

## ANALISIS KINERJA RELAI *DISTANCE* SEBAGAI PENGHANTAR 150 KV GI PAYA GELI

### *PERFORMANCE ANALYSIS OF DISTANCE RELAYS AS A CONDUCT FOR 150 KV GI PAYA GELI*

M. Anggi Alfharabi Nasution<sup>1</sup>, Siti Anisah<sup>2</sup>, Hermansyah Alam<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi

[Anggialfharabii09@gmail.com](mailto:Anggialfharabii09@gmail.com)

#### ABSTRACT

*This research aims to analyze the performance of the distance relay as a 150 KV GI Paya Geli conductor. This research uses the field observation method. The data can then be processed by mathematical calculations to obtain and compare figures with PT. PLN (Persero) GI Payageli targets. The data in this research was obtained using field research techniques, document techniques, discussions/interviews and data analysis. The research results show that the distance relay works by comparing the measured fault impedance with the setting impedance. If the fault impedance value is smaller than the relay setting impedance, the relay will trip. The fault distance that can be detected by SUTT 150 kV GI Paya Geli is zone 1 which is 80% of the impedance of the protected channel, in zone 2 it is 120% of the impedance of the protected channel and in zone 3 it is the impedance of the protected channel plus 80% of the previous channel.*

**Keywords:** Performance, Distance Relay, Conductor

#### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja relai distance sebagai penghantar 150 KV GI Paya Geli. Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan Data-data kemudian dapat diolah dengan melakukan perhitungan secara matematis untuk memperoleh angka-angka kemudian membandingkannya dengan target GI Payageli PT.PLN (Persero). Data pada penelitian ini diperoleh dengan menggunakan teknik penelitian lapangan, teknik dokumen, diskusi/wawancara dan analisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa relai jarak bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi setting. Apabila harga impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi setting relai maka relai akan trip. Jarak gangguan yang dapat dideteksi oleh SUTT 150 kV GI Paya Geli yaitu zona 1 sebesar 80% dari impedansi saluran yang diproteksi, pada zona 2 sebesar 120% dari impedansi saluran yang diproteksi dan pada zona 3 sebesar impedansi saluran yang diamankan ditambah 80% saluran sebelumnya.

**Kata Kunci:** Kinerja, Relai Distance, Penghantar

#### PENDAHULUAN

Dalam penyaluran tenaga listrik, saluran transmisi memiliki peran utama dan terdiri dari beberapa bagian. Bagian yang sangat krusial dalam saluran transmisi adalah sistem proteksi, sehingga perencanaan saluran transmisi harus memperhatikan aspek proteksi ini.

Dalam konteks sistem proteksi saluran transmisi, relai menjadi komponen yang sangat vital. Karena itu, relai harus memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi gangguan dalam segala kondisi, serta mengisolasi dengan efektif bagian sistem yang terdampak. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan kerusakan pada area yang terkena dampak dan mencegah penyebaran gangguan ke saluran

lain yang tidak terkena dampak (Pangestu, 2022). *Relai distance* menjadi sistem proteksi utama untuk saluran transmisi.

Dasar operasional *relai distance* adalah melakukan pengukuran tegangan pada lokasi relai seiring dengan arus gangguan yang diamati dari relai. Langkah selanjutnya adalah membagi tegangan dengan arus untuk menghitung nilai impedansi (Wandana, 2021). Dalam konteks ini, impedansi penghantar yang dideteksi oleh relai adalah hasil bagi antara tegangan dan arus dalam sirkuit. Jika impedansi gangguan kurang dari setting relai, relai akan melakukan pemutusan sirkuit. Namun, jika impedansi gangguan lebih besar dari setting relai, relai akan tetap memutus sirkuit. Tetapi, jika nilai

impedansi gangguan jauh lebih besar dari setting relai, relai tidak akan memicu pemutusan sirkuit (Hidayatullah et al., 2019).

Dalam implementasinya pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) berkekuatan 150 KV, sistem proteksi relai jarak diatur dengan pembagian zona cakupan, meliputi zona-1, zona-2, dan zona-3 (Supriana et al., 2014). Keseimbangan yang tepat dalam penyetelan relai jarak sangat diperlukan guna mencapai keandalan tinggi dan tingkat selektivitas kerja yang baik pada relai. Oleh karena itu, koordinasi setting relai jarak dengan zona proteksi relai jarak lainnya menjadi penting agar menghindari adanya tumpang tindih antara zona proteksi.

Gardu Induk Paya Geli merupakan salah satu Gardu Induk (GI) yang memiliki peran signifikan di kota Medan. GI Paya Geli memiliki tanggung jawab untuk menyediakan pelayanan listrik untuk beban industri, sehingga keandalan pasokan listrik harus selalu terjaga dan terhindar dari berbagai gangguan. Salah satu jenis gangguan yang mungkin terjadi adalah gangguan hubung singkat, yang dapat diatasi oleh *relai distance*.

Analisis manual relai distance memerlukan koordinasi yang efektif dengan memasukkan data terkait penghantar, rasio CT, PT, dan setting relai jarak. Hasil input ini digunakan untuk menghasilkan *Time-Distance Diagram* dan karakteristik kerja relai distance. Berdasarkan pendekatan ini, penelitian dilaksanakan untuk menganalisis bagaimana kinerja relai distance pada penghantar 150 KV di Gardu Induk Paya Geli.

## LITERATURE REVIEW

### Penghantar

Penghantar adalah materi yang digunakan untuk membawa aliran tenaga listrik melalui saluran udara dari sumber pembangkit menuju pusat beban (*load centre*), baik melalui jaringan distribusi maupun transmisi (Ridwan et al., 2015).

Karena sifatnya yang konduktif maka disebut konduktor. Konduktor yang baik adalah yang memiliki tahanan jenis yang kecil. Penghantar atau kabel yang sering digunakan untuk instalasi listrik penerangan umumnya terbuat dari tembaga. Penghantar tembaga setengah keras (BCC1/2 H=*Bare Copper Conductor Hard*), memiliki nilai tahanan jenis 0.0185 ohm mm<sup>2</sup>/m dengan tegangan tarik putus kurang dari 41 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan penghantar tembaga keras (BCCH=*Bare Copper Conductor Hard*), kekuatan tegangan tariknya 41 kg/mm<sup>2</sup>. Alasan utama penggunaan tembaga sebagai bahan penghantar adalah karena tembaga memiliki daya hantar listrik yang optimal, yang bahkan mendekati sifat perak.

Gangguan merupakan masalah umum yang sering terjadi pada penghantar. Salah satu faktor yang berdampak pada keandalan sistem adalah gangguan, baik pada peralatan maupun dalam sistem secara menyeluruh. Gangguan diartikan sebagai terjadinya kerusakan dalam sirkuit listrik yang menyebabkan arus mengalir keluar dari jalur yang seharusnya. Penyebab gangguan dapat dikategorikan sebagai berikut:

#### 1. Gangguan Intern (dari dalam)

Gangguan intern merujuk pada gangguan yang berasal dari dalam sistem itu sendiri. Contohnya termasuk hubung singkat, kerusakan peralatan, kegagalan isolasi saat melakukan switching, kerusakan pada pembangkit, dan sejumlah situasi lain yang dapat terjadi.

#### 2. Gangguan Extern (dari luar)

Gangguan ekstern merujuk pada gangguan yang berasal dari kondisi alam atau faktor di luar sistem itu sendiri. Contohnya mencakup putusnya saluran kabel karena efek angin, badai, petir, gangguan dari pepohonan, layangan, dan variasi lainnya.

Faktor manusia dapat menjadi penyebab terjadinya gangguan, dimana kecerobohan atau kelalaian operator, kurangnya ketelitian, serta

ketidapatuhan terhadap peraturan keselamatan diri menjadi faktor-faktor yang mungkin menyebabkan gangguan tersebut.

Untuk menghadapi gangguan tersebut, penerapan pengaman menjadi suatu keharusan. Setiap wilayah pengaman pada umumnya terdiri dari satu atau lebih elemen dalam sistem tenaga listrik, seperti generator, bus bar, transformator, saluran udara, dan elemen lainnya. Untuk memastikan keamanan wilayah listrik, overlap antar wilayah harus diterapkan, di mana dua wilayah diawasi oleh relai yang sesuai dengan peralatan yang dijaga. Pembatasan antar wilayah pengaman biasanya ditentukan oleh transformator arus yang terhubung ke relai. Dengan adanya overlap wilayah pengaman, transformator arus A bertanggung jawab untuk melindungi wilayah B, dan sebaliknya transformator arus B melindungi wilayah A. Pada saat terjadi gangguan di daerah yang tumpang tindih, beberapa pemutus beban akan aktif, menciptakan kondisi yang lebih aman. Hal ini dianggap lebih aman daripada memiliki daerah tanpa perlindungan.

Dalam upaya mengatasi kegagalan kerja sistem pengaman, pendekatan yang diambil adalah dengan membuat sistem pengaman tenaga listrik menjadi dua kelompok yang berlapis, yaitu:

#### 1. Pengaman utama

Sistem proteksi utama aktif ketika gangguan terjadi, dengan relai yang bekerja secara cepat untuk pemutus beban. Rentang waktu dari awal terjadinya gangguan hingga pembukaan pemutus beban memiliki batas maksimal 100 ms, terdiri dari waktu respons relai sekitar 20-40 ms dan waktu pembukaan pemutus beban sekitar 40-60 ms. Dalam beberapa sistem proteksi khusus, seperti penggunaan relai arus lebih, respons relai dapat mengalami penundaan untuk memastikan selektivitas, terutama dalam situasi tumpang tindih pada pengamanan. Relai tidak hanya bertindak sebagai sistem proteksi utama,

tetapi juga sebagai proteksi cadangan. Komponen-komponen utama sistem proteksi melibatkan relai, trafo tegangan, baterai (sumber daya), kumparan trip, dan pemutus tenaga.

#### 2. Pengaman cadangan

Jika proteksi utama tidak berhasil beroperasi, proteksi cadangan akan aktif sebagai langkah pencegahan. Kegagalan sistem proteksi utama dapat terjadi karena kegagalan salah satu elemen proteksi. Proteksi cadangan biasanya memiliki waktu respons yang lebih lambat, memberikan kesempatan kepada proteksi utama untuk beraksi terlebih dahulu. Apabila proteksi utama tidak berhasil, maka proteksi cadangan akan segera berfungsi.

Salah satu elemen kunci dalam sistem proteksi saluran transmisi perlu memiliki kemampuan untuk mendeteksi gangguan dalam semua kondisi, serta memisahkan bagian sistem yang terpengaruh untuk mengurangi kerusakan pada bagian yang terkena dampak dan mencegah penyebaran gangguan ke saluran lain yang tidak terkena dampak (Tobing, 2008). Relai pengaman adalah rangkaian perangkat, termasuk yang berbasis elektronik dan magnetik, yang didesain untuk mendeteksi kondisi abnormal pada peralatan listrik yang berpotensi membahayakan atau tidak diinginkan. Relai pengaman secara otomatis mengeluarkan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus sirkuit agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari sistem normal. Pada saluran transmisi, relai pengaman berfungsi melindungi saluran dan peralatan dari kerusakan dengan cara menanggulangi gangguan secara cepat dan tepat (Arismunandar dan Kuwahara, 2004).

Dalam kelompok rele, rele jarak (*Distance Relay*) adalah yang paling terkenal dan memiliki beragam kegunaan. Pada rele jarak, terdapat keseimbangan antara tegangan dan arus, rasionya dinyatakan dalam impedans. Prinsip operasi rele jarak melibatkan pengukuran tegangan dan arus untuk menentukan

impedansi saluran yang perlu diproteksi. Apabila impedansi yang diukur melewati batas setting-nya, relai akan mengambil tindakan. Besar impedansi pada saluran akan berbanding lurus dengan panjang saluran, sehingga relai jenis ini disebut sebagai relai jarak. Relai jarak digunakan untuk melindungi saluran transmisi dari gangguan hubung singkat antar fasa dan hubung singkat antar fasa dengan tanah.

Relay distance melakukan pengukuran tegangan pada titik relai dan arus gangguan yang teramati dari relai. Dengan membagi nilai tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik gangguan dapat dihitung. Perhitungan impedansi ini dapat diterapkan menggunakan rumus sebagai berikut (Jemjem dan Syofvi, 2006 )

$$Z_f = V_f / I_f$$

Proteksi sistem pada relai jarak terbagi menjadi 3 zona, dan setiap zona memiliki waktu tunda yang berbeda. Pembagian zona diperlukan untuk mencapai koordinasi dalam melindungi sistem dari berbagai gangguan. Zona pertama mencakup 80% dari panjang saluran yang diamankan, zona kedua mencakup 120% dari panjang saluran, dan zona ketiga mencakup 220% dari panjang saluran yang diamankan (PLN, 2019).

Sebagai pusat penyambungan untuk semua bay dalam gardu induk, termasuk transformator dan jalur bay, busbar memiliki peran krusial. Meskipun gangguan pada busbar jarang terjadi, hal ini tetap menjadi aspek dalam pengoperasiannya yang tidak terlepas dari kondisi abnormal, terutama ketika busbar terhubung dengan kapasitas pembangkit yang lebih besar. Gangguan pada busbar bukan hanya merugikan dalam hal menghambat kinerja sistem dalam mengalirkan pasokan daya, tetapi juga dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan instalasi yang bersifat monumental. Kerusakan ini melibatkan peralatan di gardu induk dan instalasi lainnya seperti pembangkit, menciptakan risiko potensial untuk meluasnya dampak

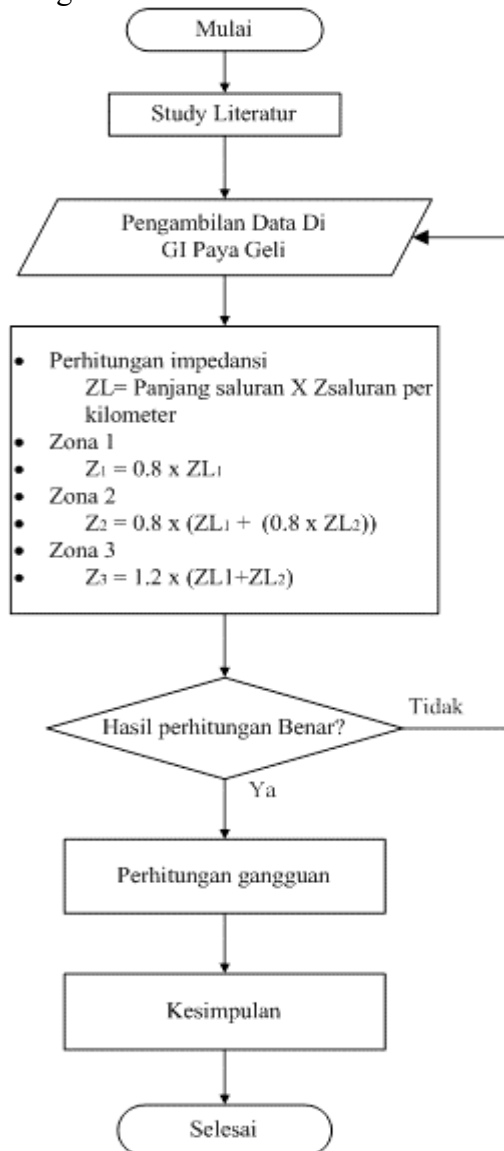
gangguan. Jika gangguan pada busbar tidak segera diatasi, dapat menyebabkan kerusakan pada instalasi, memunculkan masalah stabilitas transient, dan memungkinkan relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR) di dalam sistem untuk beroperasi, yang dapat menyebabkan pemutusan menyebar. Proteksi busbar memegang peran yang sangat penting dalam menjaga kestabilan, kecepatan, dan keandalan sistem kelistrikan, terutama dalam menanggapi gangguan yang terjadi di luar daerah proteksinya (gangguan di luar wilayah proteksi busbar tidak dapat diatasi oleh relai)

## METODE

Dalam penelitian ini, metode observasi lapangan digunakan sesuai dengan jenis penelitian yang bertujuan untuk mengkaji data teknis pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 KV. Data hasil observasi tersebut kemudian diolah dengan perhitungan matematis untuk dibandingkan dengan target yang telah ditetapkan oleh GI Payageli PT.PLN (Persero). Pengumpulan data melibatkan teknik penelitian lapangan, teknik dokumen, diskusi/wawancara, dan analisis data. Observasi lapangan dilakukan melalui pengamatan langsung oleh peneliti di GI Paya Geli 150 KV guna mendapatkan informasi terkait dengan isu penelitian. Teknik dokumen dilaksanakan dengan mencari sumber dari buku-buku di perpustakaan dan jurnal yang terkait dengan penelitian ini. Wawancara dilakukan untuk memperoleh data mengenai sistem kerja relai distance pada penghantar 150 KV GI Paya Geli, yang kemudian dianalisis guna memverifikasi keakuratannya. Selain itu, penelitian juga melibatkan perhitungan relai pada zona 1, zona 2, dan zona 3, serta melakukan uji coba perhitungan.

Pemanfaatan flowchart bertujuan untuk mendokumentasikan, merencanakan, dan menyampaikan secara visual proses yang kompleks dalam bentuk diagram. Tujuannya adalah mempermudah

pembacaan dan pemahaman terhadap proses yang rumit, bahkan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan khusus di bidang tersebut.



Gambar 1. Flowchart

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Perhitungan Impedansi**

Nilai impedansi pada saluran transmisi dapat dihitung seperti berikut:

$$ZL = \text{Panjang saluran} \times Z_{\text{saluran/km}}$$

Nilai impedansi saluran GI Paya Geli – GI Binjai

Diketahui:

$$\text{Panjang saluran} = 12,5 \text{ km}$$

$$Z_{\text{saluran/km}} = 0,3178 + j0,5761$$

$$ZL_1 = 12,5 \times (0,3178 + j0,5761) \dots (3)$$

$$ZL_1 = 3,9725 + j 7,201 \dots (4)$$

Nilai impedansi saluran GI Binjai – GI Tanjung Pura

Diketahui:

$$\text{Panjang saluran} = 19,08 \text{ km}$$

$$Z_{\text{saluran/km}} = 0,3178 + j0,5761$$

$$ZL_2 = 19,08 \times (0,3178 + j0,5761) \dots (5)$$

$$ZL_2 = 6,061 + j 10,992 \dots (6)$$

**Perhitungan Nilai Impedansi masing-masing zona**

a. Zona 1

$$Z_1 = 0,8 \times ZL_1$$

$$Z_1 = 0,8 \times (3,9725 + j 7,201)$$

$$Z_1 = 3,178 + j5,761$$

Dengan jangkauan

$$0,8 \times \text{panjang saluran 1}$$

$$= 0,8 \times 12,5$$

$$= 10 \text{ km}$$

Zona 1 memiliki waktu kerja instan karena merupakan pengaman utama saluran

b. Zona 2

$$Z_2 = 0,8 \times (ZL_1 + (0,8 \times ZL_2))$$

$$Z_2 = 0,8 \times ((3,9725 + j 7,201)$$

$$+ (0,8 \times (6,061$$

$$+ j 10,992)))$$

$$Z_2 = 0,8 \times ((8,822 + j15,993)$$

$$+ (4,849 + j 8,794))$$

$$Z_2 = 0,8 \times (8,822 + j15,993)$$

$$Z_2 = (7,106 + j12,794) \Omega$$

Dengan jangkauan 0,8 x (panjang

$$\text{saluran 1} + (0,8 \times \text{panjang saluran 2}))$$

$$= 0,8 \times (12,5 + (0,8 \times 19,08))$$

$$= 0,8 \times (12,5 + 15,264)$$

$$= 22,21 \text{ km}$$

Zona 2 bekerja sebagai back up zona 1 pada GI sehingga memiliki waktu kerja lebih lama dibandingkan zona 1.

$$T_2 = 0,4 \text{ detik}$$

c. Zona 3

$$Z_3 = 1,2 \times ((3,9725 + j 7,201)$$

$$+ (6,061 + j 10,992))$$

$$Z_3 = 1,2 \times (10,033 + j18,193)$$

$$Z_3 = (12,041 + j21,832) \Omega$$

Dengan jangkauan 1,2 x (panjang

$$\text{saluran 1} + \text{panjang saluran 2}))$$

$$= 1,2 \times (12,5 + 19,08)$$

$$= 37,896 \text{ km}$$

Zona 3 memiliki waktu kerja paling lama dibandingkan dengan zona 1 dan

zona 2. T3 = 1,2 detik.

### Impedansi yang dilihat Relai

Relai jarak akan menilai nilai impedansi gangguan pada skala kecil, yakni setelah diolah oleh peralatan pengukur tegangan (PT) dan arus (CT). Persamaan berikut menggambarkan nilai impedansi yang akan diperhatikan oleh relai:

$$Z_{\text{relai}} = \frac{PT}{CT} \times Z_{\text{zona}}$$

$$\text{Rasio PT} = 150000 : 100$$

$$\text{Rasio CT} = 600 : 1$$

$$n = \frac{100/150000}{1/600} = 0.4$$

a. Zona 1

$$\begin{aligned} Z1 \text{ sekunder} &= n \times Z1 \\ &= 0,4 \times (3,178 + j5,761) \\ &= 1,271 + j2,304 \Omega \end{aligned}$$

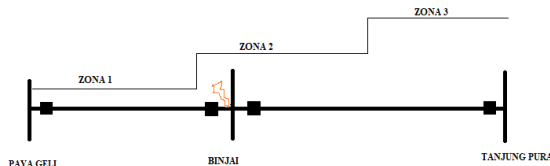
b. Zona 2

$$\begin{aligned} Z2 \text{ sekunder} &= n \times Z2 \\ &= 0,4 \times (7,106 + j12,794) \\ &= 2,842 + j5,118 \Omega \end{aligned}$$

c. Zona 3

$$\begin{aligned} Z3 \text{ sekunder} &= n \times Z3 \\ &= 0,4 \times (12,041 + j21,832) \\ &= 4,816 + j8,733 \Omega \end{aligned}$$

### Perhitungan Arus dan Tegangan Gangguan pada Sistem Transmisi



**Gambar 2. Sistem Transmisi**

Berdasarkan gambar 2, dapat dimisalkan gangguan sebesar 12 Ω, dengan :

$$Z1 = 3,14 + j5,7$$

$$Z2 = 10,21 + j18,52$$

$$Z3 = 23,97 + j43,46$$

$$Zf = 12 \Omega$$

Maka perhitungan nilai arus dan tegangan gangguan sebagai berikut:

a. Gangguan satu fasa ke tanah

$$I(\text{arus}) = 3 \times \frac{kV / \sqrt{3}}{Z1 + Z2 + Z0 + 3Zf}$$

$$\begin{aligned} &= 3 \times \frac{86602,54}{73,32 + j67,68} \\ &= \frac{259807,62 + j0}{73,32 + j67,68} \\ &= \frac{259807,62 \angle 0}{73,32 \angle x} \end{aligned}$$

Mengubah bilangan rectangular ke bilangan polar

$$\begin{aligned} \rho &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ &= \sqrt{73,32^2 + 67,68^2} \\ &= 99,782 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= \tan^{-1} \frac{b}{a} \\ &= \tan^{-1} \frac{67,68}{73,32} \\ &= 42,709 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{259807,62 \angle 0}{99,782 \angle -42,709} \\ I &= 2603,752 \angle -42,709 \end{aligned}$$

Mengubah bilangan polar kedalam rectangular

$$\begin{aligned} &= 2603,752 \times (\cos \emptyset + j \sin \emptyset) \\ &= 2603,752 \times (\cos -42,709 + j \sin -42,709) \\ &= 2603,752 \times (0,735 - j0,678) \\ I &= 1913,258 - j1766,06A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(\text{tegangan}) &= I \times Z1 \\ &= ((1913,258 - j1766,06) \times (3,14 + j5,70)) \\ &= 6007,63 + j10905,571 - j5545,428 - j^2 10066,542 \\ &= 6007,63 - ((-1)10066,542) + j10905,571 - j5545,428 \\ &= 16074,174 + 5360,143 V \end{aligned}$$

b. Gangguan dua fasa ke tanah

$$\begin{aligned} I(\text{Arus}) &= \frac{kV / \sqrt{3}}{Z1 + Z2 + Z0 + Zf} \\ &= \frac{86602,54 + j0}{25,35 + j24,22} \\ &= \frac{86602,54 \angle 0}{25,35 \angle x} \end{aligned}$$

Mengubah bilangan rectangular ke bilangan polar

$$\begin{aligned} \rho &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ &= \sqrt{25,35^2 + 24,22^2} \\ \rho &= 35,060 \\ x &= \tan^{-1} \frac{b}{a} \\ &= \tan^{-1} \frac{24,22}{25,35} \\ &= 43,694 \\ &= \frac{86602,54 \angle 0}{35,06 + \angle 43,694} \\ I &= 2470,124 \angle -43,694 \end{aligned}$$

Mengubah bilangan polar rectantangular

$$\begin{aligned} &= 2470,124 \times (\cos \emptyset + j \sin \emptyset) \\ &= 2470,124 \times (\cos -43,694 \\ &\quad + j \sin -43,694) \\ &= 2470,124 \times (0,723 - j0,69) \\ \mathbf{I} &= \mathbf{1785,899 - j1704,386A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(\text{tegangan}) &= I \times Z1 \\ &= ((1785,899 - j1704,386) \times (3,14 \\ &\quad + j5,70)) \\ &= 5607,723 + j10179,624 \\ &\quad - j5351,772 - j^2 9715 \\ &= 5607,723 - ((-1)9715) \\ &\quad + j10179,624 \\ &\quad - j5351,772 \\ \mathbf{V} &= \mathbf{15322,723 + 4827,852 V} \end{aligned}$$

c. Gangguan tiga fasa ke tanah

$$\begin{aligned} I(\text{Arus}) &= \frac{kV / \sqrt{3}}{Z1} \\ &= \frac{150000 / \sqrt{3}}{(3,14 + j5,7)} \\ &= \frac{86602,54 + j0}{3,14 + j5,7} \\ &= \frac{86602,54 \angle 0}{3,14 \angle x} \end{aligned}$$

Mengubah bilangan rectangular kebilangan polar

$$\begin{aligned} \rho &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ &= \sqrt{3,14^2 + 5,7^2} \\ \rho &= 6,508 \\ x &= \tan^{-1} \frac{b}{a} \\ &= \tan^{-1} \frac{5,7}{3,14} \\ &= 61,151 \\ &= \frac{86602,54 \angle 0}{6,508 + \angle 61,151} \\ I &= 13307,089 \angle -61,151 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(\text{tegangan}) &= I \times Z1 \\ &= ((6427,324 - j11657) \times (3,14 \\ &\quad + j5,70)) \\ &= 20181,797 + j36635,747 \\ &\quad - j36602,98 - j^2 66444,9 \\ &= 20181,797 - ((-1)66444,9) \\ &\quad + j36635,747 \\ &\quad - j36602,98 \\ \mathbf{V} &= \mathbf{86626,697 + 32,767 V} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menampilkan nilai arus dan tegangan gangguan yang timbul ketika terjadi gangguan sebesar 10 Ω. Setiap jenis gangguan memerlukan perhitungan yang berbeda.

### Menentukan Letak Gangguan

Berikut merupakan tabel yang menjelaskan tentang letak gangguan yang terjadi pada penelitian ini:

**Tabel 1. Gangguan oleh Relai Jarak sebesar 0,5 Ω hingga 2,5 Ω**

Impedansi gangguan	Letak gangguan
0,5 Ω	0,91 km
1 Ω	1,83 km
1,5 Ω	2,753 km
2 Ω	3,671 km
2,5 Ω	4,587 km

### SIMPULAN

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa fungsi relai jarak tergantung pada perbandingan impedansi gangguan dengan setting relai. Jika nilai impedansi gangguan lebih rendah dari setting relai, relai akan melakukan pemutusan sirkuit. Jarak deteksi gangguan oleh SUTT 150 kV GI Paya Geli adalah 80% dari impedansi saluran yang dilindungi untuk zona 1, 120% untuk zona 2, dan impedansi saluran yang dilindungi ditambah 80% saluran sebelumnya untuk zona 3. Untuk meningkatkan keamanan penghantar, disarankan agar GI Paya Geli melibatkan koordinasi relai jarak. Koordinasi ini bertujuan agar dalam situasi ketidakberlanjutan pengaman utama, terdapat pengaman cadangan yang siap beroperasi, sehingga efek gangguan dapat diminimalkan

### DAFTAR PUSTAKA

Handoko, B., Tharo, Z., & Wibowo, P. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Dengan Memanfaatkan Aliran Irigasi Di Desa Padang Cermin Kabupaten Langkat. Kumpul. Karya Ilm. Mhs. Fak. sains dan Tekhnologi, 2(2), 70.

- hidayatullah, K., Sari Hartati, R., & Sukerayasa, I. W. (2019). Analisis Penentuan Setting Distance Relay Penghantar Sutt 150 Kv Gis Pesanggaran – Gi Pemecutan Kelod. *Jurnal Spektrum*, 6(1), 134. <https://doi.org/10.24843/Spektrum.2019.V06.I01.P19>
- Pangestu, A. (2022). *Analisis Kinerja Rele Jarak Dan Travelling Wave Signal ( Tws ) Dalam Menentukan Titik Gangguan*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Ridwan, A., Arjana, I. G. ., & Wijaya, I. W. . (2015). Studi Pengaruh Mutual Inductance Terhadap Setting Relay Jarak Pada Saluran Transmisi Double Circuit 150 kV Antara Gi Kapal – Gi Pemecutan Kelod. *Jurnal Spektrum*, 2(3), 106–110.
- Supriana, S. ., Arjana, I. G. ., & Amrita, A. A. N. (2014). Studi Pengaruh Uprating Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Terhadap Setting Relay Jarak Antara Gi Kapal – Gi Padang Sambian – Gi Pesanggaran. *Jurnal Spektrum*, 1(1), 59–64.
- Tharo, Z., Syahputra, E., & Mulyadi, R. (2022). Analysis of Saving Electrical Load Costs With a Hybrid Source of PLN-PLTS 500 Wp. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 4(1), 235-243.
- Fahreza, M., Hamdani, H., & Tharo, Z. (2019, May). PEMODELAN DAN PENGENDALIAN FREKUENSI SISTEM TENAGA LISTRIK PADA SIMULATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP. In Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU (Vol. 2, No. 1, pp. 234-237).
- Tharo, Z., Syahputra, E., & Mulyadi, R. (2022). Analysis of Saving Electrical Load Costs With a Hybrid Source of PLN-PLTS 500 Wp. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 4(1), 235-243.
- Tharo, Z., Tarigan, A. D., Anisah, S., & Yuda, K. T. (2020, September). Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Solusi Drop Tegangan Pada Jaringan 20 Kv. In Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU (Vol. 3, No. 1, pp. 82-86).
- Wandana, F. (2021). *Analisa Penentuan Titik Gangguan Pada Jaringan 150 kV Glugur – Paya Geli Menggunakan Fault Locator*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.