} &= 54,505^\circ\end{aligned}$$

Hasil perhitungan zona 2 menunjukkan bahwa nilai  $Z_{2min}$  sebesar 3,92942  $\Omega$  lebih besar dibandingkan dengan  $Z_{2max}$  sebesar 3,0617  $\Omega$  sehingga ditentukan waktu tunda zona 2 sebesar 0,8 detik.

(b) Zona 3

Jangkauan zona 3 ditentukan dengan menggunakan persamaan (5) dan (6) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}Z_{3min} &= 1,2 \times (Z_{line1} + 0,8 \times Z_{line2}) \\ &= 2,666581344 + j3,73910592 \Omega \\ Z_{3min} &= 4,59256 \Omega \\ \theta_{phs} &= 54,505^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_{3max} &= 0,8 \times (Z_{line1} + 1,2 \times Z_{line2}) \\ &= 2,080513344 + j2.56772992 \Omega\end{aligned}$$

$$Z_{3max} = 3,30481 \Omega$$

$$\theta_{phs} = 50,9837^\circ$$

Hasil perhitungan zona 3 menunjukkan bahwa nilai  $Z_{3min}$  sebesar 4,59256  $\Omega$  lebih besar dibandingkan dengan  $Z_{3max}$  sebesar 3,30481  $\Omega$  sehingga ditentukan waktu tunda zona 2 sebesar 1,6 detik.

**4.1.5 Kompensasi Urutan Nol**

Kompensasi urutan nol ditentukan menggunakan persamaan (7) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}K_0 &= \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1} \\ &= 0,0380502 + j0,0339111\end{aligned}$$

$$K_0 = 0,0509684$$

$$\theta_{phs} = 41,7081^\circ$$

**4.2 Simulasi Gangguan Hubung Singkat**

Beberapa skenario percobaan diujikan untuk melihat kerja relai jarak

sebagai pengaman cadangan dalam mendeteksi gangguan hubung singkat satu

**Tabel 4. Skenario Gangguan Simulasi**

Skenario	Jenis Gangguan	Lokasi Gangguan (%)	Saluran
1	Antar Fasa	110% dan 180%	Pesanggaran-Nusa Dua
2	1 Fasa ke Tanah	110% dan 180%	Pesanggaran-Nusa Dua

**4.2.1 Skenario Gangguan 1**

Skenario 1 mensimulasikan terjadinya gangguan pada 110% panjang saluran atau pada KM 1,2 dan 180% panjang saluran atau pada KM 9,6 saluran yang menghubungkan GI Nusa Dua dan GIS Pecatu. Skenario ini bertujuan untuk mengetahui kinerja relai jarak dalam mendeteksi gangguan hubung singkat antar fasa pada zona 2 dan zona 3.

(a) Skenario Gangguan Antar Fasa pada Zona 2

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa relai jarak mendeteksi gangguan hubung singkat antar fasa ditandai dengan impedansi yang terdeteksi pada zona 2 sebesar 3,611 $\angle$ 73,31°. Relai jarak mengirimkan sinyal *trip* dengan waktu tunda 0,815 detik dikarenakan impedansi terdeteksi dibawah nilai setting zona 2 yakni sebesar 3,9294 $\angle$ 63,42°. Hal tersebut menunjukkan bahwa relai jarak dalam operasinya sudah memenuhi persyaratan proteksi P3B Jawa Bali.

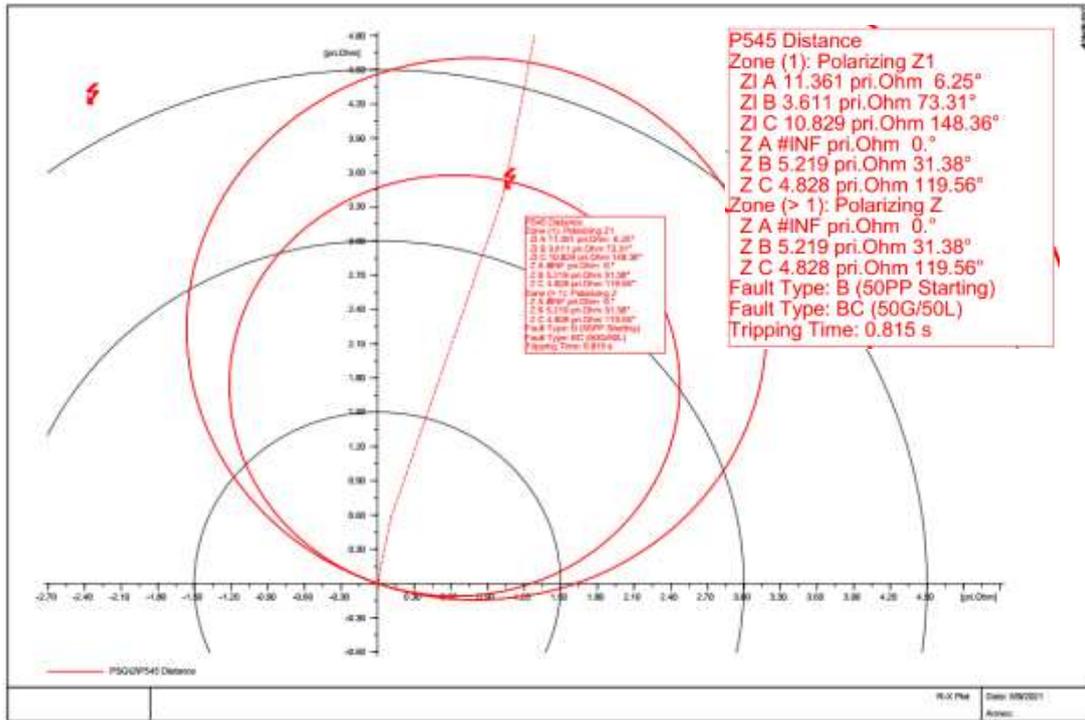
(b) Skenario Gangguan Antar Fasa pada Zona 2

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa relai jarak mendeteksi gangguan hubung singkat antar fasa ditandai dengan impedansi yang terdeteksi pada zona 3 sebesar 4,302 $\angle$ 74,29°. Relai jarak mengirimkan sinyal *trip* dengan waktu tunda 1,615 detik dikarenakan impedansi terdeteksi dibawah nilai setting zona 3 yakni sebesar 4,592 $\angle$ 54,50°. Hal tersebut menunjukkan bahwa relai jarak dalam operasinya sudah memenuhi persyaratan proteksi P3B Jawa Bali.

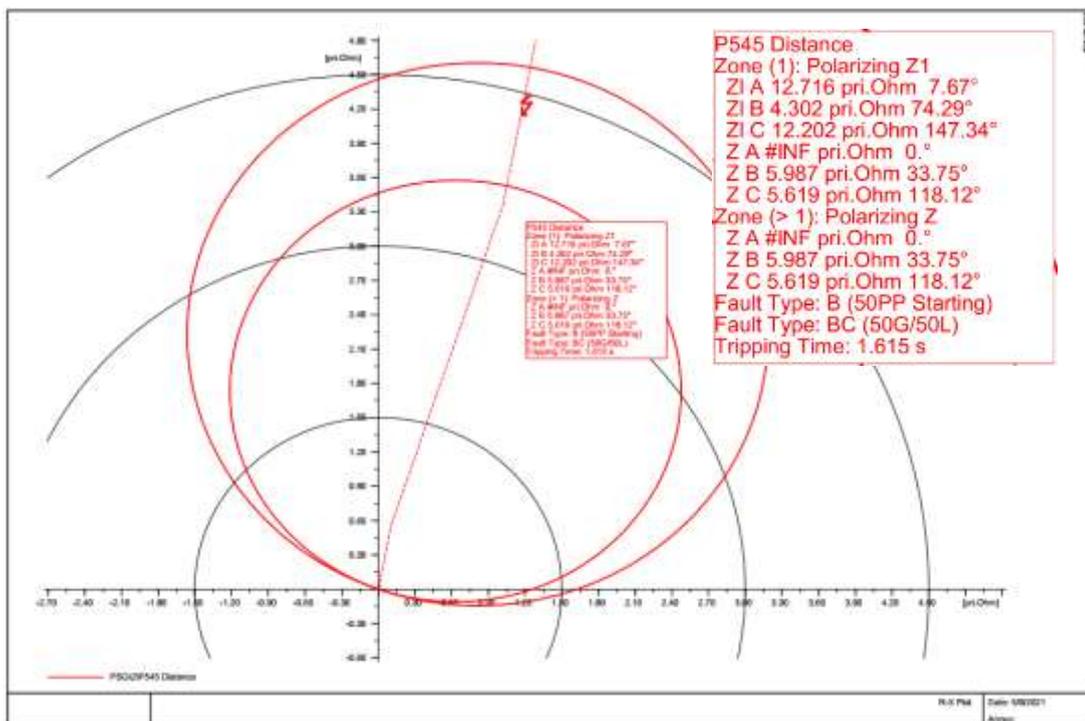
**4.2.2 Skenario Gangguan 2**

Skenario 2 menempatkan terjadinya gangguan pada 110% atau KM 1,2 dan 180% atau KM 9,6 panjang keseluruhan saluran yang menghubungkan GI Nusa Dua dan GIS Pecatu. Skenario ini bertujuan

untuk mengetahui kinerja relai jarak yang berfungsi sebagai pengaman cadangan dalam mendeteksi gangguan satu fasa ke tanah pada zona 2 dan zona 3.



Gambar 4.1 R-X Plot Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa pada 110% Panjang Saluran



Gambar 4.2 R-X Plot Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa pada 180% Panjang Saluran

- (a) Skenario Gangguan Satu Fasa ke Tanah pada Zona 2

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa relai jarak mendeteksi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ditandai dengan nilai impedansi sebesar  $4,88 \angle 66,06^\circ$ . Relai jarak mendeteksi gangguan diluar dari zona proteksinya sehingga relai jarak tetap dalam kondisi *stand by*. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan *high resistance* akan menambah nilai  $R_f$  (tahanan gangguan). Koordinasi pengaman lokal seperti *Over Current Relay* (OCR), *Ground Fault Relay* (GFR) atau relai *Directional Earth Fault* (DEF) dapat mengisolasi gangguan saat relai jarak mendeteksi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah diluar zona kerjanya.

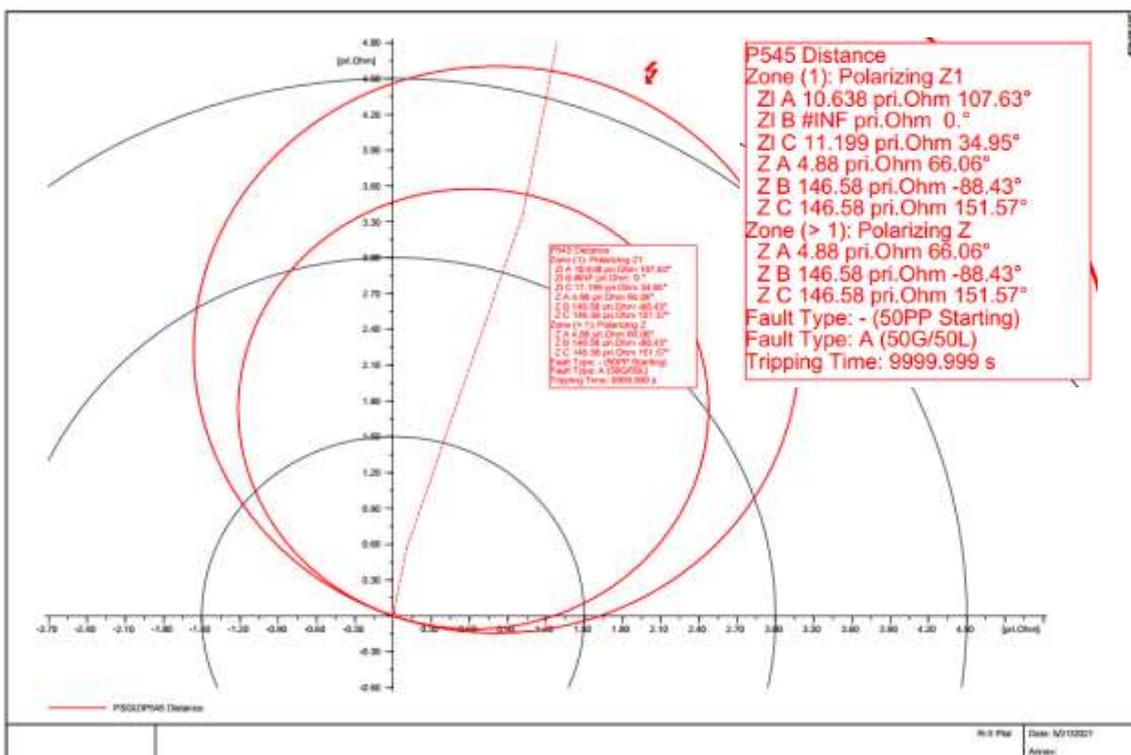
- (b) Skenario Gangguan Satu Fasa ke Tanah pada Zona 3

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa relai jarak mendeteksi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ditandai dengan nilai impedansi sebesar  $6,102 \angle 65,21^\circ$ . Relai jarak mendeteksi gangguan diluar dari zona proteksinya sehingga relai jarak tetap dalam kondisi *stand by*. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan *high*

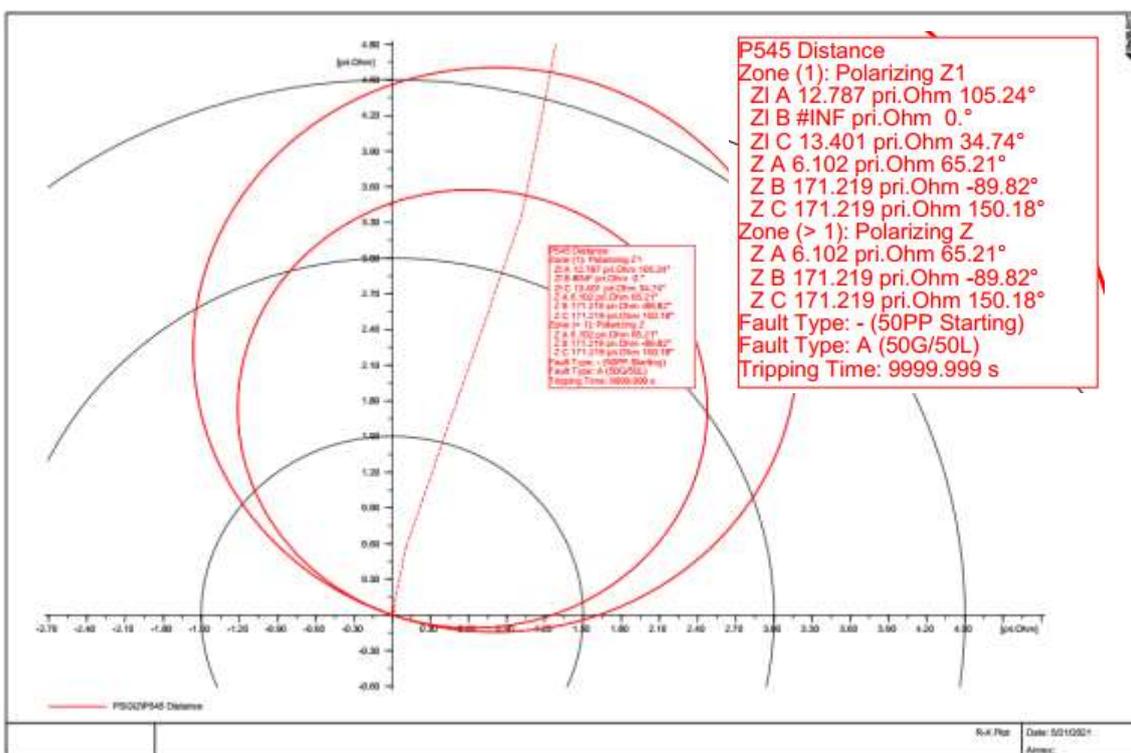
*resistance* akan menambah nilai  $R_f$  (Tahanan Gangguan). Koordinasi pengaman lokal seperti *Over Current Relay* (OCR), *Ground Fault Relay* (GFR) atau relai *Directional Earth Fault* (DEF) dapat mengisolasi gangguan saat relai jarak mendeteksi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah diluar zona kerjanya [10].

#### 4.3 Koordinasi Waktu Kerja Relai Jarak dan Relai Diferensial

Hasil simulasi gangguan pada relai jarak yang berfungsi sebagai pengaman cadangan menunjukkan bahwa relai jarak dapat mendeteksi gangguan dan mengirimkan sinyal trip pada 0,815 detik pada zona 2 dan 1,615 detik pada zona 3 sehingga relai jarak sudah bekerja sesuai dengan persyaratan proteksi yang ditetapkan oleh P3B. Gambar 4.8 menunjukkan bahwa tidak terjadi *overlapping* waktu kerja antara relai diferensial dengan relai jarak dikarenakan relai diferensial akan beroperasi secara instant atau tanpa waktu tunda [11], sedangkan relai jarak sebagai proteksi cadangan akan mendeteksi gangguan dan mengirimkan sinyal trip pada waktu tunda 0,8 detik pada zona 2 dan 1,6 detik pada



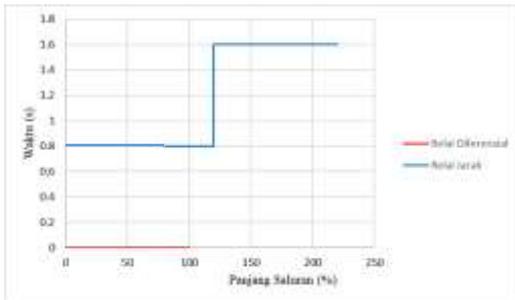
Gambar 4.3 R-X Plot Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada 110% Panjang Saluran



Gambar 4.4 R-X Plot Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada 180% Panjang Saluran

zona 3 jika pengaman utama dalam hal ini mengalami kegagalan kerja. Cakupan deteksi relai jarak dalam mendeteksi

gangguan lebih luas dibandingkan dengan relai diferensial.



Gambar 4.5 Koordinasi Waktu Kerja Relai Diferensial dengan Relai Jarak

## 5. KESIMPULAN

Analisis yang dilakukan menunjukkan beberapa simpulan yang dituangkan kedalam beberapa poin sebagai berikut:

1. Relai jarak yang mengalami perubahan posisi sebagai pengaman cadangan pada sistem proteksi saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan GIS Pesanggaran-GI Nusa Dua sudah mendeteksi dan mengisolasi gangguan jika impedansi gangguan yang terdeteksi pada saluran transmisi bernilai dibawah *setting* relai jarak yang sudah ditentukan dengan *setting reach* impedansi sebesar  $3,9294 \angle 63,42^\circ$  pada zona 2 dan  $4,592 \angle 54,50^\circ$  pada zona 3.
2. *Setting reach* pada relai jarak yang berfungsi sebagai pengaman cadangan pada saluran transmisi 150 kV hanya memanfaatkan zona 2 dan zona 3 untuk mendeteksi dan mengisolasi gangguan. Relai akan bekerja dengan waktu tunda 0,815 detik pada zona 2 dan 1,615 detik pada zona 3. Waktu kerja relai jarak yang difungsikan sebagai pengaman cadangan sudah sesuai dengan regulasi P3B no. 211/151/P3B/2010.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN. 2019. Statistik PLN 2018. Jakarta: PT. PLN. p. 11
- [2] PT. PLN. 2020. Statistik PLN 2019. Jakarta: PT. PLN. p. 11
- [3] Hidayatullah, K; Hartati, R.S; Sukerayasa, I.W. Analisis Penentuan

Setting Distance Relay Penghantar SUTT 150 KV GIS Pesanggaran-GI Pemecutan Klod. Jurnal Ilmiah SPEKTRUM, 2019, 6.1: 134

- [4] PT. PLN. Single Line Bali. Bali: PT. PLN UP2B Bali.
- [5] Karyana. 2013. Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali. Jakarta: PT. PLN. p. 8-10
- [6] Karyana. 2013. Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali. Jakarta: PT. PLN. p. 101
- [7] Bakshi, U. A; Bakshi, M. V. Protection and Switchgear. Technical Publications, 2009: 4-1.
- [8] PT. PLN. 2015. Workshop Setting dan Scanning Sistem Proteksi. Gandul: P3B Jawa Bali.
- [9] Micom P54x Technical Manual Platform Software Version 45&55 Publication Reference: P54x/EN M/La4
- [10] Fauzany, R. A.; Arjana, I. G. D; Partha, C. G. I. Analisis Resetting Relai Jarak akibat Uprating Konduktor GIS Pesanggaran-GI Sanur. Jurnal Ilmiah SPEKTRUM, 2019, 6.2: 16.
- [11] Dharmawan, N. B; Ariastina, W. G; Amrita, A. A. N. Studi Sistem Proteksi Line Current Differential Relay pada Saluran Transmisi 150 KV. Jurnal Ilmiah SPEKTRUM, 2020, 7.1: 152.