

Analisis *Setting Distance Relay* pada Saluran Transmisi 150 kV Bay 1 Gardu Induk New Kadipaten-Rancaekek

Muhammad Wahyu Agustian, Dini Fauziah

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email : mwahyuagustian@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Saluran transmisi gardu induk New Kadipaten-Rancaekek mempunyai peran penting dalam bidang industri di Jawa Barat dan memiliki panjang saluran sepanjang $\pm 97,85$ km. Maka dari itu kondisi saluran transmisi tersebut harus selalu dalam kondisi handal. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah proteksi rele jarak. Agar proteksi rele jarak selalu dalam kondisi handal, diperlukan analisis penalaan rele jarak berdasarkan zona-nya. Analisis rele jarak ini dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan secara matematis dengan hasil uji rele jarak yang terpasang pada saluran transmisi gardu induk New Kadipaten-Rancaekek. Hasil perhitungan secara matematis rele jarak zona 1 sebesar $16,8551 \Omega$, zona 2 sebesar $25,2826 \Omega$, dan zona 3 sebesar $36,5999 \Omega$. Dan hasil pengujian rele jarak zona 1 sebesar $16,507 \Omega$, zona 2 sebesar $26,571 \Omega$, dan zona 3 sebesar $34,815 \Omega$. Perbedaan nilai rata-rata rele jarak setiap zona-nya sebesar $1,4\%$ - $2,3\%$. Artinya bahwa kondisi rele jarak pada saluran transmisi tersebut masih dalam keadaan handal, karena perbedaan nilai rele jaraknya masih dalam toleransi sebesar 5% menurut buku panduan Alstom Grid dan Easergy MiCOM P44x.

Kata kunci: *New Kadipaten, Rancaekek, Rele Jarak, Saluran Transmisi, Zona.*

ABSTRACT

The transmission line of the New Kadipaten-Rancaekek substation has an important role in the industrial sector in West Java and has a channel length of ± 97.85 km. Therefore, the condition of the transmission line must always be in a reliable condition. One aspect that needs to be considered is the protection of distance relay. In order for the distance relay protection to always be in a reliable condition, it is necessary to analyze the rele distance tuning based on its zone. This distance rele analysis was carried out by comparing the calculation results mathematically with the results of the distance relay test attached to the transmission line of the New Kadipaten-Rancaekek substation. The calculation results mathematically distance relay of zone 1 is 16.8551Ω , zone 2 is 25.2826Ω , and zone 3 is 36.5999Ω . And the test results the distance relay of zone 1 is 16.507Ω , zone 2 is 26.571Ω , and zone 3 is 34.815Ω . The difference in the average value of the distance relay of each zone is 1.4% - 2.3% . This means that the distance relay condition on the transmission line is still in a reliable state, because the difference value of the distance relay is still within tolerance of 5% according to the Alstom Grid and Easergy MiCOM P44x guidebooks.

Keywords: *Distance Relay, New Kadipaten, Rancaekek, Transmission Line, Zone.*

1. PENDAHULUAN

Saluran transmisi yang menghubungkan antara gardu induk New Kadipaten dengan gardu induk Rancaekek termasuk dalam saluran transmisi yang rawan terhadap gangguan karena jarak saluran transmisi antar gardu induk tersebut yaitu sepanjang 97,85 Km.

Dengan jarak yang cukup jauh tersebut, terdapat banyak sekali kemungkinan gangguan yang akan diterima oleh saluran transmisi, diantaranya sambaran petir, senar layang-layang, pohon tumbang dan lain sebagainya. Untuk itu dibutuhkan sistem proteksi yang sangat handal untuk menjaga berlangsungnya pengiriman daya melalui saluran transmisi yang telah terpasang **(Lestari, 2010)**.

Di dalam sistem proteksi pada jaringan transmisi terdapat komponen utama yang sangat penting yaitu rele, rele proteksi berfungsi untuk mendeteksi kondisi abnormal dalam suatu sistem jaringan transmisi dengan mengukur besaran listrik yang berada dalam kondisi normal dan gangguan **(Sleva, 2010)**.

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)**.

Rele Jarak adalah salah satu jenis proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan perbandingan nilai impedansi. Rele Jarak akan bekerja bila impedansi yang diukur dari besaran arus CT dan tegangan PT lebih kecil dari impedansi setelan. Sebagai proteksi utama penghantar, rele ini juga berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar didepannya **(Aslimeri, Ganefri, & Hamdi, 2008)**.

Rele jarak digunakan sebagai pengaman utama pada SUTT/SUTET dan sebagai cadangan untuk seksi didepan. Rele jarak bekerja dengan mengukur besaran impedansi (Z) transmisi dibagi menjadi beberapa daerah cakupan yaitu zona-1, zona-2, zona-3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi (TP) sebagai upaya agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di dalam daerah pengamanannya. 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 ditentukan **(PT. PLN Persero, 2014)**.

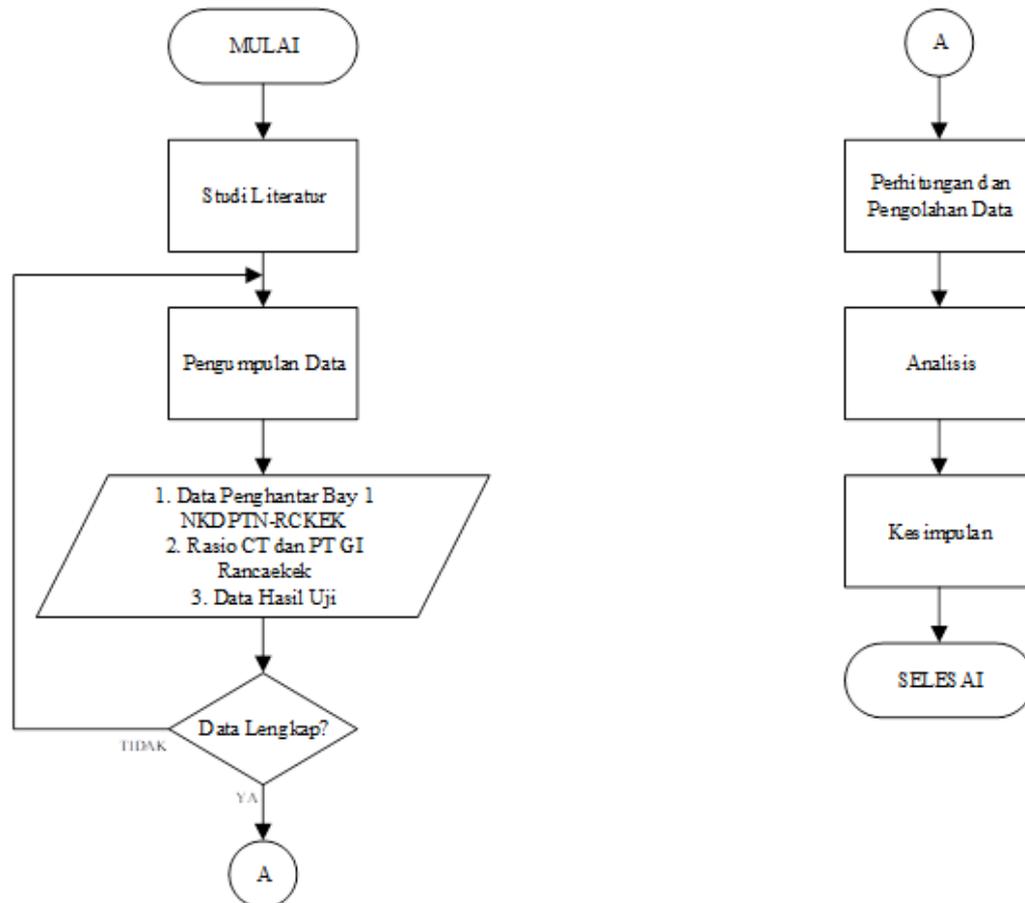
Pemilihan pengaturan jangkauan dan waktu tunda rele jarak untuk berbagai zona dilakukan koordinasi rele jarak agar mendapatkan penalaan yang benar pada saluran transmisi. Dasar perlindungan rele jarak meliputi perlindungan zona 1 dengan waktu tunda instan serta satu atau lebih tambahan perlindungan zona dengan waktu tunda sekitar 0,4 detik sampai 1,6 detik **(Alstom Grid, 2011)**.

Tujuan dari penelitian ini untuk membandingkan nilai penalaan rele jarak yang terpasang pada saluran transmisi 150 kV bay 1 gardu induk New Kadipaten-Rancaekek dengan perhitungan secara matematis. Dan menganalisis kondisi penalaan rele jarak untuk setiap zona-nya pada saluran transmisi gardu induk New Kadipaten-Rancaekek.

2. METODOLOGI

2.1 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang sistematis harus diperhatikan dalam penelitian. Hal tersebut berguna untuk memberikan arahan dan acuan agar mempermudah pemahaman tujuan dan perumusan masalah yang ingin dicapai dalam proses penelitian. Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Kerja Praktek

Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk menganalisis penalaan rele jarak pada saluran transmisi 150 kV gardu induk New Kadipaten-Rancaekek. Berdasarkan gambar tersebut, data saluran merupakan hal yang paling utama untuk melakukan perhitungan penalaan rele jarak pada setiap zona-nya. Adapun data-data yang dibutuhkan yaitu: Data saluran transmisi gardu induk New Kadipaten-Rancaekek, Rasio CT dan PT gardu induk Rancaekek, dan data hasil uji penalaan rele jarak.

Setelah data yang dibutuhkan tersebut terpenuhi maka langkah selanjutnya adalah menghitung penalaan rele jarak untuk zona 1, zona 2, dan zona 3. Hasil dari perhitungan penalaan rele jarak untuk zona 1, zona 2, dan zona 3 tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil uji penalaan rele jarak yang terpasang pada saluran transmisi 150 kV gardu induk New Kadipaten-Rancaekek. Setelah terbukti perbandingan nilai penalaan rele jarak tersebut kemudian melakukan analisis penalaan rele jarak yang terpasang pada saluran tersebut.

2.2 Data Penelitian

Data untuk melakukan analisis penalaan rele jarak pada saluran transmisi 150 kV gardu induk New Kadipaten-Rancaekek didapatkan dari PLN P3B Jawa Barat adalah sebagai berikut:

2.2.1 Data Penghantar GI Rancaekek-New Kadipaten

Tabel 1 memperlihatkan nilai impedansi, panjang saluran, luas penampang, kapasitas arus dan tegangan yang terpasang pada penghantar gardu induk Rancaekek-New Kadipaten.

Tabel 1. Data Kabel Penghantar GI Rancaekek-New Kadipaten

Item	Uraian	Satuan
Tipe Penghantar	ACSR	-
Jenis Penghantar	DOVE	-
Luas Penampang	327,94	mm ²
Kapasitas Arus	600	A
Kapasitas Tegangan	150.000	V
Impedansi	0,0741 + J 0,1877	Ω/Km
Panjang Saluran	97,85	Km

Sumber : (PT. PLN ULTG Bandung Timur, 2019)

2.2.2 Data Penghantar GI New Kadipaten- Sunyaragi

Tabel 2 memperlihatkan nilai impedansi, panjang saluran, luas penampang, kapasitas arus dan tegangan yang terpasang pada penghantar gardu induk New Kadipaten-Sunyaragi.

Tabel 2. Data Kabel Penghantar GI New Kadipaten-Sunyaragi

Item	Uraian	Satuan
Tipe Penghantar	ACSR	-
Jenis Penghantar	DOVE	-
Luas Penampang	327,94	mm ²
Kapasitas Arus	600	A
Kapasitas Tegangan	150.000	V
Impedansi	0,0741 + J 0,1877	Ω/Km
Panjang Saluran	43,8	Km

Sumber : (PT. PLN ULTG Bandung Timur, 2019)

2.2.3 Data Proteksi Rele Jarak GI Rancaekek-New Kadipaten

Tabel 3 memperlihatkan data rasio CT dan PT serta data proteksi rele jarak yang terpasang pada saluran transmisi 150 kV gardu induk RancaekekNew Kadipaten.

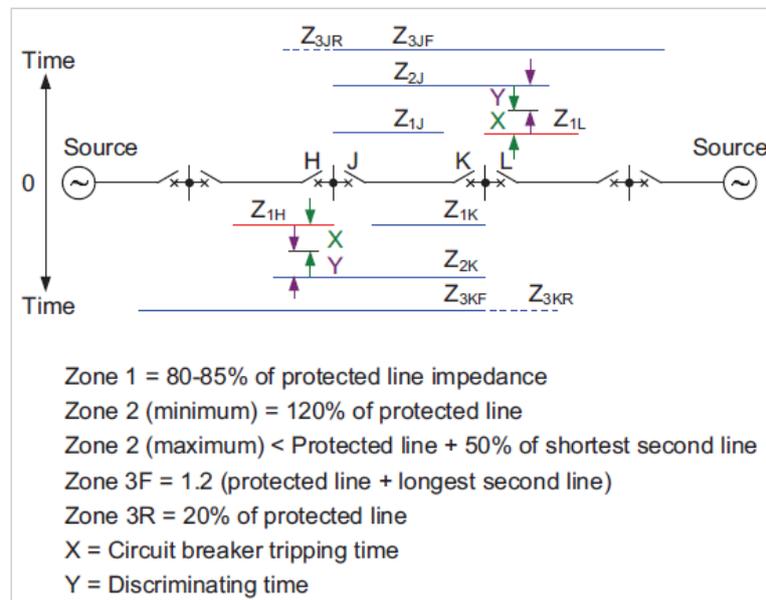
Tabel 3. Data Proteksi Rele Jarak

Item	Uraian	Satuan
Merk	ALSTHOM	-
Type	MICOM P442	-
In	1	A
S/N	32671775/09/13	-
CT Ratio	1600 / 1	A
PT Ratio	150000 / 100	V
Prot. Scheme	PUP	-

Sumber : (PT. PLN ULTG Bandung Timur, 2019)

2.3 Pengolahan Data

Merupakan proses yang diperlukan dalam penelitian guna mendapatkan nilai yang kemudian dibandingkan dengan hasil uji. Gambar 2 menunjukkan perhitungan penalaan rele jarak pada setiap zona-nya.



Gambar 2. Penentuan Penalaan Rele Jarak
 Sumber : (Alstom Grid, 2011)

Gambar 2 menunjukkan perhitungan penalaan rele jarak pada setiap zona-nya. Penentuan nilai impedansi saluran (Z_L) yang terpasang sepanjang saluran transmisi gardu induk New Kadipaten-Rancaekek ditunjukkan oleh persamaan (1) (Ariyanto, 2017).

$$Z_L = \text{Panjang Saluran} \times \frac{Z_s}{Km} \quad (1)$$

2.3.1 Penentuan Penalaan Rele Jarak Zona 1

Zona 1 merupakan proteksi utama dari proteksi rele jarak pada saluran transmisi. Jangkauan zona 1 harus mencakup daerah sejauh saluran transmisi gardu induk tersebut tetapi tidak melebihi saluran transmisi yang ada didepannya. Dengan mempertimbangkan kesalahan-kesalahan yang ada dari data saluran dan kesalahan peralatan maka jangkauan zona 1 di atur sebesar 80% dari panjang saluran yang diamankan sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan (2) (Alstom Grid, 2011).

$$Z_1 = n \times 0,8 \times Z_L \quad (2)$$

Dengan waktu tunda untuk zona 1 adalah seketika atau $t = 0$ detik.

2.3.2 Penentuan Penalaan Rele Jarak Zona 2

Zona 2 merupakan proteksi cadangan dari proteksi rele jarak pada saluran transmisi. Jangkauan zona 2 harus mencakup daerah yang tidak diamankan oleh zona 1 tetapi tidak melebihi jangkauan zona 2 di seksi berikutnya. Jangkauan zona 2 di atur sebesar 120% dari panjang saluran yang diamankan sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan (3) (Alstom Grid, 2011).

$$Z_2 = n \times 1,2 \times Z_L \quad (3)$$

Dengan waktu tunda untuk zona 2 adalah $t = 0,4 - 0,8$ detik.

2.3.3 Penentuan Penalaan Rele Jarak Zona 3

Zona 3 merupakan proteksi cadangan jauh dari proteksi rele jarak zona 1 dan zona 2 pada saluran transmisi. Jangkauan zona 3 mencakup panjang saluran yang diamankan serta sisa jangkauan yang tidak diamankan oleh zona 2. Jangkauan zona 3 di atur sebesar 200% dari saluran yang diamankan seperti ditunjukkan oleh persamaan (4) (**Alstom Grid, 2011**).

$$Z_3 = n \times 2 \times Z_L \quad (4)$$

Dengan waktu tunda untuk zona 3 adalah $t = 1,2 - 1,6$ detik.

Dimana:

$$\begin{aligned} Z_L &= \text{Impedansi saluran } (\Omega) \\ Z_1 &= \text{Impedansi rele jarak zona 1 } (\Omega) \\ Z_2 &= \text{Impedansi rele jarak zona 2 } (\Omega) \\ Z_3 &= \text{Impedansi rele jarak zona 3 } (\Omega) \\ n &= \frac{\text{Rasio CT}}{\text{Rasio PT}} \end{aligned}$$

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil Perhitungan Penalaan Rele Jarak

Berikut ini merupakan perhitungan secara matematis untuk mendapatkan nilai penalaan rele jarak dengan melihat parameter penghantar. Nilai (Z_{L1}) merupakan impedansi saluran dari GI Rancaekek-New Kadipaten dan Nilai (Z_{L2}) merupakan impedansi saluran dari GI New Kadipaten-Sunyaragi.

1. Perhitungan Impedansi Penghantar GI Rancaekek-New Kadipaten

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= \text{Panjang saluran} \times \frac{Z_s}{Km} \\ &= 97,85 \times (0,0741 + j0,1877) \\ &= 7,2507 + j18,3665 \Omega \end{aligned}$$

2. Perhitungan Impedansi Penghantar GI New Kadipaten-Sunyaragi

$$\begin{aligned} Z_{L2} &= \text{Panjang saluran} \times \frac{Z_s}{Km} \\ &= 43,8 \times (0,0741 + j0,1877) \\ &= 3,2456 + j8,2213 \Omega \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai impedansi penghantar, maka selanjutnya menghitung nilai penalaan rele jarak sesuai zona-nya.

3.1.1 Perhitungan Penalaan Rele Jarak Zona 1

Berikut ini merupakan perhitungan matematis untuk penalaan rele jarak zona 1:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 1,067 \times 0,8 \times Z_{L1} \\ &= 1,067 \times 0,8 \times (7,2507 + j18,3665 \Omega) \\ &= 6,1892 + j15,6776 \Omega \\ &= 16,8551 \Omega \end{aligned}$$

Dengan waktu tunda $Z_1 = 0$ detik

Perhitungan diatas adalah perhitungan secara matematis untuk menentukan penalaan rele jarak zona 1, dengan merferensi ke persamaan (2). Penalaan rele jarak zona 1 melindungi saluran sepanjang 78,28 Km dari saluran transmisi gardu induk Rancaekek-New Kadipaten.

3.1.2 Perhitungan Penalaan Rele Jarak Zona 2

Berikut ini merupakan perhitungan matematis untuk penalaan rele jarak zona 2:

$$\begin{aligned} Z_2 &= 1,067 \times 1,2 \times Z_{L1} \\ &= 1,067 \times 1,2 \times (7,2507 + j18,3665 \Omega) \\ &= 9,2834 + j23,5165 \Omega \\ &= 25,2826 \Omega \end{aligned}$$

Dengan waktu tunda $Z_2 = 0,4$ s/d 0,8 detik

Perhitungan diatas adalah perhitungan secara matematis untuk menentukan penalaan rele jarak zona 2, dengan merferensi ke persamaan (3). Penalaan rele jarak zona 2 melindungi saluran sepanjang 117,42 Km.

3.1.3 Perhitungan Penalaan Rele Jarak Zona 3

Berikut ini merupakan perhitungan matematis untuk penalaan rele jarak zona 3:

$$\begin{aligned} Z_3 &= 1,067 \times 1,2 \times (Z_{L1} + Z_{L2}) \\ &= 1,067 \times 1,2 \times ((7,2507 + j18,3665 \Omega) + (3,2456 + j8,2213 \Omega)) \\ &= 13,4395 + j34,0431 \Omega \\ &= 36,5999 \Omega \end{aligned}$$

Dengan waktu tunda $Z_3 = 0,8$ s/d 1,6 detik

Perhitungan diatas adalah perhitungan secara matematis untuk menentukan penalaan rele jarak zona 3, dengan merferensi ke persamaan (4). Penalaan rele jarak zona 3 melindungi saluran sepanjang 195,7 Km.

3.2 Hasil Pengujian *Setting* Rele Jarak

Tabel 3 menunjukkan hasil dari pengujian individual rele jarak yang ada pada gardu induk Rancaekek.

Tabel 4. Individual Test Rele Jarak

SIMULASI FAULT		R - S	S - T	T - R	R - S - T
Zone-1	Z setting (Ω)	16,34			
	Z found (Ω)	16,678	16,67	16,171	16,509
	Error (%)	2,1	2,0	1,0	1,0
Zone-2	Z setting (Ω)	26,53			
	Z found (Ω)	26,811	26,811	26,171	26,491
	Error (%)	1,1	1,1	1,4	0,1
Zone-3	Z setting (Ω)	35,498			
	Z found (Ω)	34,357	34,357	34,815	35,732
	Error (%)	3,2	3,2	1,9	0,7
T1	Setting (s)	0			
	Meas (s)	0,056	0,09	0,025	0,025
T2	Setting (s)	0,4			
	Meas (s)	0,421	0,411	0,413	0,415
T3	Setting (s)	1,6			
	Meas (s)	1,612	1,614	1,618	1,613

Pada Tabel 4 terlihat untuk setiap zona rele jaraknya terdapat perbedaan nilai impedansi awal dengan impedansi yang dihasilkan. Dimana untuk zona 1 rata-rata nilai *error*-nya sebesar 1,5%, zona 2 rata-rata nilai *error*-nya sebesar 0,9%, dan zona 3 rata-rata nilai *error*-nya sebesar 2,3%. Perbedaan nilai impedansi tersebut menunjukkan rele jarak masih dalam kondisi handal, karena perbedaan nilai impedansinya masih dalam batas toleransi sebesar 5%. Pada Tabel 4 juga terlihat bahwa pada zona 1 rele jarak beroperasi dengan waktu 0,024 – 0,09 detik, untuk zona 2 beroperasi dengan waktu 0,407 – 0,415 detik, dan pada zona 3 beroperasi dengan waktu 1,61 – 1,618 detik. Terlihat dari Tabel 4 bahwa penalaan rele jarak masih dalam kondisi handal.

3.3 Hasil Perbandingan Rele Jarak

Berikut ini merupakan perbandingan rele jarak pada gardu induk Rancaekek dari hasil perhitungan matematis dan hasil pengujian, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Impedansi Rele Jarak

Rele Jarak	Setting Awal (Ω)	Hasil Pengujian (Ω)	Hasil Perhitungan (Ω)	Error (%)
Zona 1	16,34	16,507	16,8551	1,4
Zona 2	26,53	26,571	25,2826	1,5
Zona 3	34,498	34,815	36,5999	2,3

Tabel 5 menunjukkan perbandingan nilai impedansi rele jarak dari hasil perhitungan matematis, hasil pengujian, dan nilai *setting*. Zona 1 nilai impedansi rele jarak sebesar 16,34 Ω (*setting*), sebesar 16,507 Ω (hasil pengujian), dan sebesar 16,8551 Ω (hasil perhitungan), serta nilai *error* sebesar 1,4%. Zona 2 nilai impedansi rele jarak sebesar 26,53 Ω (*setting*), sebesar 26,571 Ω (hasil pengujian), dan sebesar 25,2826 Ω (hasil perhitungan), serta nilai *error* sebesar 1,5%. Dan zona 3 nilai impedansi rele jarak sebesar 34,498 Ω (*setting*), sebesar 34,815 Ω (hasil pengujian), dan sebesar 36,5999 Ω (hasil perhitungan), serta nilai *error* sebesar 2,3%. Artinya bahwa perbedaan nilainya masih dalam batas toleransi sesuai dengan buku panduan (**Alstom Grid, 2011**) dan (**Schneider Electric, 2017**) yaitu sebesar 5% untuk setiap zona-nya.

4. KESIMPULAN

Hasil perhitungan secara matematis dengan hasil pengujian untuk penalaan rele jarak pada setiap zona-nya memiliki selisih nilai 1,4% - 2,3%, selisih nilai tersebut dapat dinyatakan bahwa kondisi rele jarak yang terpasang pada saluran transmisi 150kV bay 1 gardu induk New Kadipaten-Rancaekek dalam kondisi handal untuk beroperasi. Merujuk pada buku panduan Alstom Grid dan Easergy MiCOM P44x yang memiliki nilai toleransi sebesar 5%.

Hasil pengujian penalaan rele jarak pada saluran transmisi 150kV bay 1 gardu induk New Kadipaten-Rancaekek terlihat bahwa rele jarak tersebut dalam kondisi handal, karena pada saat pengujian rele jarak untuk zona 1 rele jarak beroperasi dengan waktu 0,09 detik, zona 2 rele jarak beroperasi dengan waktu 0,411 detik, dan untuk zona 3 rele jarak beroperasi dengan waktu 1,612 detik. Waktu kerja untuk masing-masing zona rele jarak tersebut dalam kondisi standar sesuai dengan buku panduan Alstom Grid.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu dalam penelitian dan pengerjaan laporan ini, khususnya dosen pembimbing yang selalu membimbing penulis selama penelitian dan pengerjaan laporan. Terimakasih juga kepada rekan-rekan dalam satu penelitian dan teman-teman Teknik Elektro Itenas Bandung.

DAFTAR RUJUKAN

- Alstom Grid. (2011). *Network Protection & Automation Guide*. Alstom Grid.
- Ariyanto, R. (2017). *Studi Analisa Rele Jarak pada Jaringan Transmisi 150 kV Gardu Induk Pedan-Gardu Induk Jajar*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Aslimeri, Ganefri, & Hamdi, Z. (2008). *Teknik Transmisi Tenaga Listrik*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Izykowski, J. (2008). *Fault Location on Power Transmission Line*. Wroclaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej.
- Lestari, S. D. (2010). *Analisis Kontingensi Proteksi Rele Jarak Pada Sistem Tegangan Tinggi Di PT. CHEVRON PACIFIK INDONESIA*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- PT. PLN Persero. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi Dan Kontrol Penghantar*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- PT. PLN ULTG Bandung Timur. (2019). *Setting Proteksi Gardu Induk Rancaekek*. Bandung: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- Schneider Electric. (2017). *Easergy MiCOM P44x (Numerical Distance Protection)*. Schneider Electric.
- Sleva, A. F. (2010). *Protective Relay Principles*. London: CRC Press.