

# Analisa Perubahan Setting Rele Jarak Pada Saluran Transmisi Gardu Induk 150kV Ponorogo Ke Blitar

<sup>1</sup>Andy Prasetyo, <sup>2</sup>Efrita Arfah Zuliari

<sup>1,2</sup> Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya

<sup>1</sup> andyprasetyo07065@gmail.com, <sup>2</sup> efrita.zuliari@gmail.com

**Abstract** - Short circuit belongs to disturbance potential in transmission line. The substation of system 150kV uses distance relay as its major protection. This research aimed at reviewing the adjustment on the distance relay setting in the line 70kV Ponorogo-Blitar and comparing it with the standardized calculation results which then simulating them by software DigSilent 14.1.3. Standard IEC 60255-121:2014 was employed in this research. The result of simulation indicated that distance relay got setting value that did not meet the standard. Zone 1 (Ponorogo- Blitar substation) had coverage 88%, zona 2 (Blitar-Tulungagung substation) protected 52%, and zone 3 (Tulungagung-Blitar substation) protected 20%. The setting calculations of protection for zones 1, 2, and 3 were 80%, 60%, and 70% consecutively. The comparisons on impedance setting between zone 1 and zone 2 obtained insignificant differences by 0.147  $\Omega$  and 0.041  $\Omega$ , while zone 3 gained significant difference by 0.733  $\Omega$ . Disturbances of system were simulated at the distances of 30% and 82% of the total length of Ponorogo- Blitar line and 40% of the total length of Blitar-Tulungagung line. The setting at Ponorogo substation had errors by 3-8% for zone 1, 10% for zone 2, and 55% for zone 3. These values were far from the standard and eventually led to unreliable relay performance. Meanwhile, the calculation setting had no error for zone 1, but errors by 10% for zone 2 and 5% for zone 3. These values were close to standard enabling reliable relay performance.

**Keywords** : distance relay setting, transmission line, impedance.

**Abstrak** - Pada saluran transmisi, potensi gangguan yang terjadi adalah gangguan hubung singkat. Gardu induk pada sistem 150kV menggunakan rele jarak sebagai sistem proteksi utama. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan peninjauan ulang terhadap perubahan setting rele jarak yang terdapat pada saluran 70kV Ponorogo-Blitar dan membandingkan dengan hasil perhitungan sesuai standar kemudian disimulasikan menggunakan software DigSilent 14.1.3. Standar yang digunakan adalah standar IEC 60255-121:2014. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rele jarak memiliki nilai setting yang tidak sesuai dengan standar. Jangkauan zona 1 yaitu Gardu Induk Ponorogo ke Gardu Induk Blitar, rele memiliki jangkauan sebesar 88%, zona 2 yaitu Gardu Induk Blitar ke Gardu Induk Tulungagung melindungi 52% dan zona 3 yaitu Gardu Induk Tulungagung ke Gardu Induk Blitar melindungi 20% sedangkan setting perhitungan untuk zona 1 melindungi 80%, zona 2 melindungi 60% dan zona 3 melindungi 70%. Perbandingan setting impedansi zona 1 dan zona 2 terdapat selisih yang tidak terlalu jauh yaitu 0,147  $\Omega$  dan 0,041  $\Omega$  sedangkan untuk zona 3 mendapatkan selisih yang cukup jauh yaitu 0,733  $\Omega$ . Gangguan pada sistem disimulasikan pada jarak 30% dan 82% dari total

panjang saluran Ponorogo-Blitar dan 40% dari total panjang saluran Blitar-Tulungagung. Didapatkan setting di Gardu Induk Ponorogo memiliki error untuk zona 1 sebesar 3-8%, zona 2 sebesar 10%, zona 3 sebesar 55% menunjukkan nilai yang jauh dari standar ini mengakibatkan kinerja rele yang kurang handal sedangkan setting perhitungan tidak memiliki error untuk zona 1, zona 2 sebesar 10%, zona 3 sebesar 5% menunjukkan nilai yang mendekati standar memungkinkan kinerja rele yang cukup handal.

**Kata Kunci** : setting rele, gardu induk, saluran transmisi, impedansi.

## I. Pendahuluan

Listrik sekarang ini sudah menjadi kebutuhan sekunder yang penting bagi seluruh masyarakat baik di perkotaan maupun pedesaan, bahkan industri industri juga menggunakan listrik dari PLN untuk kelangsungan proses produksi. Ketersediaan listrik PLN dari pembangkit-pembangkit di pulau Jawa sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumen seluruh pulau Jawa-Bali, namun dalam proses penyaluran listrik tersebut masih banyak muncul kendala / gangguan yang terjadi.

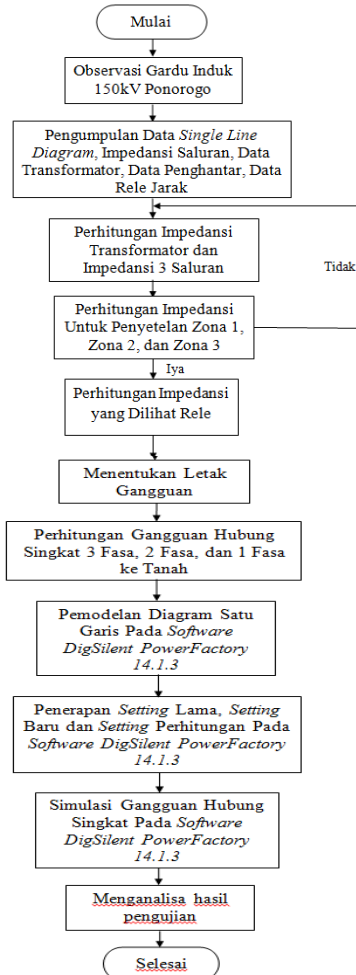
Gardu induk merupakan sub sistem dari sistem transmisi tenaga listrik, sebagai sub sistem dari sistem transmisi gardu induk mempunyai peranan penting yang dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem transmisi secara keseluruhan. Sistem proteksi bertujuan untuk mengurangi terjadinya gangguan serta mengurangi akibat gangguan tersebut. Banyak peralatan proteksi (dalam hal ini rele pengaman) yang digunakan pada pengaman sistem transmisi salah satunya adalah Rele Jarak (Distance Rele).

PT. PLN Persero Gardu Induk Ponorogo yang berlokasi di jalan Letjend Suprpto No.10 Tonatan Ponorogo merupakan bagian dari sistem transmisi tenaga listrik di daerah Jawa Timur. Dalam gardu induk Ponorogo ini terdapat gangguan / trip di rele jarak arah Blitar 1 yang menunjukkan kesalahan letak gangguan oleh *fault locator* yaitu gangguan yang sebenarnya terjadi di tower 72 tetapi gangguan terbaca di tower 80 serta dilakukannya pengaturan ulang nilai rele jarak tersebut. Dalam kasus ini diperlukan peninjauan ulang terhadap setting nilai rele jarak dan penentuan letak gangguan agar kinerja rele terhadap gangguan pada *line* SUTT Ponorogo – Blitar tersebut lebih handal karena setting yang tidak tepat

dapat menyebabkan rele tersebut gagal bekerja, sehingga penanganan gangguan membutuhkan waktu yang lebih lama dari waktu yang diharapkan. Untuk menganalisa zona gangguan, simulasi gangguan hubung singkat dan kinerja rele digunakan program simulator yaitu program *DigSilent PowerFactory 14.1.3*.

## II. Metode Penelitian

### A. Metode



Gambar 1. Metode Penelitian

### B. Gambar dan Tabel

Tabel 1. Data Transformator

<b>Merk</b>	Taikai Group
<b>Tegangan</b>	150 / 66 kV
<b>Daya</b>	100 MVA
<b>X<sub>T</sub></b>	13,51% / 0,1351 pu

Sumber : Data PLN

Tabel 2. Data Rele Jarak

<b>Merk</b>	Alstom
<b>Type</b>	Micom P443
<b>No Seri</b>	34083373/05/17
<b>Arus Nominal</b>	5 A
<b>Tegangan Nominal</b>	110 V

Sumber : Data PLN

Tabel 3. Data Penghantar

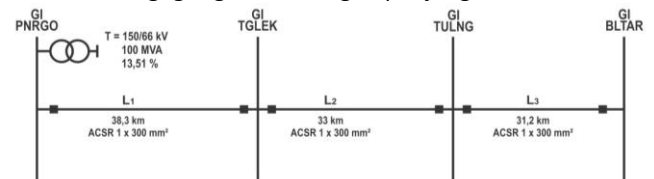
PHT	TGLEK	TLGUNG	BLITAR
L (km)	38,3	33	31,2
Jenis	ACSR OSTRICH	ACSR OSTRICH	ACSR OSTRICH
Q (mm <sup>2</sup> )	300	300	300
Impedansi/km Urutan Positif	0,1370	0,1370	0,1370
Impedansi/km Urutan Nol	0,2705	0,2705	0,2705
	0,6032	0,6032	0,6032

Sumber : Data PLN

## III. Hasil dan Pembahasan

### Penentuan Jalur Yang Akan Diperhitungkan

Penyederhanaan saluran transmisi dalam kasus ini L<sub>1</sub> adalah saluran transmisi 70 kV Ponorogo-Blitar dengan panjang 38,3 km, L<sub>2</sub> adalah saluran transmisi 70 kV Blitar-Tulungagung dengan panjang 33 km, L<sub>3</sub> adalah saluran transmisi Tulungagung-Blitar dengan panjang 31,2 km.



Gambar 1. Single Line Diagram Transmisi 70 kV Ponorogo-Blitar

Keterangan :

GI PNRG : Gardu Induk Ponorogo

GI TGLEK : Gardu Induk Blitar

T : Transformator

GI TULNG : Gardu Induk Tulungagung

GI BLTAR : Gardu Induk Blitar

### Menghitung Impedansi Transformator

Impedansi transformator pada umumnya dalam persentase (%), sehingga harus dikonversikan dalam satuan ohm dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = X_{T(pu)} \times \frac{KV^2}{MVA}$$

$$X_T = j0,1351 \times \frac{150^2}{100}$$

$$X_T = j30,3975 \Omega$$

X<sub>T</sub> = Reaktansi Transformator

KV = Kilo Volt

MVA = Mega Volt Ampere

### Menghitung Impedansi Saluran

Dengan demikian nilai impedansi saluran sebagai berikut :

$$ZL_1 = Z_1 \times L_1$$

$$ZL_1 = (0,1370 + j0,3850) \times 38,8$$

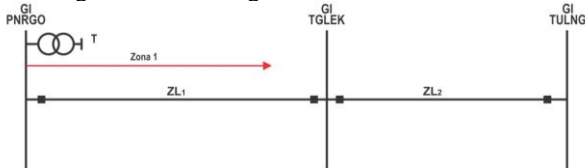
$$ZL_1 = 5,3156 + j14,398 \Omega$$

$$ZL_1 = \text{Impedansi Saluran Zona 1}$$

$Z_1$  = Impedansi Saluran  
 $L_1$  = Panjang Saluran

### Penyetelan Zona 1

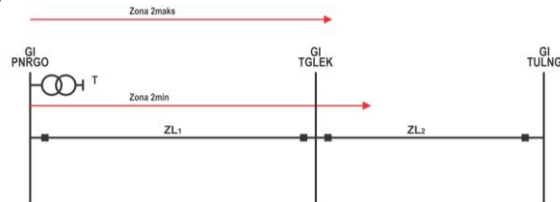
Jangkauan impedansi Zona 1 pada saluran transmisi 70 kV Ponorogo-Blitar dapat dihitung berdasarkan data dari tabel dan digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Jangkauan Impedansi Zona 1

$$\begin{aligned} \text{Zona 1} &= 0,8 \times ZL_1 \\ \text{Zona 1} &= 0,8 \times (5,3156 + j14,398) \\ \text{Zona 1} &= 4,2525 + j11,9504 \Omega = 12,684 < 70,412^\circ \end{aligned}$$

### Penyetelan Zona 2



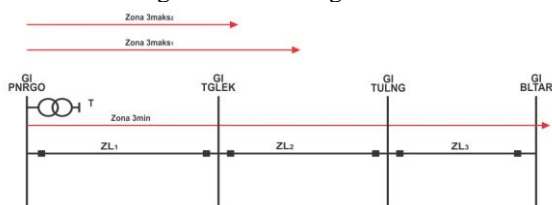
Gambar 3. Jangkauan Impedansi Zona 2

$$\begin{aligned} \text{Zona 2 min} &= 1,2 \cdot ZL_1 \\ \text{Zona 2 min} &= 1,2 \cdot (5,3156 + j14,398) \\ \text{Zona 2 min} &= 6,3787 + j17,2776 \Omega = 18,417 < 69,736^\circ \\ \text{Zona 2 maks} &= 0,8 (ZL_1 + 0,8ZL_2) \\ \text{Zona 2 maks} &= 0,8 ((5,3156 + j14,398) + (0,8 \cdot (4,521 + j12,705))) \\ \text{Zona 2 maks} &= 7,1459 + j19,6496 \Omega = 20,908 < 70,015^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zona 2 trafo} &= 0,8 \times (ZL_1 + 0,5X_T) \\ \text{Zona 2 trafo} &= 0,8 \times ((5,3156 + j14,398) + 0,5(0 + j30,3975)) \\ \text{Zona 2 trafo} &= 4,2525 + j23,6774 \Omega = 24,056 < 79,818^\circ \end{aligned}$$

### Penyetelan Zona 3

Jangkauan impedansi Zona 3 pada saluran transmisi 70 kV Ponorogo-Blitar yang diwakili garis warna merah yang berjumlah 3 untuk Zona 3maks<sub>1</sub>, Zona 3maks<sub>2</sub>, dan Zona 3min dari Gardu Induk Ponorogo ke Gardu Induk Blitar dari panjang saluran yang diproteksi di dapat dihitung berdasarkan data dari tabel dan digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. Jangkauan Impedansi Zona 3

Prinsip penyetelan zona 3 adalah berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut dan digunakannya persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Zona 3 min} &= 1,2 (ZL_1 + 0,8ZL_2) \\ \text{Zona 3 min} &= 1,2 ((5,3156 + j14,398) + (0,8 \cdot (ZL_2))) \\ \text{Zona 3 min} &= 10,7189 + j29,4744 \Omega = 31,362 < 70,015^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zona 3 trafo} &= 0,8 (ZL_1 + 0,8X_T) \\ \text{Zona 3 trafo} &= 0,8 ((5,3156 + j14,398) + 0,8(0 + j30,3975)) \\ \text{Zona 3 trafo} &= 4,2525 + j30,9728 \Omega = 31,263 < 82,182^\circ \end{aligned}$$

### Perhitungan Impedansi yang Dilihat Rele

#### Zona 1

Perhitungan nilai impedansi yang terbaca pada rele dengan rumus (2.6):

$$Z_s \text{ Rele} = \text{Zona 1} \times \frac{CT}{PT}$$

$$Z_s \text{ Rele} = (4,2525 + j11,9504) \times \left( \frac{400/5}{66000/110} \right)$$

$$Z_s \text{ Rele} = 0,5670 + j1,5934 \Omega = 1,691 < 70,412^\circ$$

dengan t-nya adalah seketika.

$Z_s \text{ Rela}$  = Impedansi yang dilihat rele

CT = Current Transformator

PT = Potensial Transformator

Berdasarkan perhitungan diatas, rekapitulasi jangkauan impedansi (dalam nilai absolut) saluran transmisi 70 kV Ponorogo-Blitar dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Setting Terpasang

Zona	Hasil Perhitungan			Setting Terpasang		
	$\Omega$	t	$\theta$	$\Omega$	t	$\theta$
1	1,691	0	70,412	1,838	0	
2	2,787	0,4	70,014	2,828	0,8	
3	4,181	1,2	70,014	3,448	1,6	

### Menentukan Letak Gangguan

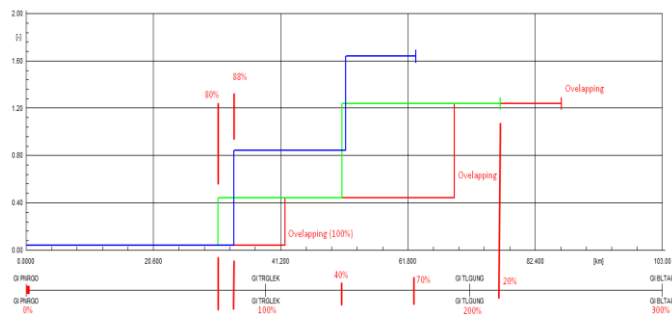
Dengan nilai impedansi yang dibaca oleh rele, gangguan pada sistem transmisi diamankan oleh rele jarak tergantung oleh letak dan seberapa jauh gangguan dari rele jarak yang terpasang, maka letak gangguan pada sistem transmisi dapat di hitung dengan rumus :

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{\text{impedansi yang dibaca} \times \frac{PT}{CT} \times L_1}{ZL_1}$$

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{1,44 \times \frac{66000/110}{400/5} \times 38,3}{5,3156 + j14,398}$$

$$\text{Jarak gangguan} = 9,334 \text{ km}$$

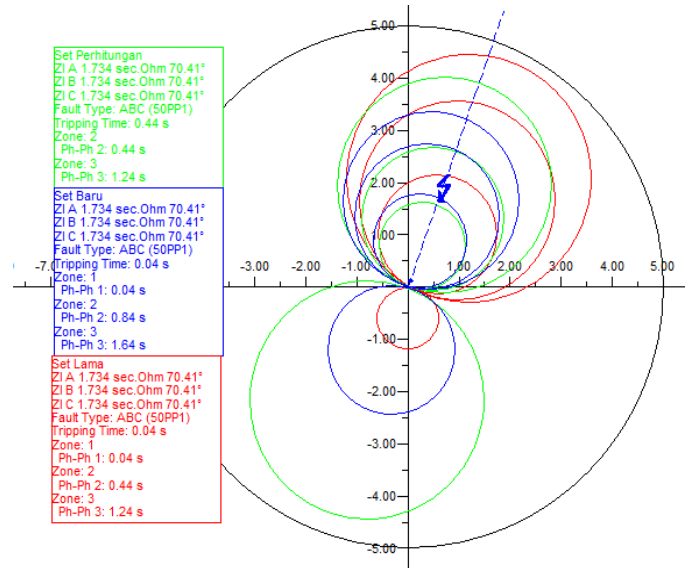
### Implementasi Setting Lama, Setting Baru & Setting Perhitungan



Gambar 5. Implementasi Ketiga Setting

Gambar 5. menunjukkan grafik *Time-Distance Diagram* setting rele lama diwakili warna merah, *setting* rele baru diwakili warna biru dan *setting* rele perhitungan diwakili warna hijau. Dilihat dari jangkauannya *setting* pada zona 1 untuk setting lama melampaui batas (*overlapping*). *Setting* pada zona 1 untuk *setting* baru melindungi 88% dari jangkauan zona 1 dengan waktu seketika, hal ini melebihi jangkauan perlindungan zona 1 yaitu 80%-85% dan *setting* pada zona 1 untuk *setting* perhitungan melindungi 80% dari jangkauan zona 1, hal ini masih dalam jangkauan perlindungan zona 1 yaitu 80%-85% dengan waktu seketika. Pada zona 2, untuk setting lama berawal dari sesi yang melebihi dari sesi yang seharusnya diamankan zona 1 dan terlalu panjang bahkan hampir *overlapping* ke sesi penghantar berikutnya. Pada *setting* zona 2 untuk setting baru melindungi sampai 40% dari gardu induk Blitar dan 12% sebelum gardu induk Blitar. Untuk *setting* perhitungan zona 2 melindungi 20% saluran dibelakang saluran sebelum gardu induk Blitar dan 40% setelah gardu induk Blitar dengan waktu singkat 0,4 s sedangkan untuk perlindungan zona 2 sendiri mencakup 15%-20% daerah yang tidak di proteksi oleh zona 1 di tambah 50% untuk penghantar saluran berikutnya dengan *setting* waktu 0,4 - 0,8 s. Pada *setting* zona 3 untuk *setting* lama mencakup sekitar 50%. Untuk *setting* baru hanya melindungi sekitar 30% dari sesi saluran selanjutnya, hal ini kurang dalam perlindungan zona 3 yang seharusnya zona 2 sepanjang 50% dan masih mampu melindungi 25% sampai ke seksi saluran selanjutnya serta *setting* waktu yang juga cukup lama. Pada *setting* zona 3 melindungi 60% saluran yang tidak dilindungi zona 2 dan 20% saluran selanjutnya dengan *setting* waktu yang cukup singkat untuk zona 3 yaitu 1,2 s, *setting* impedansi ini melebihi 5% perlindungan zona 3 yang seharusnya zona 2 sepanjang 50% dan 25% sampai ke seksi saluran selanjutnya.

**Simulasi Gangguan Hubung Singkat**  
**Gangguan Hubung Singkat 3 fasa pada 82% saluran**



Gambar 6. Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 fasa 82% Saluran

Gambar 6. menunjukkan kinerja *setting* rele lama diwakili warna merah, *setting* rele baru diwakili warna biru dan *setting* rele perhitungan diwakili warna hijau dan untuk garis vertikal mewakili tahanan (R) dan garis horizontal mewakili reaktansi (X). Ketiga *setting* rele menunjukkan nilai gangguan yang sama terletak 82% dari panjang saluran ditunjukkan oleh simbol gangguan sebesar 1,734 Ω tetapi letak gangguan berada di tempat atau jangkauan yang berbeda seperti pada setting perhitungan, *Tripping time* menunjukkan 0,44 s ini menandakan rele bekerja di *setting* zona 2 karena *setting* perhitungan zona 1 mencakup 80% berbeda dengan keadaan di *setting* lama dan setting baru dengan *Tripping time* 0,04 s atau juga masih bisa diatasi oleh *setting* zona 1 karena *setting* zona 1 untuk *setting* lama adalah *overlapping* dan *setting* baru adalah 88%. Kotak berwarna hijau menunjukkan data gangguan untuk *setting* perhitungan, kotak berwarna biru menunjukkan data gangguan untuk *setting* baru, kotak berwarna merah menunjukkan data gangguan untuk *setting* lama.

Tabel 6. Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat

Gangguan	% Saluran	Setting Lama			Trip Time (s)	Setting Baru			Trip Time (s)	Setting Perhitungan			Trip Time (s)
		A (Ω)	B (Ω)	C (Ω)		A (Ω)	B (Ω)	C (Ω)		A (Ω)	B (Ω)	C (Ω)	
3 Fasa	30%	0,634	0,634	0,634	0,04	0,634	0,634	0,634	0,04	0,634	0,634	0,634	0,04
	82%	1,734	1,734	1,734	0,04	1,734	1,734	1,734	0,04	1,734	1,734	1,734	0,44
	140%	2,883	2,883	2,883	0,44	2,883	2,883	2,883	1,64	2,883	2,883	2,883	1,24
2 Fasa	30%	1,375	0,634	1,35	0,04	1,375	0,634	1,35	0,04	1,375	0,634	1,35	0,04
	82%	3,574	1,734	3,548	0,04	3,574	1,734	3,548	0,04	3,574	1,734	3,548	0,44
	140%	5,773	2,883	5,747	0,44	5,773	2,883	5,747	1,64	5,773	2,883	5,747	1,24
1 Fasa ke Tanah	30%	1,374	26,25	1,331	0,04	1,374	26,25	1,331	0,04	1,374	26,25	1,331	0,04
	82%	3,679	26,25	3,326	0,44	3,679	26,25	3,326	9999	3,679	26,25	3,326	1,24
	140%	5,969	26,25	5,099	9999	5,969	26,25	5,099	9999	5,969	26,25	5,099	9999

Kinerja rele juga bisa diketahui dari gangguan hubung singkat, zona yang diamankan untuk *setting* lama terlalu panjang dan menyebabkan *overlapping* area yang mengakibatkan kondisi gangguan berbeda-beda letak dan *tripping* yang begitu lama juga menyebabkan *fault clearing* yang cukup lama, perlindungan untuk setting baru terlalu pendek untuk zona 2 dan 3 menyebabkan perlindungan juga mencakup area yang pendek. Berbeda dengan *setting* perhitungan, *setting* untuk zona 1 memenuhi standar jangkauan akan tetapi untuk dan 2 kurang 10% serta zona 3 terdapat selisih 5% lebih panjang dari standar. Kinerja rele dari gangguan hubung singkat dapat dilihat pada diatas.

Pada tabel diatas menunjukkan setiap gangguan memiliki nilai yang sama disetiap persentase saluran karena gangguan difokuskan di titik yang sama, akan tetapi perbedaan ditemukan di *tripping time* dikarenakan *tripping time* mengacu pada *setting* zona, dengan perlindungan zona yang berbeda didalam setiap *setting* mengakibatkan *tripping time* yang berbeda tetapi dalam hal ini setting lama banyak terdapat kesalahan dalam hal perlindungan seperti zona 1 yang terlalu panjang mengakibatkan perlindungan zona 2 dan 3 menjauh. Untuk setting baru zona 1 sedikit melampaui dari standar juga mengakibatkan perlindungan di depan dimulai dengan tidak sesuai standar. Untuk setting perhitungan telah sesuai dengan standar dapat dilihat dari setiap gangguan setting yang bekerja pada zona yang sesuai.

#### IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa perubahan *setting* rele jarak pada saluran transmisi Gardu Induk 150 kV Ponorogo ke Gardu Induk Blitar yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Setting* baru di Gardu Induk 150 kV Ponorogo untuk zona 1 rele memiliki jangkauan sebesar 88% dengan kurang 3-8%, zona 2 melindungi 52% dengan kurang 10% dan zona 3 melindungi 20% dengan kurang 55% sedangkan *setting* perhitungan untuk zona 1 melindungi 80% tidak ada *error*, zona 2 melindungi 60% dengan kurang 10% dan zona 3 melindungi 70% dengan kurang 5%. Perbandingan *setting* impedansi zona 1 dan zona 2 terdapat selisih yang tidak terlalu jauh yaitu 0,147  $\Omega$  dan

0,041  $\Omega$  sedangkan untuk zona 3 mendapatkan selisih yang cukup jauh yaitu 0,733  $\Omega$ .

2. Letak gangguan dari hasil perhitungan menunjukkan gangguan terletak pada tower 76, selisih 4 tower dari tower yang terjadi gangguan sesungguhnya yaitu tower 72, hasil ini masih mencakup nilai toleransi dari kesalahan pembacaan *fault locator* dimana toleransi kesalahannya adalah 5 tower di depan dan 5 tower di belakang tower yang terjadi gangguan sesungguhnya sedangkan dari pembacaan *fault locator* gangguan terjadi di tower 80 berselisih 8 tower dari tower yang terjadi gangguan sesungguhnya.

#### V. Daftar Pustaka

Daftar pustaka mengikuti format IEEE seperti terlihat di bawah ini. Untuk memudahkan sangat dianjurkan untuk menggunakan *Endnotes Program* ataupun *Mendelay* di dalam mengatur daftar pustaka.

- [1] Ariyanto Rika., "Studi Analisa Rele Jarak Pada Saluran Transmisi 150 kV Gardu Induk Pedan – Gardu Induk Jajar", Jurnal Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [2] Antonius Hamdadi, Fikriansyah., "Analisa dan Pengaturan Ulang Relai Jarak Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV Keramasan – Bukit Asam", Jurnal Teknologi, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, vol. 1,no. 3, 2014.
- [3] Bandri Sepannur., "Studi Settingan Distance Relay Pada Saluran Transmisi 150 kV di GI Payakumbuh Menggunakan Software MATLAB", Jurnal Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang, vol.5, no.2, Juli 2016.
- [4] Berkat Surya Putra Hia, Jaka Windarta, dan Mochammad Facta, "Analisis Setting dan Koordinasi Rele Jarak Pada Saluran 150 kV Tanjung Jati - Kudus", Jurnal Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, *transient* vol. 6, no. 4, Desember 2017.
- [5] Prasetyo Wahyu., "Analisa Perubahan Setting Rele Jarak Akibat Penggantian Penghantar SUTT 150 kV Klaten-Pedan" , Jurnal Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.