

Analisis *Setting Distance Relay* pada Saluran Transmisi 150 kV Bay 2 Gardu Induk Kiaracondong-Bandung Selatan

IMANUEL PERNANDO PASARIBU, DINI FAUZIAH

Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: immanuel.fernando@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Saluran transmisi adalah jalur penghantar listrik bertegangan tinggi yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit menuju ke gardu induk di daerah beban. Dalam saluran transmisi terdapat suatu sistem proteksi guna untuk mencegah dan meminimalisir kerusakan serta kerugian akibat terjadinya gangguan. Salah satu proteksi yaitu rele jarak (distance relay) yang digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi karena kemampuannya yang dapat mengatasi gangguan (fault clearing) dengan baik dan cepat yang bekerja berdasarkan perbandingan nilai impedansi. Rele jarak (distance relay) akan bekerja bila impedansi yang di ukur dari besaran arus CT (Current Transformer) dan tegangan PT (Potential Transformer) lebih kecil dari impedansi setelan. Maka dari itu penelitian ini akan menganalisis hasil uji rele jarak dan membandingkan dengan hasil perhitungan dari setting rele jarak.

Kata kunci: saluran transmisi, rele jarak, gardu induk

ABSTRACT

Transmission lines are high-voltage electrical conductors that function to transmit electrical energy from power plants to substations in load areas. Transmission lines have a protection system to prevent and minimize damage and losses caused by disturbances. One type of protection is a distance relay, which is used as a safety device on transmission lines due to its ability to overcome disturbances (fault clearing) quickly and effectively based on impedance value comparisons. The distance relay will operate when the impedance measured from the CT (Current Transformer) and PT (Potential Transformer) is smaller than the set impedance. Therefore, this study will analyze the results of the distance relay test and compare them with the results of the distance relay setting calculations.

Keywords: transmission line, distance relay, substation

1. PENDAHULUAN

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) adalah sarana diudara untuk menyalurkan tenaga listrik yang mempunyai skala besar dari pembangkit listrik menuju konsumen. Sistem transmisi tenaga listrik sangatlah penting dalam proses penyaluran energi listrik. Sistem transmisi sendiri merupakan sistem dinamis kompleks yang parameter-parameter dan keadaan sistemnya berubah secara terus menerus. Maka dari itu dibutuhkannya pengaman sistem saluran tenaga listrik agar keandalan dari penyaluran tenaga listrik dapat terjaga dengan baik dari gangguan (**Syukriyadin *et al.*, 2015**).

Apabila salah satu bagian sistem transmisi mengalami gangguan maka akan berdampak terhadap bagian transmisi yang lainnya, sehingga Saluran Transmisi, Gardu Induk dan Saluran Distribusi merupakan satu kesatuan yang harus dikelola dengan baik. Untuk mencegah dan meminimalisir kerusakan serta kerugian akibat terjadinya gangguan tersebut, maka dibutuhkan suatu sistem proteksi yang andal dan baik (**Tobing, 2008**).

Sistem proteksi berfungsi untuk menjaga kestabilan proses penyaluran tenaga listrik dengan cara mendeteksi terjadinya gangguan atau keadaan tidak wajar pada sistem kemudian memutus bagian sistem yang terganggu sehingga bagian yang tidak terganggu dapat terus beroperasi. Pada sistem transmisi tenaga listrik terdapat salah satu pengaman atau suatu proteksi yaitu rele jarak (*distance relay*) yang digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi karena kemampuannya yang dapat mengatasi gangguan (*fault clearing*) dengan baik dan cepat (**Muljono, 2020**).

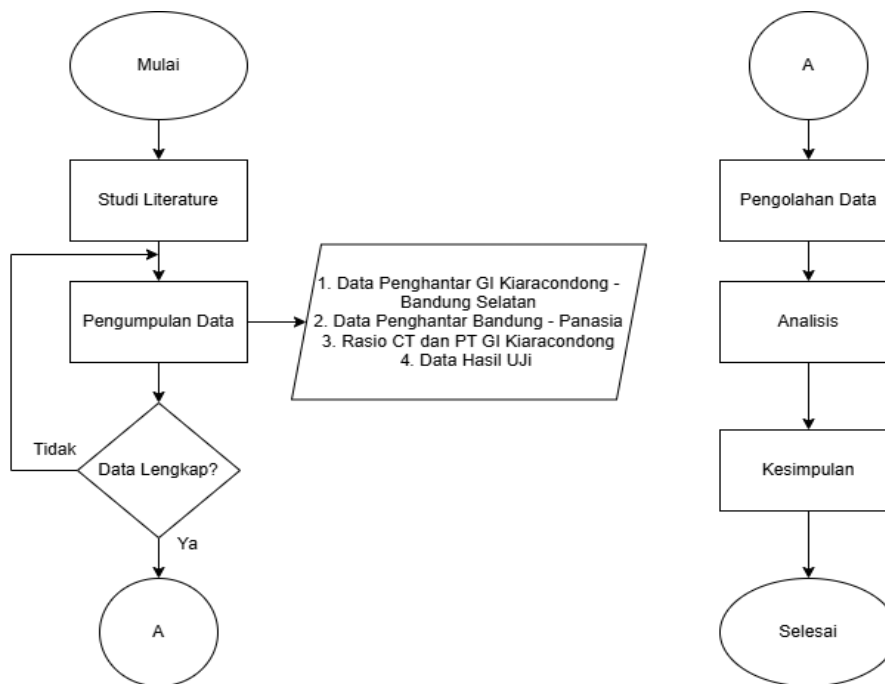
Rele jarak (*distance relay*) adalah salah satu jenis proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan perbandingan nilai impedansi. Rele jarak (*distance relay*) akan bekerja bila impedansi yang di ukur dari besaran arus CT (*Current Transformer*) dan tegangan PT (*Potential Transformer*) lebih kecil dari impedansi setelan. Selain sebagai proteksi utama penghantar, rele ini juga berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar di depannya (**Aminullah *et al.*, 2022**).

Maka pada kesempatan kali ini penulis akan membahas mengenai analisis hasil uji rele jarak (*distance relay*) pada Saluran Transmisi 150kV Gardu Induk Kiaracondong – Bandung Selatan. Selanjutnya akan membandingkan nilai hasil perhitungan dengan data setting rele jarak (*distance relay*) Gardu Induk 150kV Kiaracondong – Bandung Selatan. Selain itu menghitung jarak suatu gangguan dari data hasil perhitungan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan uraian tahapan yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian. Secara umum tahapan tertuang dalam bagan berikut pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa langkah awal dalam penelitian ini adalah studi literature untuk mengkaji teori yang diperlukan dari buku-buku acuan yang menunjang dan berhubungan dengan permasalahan yang dibahas untuk mendapatkan data-data yang diinginkan. Selanjutnya pengumpulan data yaitu data penghantar GI Kiaracondong – Bandung Selatan – Panasia, rasio CT dan PT GI Kiaracondong, dan data hasil uji. Setelah mendapatkan data yang diinginkan maka dapat dilakukan pengolahan data. Dilanjutkan dengan analisis dari hasil perbandingan pengolahan data dan data hasil uji apakah hasilnya sesuai. Selanjutnya memberikan hasil kesimpulan dari analisis yang didapatkan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Data sekunder yang dikumpulkan berupa data pengujian impedansi *distance* pada sudut *line bay* Bandung Selatan 2, data pengujian waktu kerja *distance* pada sudut *line bay* Bandung Selatan 2, dan data *setting* proteksi *bay* Bandung Selatan 2.

Tabel 1. Pengujian *Impedance Distance* Pada Sudut *Line*

Jenis Gangguan	Parameter	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R	R-S-T
Z1	Z Setting (Ω)	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983
	Z Hasil (Ω)	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	% Error	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%
	Assessment	9	9	9	9	9	9	9
Z2	Z Setting (Ω)	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295
	Z Hasil (Ω)	1,282	1,282	1,282	1,282	1,282	1,282	1,282
	% Error	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%
	Assessment	9	9	9	9	9	9	9
Z3	Z Setting (Ω)	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484
	Z Hasil (Ω)	1,471	1,471	1,471	1,471	1,471	1,471	1,471
	% Error	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%
	Assessment	9	9	9	9	9	9	9

Data pada Tabel 1 di atas merupakan data hasil pengujian impedansi *distance* yang diuji oleh tim proteksi pada *Zone-1*, *Zone-2*, dan *Zone-3* di saluran transmisi *bay* Bandung Selatan 2 – Kiaracondong. Data yang didapat berupa data impedansi *setting*, impedansi hasil yang didapat pada pengukuran, error, dan *assesment*. Dimana dari data ini akan di ambil nilai impedansi *setting*-nya untuk di bandingkan dengan perhitungan.

Tabel 2. Pengujian Waktu Kerja *Distance* Pada Sudut *Line*

Jenis Gangguan	Parameter	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R	R-S-T
Z1	Setting (s)	0	0	0	0	0	0	0
	Hasil (s)	0,034	0,03	0,032	0,042	0,043	0,04	0,041
	% Error	3%	3%	3%	4%	4%	4%	4%
	Assessment	9	9	9	9	9	9	9
Z2	Setting (s)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Hasil (s)	0,447	0,448	0,45	0,435	0,433	0,433	0,432
	% Error	5%	5%	5%	4%	3%	3%	3%
	Assessment	9	9	9	9	9	9	9
Z3	Setting (s)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	Hasil (s)	1,647	1,65	1,649	1,634	1,635	1,634	1,635
	% Error	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%
	Assessment	9	9	9	9	9	9	9

Data pada Tabel 2 di atas merupakan data hasil pengujian waktu kerja *distance* yang diuji oleh tim proteksi pada *Zone-1*, *Zone-2*, dan *Zone-3* di saluran transmisi *bay* Bandung Selatan 2 – Kiaracondong. Hasil yang diberikan yaitu data *setting* waktu kerja dari sebuah *relay* ketika mendapat alarm. Selain itu ada hasil data waktu kerja saat menanggulangi gangguan.

Tabel 3. Data SUTT *Bay* Bandung Selatan 2

SUTT <i>bay</i> Bandung Selatan 2		
Item	Uraian	Satuan
Tipe Penghantar	ACSR	-
Jenis Penghantar	DOVE	-
Uk. Penampang	327.94	mm ²
Single/Bundle	2X	-
CCC (Current Carrying Capacity)	2 X 1200	A
Panjang Saluran	26	Km
Impedansi	0.0586 + j0.2773	Ω/km
Kapasitas Tegangan	150000	V

Data pada Tabel 3 merupakan data saluran udara tegangan tinggi di saluran transmisi *bay* 2 Bandung Selatan – Kiaracondong. Berisi nilai kapasitas tegangan, nilai impedansi, panjang saluran, CCC (*Current Carrying Capacity*), dll.

Tabel 4. Data Spesifikasi *Relay Distance Bay* Bandung Selatan 2

Spesifikasi <i>Distance Relay bay</i> Bandung Selatan 2		
Item	Uraian	Satuan
Merk	MICOM	-
Type	P442	-
In	5	A

S/N	3002511/01/08	-
CT Ratio	1250/5	A
PT Ratio	150000/√3 : 100/√3	V

Data pada Tabel 4 di atas merupakan data spesifikasi *distance relay bay* Bandung Selatan 2. Berisi merek, type, nilai CT, nilai PT, dll pada saluran transmisi di *bay* Kiaracandong - Bandung Selatan 2.

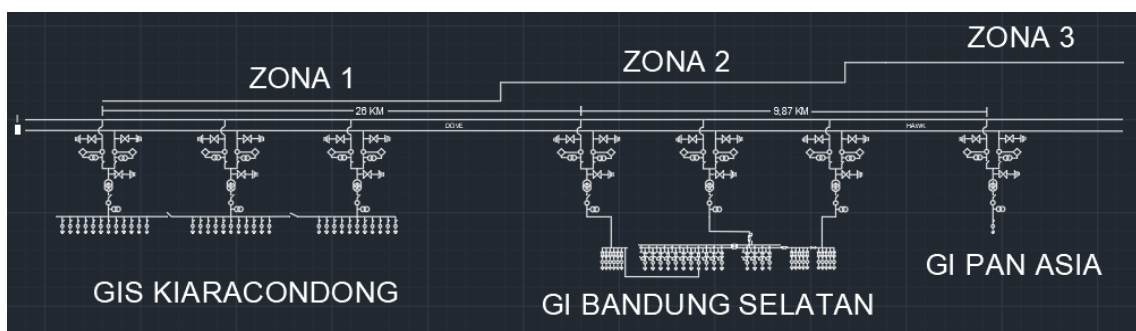
2.3 Pengolahan Data

Berikut ini merupakan perhitungan nilai impedansi sepanjang sistem transmisi Gardu Induk 150 KV Kiaracandong – Bandung Selatan. Dihitung dengan persamaan (1) di bawah ini.

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

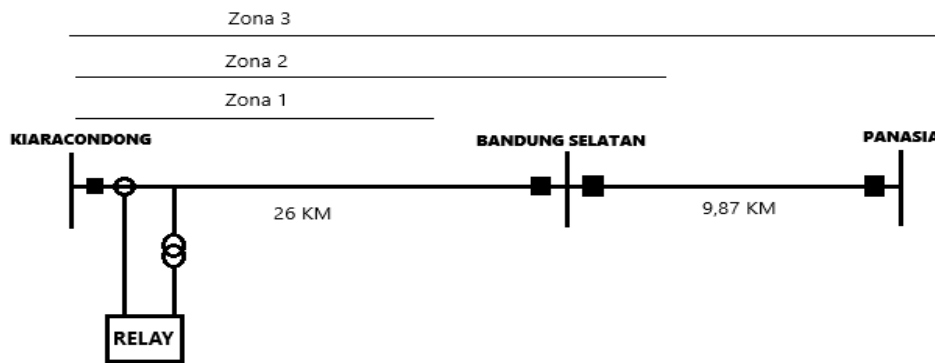
ZL adalah impedansi total saluran transmisi dari satu titik ke titik lainnya, dihitung dari ujung ke ujung saluran transmisi. Digunakan dalam perhitungan *drop* tegangan, rugi-rugi daya, dan koordinasi proteksi. ZS adalah impedansi per satuan panjang saluran transmisi. Impedansi saluran transmisi per kilometer (ZS/KM) terdiri dari resistansi (R) dan reaktansi (X), yang diperoleh dari parameter fisik dan material penghantar (**Umam, 2019**), sesuai persamaan (2).

$$Z_s = R + jX \quad (2)$$



Gambar 2. Penalaan Zona Pada Saluran Transmisi

Pada Gambar 2 dimana zona 1 jarak saluran transmisi yang diproteksi sebesar 80% dari jarak GI Kiaracandong – Bandung Selatan didapat 20,8 km jarak yang diproteksi oleh zona 1, zona 2 jarak saluran transmisi yang di proteksi adalah sisa jarak yang tidak di proteksi zona 1 ditambah 20 % jarak dari GI Bandung Selatan – GI Panasia, dan zona 3 jarak saluran transmisi yang di proteksi adalah sisa jarak yang tidak di proteksi zona 2 ditambah saluran didepannya. Secara keseluruhan total yang diproteksi oleh setiap zona yaitu pada zona 1 sejauh 20,8 km, zona 2 yaitu sejauh 27,974 km sebagai proteksi *backup*, dan pada zona 3 sejauh 43,044 km sebagai proteksi cadangan terjauh. Jangkauan setiap zona dapat ditampilkan pada Gambar 3 (**Ariyanto, 2017**).



Gambar 3. Jangkauan Setiap Zona

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. Didapatkan rumus matematis untuk zona 1 ditunjukkan pada persamaan (3) dan (4) (Alstom, 2011).

$$Z_{1 \text{ Primer}} = 0,8 \times Z_L \quad (3)$$

$$Z_{1 \text{ Sekunder}} = n \times Z_{1 \text{ Primer}} \quad (4)$$

2.3.2 Penentuan Penalaan Rele Jarak Zona 2

Zona 2, merupakan daerah proteksi cadangan dari zona 1, bekerja meliputi seluruh daerah yang berada di saluran pertama ditambah dengan 20% daerah yang berada setelah bus depan. Reaksi *relay distance* untuk gangguan yang terjadi didaerah ini mengalami perlambatan waktu, karena daerah ini merupakan daerah cadangan dari zona 1. Didapatkan rumus matematis untuk zona 2 ditunjukkan pada persamaan (5) dan (6) (Alstom, 2011).

$$Z_{2 \text{ Primer}} = 0,8 \times (Z_{L1} + (0,8 \times Z_{L2})) \quad (5)$$

$$Z_{2 \text{ Sekunder}} = n \times Z_{2 \text{ Primer}} \quad (6)$$

2.3.3 Penentuan Penalaan Rele Jarak Zona 3

Zona 3, merupakan daerah proteksi cadangan zona 2 yang meliputi seluruh daerah pada saluran utama dan kedua ditambah 20% panjang saluran ketiga (zona 3 mengamankan 220% dari panjang saluran pertama). Reaksi *relay distance* untuk gangguan di zona 3 adalah sesuai fungsinya sebagai cadangan dari zona 2 sehingga perlambatan waktunya lebih besar dari perlambatan waktu zona 2. Didapatkan rumus matematis untuk zona 3 ditunjukkan pada persamaan (7) dan (8) (Alstom, 2011).

$$Z_{3 \text{ Primer}} = 1,2 \times (Z_{L1} + Z_{L2}) \quad (7)$$

$$Z_{3 \text{ Sekunder}} = n \times Z_{3 \text{ Primer}} \quad (8)$$

2.3.4 Penentuan Jarak Gangguan

Saat terjadi gangguan pada saluran transmisi maka proteksi rele jarak (*distance relay*) akan membaca nilai impedansi gangguan dan dapat diketahui seberapa jauh letak gangguan

tersebut, dilihat dari proteksi rele jarak yang terpasang pada Gardu Induk Kiaracondong. Didapatkan rumus matematis ditunjukkan pada persamaan (9) (**Gaffar *et al.*, 2022**).

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{Z_f \times n \times L}{Z_L} \quad (9)$$

Keterangan :

Z_f	= Impedansi gangguan yang dibaca rele	(Ω)
n	= Perbandingan rasio PT dan CT	(-)
L	= Panjang penghantar	(Km)
Z_L	= Impedansi Total Saluran	(Ω)

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Data Hasil Perhitungan

Berikut ini merupakan perhitungan secara matematis untuk mendapatkan nilai *setting* rele jarak dengan melihat parameter penghantar. Nilai impedansi yang dilihat oleh rele jarak yaitu dalam skala kecil karena mengikuti rasio PT (*Potential Transformer*) dan CT (*Current Transformer*). Persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= \text{Panjang Saluran L1} \times Z_s / \text{Km} \\ &= 26 \times (0,0586 + j0,2773) \\ &= 1,5236 + j7,2098 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{L2} &= \text{Panjang Saluran L2} \times Z_s / \text{Km} \\ &= 9,87 \times (0,137 + j0,3966) \\ &= 1,35219 + j3,914442 \Omega \end{aligned}$$

3.1.1 Perhitungan Rele Jarak Zona 1

$$\begin{aligned} Z_{1 \text{ Primer}} &= 0,8 \times Z_{L1} \\ &= 0,8 \times (1,5236 + j7,2098) \\ &= 1,21888 + j5,76784 \\ &= 5,89 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{1 \text{ sekunder}} &= n \times Z_{1 \text{ Primer}} \\ &= 0,167 \times (1,21888 + j5,76784) \\ &= 0,203553 + j0,96323 \\ &= 0,984 \Omega \end{aligned}$$

3.1.2 Perhitungan Rele Jarak Zona 2

$$\begin{aligned} Z_{2 \text{ Primer}} &= 0,8 \times (Z_{L1} + (0,8 \times (Z_{L2}))) \\ &= 0,8 \times (1,5236 + j7,2098 + (0,8 \times (1,35219 + j3,914442))) \\ &= 2,0842816 + j8,27308288 \\ &= 8,531 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_{2 \text{ sekunder}} = n \times Z_{2 \text{ Primer}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,167 \times (2,0842816 + j8,27308288) \\
 &= 0,348 + j1,3816 \\
 &= 1,424776 \Omega
 \end{aligned}$$

3.1.3 Perhitungan Rele Jarak Zona 3

$$\begin{aligned}
 Z_{3 \text{ Primer}} &= 1,2 \times (Z_{L1} + Z_{L2}) \\
 &= 1,2 \times ((1,5236 + j7,2098) + (1,35219 + j3,914442)) \\
 &= 3,450948 + j13,3490904 \\
 &= 13,787938 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{3 \text{ sekunder}} &= n \times Z_{3 \text{ Primer}} \\
 &= 0,167 \times (3,450948 + j13,3490904) \\
 &= 0,5763 + j2,2293 \\
 &= 2,302 \Omega
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Perbandingan Nilai Impedansi Setting

Rele Jarak	Setting Awal (Ω)	Hasil Perhitungan (Ω)
Zona 1	0,983	0,984
Zona 2	1,295	1,42
Zona 3	1,484	2,302

Pada hasil perhitungan didapat nilai *setting* rele secara matematis dengan menggunakan impedansi $Z_s = 0,0586 + j 0.2773 \Omega/\text{km}$ dapat dilihat pada Tabel 5, secara matematis nilai *setting* rele jarak pada saluran transmisi 150KV Kiaracandong - Bay 2 Bandung Selatan terdapat perbandingan antara nilai *setting* awal dan hasil perhitungan impedansi pada tiga zona jarak. Di mana zona 1 memiliki nilai *setting* awal sebesar 0,983 Ω dan hasil perhitungan sebesar 0,984 Ω dimana hasil menunjukkan mendekati nilai *setting* awalnya. Pada zona 2, nilai *setting* awal sebesar 1,295 Ω dibandingkan dengan hasil perhitungan 1,42 Ω , menunjukkan selisih terbesar sebesar 0,125 Ω . Sedangkan zona 3 memiliki *setting* awal 1,484 Ω dan hasil perhitungan 2,302 Ω dengan selisih 0,818 Ω .

Perbedaan nilai (selisih) antara *setting* awal dengan hasil perhitungan pada zona 1 dan zona 2 dikatakan masih dalam kondisi standar, karena nilai *setting* awal dengan nilai *setting* secara perhitungan matematis perbedaannya masih dalam batas toleransi sebesar 5%. Sedangkan pada zona 3 diluar batas toleransi 5%, pada zona 3 nilai yang matematis yang benar adalah 2,302 Ω sedangkan pada *setting* di Gardu Induk Kiaracandong adalah 1,484 Ω . Pada nilai *setting* di Gardu Induk Kiaracandong mengikuti kondisi lapangan dengan mempertimbangkan nilai reaktansi dan resistansi sepanjang saluran transmisi yang dicakup oleh zona 3.

Analisis ini sejalan dengan penelitian Tobing (2008) dan Aminullah *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa, Zona 1 dan Zona 2 umumnya memiliki kesesuaian tinggi antara nilai perhitungan dan setting lapangan karena berfungsi sebagai proteksi utama dan cadangan dekat. Zona 3 sering kali mengalami perbedaan nilai yang lebih besar akibat penyesuaian kondisi sistem aktual, seperti panjang saluran lanjutan, reaktansi saluran, dan koordinasi proteksi dengan gardu induk berikutnya.

3.1.4 Perhitungan Jarak Gangguan

Ketika terjadi gangguan pada saluran transmisi maka proteksi rele jarak akan membaca nilai impedansi gangguan dan dapat diketahui seberapa jauh letak gangguan tersebut. Berikut persamaan dan perhitungan jarak gangguan :

1. Jika pemisalan impedansi gangguan yang dibaca rele $Z_f = 0,8 \Omega$

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{0,8 \times 6 \times 26}{7,37} = 16,93 \text{ Km}$$

2. Jika pemisalan impedansi gangguan yang dibaca rele $Z_f = 1,2 \Omega$

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{1,2 \times 6 \times 26}{7,37} = 25,4 \text{ Km}$$

3. Jika pemisalan impedansi gangguan yang dibaca rele $Z_f = 1,4 \Omega$

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{1,4 \times 6 \times 26}{7,37} = 29,6 \text{ Km}$$

Tabel 6. Letak Gangguan

Impedansi Gangguan (Ω)	Jarak Gangguan (Km)	Rele Jarak Yang Beroperasi
0,8	16,93	Zona 1
1,2	25,4	Zona 2
1,4	29,6	Zona 2

Dari Tabel 6, terlihat bahwa nilai impedansi gangguan (Z_{fault}) yang berbeda, yaitu 0,8 Ω , 1,2 Ω , dan 1,4 Ω . Semakin besar nilai impedansi, semakin jauh lokasi gangguan dari gardu induk. Hal ini tercermin dari jarak gangguan yang dihitung, di mana impedansi gangguan 0,8 Ω menghasilkan jarak 16,93 km, impedansi 1,2 Ω menghasilkan jarak 25,4 km, dan impedansi 1,4 Ω menghasilkan jarak 29,6 km. Dimana semua impedansi gangguan 0,8 Ω akan mengoperasikan rele pada zona 1 sedangkan impedansi gangguan 1,2 Ω dan 1,4 Ω mengoperasikan rele pada zona 2.

Hasil ini sesuai dengan penelitian Ariyanto (2017) dan Muljono (2020) yang menyatakan bahwa, Semakin besar nilai impedansi gangguan, maka semakin jauh lokasi gangguan dari gardu induk. Rele jarak akan bekerja berdasarkan jangkauan zona yang telah ditentukan, sehingga gangguan dengan impedansi yang lebih besar akan masuk ke zona proteksi berikutnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan perhitungan matematis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan setting rele jarak untuk masing-masing zona perlindungan menunjukkan adanya perbedaan nilai antara setting awal dengan hasil perhitungan matematis. Perbedaan nilai antara setting awal dan hasil perhitungan pada Zona 1 dan Zona 2 masih berada dalam batas toleransi standar $\pm 5\%$, sedangkan pada Zona 3 terdapat deviasi yang melebihi batas toleransi tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan impedansi gangguan (Z_{fault}), diperoleh bahwa untuk impedansi gangguan sebesar 0,8 Ω jarak gangguan yang terdeteksi adalah 16,93 km (Zona 1), untuk impedansi gangguan sebesar 1,2 Ω jarak gangguan yang terdeteksi adalah 25,4 km (Zona 2), dan untuk

impedansi gangguan sebesar $1,4 \Omega$ jarak gangguan yang terdeteksi adalah 29,6 km (Zona 2). Hasil ini menunjukkan bahwa dengan mengetahui nilai impedansi gangguan yang terbaca oleh rele jarak, dapat ditentukan letak gangguan pada saluran transmisi secara akurat. Metode ini juga menggambarkan jangkauan kerja rele jarak pada masing-masing zona perlindungan sehingga dapat mendukung optimalisasi sistem proteksi pada saluran transmisi 150 kV.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak Gardu Induk Kiaracandong atas kesempatan untuk melaksanakan kegiatan penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- Aminullah, M. W. & Wardhani, D. U. Y. (2022). Pengaruh Pengaturan Rele Jarak terhadap Proteksi Utama pada Penghantar SUTET 500kV. *Jurnal Ampere*, *7*(2), 108-115. DOI: 10.31851/ampere.v7i2.9069.
- Ariyanto, R. (2017). *Studi Analisa Rele Jarak pada Jaringan Transmisi 150 kV Gardu Induk Pedan – Gardu Induk Jajar*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Gaffar, A., Agussalim, A. & Arisandi, D. (2017). Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV di Gardu Induk Panakkukang. *Jurnal Teknologi Elekterika*, *14*(2), 145-155. DOI: 10.31963/elekterika.v1i2.1221.
- Alstom (2011). *Network Protection & Automation Guide, Protective Relays, Measurements and Control*. Alstom Grid.
- Muljono, A. B. (2020). Proteksi Rele Jarak (Distance Relay) pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Sistem Kelistrikan Lombok. *Dielektrika*, *7*(1): 15-24. DOI: 10.29303/dielektrika.v7i1.230.
- Syukriyadin, Muntasir, & Syahrizal. (2015). Pengaruh Arus Infeed terhadap Kinerja Rele Jarak (Studi Kasus pada Sistem Transmisi Sigli - Banda Aceh). *Seminar Nasional Dan Expo Teknik Elektro*, 1–6. Aceh, 23-24 Nov. 2015.
- Tobing, C. N. H. (2008). *Rele Jarak Sebagai Proteksi Saluran Transmisi*. 1–10. Dept. Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Umam, N. C. (2019). *Analisis Rele Jarak Sebagai Proteksi Pada Saluran Transmisi 150 Kv Di Gardu Induk Sragen–Gardu Induk Masaran*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.