# Analisis Nilai *Preset Distance Relay* GI Batu Besar - GI Baloi dan GI Baloi - GI Harapan pada Jaringan Transmisi Udara 150 kV Menggunakan *DigSILENT Power Factory 15.1*

# Aditya Ramadan Nugraha, Syahrial

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: adityarmdn15@qmail.com

Received 30 November 201x | Revised 30 Desember 201x | Accepted 30 Januari 201x

#### **ABSTRAK**

Distance Relay berfungsi mengamankan saluran transmisi yang saling terhubung dari gardu induk satu dengan gardu induk lainnya. Dengan merasakan impedansi yang diperoleh dari hasil perbandingan antara tegangan dan arus pada saluran. Dari uraian tersebut penulis menguji dan menganalisis nilai preset setting distance relay untuk mengetahui keandalan distance relay pada saluran tersebut. Data setting hasil perhitungan akan dibandingkan dengan data dari perusahaan lalu nilai tersebut diuji dengan menggunakan DigSILENT Power Factory 15.1. Pada penelitian diperoleh setting relai GI B.Besar-GI Baloi  $Z_1$ =2,07 $\Omega$ ,  $Z_2$ =3,28 $\Omega$ ,  $Z_3$ =3,49 $\Omega$ . Dan setting relai GI Baloi-GI Harapan  $Z_1$ =1,51 $\Omega$ ,  $Z_2$ =1,77 $\Omega$ ,  $Z_3$ =2,88 $\Omega$ . Hasil uji simulasi pada saluran ZL1 dan ZL2 diperoleh nilai impedansi gangguan  $Z_{(60\%)}$ =1,55 $\Omega$ ,  $Z_{(100\%)}$ =2,59 $\Omega$ ,  $Z_{(40\%)}$ =0,75  $\Omega$ ,  $Z_{(100\%)}$ =1,89 $\Omega$ . uji simulasi tersebut menunjukkan bahwa distance relay bekerja ketika nilai impedansi yang dideteksi lebih kecil dari nilai pengaturan.

Kata kunci: gardu induk, impedansi, relai proteksi, relai jarak, saluran transmisi

#### **ABSTRACT**

Distance Relay serves to secure the transmission lines that are connected to each other from one substation to another. By detecting the impedance obtained from the comparison between the voltage and current in the line. From this description, the author tests and analyzes the preset value of the distance relay setting to determine the reliability of the distance relay on the line. The calculated setting data will be compared with data from the company and then the value is tested using DigSILENT Power Factory 15.1. In the study, the relay settings for GI B. Besar-GI Baloi were  $Z1=2.07\Omega$ ,  $Z2=3.28\Omega$ ,  $Z3=3.49\Omega$ . And setting relay GI Baloi-GI Harapan  $Z1=1.51\Omega$ ,  $Z2=1.77\Omega$ ,  $Z3=2.88\Omega$ . The results of the simulation test on the ZL1 and Zl2 channels obtained the value of the interference impedance  $Zf(60\%)=1.55\Omega$ ,  $Zf(100\%)=2.59\Omega$ , Zf(40%)=0.75,  $Zf(100\%)=1.89\Omega$ . The simulation test shows that the Distance Relay works when the detected impedance value is smaller than the setting value.

**Keywords:** substation, impedance, protection relay, distance relay, transmision line

#### 1. PENDAHULUAN

Dalam sebuah sistem tenaga listrik tentunya terdiri dari sekumpulan pembangkit listrik dan gardu induk yang masing-masing terhubung oleh sistem penyaluran (transmisi dan distribusi). Setiap penyaluran energi listrik tersebut berpotensi mendapat gangguan, salah satunya akibat sambaran petir ataupun gangguan lainnya seperti kegagalan isolator pada sistem penyaluran listrik. Setiap gangguan tersebut akan merusak peralatan listrik di sisi pembangkit ataupun di sisi gardu induk karena arus lebih.

Didalam jaringan transmisi terdapat sistem proteksi yang sangat penting, yaitu rele proteksi yang berfungsi mendekteksi terjadinya gangguan pada kondisi *abnormal* dengan membaca besaran listrik dalam keadaan gangguan maupun normal. Salah satu jenis rele yang digunakan adalah Rele jarak sebagai pengaman utama **(Hadi, 2017)**.

Pada umumnya rele yang digunakan untuk mengamankan saluran transmisi tersebut yaitu rele jarak yang berfungsi sebagai proteksi utama pada saluran transmisi. Rele jarak mengukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan yang terlihat dari rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat di tentukan **(Izykowski, 2008).** 

Untuk melakukan penalaan ulang rele jarak agar kembali berfungsi sebagaimana mestinya, maka akan dilakukan simulasi hubung singkat baik untuk hubung singkat tiga fasa, dua fasa maupun satu fasa ke tanah yang nantinya berguna untuk mengetahui impedansi gangguan akibat hubung singkat (Lestari, 2010)

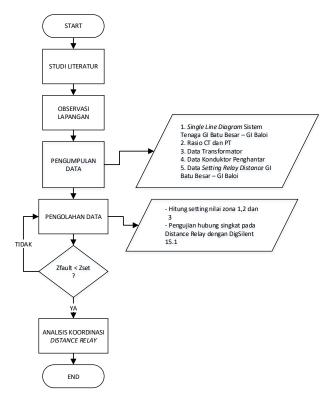
Maka dari itu saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan GI Batu Besar-GI Baloi dan GI Baloi-GI Harapan PT. PLN BRIGHT BATAM digunakanlah proteksi *Distance Relay* (Relai Jarak) pada saluran transmisi untuk meminimalisir terjadinya arus lebih pada saluran. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian satu arah terhadap *distance relay* yang terpasang pada *line* 1 GI Batu Besar - GI Baloi, *line* 1 GI Baloi – GI Harapan. Ketika terjadinya arus lebih pada saluran akan menyebabkan nilai impedansi pada saluran menurun.

Maka dari itu karena *distance relay* mendeteksi penurunan impedansi pada saluran diperlukanlah perhitungan nilai impedansi *setting* untuk relai. Lalu nilai *setting* impedansi tersebut harus diuji dengan pengujian hubung singkat pada saluran untuk memperoleh nilai impedansi gangguan. Dari uji simulasi hubung singkat tersebut kita dapat melihat respon dari relai, apakah relai tersebut bekerja dengan baik ataukah relai tersebut tidak merespon ketika terjadi penurunan nilai impedansi hingga melewati nilai *setting* yang sebelumnya telah dihitung.

#### 2. METODOLOGI

### 2.1 Diagram Alir

Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1, dengan diawali studi literatur untuk mencari referensi dari setiap pembahasan *Setting Distance Relay* secara perhitungan manual hingga pengujian, sehingga tahap selanjutnya dilakukan observasi lapangan untuk mendapatkan data saluran yaitu: *single line diagram Distance Relay*, rasio CT dan PT, data Transformator, data konduktor penghantar, data *setting Distance Relay*. Observasi lapangan tersebut dilaksanakan di GI. Batu Besar dan GI. Baloi PT. PLN Bright Batam.



Gambar 1. Diagram Alir

### 2.2 Langkah-Langkah Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini:

### 2.2.1 Studi Literatur

Tahap Studi literatur adalah kajian atas referensi – referensi yang ada baik berupa buku, karya ilmiah dan melalui internet yang berhubungan dengan pembahasan *setting distance relay* secara perhitungan manual.

### 2.2.2 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap mengumpulkan seluruh data yang tertera pada Gambar 1. Data yang diperoleh tidak sepenuhnya didapatkan dari hasil observasi, namun ada juga beberapa data sekunder seperti: *single line diagram*, rasio CT (*Current Transformer*) dan PT (*Potential Transformer*), data trafo dan data konduktor penghantar.

# 2.2.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini, dilakukan tiga macam perhitungan yaitu perhitungan impedansi, perhitungan setting distance relay (pengaturan relai jarak) dan pengujian hubung singkat yakni sebagai berikut:

### 1. Perhitungan Impedansi

a. Menghitung impedansi total urutan positif/negative dan urutan nol sesuai dengan menggunakan persamaan (1) dan (2):

$$Z_L = L \times Z \tag{1}$$

$$Z_{L0} = L \times Z((0.15 + R) + 3jX) \tag{2}$$

 $Z = Impedansi saluran (\Omega/km)$ 

 $Z_L$  = Impedansi total saluran urutan positif/negatif ( $\Omega$ )

 $Z_{L0}$  = Impedansi total saluran urutan nol ( $\Omega$ )

L = Panjang saluran (km)

# (Anonim, 2006)

b. Menghitung impedansi transformator sesuai dengan menggunakan persamaan (3) berikut:

$$Z_T = X_{T1} = X_{T2} = \frac{Z \times (kV)^2}{MVA}$$
 (3)

Z = Impedansi trafo (%)

 $X_{T1}$  = Reaktansi transformator urutan positif

 $X_{T2}$  = Reaktansi transformator urutan negatif

kV = Tegangan nominal (kV)

MVA = Daya Transformator (MVA)

### (Ariyanto, 2017)

### 2. Perhitungan Setting Distance Relay

### a. Menghitung Faktor Impedansi

Untuk menentukan nilai *setting* diperlukan nilai rasio antara CT dan PT karena relai tidak dapat menerima input secara langsung dari sistem melainkan input dikonversi terlebih dahulu oleh CT dan PT, sehingga didapatkan nilai Faktor impedansi. Berikut persamaan (4) yang digunakan (**Ariyanto**, **2017**):

$$K_z = \frac{PT}{CT} \tag{4}$$

PT = Rasio PT

CT = Rasio CT

### b. Menghitung Zona 1, 2 dan 3

Jangkauan Zona 1 harus mencakup daerah jangkauan sejauh mungkin, namun tidak boleh melewati GI yang ada di depannya. Karena adanya kesalahan-kesalahan dalam

pembacaan CT dan PT serta pembacaan pada relai itu sendiri, sehingga diasumsikan total kesalahan 20%. Karena itu Zona 1 hanya mencakup 80% jangkauan saluran yang diamankan. Digunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$$Z_1 = 0.8 \times Z_{L1} {5}$$

Jangkauan Zona 2 harus dapat menjangkau sisa saluran yang tidak dapat dijangkau oleh Zona 1, namun tidak boleh melebihi saluran zona 2 seksi berikutnya. Karena zona 1 memiliki kesalahan sebesar 20% maka Zona 2 memiliki *setting* minimum dan maksimum seperti persamaan (6) dan (7) berikut:

$$Z_{2min} = 1.2 \times Z_{L1} \tag{6}$$

$$Z_{2maks} = 0.8 \times (Z_{L1} + (0.8 \times Z_{L2}))$$
 (7)

Jika terdapat trafo daya di depan saluran yang diamankan maka nilai zona 2 sebaiknya tidak melebihi nilai impedansi trafo daya tersebut, sehingga dapat dihitung dengan persamaan (8) berikut:

$$Z_{2maks2} = 0.8 \times Z_{L1} + k \times Z_{T1} \tag{8}$$

K merupakan Faktor infeed bernilai 1 karena saluran transmisi ganda ke ganda akan mempengaruhi pembacaan pada relai.

Pada jangkauan Zona 3 diusahakan dapat menjangkau seluruh seksi berikutnya sehingga *setting* Zona 3 ditunjukkan pada persamaan (9) dan (10) dibawah ini:

$$Z_{3maks} = 0.8 \times \left( Z_{L1} + \left( 0.8 \times \left( Z_{L2} + (0.8 \times Z_{L3}) \right) \right) \right)$$
 (9)

$$Z_{3min} = 1.2 (Z_{L1} + k \times Z_{L2})$$
 (10)

Untuk *setting* Zona 3 jika ada trafo daya pada saluran di depannya maka sebaiknya tidak melebihi nilai impedansi trafo tersebut. Sehingga digunakanlah persamaan (11) dibawah ini:

$$Z_{3maks2} = 0.8 \times (Z_{L1} + k \times Z_{T2})$$
 (11)  
(Sudrajat, 2014)

### c. Menghitung Impedansi Sekunder

Impedansi sekunder atau impedansi yang dirasakan relai merupakan nilai konversi dari nilai impedansi nyata yang dikalikan dengan nilai rasio CT dan PT, menggunakan persamaan (12) berikut. (**Ariyanto, 2017**)

$$Z_{1,2,3 \, sekunder} = K_Z \times Z_{1,2,3}$$
 (12)

### 3. Pengujian Hubung Singkat

Pengujian yang dilakukan menggunakan simulasi untuk mendapatkan nilai impedansi gangguan Z<sub>f</sub>. Dari hasil pengujian simulasi akan didapatkan nilai tegangan gangguan V<sub>f</sub>

dan arus gangguan  $I_f$ . Skenario yang dilakukan adalah gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa-tanah, dengan jarak gangguan 60% dan 100% saluran  $Z_{L1}$  serta 40% dan 100% saluran  $Z_{L2}$ , yang nantinya diperoleh parameter sebagai berikut:

### a. Gangguan 3 Fasa

Parameter yang diperoleh dari pengujian gangguan 3 fasa ini adalah  $V_f$  dan  $I_f$ . Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$Z_{f (Primer)} = \frac{V_f}{I_f}$$
 (13)

(Ariyanto, 2017)

# b. Gangguan 2 Fasa

Parameter yang didapatkan dari pengujian gangguan 2 fasa ini adalah  $V_f$  fasa b,  $V_f$  fasa c,  $I_f$  fasa b dan  $I_f$  fasa c. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$Z_{f (Primer)} = \frac{V_f b - V_f c}{I_f b - I_f c}$$
 (14)

(Ariyanto, 2017)

### c. Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Parameter yang didapatkan dari pengujian gangguan 1 fasa ke tanah adalah  $V_f$  dan  $I_f$ . Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$Z_{f (Primer)} = \frac{V_f}{I_f + K_0 I_{RN}}$$
 (15)

$$\mathsf{K}_0 = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1} \tag{16}$$

(Ariyanto, 2017)

#### 2.2.6 Analisis Data

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai impedansi relai. Hasil perhitungan yang diperoleh dibandingkan dengan nilai impedansi relai dari perusahaan. Lalu nilai impedansi yang diperoleh diuji dengan menggunakan simulasi *program DigSILENT Power factory* 15.1.

### 2.2.7 Kesimpulan

Pada tahap ini, hasil data yang telah dianalisa diharapkan menghasilkan jawaban dari tujuan penelitian yang dilakukan.

### 2.2.8 Selesai

Pada tahap ini, laporan hasil penelitian telah selesai lalu diserahkan kepada dosen pembimbing sebagai bukti laporan penelitian yang telah dilaksanakan, serta laporan tersebut diuji oleh dosen penguji untuk dinilai.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Single Line Diagram Distance Relay

Untuk melakukan penelitian *setting distance relay* pada saluran 150kV GI Batu Besar-GI Baloi dan GI Baloi-GI Harapan diperoleh data *single line diagram distance relay* seperti yang ditunjukan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut diperlihatkan saluran *line 1* dari GI Batu Besar hingga GI Panaran yang diproteksi oleh *Distance Relay*.



Gambar 2. Single Line Diagram Distance Relay

#### 3.2 Data Konduktor Saluran Transmisi 150 kV

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukan data saluran yang menghubungkan setia gardu induk yang terdiri dari Kapasitas Hantar Arus (KHA), panjang penghantar, jenis konduktor dan nilai impedansi konduktor per kilometer.

	SIMPUL 1	SIMPUL 2	PANJANG		KONDUKTOR						
NO	LOKASI	LOKASI	(km)	KET.	JENIS	DAYA (MVA)	UKURAN (mm²)	KHA (A)			
1	Batu Besar	Baloi	9,67	2 Sirkit	ACCC	324	lx310	1250			
2	Baloi	Sei harapan	7,05	2 Sirkit	Lisbon	324	lx310	1250			
3	Sei Harapan	V Conection Sagulung	3,11	2 Sirkit	ACSR	392	2x428.8	1509			
4	V . Connection Sagulung	Panaran	15,56	2 Sirkit	ZEBRA	392	2x428.8	1509			

**Tabel 1. Jenis Penghantar Yang Digunakan** 

**Tabel 2. Data Impedansi Konduktor** 

NO	SIMPUL 1	SIMPUL 2	Impedansi (Ω/km)			
110	LOKASI	LOKASI	R	jΧ		
1	Batu Besar	Baloi	0,2988	0,4049		
2	Baloi	Sei harapan	0,2988	0,4049		
3	Sei Harapan	V Conection Sagulung	0,0397	0,272		
4	V Conection Sagulung	Panaran	0,0397	0,272		

#### 3.3 Data Rasio CT dan PT

Lalu data rasio CT dan rasio PT yang terpasang pada setiap gardu induk:

Rasio CT : 800 : 1

Rasio PT : 150000 : 100

#### 3.4 Data Transformator

Tabel 3 dibawah ini, menunjukkan 2 spesifikasi transformator yang digunakan pada masing-masing gardu induk.

**Tabel 3. Data Transformator** 

Transformator	GI Baloi	Transformator GI Harapan				
Merk	PASTI	Merk	PAUWELS			
Kapasitas Transformator	60 MVA	Kapasitas Transformator	30 MVA			
Tegangan Primer	20 kV	Tegangan Primer	20 kV			
Tegangan Sekunder	150 kV	Tegangan Sekunder	150 kV			
Arus Nominal	1732,1 / 230,9 A	Arus Nominal	866 / 115,4 A			
Impedansi	12%	Impedansi	12,5%			

### 3.5 Hasil Perhitungan

### 3.5.1 Hasil Perhitungan Faktor Impedansi

Ketika menghitung *Setting Relay Distance* kita harus menentukan faktor impedansi terlebih dahulu seperti dibawah ini:

$$K_Z = \frac{100/150000}{1/800} = 0,533$$

### 3.5.2 Hasil Perhitungan Impedansi

### 1. Impedansi Saluran

Perhitungan impedansi dilakukan pada setiap saluran diantaranya saluran yang menghubungkan GI Batu Besar – GI Baloi, GI Baloi – GI Harapan, GI Harapan – V *Connection* GI Sagulung dan V *Connection* GI Sagulung – GI Panaran. Berikut merupakan salah satu perhitungan impedansi saluran GI Batu Besar – GI Baloi:

$$Z_{l,1} = 9,67 \times (0,2988 + j0,4049) \Omega/km = 2,88939 + j3,915383 \Omega$$

$$Z_{L01} = 9,67 \times ((0,15 + 0,2988) + j(3 \times 0,4049)) = 4,33989 + j11,74615 \Omega$$

Hasil keseluruhan perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.

No	Gardu Induk		Panjang		
140	Gardu Induk	$\mathbf{Z}_1$	$\mathbb{Z}_2$	$\mathbf{Z}_0$	(km)
1	Batu Besar – Baloi	2,8893 + j3,9153	2,8893 + j3,9153	4,3398 + j11,7461	9,67
2	Baloi - Harapan	2,1065 + j2,8545	2,1065 + j2,8545	3,1640 + j8,5636	7,05
3	Harapan - V. Connection Sagulung	0,1234 + j0,8459	0,1234 + j0,8459	0,5899 + j2,5377	3,11
4	V. Connection Sagulung - Panaran	0,6177 + j4,2323	0,6177 + j4,2323	2,9517 + j12.6969	15,56

# 2. Impedansi Trafo

Menghitung impedansi trafo urutan positif/negatif:

$$Z_1 = Z_2 = j \frac{0.12 \times 150^2}{60} = j45 \Omega$$

### 3. Perhitungan Setting Relay Distance Setiap Zona Proteksi

Hasil perhitungan zona proteksi dibagi menjadi dua bagian yaitu perhitungan primer dan sekunder. Hasil perhitungan primer ditunjukkan pada Tabel 5 dan hasil perhitungan sekunder ditunjukkan pada Tabel 6.

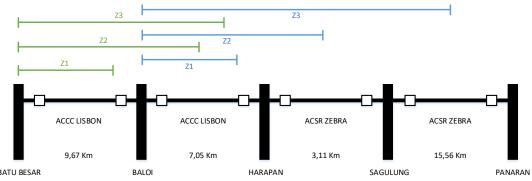
Tabel 5. Hasil Perhitungan Setting Setiap Zona Primer dengan Data Setting PLN

Relai Pada Gardu	Pe	rhitungar	ι (Ω)	PLN (Ω)			
Induk	$\mathbf{Z}_1$	Z <sub>1</sub> Z <sub>2maks</sub> Z <sub>3maks</sub>		$\mathbf{Z}_1$	$\mathbf{Z}_2$	$\mathbb{Z}_3$	
BB - Baloi	3,89	6,16	6,55	3,85	6,09	6,49	
Baloi – Harapan	2,83	3,33	5,40	2,80	3,30	5,38	

Tabel 6. Hasil Perhitungan Setting Setiap Zona Sekunder dengan Data Setting PLN

Relai Pada Gardu	Perl	nitungar	ι (Ω)	PLN (Ω)			Wa	Waktu (detik)			
Induk	Z <sub>1sek</sub>	$\mathbb{Z}_{2\mathrm{sek}}$	$\mathbb{Z}_{3\mathrm{sek}}$	$\mathbf{Z}_1$	$\mathbb{Z}_2$	$\mathbb{Z}_3$	$t_1$	$\mathbf{t}_2$	t <sub>3</sub>		
BB - Baloi	2,07	3,28	3,49	2,05	3,25	3,46	0	0,1	0,25		
Baloi – Harapan	1,51	1,77	2,88	1,50	1,75	2,87	O	0,1	0,23		

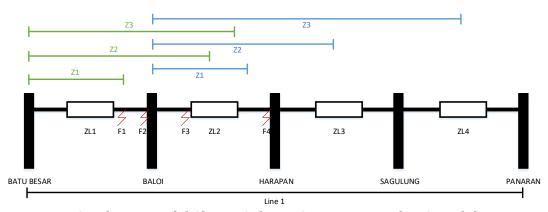
Dari kedua *distance relay* tersebut menghasilkan jangkauan proteksi satu arah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Jangkauan Proteksi Satu Arah Distance Relay GI Batu Besar dan GI Baloi

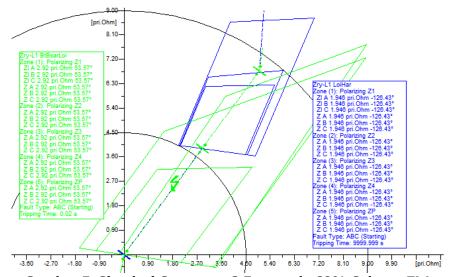
#### 3.6 Hasil Simulasi

Dalam pengujian gangguan hubung singkat ini digunakan tiga macam gangguan yaitu gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa tanah. Kondisi gangguan yang disimulasikan terbagi menjadi 4 macam yaitu gangguan F1 terjadi 60% dari  $Z_{L1}$ (tepatnya di zona 1), F2 100% dari  $Z_{L1}$ (tepatnya di zona 2), F3 terjadi di 40% dari  $Z_{L2}$  dan F4 di 100% dari  $Z_{L2}$ . Pola koordinasi dari kedua relai dapat dilihat pada Gambar 4. Untuk garis zona berwarna hijau adalah *distance relai* GI Batu Besar arah GI Baloi dan garis zona berwarna biru adalah *distance relai* GI Baloi arah GI Harapan.



Gambar 4. Model Sistem Saluran GI Batu Besar dan GI Baloi

Pada Gambar 5 ditunjukan hasil simulasi menggunakan *program DigSILENT Power Factory 15.1* dalam bentuk kurva karakteristik dari *Distance Relay* atau diagram R-X. Simulasi yang ditunjukan pada Gambar 5 merupakan uji gangguan 3 fasa 60% saluran GI Batu Besar – GI Baloi. *Distance Relay* pada GI Batu Besar-GI Baloi aktif ketika mendeteksi adanya perbandingan nilai impedansi *setting* dengan nilai yang terukur. Nilai proteksi Zona 1 (80% Saluran) dari relai GI Batu Besar-GI Baloi adalah 3.89 $\Omega$ . Ketika dilakukan uji gangguan 60% saluran tersebut, impedansi yang terdeteksi oleh relai bernilai 2.92 $\Omega$ . Hal ini menunjukan bahwa adanya perbedaan nilai impedansi dengan nilai  $Z_{f(60\%)} < Z_1$  sehingga relai GI Batu Besar-GI Baloi bekerja dengan waktu *Trip* 0.02 s.



Gambar 5. Simulasi Gangguan 3 Fasa pada 60% Saluran ZL1

Dari setiap simulasi yang dilakukan dibeberapa titik gangguan menghasilkan nilai parameter gangguan yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Simulasi Pengujian Hubung Singkat

Distance	Titik	Jenis	V <sub>f</sub> (	kV)	2	∠ (°)		I <sub>f</sub> (kA)		∠ (°)	
Relay	Gangguan	Gangguan	Fasa b	Fasa c	Fasa b	Fasa c	Fasa b	Fasa c	Fasa b	Fasa c	
		3 Fasa	12	.03	-28	3.69	4.	12	-82	.26	
	60%	2 Fasa	50.78	40.27	-168	166	3.79	3.79	-172	7.67	
Batu Besar –		1 Fasa	19.88		-18.05		4.52		-80.96		
Baloi		3 Fasa	Fasa 9.87		-28.29		2.03		-81.86		
	100%	2 Fasa	49.30	40.64	-170	169	1.87	1.86	-172	8.07	
		1 Fasa	16.76		-18.61		2.30		-81.16		
		3 Fasa	6.	6.41 -26.95		4.52		-80.52			
	40%	2 Fasa	47.32	41.88	-173	173	4.17	4.17	-170	9.32	
Baloi –		1 Fasa	11.26		-17.38		5.17		-80.01		
Harapan		3 Fasa	4.	4.87		.89	1.37		-73.46		
	100%	2 Fasa	45.82	42.64	-174	174	1.26	1.26	-164	16.56	
		1 Fasa	9.	44	-14	.66	1.	69	-75	.90	

Pada Tabel 7 nilai arus pada setiap gangguan memiliki perbedaan dari setiap titik gangguannya, semakin jauh titik gangguan makan nilai arus gangguan yang muncul semakin kecil. Sehingga nilai impedansi gangguan berdasarkan parameter yang diperoleh akan semakin besar jika titik gangguan semakin jauh. Nilai impedansi gangguan tersebut dapat dilihat pada Tabel 8. Nilai Z<sub>f(Primer)</sub> dapat dilihat pada Gambar 5 saat terjadi gangguan 3 fasa, dengan nilai  $Z_{f(Primer)} = 2.92\Omega$  nilai tersebut merupakan nilai yang diperoleh dari hasil simulasi. Untuk nilai  $Z_{f(Sekunder)} = 1.55\Omega$  diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (12), karena distance relay hanya dapat membaca parameter dari output CT dan PT. Pada tabel 8 dibawah ini menunjukkan perbandingan antara impedansi relai dengan impedansi gangguan hasil simulasi.

Tabel 8. Perbandingan Impedansi Gangguan Dengan Impedansi Setting

Distance	Titik	Jenis Zset PLN Zset		Zf (Gangguan)		Relay	Sinyal Trip			
Relay	Ganggaun	Ganggaun	ΖΩ)	∠ (°)	ΖΩ)	∠ (°)	ΖΩ)	∠ (°)	Active	Siliyai 111p
		3 fasa	2.05	54.4	2.07	53.57	1.55	53.56	B.Besar	Zona 1 (BB)
	60%	2 fasa	2.05	54.4	2.07	53.57	1.55	53.56	B.Besar	Zona 1 (BB)
Batu Besar		1 fasa tanah	2.05	54.4	2.07	53.57	1.66	53.81	B.Besar	Zona 1 (BB)
– Baloi		3 fasa	3.25	54.4	3.28	53.56	2.59	53.57	Baloi	Zona 1 (BH)
	100%	2 fasa	3.25	54.4	3.28	53.56	2.59	53.56	Baloi	Zona 1 (BH)
		1 fasa tanah	3.25	54.4	3.28	53.56	2.57	53.61	Baloi	Zona 1 (BH)
		3 fasa	1.50	54	1.51	53.57	0.75	53.57	Baloi	Zona 1 (BH)
	40%	2 fasa	1.50	54	1.51	53.57	0.75	53.55	Baloi	Zona 1 (BH)
Baloi –		1 fasa tanah	1.50	54	1.51	53.57	0.76	53.56	Baloi	Zona 1 (BH)
Harapan		3 fasa	2.87	68	2.88	67.37	1.89	53.57	Baloi	Zona 2 (BH)
	100%	2 fasa	2.87	68	2.88	67.37	1.89	53.56	Baloi	Zona 2 (BH)
		1 fasa tanah	2.87	68	2.88	67.37	1,97	52.14	Baloi	Zona 2 (BH)

#### 4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perhitungan *setting relay distance* diperoleh nilai *setting Distance Relay* GI Batu Besar dan GI Baloi bisa dilihat pada Tabel 6. Diperoleh nilai  $Z_1=2,07\Omega$  dengan jangkauan 7,73 km,  $Z_2=3,28\Omega$  dengan jangkauan 12,24 km dan  $Z_3=3,49\Omega$  dengan jangkauan 14,23 km untuk nilai impedansi *distance relay* GI Batu Besar. Untuk impedansi *distance relay* GI Baloi diperoleh nilai  $Z_1=1,51\Omega$ ,  $Z_2=1,77\Omega$  dan  $Z_3=2,88\Omega$ . Perbandingan dari perhitungan *setting Distance Relay* dengan data perusahaan PLN B'right Batam tidak ada perbedaan yang besar. Nilai data perusahaan yaitu  $Z_1=2,05\Omega$ ,  $Z_2=3,25\Omega$  dan  $Z_3=3,46\Omega$  untuk *setting* relai GI Batu Besar. Untuk *setting* relai GI Baloi  $Z_1=1,50\Omega$ ,  $Z_2=1,75\Omega$  dan  $Z_3=2,87\Omega$ .

Dari pengujian gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah pada zona 1 yaitu ketika gangguan 60% saluran GI Batu Besar – GI Baloi diperoleh nilai impedansi gangguan sebesar  $Z_f=1.55~\Omega$  dan gangguan pada 100% saluran GI Batu Besar – GI Baloi diperoleh nilai impedansi gangguan sebesar  $Z_f=2.59~\Omega$  dan gangguan 40% saluran GI Baloi – GI Harapan diperoleh nilai impedansi gangguan  $Z_f=0.75~\Omega$  dan gangguan pada 100% saluran GI Baloi – GI Harapan dengan impedansi gangguan sebesar  $Z_f=1.89~\Omega$ . Setiap impedansi gangguan yang diperoleh berdasarkan pembacaan masing-masing relai. Nilai impedansi gangguan diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai tengangan gangguan  $V_f$  dan nilai arus gangguan  $V_f$  atau dapat diperoleh secara langsung dari simulasi. Koodinasi proteksi satu arah dari kedua relai tersebut terbilang baik, karena dapat dibuktikan ketika terjadi gangguan 100% pada saluran  $V_f$  (GI Batu Besar – GI Baloi). Ketika terjadi gangguan tersebut relai di GI Batu Besar merasakan adanya gangguan pada Zona 2 proteksinya. Namun relai di GI Baloi merasakan adanya gangguan pada Zona 1 proteksinya atau gangguan 0% saluran  $V_f$  Baloi karena adanya perbedaan waktu trip dari setiap zona.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Anonim. (2006). *Buku Pelatihan Operation & Maintenence Relai Proteksi Jaringan.* Jakarta: PT. PLN (Persero).

Ariyanto, R. (2017). *Studi Analisa Rele Jarak Pada Jaringan Transmisi 150 kV Gardu Induk Pedan - Gardu Induk Jajar.* Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Hadi, D. A. (2017). *Studi koordinasi Relay Jarak Sebagai Proteksi Utama dan OCR, GFR Sebagai Proteksi Cadangan Lokal pada Jaringan Transmisi 150 kV GI Karangjoang - Harapan Baru.* Bandung: Tugas Akhir: Institut Teknologi Nasional Bandung.

Izykowski, J. (2008). Fault Location On Power Transmision Line. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej*, 6.

Lestari, D. S. (2010). *Analisis Kontingensi Proteksi Rele Jarak Pada Sistem Tegangan Tinggi Di PT. CHEVRON PACIFIK INDONESIA.* Bandung: Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional.

Sudrajat, R. (2014). *Analisa Penalaan Rele Jarak Sebagai Proteksi Utama Dengan OCR & GFR Sebagai Proteksi Cadangan Lokal Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Bandung Selatan-Cigereleng.* Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.