

# Proteksi Jaringan Transmisi Saluran Udara dengan Menggunakan Relay Jarak

Ahmad Srinaldi<sup>1)</sup>, Muliadi<sup>2\*)</sup>, Syukri<sup>3)</sup>, Muhammad Raudhi Azmi<sup>4)</sup>, Husaini<sup>5)</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5)</sup> Prodi Teknik Elektro, Universitas Iskandarmuda

Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

\*Corresponding author E-mail: [muljadi.trip@gmail.com](mailto:muljadi.trip@gmail.com)

## ABSTRACT

The 150 kV overhead line transmission network has the function of delivering electric power to consumers located several hundred kilometres from the power plant. Currently, electricity distributed to consumers in Indonesia has not yet received a supply of electrical energy as expected. The supply of electricity is often not optimal because there are frequent power outages in almost all parts of Indonesia, thus requiring a reliable protection system. For the overhead line transmission network to be well protected, a distance relay is used. The distance relay is the main protection that uses 3 (three) division zones to protect the 150 kV high voltage line by comparing the nominal impedance of the distance relay with the fault impedance that is read. This research was conducted on the 150 kV overhead line transmission network GI Banda Aceh-GI Sigli to obtain the impedance value for each distance relay zone that must be set and the distribution of the distance relay zone. The method used is by using a mathematical formula. The results show that the impedance and range of each zone are zone 1 of  $5,6024 \angle 39,953^\circ$  Ohm with a range of 36,3028 km, zone 2 of  $14,4564 \angle 39,952^\circ$  Ohm with a range of 93,6776 km and zone 3 is  $24,9993 \angle 39,99^\circ$  Ohms with a range of 162,032 km.

**Keywords:** Substation, transmission network, distance relay, relay zone, Impedance

## ABSTRAK

Jaringan transmisi saluran udara 150 kV memiliki fungsi sebagai pengiriman tenaga listrik kepada konsumen yang letaknya beberapa ratus kilometer dari pusat pembangkit. Listrik yang di salurkan kepada konsumen di Indonesia saat ini belum mendapatkan pasokan energi listrik seperti yang diharapkan. Pasokan tenaga listrik sering tidak maksimal karena sering terjadi pemadaman listrik hampir di seluruh wilayah Indonesia sehingga membutuhkan sistem proteksi yang handal. Agar jaringan transmisi saluran udara bisa terproteksi dengan baik, maka digunakan relay jarak. Relai jarak merupakan pengaman utama yang menggunakan 3 (tiga) zona pembagian untuk memproteksi saluran tegangan tinggi 150 kV dengan melakukan perbandingan impedansi nominal relay jarak dengan impedansi gangguan yang terbaca. Pada penelitian ini dilakukan pada jaringan transmisi saluran udara 150 kV GI Banda Aceh-GI Sigli untuk mendapatkan nilai impedansi pada setiap zona relai jarak yang harus disetting dan pembagian zona relai jarak. Adapun metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan formula matematis. Hasilnya didapatkan bahwa nilai impedansi dan jangkauan setiap masing-masing zona yaitu zona 1 sebesar  $5,6024 \angle 39,953^\circ$  Ohm dengan jangkauan 36,3028 km, zona 2 adalah sebesar  $14,4564 \angle 39,952^\circ$  Ohm dengan jangkauan 93,6776 km dan zona 3 adalah sebesar  $24,9993 \angle 39,99^\circ$  Ohm dengan jangkauan 162,032 km.

**Kata Kunci:** Gardu induk, jaringan transmisi, relay jarak, zona relay, Impedansi

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi penunjang bagi seluruh sarana yang dibutuhkan untuk kegiatan manusia. Maka dari itu perlu diperhatikan kesinambungan dari proses penyaluran tenaga listrik agar kegiatan masyarakat dapat berlangsung dengan baik [1].

Penyaluran tenaga listrik bersumber dari pusat listrik (pembangkit) sampai ke konsumen (beban) dimana diantara keduanya terdapat gardu induk, saluran transmisi, dan saluran distribusi sehingga energi listrik yang dihasilkan dari pusat listrik dapat dipergunakan oleh konsumen [2]. Pada penyaluran tenaga listrik, saluran transmisi sangatlah penting sehingga sangat membutuhkan perhatian khusus terutama

dalam hal perencanaannya. Saluran transmisi merupakan sistem dinamis kompleks dengan parameter-parameter, sistem proteksi dan keadaan sistemnya yang terus berubah-ubah [3][4]. Sistem proteksi merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik dan berfungsi untuk meningkatkan kontinuitas pelayanan terhadap konsumen [5]. Oleh sebab itu, suatu sistem proteksi harus memiliki sensitivitas, selektivitas, kecepatan, aman, dan andal dalam pengoperasiannya [6][7].

Dalam sistem saluran transmisi tenaga listrik terdapat banyak sistem proteksi salah satunya yaitu proteksi relai jarak (*distance relay*) yang berfungsi sebagai pengaman utama karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan dengan baik dan cepat [8]. Relai jarak bekerja dengan

mengukur impedansi transmisi yang terbagi menjadi beberapa zona cakupan yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di daerah pengamanannya [9][10][11].

Pada suatu saluran transmisi yang besar, koordinasi relai jarak merupakan masalah yang harus diperhatikan pada saat operasi yaitu dengan memperkirakan besarnya gangguan yang dihitung secara *off-line*. Keadaan sistem saluran transmisi yang berubah-ubah mengakibatkan parameternya juga berubah serta adanya gangguan yang tidak bisa diperkirakan besarnya, sehingga *setting* relainya akan menjadi tidak selektif. Untuk kondisi tersebut, maka diperlukan koordinasi relai yang lebih baik agar dapat menyesuaikan dengan keadaan sistem, sehingga dapat memperbaiki kinerja sistem pengamanannya apabila terjadi gangguan [10][12].

Gangguan terdiri dari gangguan simetris dan asimetris. Gangguan simetris merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasa sehingga nilai arus dan tegangannya sama, gangguan ini terdiri dari hubung singkat tiga fasa dan hubung singkat tiga fasa ke tanah. Sedangkan gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik umumnya merupakan gangguan asimetris, dimana gangguan asimetris tersebut mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang. Persamaan di atas merupakan persamaan komponen urutan positif arus dan tegangan pada cabang yang mengalami gangguan [8] [13].

Berdasarkan latar belakang tersebut, adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan nilai impedansi pada setiap zona relai jarak yang harus disetting dan pembagian zona relai jarak pada saluran transmisi 150 kV gardu induk (GI) Banda Aceh–gardu induk (GI) Sigli. Selanjutnya, manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat meminimalisir gangguan yang terjadi pada jaringan transmisi 150 kV GI Banda Aceh-Sigli juga memiliki sistem proteksi relai jarak yang dapat bekerja secara optimal.

## II. METODE

Penelitian ini dilakukan di PT PLN (Persero) Area Penyaluran dan Pengatur Beban Sistem Aceh yang berlokasi di Jl. Seokarno – Hatta, Desa Lamreung, Kec. Darul Imarah, Kab. Aceh Besar. Adapun tahapan penelitian yaitu pengambilan data, metode analisis, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan.

### A. Pengambilan Data

Pengambilan data diambil dari PT PLN (Persero) Area Penyaluran dan Pengatur Beban Sistem Aceh yang berupa data relay jarak, penghantar pada jaringan transmisi saluran GI Banda Aceh–GI Jantho, jaringan transmisi saluran udara GI Jantho–GI Sigli, dan data impedansi urutan positif, negatif, dan nol. Adapun data-data yang dimaksud yaitu:

- Data relay jarak yang digunakan pada jaringan transmisi saluran udara GI Banda Aceh-GI Sigli.

TABEL 1. DATA RELAY JARAK

Item	Uraian	Satuan
Merek	ABB RE D670	-

Tipe	V 1.0	-
Arus Nominal	1	A
Tegangan Nominal	100	V
Frekuensi	50	Hz
Tegangan DC	110/125	Vdc

- Data penghantar pada jaringan transmisi saluran udara GI Banda Aceh–GI Jantho.

TABEL 2. DATA PENGHANTAR GI BANDA ACEH-GI JANTHO

Item	Uraian	Satuan
Tipe Konduktor	ACSR ( <i>Double Hawk</i> )	-
Diameter	21.89	mm
Luas Penampang	280.8	mm <sup>2</sup>
Impedansi	0.1183 + j0.0991	Ω/km
Kapasitas Arus	659	A
Panjang Penghantar	50,135	km

- Data penghantar pada jaringan transmisi saluran udara GI Jantho-GI Sigli.

TABEL 3. DATA PENGHANTAR GI JANTHO-GI SIGLI

Item	Uraian	Satuan
Tipe Konduktor	ACSR ( <i>Double Hawk</i> )	-
Diameter	21.89	mm
Luas Penampang	280.8	mm <sup>2</sup>
Impedansi	0.1183 + j0.0991	Ω/km
Kapasitas Arus	659	A
Panjang Penghantar	40,135	km

- Data impedansi urutan positif, negative, dan nol.

TABEL 4. DATA IMPEDANSI URUTAN POSITIF, NEGATIF, DAN NOL

Impedansi	
Urutan Positif	0.167+j1.306
Urutan Negatif	1.056+j2.880
Urutan Nol	0.736+j3.797

Panjang saluran transmisi, impedansi saluran transmisi Pembagian jangkauan zona relai jarak pada saluran transmisi 150 kV GI Banda Aceh-GI Sigli.

### B. Metode Analisis

Pada metode analisis, nilai impedansi yang terdeteksi relay jarak pada saluran transmisi 150 kV GI Banda Aceh-GI Sigli pada masing-masing zona dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [3][14]:

$$Z_{relay} = \frac{PT}{CT} \times Z_{zona} \quad (1)$$

Keterangan:

- $Z_{relay}$  = Impedansi yang terdeteksi relay
- PT = Potential transformer
- CT = Current Transformer

$Z_{zona} =$  Impedansi zona relay

$$\text{Zona 1} = 0.8xZ_{L1} \quad (6)$$

Tegangan dan arus yang masuk pada jaringan transmisi saluran udara 150 kV menghasilkan perbandingan yaitu berupa impedansi. Jaringan transmisi yang menggunakan relay jarak sebagai proteksi membutuhkan impedansi saluran pada jaringan transmisi agar dapat menemukan hasil pembagian zona relai jarak. Impedansi ( $Z_L$ ) pada jaringan transmisi saluran udara dapat dihitung dengan persamaan:

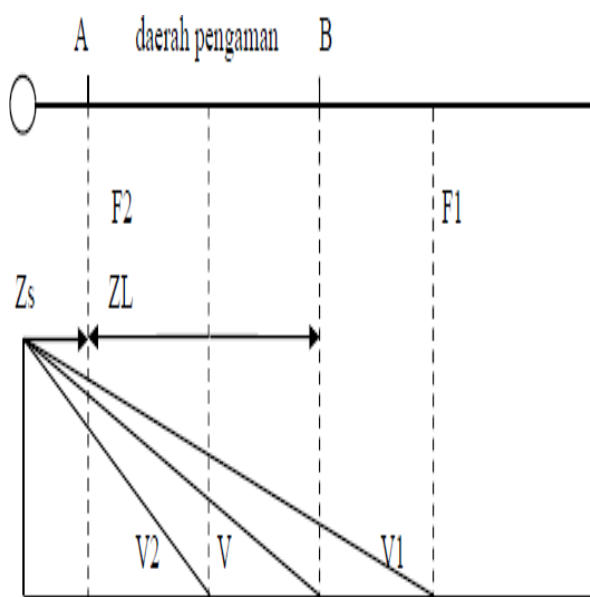
$$Z_L = P_s \times Z_{saluran/km} \quad (2)$$

Keterangan :

$P_s$  = Panjang saluran (km).

$Z_{saluran/km}$  = Impedansi per kilometer.

Pada relay jarak terdapat skema batas gangguan pengaman, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema batas gangguan relay jarak

Keterangan:

- Batas A adalah gangguan di bus B (daerah batas pengaman), tegangan yang terukur oleh relay adalah:

$$V = I_F \times Z_L \quad (3)$$

Pada batas ini relay dalam batas keseimbangan.

- Batas B adalah gangguan di F1 (di luar daerah pengaman), tegangan yang diukur di A adalah  $V_1 > V$

$$V_1 = I_{F1} \times Z_{L1} \quad (4)$$

Pada batas ini, jika  $V_1 > V$  dan  $I_{F1} = I_F$  maka  $Z_1 > Z_L$  maka relay tidak akan bekerja.

- Batas C adalah gangguan di F2 (di dalam daerah pengaman), tegangan yang diukur di A adalah  $V_2 < V$ .

$$V_2 = I_{F2} \times Z_{L2} \quad (5)$$

Jadi  $V_2 < V$  dan  $I_{F2} = I_F$ , maka  $Z_2 < Z_L$  maka relay akan bekerja.

Selanjutnya, penyetapan relay jarak pada daerah jangkauan perlindungan zona 1 mencakup sebesar 80% dari panjang saluran yang diamankan sehingga dapat dituliskan persamaan [3][14]:

Dengan  $Z_{L1}$  = impedansi saluran transmisi yang diamankan (Ohm), relay bekerja seketika  $t=0$ .

Untuk daerah yang diamankan pada zona 2 yaitu sisa daerah yang tidak terlindungi oleh zona 1 sampai ke penghantar berikutnya. Untuk zona 2 berlaku persamaan:

$$\text{Zona 2 Max} = 0.8x(Z_{L1} + 0.8 Z_{L2}) \quad (7)$$

Dengan  $Z_{L1}$  adalah impedansi saluran yang diamankan (Ohm),  $Z_{L2}$  adalah impedansi saluran transmisi berikutnya yang diamankan (Ohm), waktu kerja relay zona 2 adalah  $t_2=0.4$  detik.

Adapun daerah yang diamankan pada zona 3 dapat ditentukan dengan mempertimbangkan sisa penghantar yang tidak terlindungi oleh zona 2, minimal sampai akhir seksi berikutnya, persamaan untuk zona 3 yaitu:

$$\text{Zona 3 Max} = 1.2x(Z_{L1} + Z_{L2}) \quad (8)$$

Dengan  $Z_{L1}$  adalah impedansi saluran yang diamankan (Ohm),  $Z_{L2}$  adalah saluran transmisi saluran berikutnya yang diamankan (Ohm).

Jadi, jika impedansi yang diukur lebih kecil dari impedansi saluran yang diamankan maka relay bekerja, sedangkan bila impedansi yang diukur lebih besar maka relay tidak akan bekerja.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Menghitung Nilai Impedansi yang Terdeteksi Relay Jarak

Untuk mendapatkan nilai impedansi yang terdeteksi relay jarak membutuhkan jumlah rasio trafo arus (CT) dan trafo tegangan (PT) pada sistem relai jarak. Jumlah rasio yang digunakan, yaitu pada CT sebesar 1000 A:1 A dan pada PT adalah sebesar 150 kV:100V. Jadi setelah dirasioikan, maka nilai impedansi yang dapat dilihat oleh relay jarak hanya dalam skala kecil yaitu:

$$n = \frac{PT}{CT}$$

$$n = \frac{1/1500}{1/1000}$$

$$n = 0.666$$

Maka didapatkan

Zona 1

$$Z1 \text{ sekunder} = 0.666 \times (9.829 + j15.567)$$

$$Z1 \text{ sekunder} = 5.897 + j9.340 \Omega$$

Zona 2

$$Z2 \text{ sekunder} = 0.666 \times (15.841 + j25.089)$$

$$Z2 \text{ sekunder} = 9.504 + j15.053 \Omega$$

Zona 3

$$Z3 \text{ sekunder} = 0.666 \times (26.017 + j41.205)$$

$$Z3 \text{ sekunder} = 15.610 + j24.723$$

*B. Menghitung Impedansi pada Jaringan Transmisi Saluran Udara GI Banda Aceh-GI Jantho*

Impedansi pada jaringan transmisi saluran udara GI Banda Aceh-GI Jantho ( $Z_{L1}$ ) dihitung untuk mendapatkan nilai impedansi saluran pada gardu induk Area Penyaluran dan Pengatur Beban Sistem Aceh berdasarkan Panjang saluran dan impedansi per kilometer. Impedansi pada GI Banda Aceh-GI Jantho disebut juga impedansi saluran 1 yang akan diamankan oleh relay jarak. Untuk mendapatkan nilai impedansi pada jaringan transmisi saluran udara tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$Z_L = P_s \times Z_{saluran/km}$$

$$Z_{L1} = 32,92x(0,0633 + j0,2581)$$

$$Z_{L1} = 2,0838 + j8,4966 \text{ Ohm}$$

*C. Menghitung Impedansi pada Jaringan Transmisi Saluran Udara GI Jantho-GI Sigli*

Nilai impedansi jaringan transmisi saluran udara GI Jantho-GI Sigli disebut juga dengan impedansi saluran 2. Jaringan transmisi saluran udara tersebut memiliki nilai yang berbeda dengan jaringan transmisi saluran udara GI Banda Aceh-GI Sigli. Dengan menggunakan persamaan (2), hasilnya adalah sebagai berikut:

$$Z_L = P_s \times Z_{saluran/km}$$

$$Z_{L1} = 58,90x(0,0633 + j0,2581)$$

$$Z_{L1} = 3,723 + j15,2020 \text{ Ohm}$$

*D. Perhitungan Jangkauan Zona Relay Jarak*

Jangkauan zona relay jarak pada jaringan transmisi saluran udara GI Banda Aceh-GI Jantho dan GI Jantho-GI Sigli dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6), (7), dan (8). Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan zona kerja dari relay jarak. Jangkauan zona kerja relay jarak dibagi ke dalam 3 zona, yaitu:

• Zona 1 ( $Z_1$ )

Jangkauan zona relay jarak pada zona 1 yaitu 80% dari titik jaringan transmisi saluran udara GI Banda Aceh-Jantho (saluran 1). Pada zona 1, kerja relay jarak yang terpasang tingkat ketelitian yang dimiliki tidak mencapai 100% sehingga jarak yang diatur tidak 100%. Selanjutnya, wilayah kerja relay jarak pada zona 1 mencakup 80% dari panjang saluran yang diamankan. Jangkauan zona 1 relay jarak dapat dihitung sebagai berikut:

$$Z_1 = 0,8xZ_{L1}$$

$$Z_1 = 0,8x(2,0838 + j8,4966) \text{ Ohm}$$

$$Z_1 = 1,6670 + j7,1973 \text{ Ohm}$$

Jadi, jarak yang dapat dijangkau oleh relay jarak yaitu:

$$\text{Jarak} = 0,8 \times 5,3682$$

$$\text{Jarak} = 4,2945 \text{ km}$$

Pada zona 1, relay jarak bekerja dengan waktu 0 detik dikarenakan bekerja secara instantaneous atau secara seketika dan apabila terjadi gangguan relai jarak akan bekerja langsung tanpa waktu tunda.

• Zona 2 ( $Z_2$ )

Pada zona 2, relay jarak bekerja sebagai *backup* dari zona 1 yang bekerja 80% di jaringan transmisi saluran 1. Selanjutnya, relay jarak bekerja 20% pada jaringan transmisi saluran 1 yang tidak dapat dijangkau pada zona 1 dan bekerja 40% pada jaringan transmisi saluran udara GI Jantho-Sigli atau saluran 2. Zona 2 relai jarak bekerja dengan 100% pada saluran 1 dan 40% pada saluran 2 sehingga dapat dikerucutkan zona 2 bekerja 140% dari saluran 1. Daerah kerja zona 2 mencakup daerah yang tak terlindungi oleh zona 1 sampai ke penghantar seksi berikutnya.

$$Z_2 = 0,8x(Z_{L1} + 0,8 Z_{L2})$$

$$Z_2 = 0,8x(2,0838 + j8,4966) + 0,8 \times (0,6713 + j2,7374)$$

$$Z_2 = 1,6670 + j7,1973 + 0,5370 + j1,7899 \text{ Ohm}$$

Jarak jangkauan relay jarak yaitu:

$$\text{Jarak} = 0,8 \times (5,3682 + (0,8 \times 10,6063))$$

$$\text{Jarak} = 4,2945 + 8,4850$$

$$\text{Jarak} = 12,7795 \text{ km}$$

Pada zona 2, relay jarak bekerja pada 0.4 detik dikarenakan kerja relay jarak pada zona 2 juga sebagai *backup* zona 1 apabila mengalami kegagalan, maka di setting dengan waktu tunda. Relay jarak pada zona 2 bekerja secara instantaneous atau seketika pada saat dijangkauannya sendiri.

• Zona 3 ( $Z_3$ )

Pada zona 3, relay jarak bekerja sebagai *backup* dari zona 1 yang bekerja 80% dari saluran 1 dan zona 2 yang bekerja 140% dari saluran 1 atau jaringan transmisi saluran udara GI Banda Aceh-Jantho, kemudian pada zona 3, relai jarak bekerja 60% yang tidak dijangkau oleh zona 2 pada saluran 2 atau jaringan transmisi saluran udara GI Jantho-Sigli, dan bekerja 20% saluran berikutnya setelah GI Sigli. Zona 3 bekerja 100% pada saluran 1 dan saluran 2 serta 20% setelah saluran 2 sehingga dapat dikerucutkan bahwa zona 3 bekerja 120% saluran 1 dan saluran 2.

$$Z_3 = 1,2x(Z_{L1} + Z_{L2})$$

$$Z_3 = 1,2x((2,0838 + j8,4966) + (0,6713 + j2,7374))$$

$$Z_3 = 1,2133 + j4,9474 \text{ Ohm}$$

Jarak jangkauan pada relay jarak:

$$\text{Jarak} = 1,2x(5,3682 + 10,6063)$$

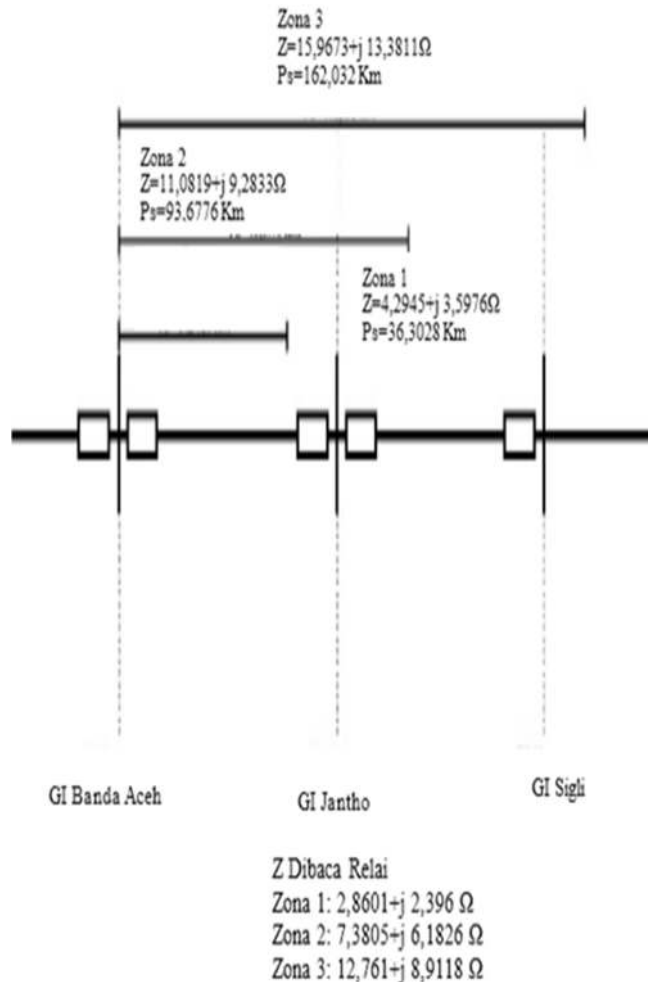
$$\text{Jarak} = 19,1694 \text{ km}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, maka didapatkan bahwa pada zona 3 relay jarak bekerja dengan waktu 0,8 detik dikarenakan pada zona 3 relay jarak bekerja sebagai *backup* zona 1 dan zona 2 apabila mengalami kegagalan dalam mengamankan jaringan transmisi saluran udara, maka zona 3

memiliki waktu tunda lebih besar dari zona 2. Seperti halnya pada zona 2, relay jarak di daerah saluran yang diamankan sendiri oleh zona 3 maka akan bekerja secara instantaneous atau seketika.

#### E. Blok Zona Kerja Relay Jarak

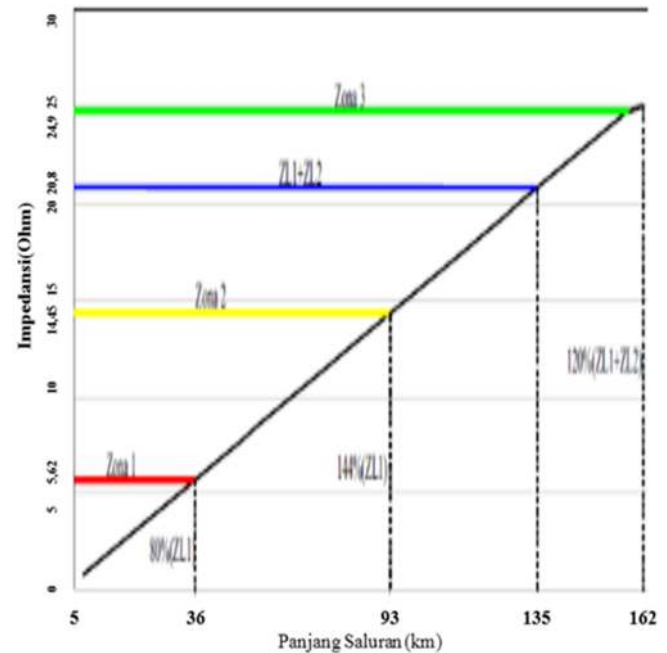
Impedansi dan jarak jangkauan pada masing-masing zona relai jarak yang telah didapatkan sebelumnya dibuat dalam bentuk blok zona kerja relay. Selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Blok zona kerja relay jarak

Gambar 2 merupakan blok zona kerja relay jarak yang dibuat untuk mengetahui jarak jangkauan relay jarak dan impedansi saluran pada setiap zona relay jarak. Pembuatan blok zona kerja relay jarak dapat dijadikan sebagai gambaran lingkup kerja relay jarak dalam memproteksi gangguan yang terjadi pada jaringan transmisi saluran udara. Zona 1 relay jarak bekerja pada angka 80% dari titik GI Banda Aceh-Jantho, karena pada rangkaian dalam penggunaan sistem proteksi relay jarak. Kerja dari trafo arus dan trafo tegangan yang terpasang pada relay itu sendiri memiliki tingkat ketelitian yang tidak mencapai 100%, sehingga pada zona 1 relay jarak diatur dengan range 80% dari jaringan transmisi saluran 1, kemudian panjang saluran (PS) yang di dapat pada zona 1 yaitu 36,3028 km. Pada Zona 2, relay jarak bekerja pada angka 100% di jaringan transmisi saluran 1 dan 40% pada jaringan transmisi saluran 2 sehingga dapat dikerucutkan zona 2 bekerja pada range 140% dari jaringan

transmisi saluran 1. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan bahwa panjang saluran (PS) pada zona 2 yaitu sebesar 93,6776 km dan panjang saluran pada Zona 3 yaitu sebesar 162,032 km. Grafik zona relay jarak selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Grafik zona kerja relay jarak

Selanjutnya dari Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai impedansi pada jaringan transmisi saluran udara zona 1 yaitu sebesar 5,62 Ohm, panjang saluran yang diketahui adalah 36 km. Sedangkan blok berwarna kuning sebagai penanda lingkup kerja zona 2 dengan nilai impedansi saluran yaitu sebesar 14,45 Ohm, dan panjang saluran adalah 93 km. Sedangkan blok berwarna hijau muda yaitu sebagai penanda lingkup kerja zona 3, dengan nilai impedansi saluran adalah sebesar 24,9 Ohm, panjang saluran adalah 162 km. Untuk lingkup kerja blok berwarna biru muda akan bekerja dengan seketika tanpa waktu tunda dengan kata lain sebagai proteksi tanpa delay. Apabila terjadi gangguan pada zona 1 dan nilai impedansinya yaitu sebesar 20,8 Ohm, panjang salurannya adalah sebesar 135 km. Namun, ketika blok yang berwarna biru muda gagal menanggulangi gangguan maka zona 2 dengan waktu tunda 0,4 detik akan bekerja atau melakukan backup pada zona 1. Zona 3 menjadi cadangan zona 2 apabila gagal mengamankan jaringan transmisi dengan waktu tunda 0,8 detik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, maka dapat disimpulkan bahwa relay jarak dapat memproteksi jaringan transmisi saluran udara 150 kV GI Banda Aceh-Sigli dengan zona 1 80% dari ZL1, Zona 2 140% dari ZL1, dan zona 3 120% ZL1 serta ZL2. Nilai impedansi zona relai jarak pada jaringan transmisi saluran udara GI Banda Aceh-Sigli adalah zona 1  $5,6024 \angle 39,953^\circ$  Ohm dengan jangkauan 36,3028 km, zona 2  $14,4564 \angle 39,952^\circ$  Ohm dengan jangkauan 93,6776 km, dan zona 3  $24,9993 \angle 39,99^\circ$  Ohm dengan jangkauan 162,032 km.

#### REFERENSI

- [1] T. R. Aljufri, B. Supradono, and L. Assaffat, "Scanning dan Resetting Distance Relay Pada Pengantar 150 kV Kudus Arah Jekulo," Media Elektr., vol. 4, no. 2, pp. 1-13, 2011.

- [2] D. Aribowo and D. Desmira, "Analisis Kerugian Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV Unit Pelayanan Transmisi Cilegon Baru - Cibinong," *VOLT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 29–36, 2016. [Online]. Available: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/VOLT/article/view/816>.
- [3] D. Ira Debora Parhusip, Dr. Ir. Hermawan, "RELAI JARAK SEBAGAI PENGAMAN UTAMA PADA POLA PROTEKSI SUTT PT . PLN ( Persero ) Udiklat Semarang," Makal. Semin. Kerja Prakt., pp. 1–10, 2012.
- [4] N. Samuel, H. Tumaliang, L. S. Patras, and M. Pakiding, "Koordinasi Setting Relai Jarak Pada Transmisi 150 Kv Pltu 2 Sulut 2 X 25 Mw," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–7, 2012, doi: 10.35793/jtek.1.3.2012.615.
- [5] S. Muhammad, "STUDI KEANDALAN DISTANCE RELAY JARINGAN 150 kV GI TELLO - GI PARE-PARE," *MEDIA Elektr.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–8, 2010.
- [6] W. H. Conley and R. J. Deferrari, *Principles and Applications*, vol. 23, no. 4, 1952.
- [7] A. Mohajeri, H. Seyedi, and M. Sabahi, "Optimal setting of distance relays quadrilateral characteristic considering the uncertain effective parameters," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 73, pp. 1051–1059, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2015.06.011.
- [8] M. Sanusi, "Analisa proteksi rele jarak pada saluran udarategangan tinggi 150 kv gardu induk rembang baru ke gardu induk pati universitas muhammadiyah surakarta," *E-Jurnal Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2017.
- [9] A. Al-Kandari, M. Gilany, and J. Madouh, "An accurate technique for locating faults by distance relays," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 33, no. 3, pp. 477–484, 2011, doi: 10.1016/j.ijepes.2010.11.001.
- [10] M. Azari, M. Ojaghi, and K. Mazlumi, "An enhanced adaptive algorithm to mitigate mis-coordination problem of the third zone of distance relays," *J. Appl. Res. Technol.*, vol. 13, no. 1, pp. 87–96, 2015, doi: 10.1016/S1665-6423(15)30007-9.
- [11] S. Garlapati, H. Lin, A. Heier, S. K. Shukla, and J. Thorp, "A hierarchically distributed non-intrusive agent aided distance relaying protection scheme to supervise Zone 3," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 50, no. 1, pp. 42–49, 2013, doi: 10.1016/j.ijepes.2013.02.012.
- [12] M. Farzinfar, M. Jazaeri, and F. Razavi, "A new approach for optimal coordination of distance and directional over-current relays using multiple embedded crossover PSO," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 61, pp. 620–628, 2014, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.04.001.
- [13] H. Marta yudha, *Rele proteksi: Prinsip dan Aplikasi*. 2008.
- [14] A. Hamdadi dan Fikriansyah, "Analisa dan Pengaturan Ulang Relay Jarak Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Keramasan – Bukit Asam," *J. Mikrotiga*, vol. 1, no. 3, pp. 9–17, 2014.