



ANALISIS SETTING DISTANCE RELAY SALURAN TRANSMISI 150 KV GARDU INDUK SUNYARAGI MANDIRANCAN ARJAWINANGUN

¹Dhiny Aminarti

¹Teknik Elektro, Universitas Siliwangi

¹217002003@student.unsil.ac.id

ABSTRACT

This study analyzes the distance relay settings on the 150 kV Sunyaragi–Mandirancan–Arjawinangun transmission line by comparing manual calculations, existing relay settings, and scanning (testing) results. The distance relay operates based on impedance measurement, and therefore accurate impedance determination is essential to ensure selective and reliable protection. This research applies manual calculations for Zone 1, Zone 2, and Zone 3 using transmission line parameters, transformer impedance, and CT–PT ratios. The results show that the impedance values obtained from calculations, relay settings, and scanning tests have an error range of 0.96%–3.63%, which remains within the allowable tolerance of 5% based on the MiCOM Numerical Distance Protection guideline. These findings indicate that the installed distance relay at the 150 kV Sunyaragi substation operates reliably and its settings are consistent with field conditions. The study contributes to validating protection performance in high-voltage networks, although further research involving detailed fault simulations is recommended

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

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis *setting distance relay* pada saluran transmisi 150 kV Sunyaragi–Mandirancan–Arjawinangun dengan membandingkan hasil perhitungan manual, data *setting* eksisting, serta hasil *scanning* (pengujian). Distance relay bekerja berdasarkan pengukuran impedansi sehingga penentuan impedansi yang akurat menjadi penting untuk memastikan proteksi yang selektif dan andal. Perhitungan dilakukan untuk zona 1, zona 2, dan zona 3 menggunakan data impedansi saluran, impedansi trafo, serta rasio CT–PT. Hasil menunjukkan bahwa nilai impedansi hasil hitung, *setting*, dan hasil uji memiliki rentang error 0.96%–3.63%, dan masih berada dalam batas toleransi 5% sesuai panduan *MiCOM Numerical Distance Protection*. Hal ini menandakan bahwa *distance relay* yang terpasang di GI Sunyaragi beroperasi dengan baik dan sesuai dengan kondisi lapangan. Penelitian ini memberikan validasi terhadap kinerja proteksi pada jaringan tegangan tinggi, namun masih memiliki keterbatasan karena belum menyertakan simulasi gangguan secara komprehensif..

Kata Kunci: *distance relay, impedansi, setting relay, saluran transmisi*



I. PENDAHULUAN

Keandalan sistem transmisi 150 kV sangat bergantung pada kinerja sistem proteksi dalam mendeteksi dan mengisolasi gangguan. *Distance relay* merupakan salah satu jenis relay proteksi pada saluran transmisi karena memiliki kemampuan untuk menghilangkan gangguan secara cepat serta pengaturan *setting*nya mudah[1]. Prinsip kerja relay jarak berdasarkan pengukuran impedansi saluran transmisi yang nilainya sebanding dengan panjang salurannya[2]. Oleh sebab itu, ketelitian dalam penentuan impedansi zona 1, zona 2, dan zona 3 menjadi hal yang krusial.

Beberapa studi terdahulu, seperti penelitian Romdhani dkk. (2021), menunjukkan bahwa kesalahan dalam perhitungan impedansi ataupun ketidaksesuaian rasio CT dan PT dapat menyebabkan *misoperation* pada *distance relay*, bahkan berpotensi mengakibatkan kegagalan pemutusan atau tumpang tindih zona proteksi[1]. Selain itu, penelitian Ahmad dkk. (2023) menunjukkan bahwa perbedaan impedansi antar seksi saluran dan pengaruh kondisi sistem dapat menimbulkan deviasi nilai *setting* hingga lebih dari 5% apabila tidak dihitung secara tepat[3]. Oleh karena itu, diperlukan analisis sistematis untuk memperoleh nilai *setting* impedansi yang sesuai dengan kondisi aktual lapangan.

Pada jaringan transmisi 150 kV GI Sunyaragi–Mandirancan–Arjawinangun, tiap seksi saluran memiliki panjang dan impedansi berbeda sehingga membutuhkan perhitungan manual yang presisi. Perbandingan antara hasil perhitungan, *setting* eksisting, dan hasil pengujian (*scanning*) penting dilakukan untuk memastikan bahwa relay bekerja dalam batas toleransi yang direkomendasikan oleh panduan *MiCOM Numerical Distance Protection*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian *setting distance relay* pada saluran tersebut guna memastikan unjuk kerja proteksi yang selektif, cepat, dan andal.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Metode

Metode yang dilakukan pada penelitian ini yakni menggunakan perhitungan manual *setting distance relay* zona 1, zona 2, dan zona 3. Kemudian hasil dari perhitungan manual tersebut dibandingkan dengan data *setting* zona eksisting dan *setting* zona hasil *scanning* (pengujian).

2.2 Data Penelitian

Data penelitian yang akan digunakan dalam menganalisis *setting distance relay* gardu induk Sunyaragi – Mandirancan – Arjawinangun diperoleh dari PT. PLN (Persero) ULTG Cirebon adalah sebagai berikut:

2.2.1 Data Saluran *Distance Relay* Gardu Induk Sunyaragi

TABEL 1.
DATA SALURAN *DISTANCE RELAY* GARDU INDUK SUNYARAGI

Saluran	Uraian
L1	GI Sunyaragi - Mandirancan
L2	GI Mandirancan - Arjawinangun
L3	GI Mandirancan - Arjawinangun
L4	GI Arjawinangun - Jatibarang

2.2.2 Data Penghantar Gardu Induk Sunyaragi – Mandirancan

TABEL 2.
DATA PENGHANTAR GARDU INDUK SUNYARAGI-MANDIRANCAN

Parameter	Uraian
Jenis Penghantar	OHL-150V-ZEBRA 2x484.5mm
Panjang Saluran (km)	12.13
Impedansi Saluran (Ω /km)	0.0387 + j0.2807

2.2.3 Data Penghantar Gardu Induk Mandirancan – Arjawinangun

TABEL 3.
DATA PENGHANTAR GARDU INDUK MANDIRANCAN - ARJAWINANGUN

Parameter	Uraian
Jenis Penghantar	OHL-150V-ZEBRA 2x484.5mm
Panjang Saluran (km)	30.757
Impedansi Saluran (Ω /km)	0.0387 + j0.2807

2.2.4 Data Penghantar Gardu Induk Arjawinangun – Jatibarang

TABEL 4.
DATA PENGHANTAR GARDU INDUK ARJAWINANGUN - JATIBARANG

Parameter	Uraian
Jenis Penghantar	OHL-150V-ZEBRA 2x484.5mm
Panjang Saluran (km)	26.522



Impedansi Saluran (Ω/km) 0.0387 + j0.2807

2.2.5 Data Impedansi Trafo Gardu Induk Mandirancan

TABEL 5.
DATA IMPEDANSI TRAFU GARDU INDUK MANDIRANCAN

Trafo	Impedansi (Ω)
Trafo IBT 1	19.39
Trafo IBT 2	19.76
Trafo 1	46.88
Trafo 2	44.55

2.2.6 Data CT dan PT Gardu Induk Sunyaragi

TABEL 6.
DATA CT DAN PT GARDU INDUK SUNYARAGI

Rasio CT (A)	Rasio PT (V)
1600 : 5	150000 : 100

2.2.7 Data Setting Eksisting Distance Relay Gardu Induk Sunyaragi

TABEL 7.
DATA SETTING EKSISTING DISTANCE RELAY GARDU INDUK SUNYARAGI

Zona	Impedansi (Ω)
Zona 1 (Ω)	0.59
Zona 2 (Ω)	1.78
Zona 3 (Ω)	3.11

2.3 Pengolahan Data

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, selanjutnya diolah menggunakan perhitungan manual untuk mendapatkan nilai *setting* zona proteksi *distance relay* yang kemudian akan dibandingkan dengan *setting* eksisting dan *setting* hasil *scanning*(pengujian) *distance relay*.

Menurut Ardianto (2021), prinsip kerja relai jarak berdasarkan pengukuran impedansi saluran transmisi yang nilainya sebanding dengan panjang salurannya. Untuk menentukan nilai impedansi saluran dalam ohm (Ω) dapat digunakan Persamaan (1) berikut:

$$Z_L = L \times Z_{L/KM} \quad (1)$$

Keterangan:

Z_L = Impedansi saluran (Ω)

L = Panjang Saluran (km)

$Z_{L/KM}$ = Impedansi saluran (Ω/km)

Relai jarak membaca arus dan tegangan dari CT dan PT dalam nilai sekunder, maka dalam perhitungan *setting*nya perlu dikalikan dengan faktor pengali perbandingan antara rasio CT dan PT. Hal ini

bermaksud agar *setting* zona proteksinya dalam nilai sekunder sehingga sesuai dengan nilai yang diterima oleh relai. Perbandingan rasio CT dan PT dapat dituliskan melalui Persamaan (2) berikut.

$$n_1 = \frac{\text{Rasio CT}}{\text{Rasio PT}} \quad (2)$$

Keterangan:

n_1 = Perbandingan rasio CT dan PT

2.3.1. Setting Zona 1 Proteksi Distance Relay

Zona 1 adalah proteksi utama pada relai jarak, cakupannya harus melindungi sepanjang saluran dari gardu induk tersebut, namun tidak boleh melebihi saluran transmisi di depannya[1]. Dengan mempertimbangkan kemungkinan kesalahan data saluran maupun peralatan penunjang lainnya, jangkauan zona 1 biasanya diatur sebesar 80% dari panjang saluran yang diamankan. Persamaan (3) berikut digunakan untuk menghitung *setting* zona 1.

$$Z_1 = 0.8 \times Z_{L1} \times n_1 \quad (3)$$

Keterangan:

Z_1 = Impedansi zona 1 (Ω)

Z_{L1} = Impedansi saluran 1 (Ω)

n_1 = Perbandingan rasio CT dan PT

2.3.2. Setting Zona 2 Proteksi Distance Relay

Zona 2 disebut juga sebagai proteksi cadangan, karena bekerja jika proteksi utama seksi di depannya gagal bekerja. Zona 2 jangkauannya diatur harus melindungi bagian saluran transmisi yang tidak terjangkau oleh zona 1, namun tidak boleh tumpang tindih dengan jangkauan zona 2 pada saluran transmisi di seksi berikutnya. Zona 2 diatur dengan jangkauan diatur dengan jangkauan sekitar 120% dari panjang saluran yang dilindungi[3]. Persamaan (4), (5) dan (6) berikut digunakan untuk menghitung *setting* zona 1.

$$Z_{2min} = 1.2 \times Z_{L1} \times n_1 \quad (4)$$

$$Z_{2maks} = 0.8 \times (Z_{L1} + 0.8Z_{L2}) \times n_1 \quad (5)$$

$$Z_{2trafo} = 0.8 \times (Z_{L1} + 0.5X_T) \quad (6)$$

Keterangan:

Z_{2min} = Impedansi minimum zona 2 (Ω)

Z_{2maks} = Impedansi maksimum zona 2 (Ω)

Z_{2trafo} = Impedansi trafo zona 2 (Ω)

Z_{L1} = Impedansi saluran 1 (Ω)

Z_{L2} = Impedansi saluran 2 (Ω)

X_T = Reaktansi transformator terkecil di gardu induk depannya (Ω)

n_1 = Perbandingan rasio CT dan PT

Zona 2 diatur agar mencakup saluran hingga gardu induk berikutnya tanpa melewati impedansi trafo. Jika saluran berikutnya bercabang ($Z_{2maks} > Z_{2min}$), gunakan impedansi terkecil dengan $t = 0,4 s$.



Jika saluran berikutnya lebih panjang ($Z_{2maks} < Z_{2min}$), gunakan impedansi terkecil dengan $t = 0,8$ s[2].

2.3.3. Setting Zona 3 Proteksi Distance Relay

Zona 3 adalah proteksi cadangan jauh dengan jangkauan $\pm 200\%$ panjang saluran dengan waktu kerja 1.2–1.6 detik[4]. Zona ini mencakup dua seksi saluran di depan tanpa melewati impedansi trafo[3]. Setting dipilih dari impedansi terbesar (Z_{3min} , Z_{3maks1} , Z_{3maks2}) namun dibatasi maksimum 0,8 impedansi trafo. Persamaan (7), (8), (9) dan (10) berikut digunakan untuk menghitung setting zona 1.

$$Z_{3min} = 1.2 \times (Z_{L1} + Z_{L3}) \times n_1 \quad (7)$$

$$Z_{3maks1} = 0.8 \times (Z_{L1} + 1.2Z_{L2}) \times n_1 \quad (8)$$

$$Z_{3maks2} = 0.8 \times (Z_{L1} + (0.8(Z_{L3} + 0.8Z_{L4}))) \times n_1 \quad (9)$$

$$Z_{3trafo} = 0.8 \times (Z_{L1} + 0.8X_T) \quad (10)$$

Keterangan:

Z_{3min} = Impedansi minimum zona 3 (Ω)

Z_{3maks1} = Impedansi maksimum 1 zona 3 (Ω)

Z_{3maks2} = Impedansi maksimum 2 zona 3 (Ω)

Z_{3trafo} = Impedansi trafo zona 3 (Ω)

Z_{L1} = Impedansi saluran 1 (Ω)

Z_{L2} = Impedansi saluran 2 (Ω)

Z_{L3} = Impedansi saluran 3 (Ω)

Z_{L4} = Impedansi saluran 4 (Ω)

X_T = Reaktansi transformator terkecil di gardu induk depannya (Ω)

n_1 = Perbandingan rasio CT dan PT

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Impedansi Saluran

Untuk menghitung setting zona distance relay, data impedansi saluran yang semula dalam satuan Ω/km perlu diubah terlebih dahulu ke dalam satuan Ω dengan menggunakan Persamaan (1). Saluran yang diperhitungkan meliputi saluran 1 (Z_{L1}) yakni saluran dari GI Sunyaragi-Mandirancan, saluran 2 (Z_{L2}) yakni saluran dari GI Mandirancan-Arjawinangun, saluran 3 (Z_{L3}) yakni saluran GI Mandirancan-Arjawinangun, dan saluran 4 (Z_{L4}) yakni saluran GI Arjawinangun-Jatibarang.

3.1.1 Impedansi Saluran GI Sunyaragi-Mandirancan

$$Z_{L1} = L_1 \times Z_{L1/KM}$$

$$Z_{L1} = 12.13 \times (0.0387 + j0.2807)$$

$$Z_{L1} = 0.47 + j3.40 \Omega$$

$$Z_{L1} = 3.43 \angle 82.13^\circ \Omega$$

3.1.2 Impedansi Saluran GI Mandirancan-Arjawinangun

$$Z_{L2} = Z_{L3}$$

$$Z_{L2} = L_2 \times Z_{L2/KM}$$

$$Z_{L2} = 30.757 \times (0.0387 + j0.2807)$$

$$Z_{L2} = 1.19 + j8.63 \Omega$$

$$Z_{L2} = 8.71 \angle 82.15^\circ \Omega$$

Saluran 2 dan 3 sama yakni dari GI Mandirancan-Arjawinangun dengan jarak dan impedansi saluran per km yang sama.

3.1.3 Impedansi Saluran GI Arjawinangun-Jatibarang

$$Z_{L4} = L_4 \times Z_{L4/KM}$$

$$Z_{L4} = 26.522 \times (0.0387 + j0.2807)$$

$$Z_{L4} = 1.03 + j7.44 \Omega$$

$$Z_{L4} = 7.51 \angle 82.12^\circ \Omega$$

3.2 Perhitungan Rasio CT dan PT

Berikut ini merupakan perhitungan matematis untuk perbandingan rasio CT dan PT dengan menggunakan Persamaan (2).

$$n_1 = \frac{\text{Rasio CT}}{\text{Rasio PT}}$$

$$n_1 = \frac{1600/5}{150000/100}$$

$$n_1 = \frac{150000/100}{1600/5}$$

$$n_1 = 0.21$$

3.3 Perhitungan Setting Distance Relay

3.3.1 Setting Zona 1 Distance Relay

Perhitungan setting zona 1 distance relay dengan menggunakan Persamaan (3) berikut.

$$Z_1 = 0.8 \times Z_{L1} \times n_1$$

$$Z_1 = 0.8 \times 3.43 \times 0.21$$

$$Z_1 = 0.58 \Omega$$

Karena zona 1 merupakan proteksi utama dari distance relay sehingga waktu tunda yang dipilih yakni 0 detik atau instan.

3.3.2 Setting Zona 2 Distance Relay

Perhitungan setting zona 2 distance relay dengan menggunakan Persamaan (4), (5), dan (6) berikut.

$$Z_{2min} = 1.2 \times Z_{L1} \times n_1$$

$$Z_{2min} = 1.2 \times 3.43 \times 0.21$$

$$Z_{2min} = 0.86 \Omega$$

$$Z_{2maks} = 0.8 \times (Z_{L1} + 0.8Z_{L2}) \times n_1$$

$$Z_{2maks} = 0.8 \times (3.43 + 0.8 \times 8.71) \times 0.21$$

$$Z_{2maks} = 1.75 \Omega$$

$$Z_{2trafo} = 0.8 \times (Z_{L1} + 0.5X_T)$$

$$Z_{2trafo} = 0.8 \times (3.43 + 0.5 \times 19.39)$$

$$Z_{2trafo} = 10.5 \Omega$$

Karena saluran berikutnya bercabang dengan kondisi



$Z_{2maks} > Z_{2min}$, maka dipilih Z_{2maks} tanpa melebihi nilai impedansi trafo di depannya dengan waktu tunda 0.4 detik.

3.3.3 Setting Zona 3 Distance Relay

Perhitungan *setting* zona 3 *distance relay* dengan menggunakan Persamaan (7), (8), dan (9) berikut.

$$\begin{aligned} Z_{3min} &= 1.2 \times (Z_{L1} + Z_{L3}) \times n_1 \\ Z_{3min} &= 1.2 \times (3.43 + 8.71) \times 0.21 \\ Z_{3min} &= 3.14 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{3maks1} &= 0.8 \times (Z_{L1} + 1.2Z_{L2}) \times n_1 \\ Z_{3maks1} &= 0.8 \times (3.43 + 1.2 \times 8.71) \times 0.21 \\ Z_{3maks1} &= 2.33 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{3maks2} &= 0.8 \times (Z_{L1} + (0.8(Z_{L3} + 0.8Z_{L4}))) \times n_1 \\ Z_{3maks2} &= 0.8 \times (3.43 + (0.8(8.71 + 0.8 \times 7.51))) \\ &\quad \times 0.21 \\ Z_{3maks2} &= 3.89 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{3trafo} &= 0.8 \times (Z_{L1} + 0.8X_T) \\ Z_{3trafo} &= 0.8 \times (3.43 + 0.8 \times 19.39) \\ Z_{3trafo} &= 3.18 \Omega \end{aligned}$$

Zona 3 dipilih dari nilai yang terbesar antara Z_{3min} , Z_{3maks1} , dan Z_{3maks2} tanpa melebihi 0.8 impedansi trafonya. Waktu tunda zona 3 yakni 1.2-1.6 detik.

3.4 Hasil Scanning (Pengujian) Setting Distance Relay

Tabel berikut menunjukkan hasil *scanning* (pengujian) *distance relay* yang ada pada GI Sunyaragi.

TABEL 8.
HASIL SCANNING (PENGUJIAN) DISTANCE RELAY

Zona	Impedansi (Ω)
Zona 1	0.57
Zona 2	1.73
Zona 3	3.03

3.5 Perbandingan Setting Impedansi Distance Relay

Berikut ini merupakan perbandingan impedansi hasil perhitungan dan hasil *scanning* (pengujian) *distance relay* pada GI Sunyaragi, seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

TABEL 9.
PERBANDINGAN IMPEDANSI HASIL HITUNG DAN HASIL UJI DISTANCE RELAY

Zona	Z Hasil	Z Hasil	Error
------	---------	---------	-------

	Uji (Ω)	Hitung (Ω)	(%)
Zona 1	0.57	0.58	1.75
Zona 2	1.73	1.75	1.16
Zona 3	3.03	3.14	3.63

Dari tabel 8 di atas menunjukkan perbandingan nilai impedansi hasil perhitungan dan hasil *scanning* (pengujian). Zona 1 nilai impedansi hasil hitung 0.58 Ω dan hasil *scanning* 0.57 Ω dengan nilai *error* 1.75%. Zona 2 nilai impedansi hasil hitung sebesar 1.75 Ω dan hasil *scanning* 1.73 Ω dengan nilai *error* 1.16%. Dan Zona 3 nilai impedansi hasil hitung sebesar 3.14 Ω dan hasil *scanning* 3.03 Ω dengan nilai *error* 3.63%. Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat dikatakan nilai impedansinya masih dalam batas toleransi yakni batas *error* maksimal 5% sesuai dengan buku panduan MiCOM *Numerical Distance Protection*[5].

Berikut ini merupakan perbandingan impedansi hasil hitung dan *setting distance relay* pada GI Sunyaragi, seperti ditunjukkan pada Tabel 9.

TABEL 10.
PERBANDINGAN IMPEDANSI HASIL HITUNG DAN SETTING DISTANCE RELAY

Zona	Z Setting (Ω)	Z Hasil Hitung (Ω)	Error (%)
Zona 1	0.59	0.58	1.69
Zona 2	1.78	1.75	1.69
Zona 3	3.11	3.14	0.96

Dari tabel 9 di atas menunjukkan perbandingan nilai impedansi hasil perhitungan dan *setting distance relay*. Zona 1 nilai impedansi hasil hitung 0.58 Ω dan impedansi *setting* 0.59 Ω dengan nilai *error* 1.69%. Zona 2 nilai impedansi hasil hitung sebesar 1.75 Ω dan impedansi *setting* 1.78 Ω dengan nilai *error* 1.69%. Dan Zona 3 nilai impedansi hasil hitung sebesar 3.14 Ω dan impedansi *setting* 3.11 Ω dengan nilai *error* 0.96%. Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat dikatakan nilai impedansinya masih dalam batas toleransi yakni batas *error* maksimal 5% sesuai dengan buku panduan MiCOM P441/P442&P444 *Numerical Distance Protection*[5].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan impedansi hasil perhitungan secara sistematis, impedansi hasil *scanning* (pengujian), dan impedansi *setting distance relay* diperoleh nilai *error*-nya 0.96% – 3.63%. Nilai *error* tersebut dalam kondisi *distance relay* yang terpasang pada saluran



transmisi 150 kV Gardu Induk Sunyaragi handal untuk beroperasi. Dengan merujuk pada buku panduan MiCOM P441/P442&P444 *Numerical Distance Relay*, nilai toleransi *error* dari *setting* impedansi *distance relay* sebesar 5%. Maka dari hasil perhitungan dan analisis di atas, perbandingan impedansi hasil perhitungan, impedansi hasil *scanning* (pengujian), dan impedansi *setting* masih di bawah batas toleransi yang diizinkan.

Penelitian ini menggunakan data aktual dari lapangan sehingga hasil analisis lebih realistis. Namun terdapat kekurangan pada penelitian ini yakni analisis tidak mencakup simulasi gangguan yang dapat menggambarkan kinerja *distance relay*.

V. SARAN

Karena dalam penelitian ini masih terdapat kekurangan, penulis menyarankan untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menguji nilai impedansi *distance relay* menggunakan simulasi berbasis aplikasi/*software* dengan skenario gangguan untuk menganalisis *setting* zona dan kinerja lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu serta mendukung dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada diri saya sendiri yang tetap semangat dalam mengerjakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Romdhani, Supriyatna, and A. B. Muljono, "Proteksi Relay Jarak Pada Jaringan Sutt 150 Kv Gi Ampenan – Pltu Lombok Energy Dynamic (Led)," *Dielektrika*, vol. 8, no. 1, p. 36, 2021, doi: 10.29303/dielektrika.v8i1.263.
- [2] M. Ardianto, *Analisis Sistem Proteksi Distance Relay Sutt Gi Randu GarutKaliwungu 1*. 2021.
- [3] H. Ahmad, L. Shintaway, and S. Amatullah, "Perhitungan Relai Jarak Sebagai Proteksi Pada Penghantar Sutet 500 Kv – Muaraenim Ke Gitet 500kv New Aur Duri Pt. Pln (Persero) Uip Sumbagsel," *NBER Work. Pap.*, p. 89, 2023, [Online]. Available: <http://www.nber.org/papers/w16019>
- [4] M. W. Agustian and D. Fauziah, "Analisis

Setting Distance Relay pada Saluran Transmisi 150 kV Bay 1 Gardu Induk New Kadipaten-Rancaekek," *Pros. Disem. FTI Gen. 2021/2022*, pp. 1–9, 2021.

- [5] Schneider Electric, "MiCOM P441/P442&P444 Numerical Distance Relay," 2011.
- [6] *IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*, IEEE Std C37.113-2015 (Revision of IEEE Std C37.113-1999), 2015.
- [7] G. Ziegler, *Numerical Distance Protection: Principles and Applications*, 4th ed. Erlangen, Germany: Publicis Publishing, 2011.
- [8] Warjito, A. S. Rohman, and D. J. Santoso, "Analisis Koordinasi Relai Jarak pada Jaringan Transmisi 150 kV di Sistem Kelistrikan Jawa-Bali," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 1, pp. 45–52, Apr. 2022.