

PENGARUH SAMBARAN PETIR TERHADAP KINERJA RELE JARAK DALAM MENENTUKAN TITIK GANGGUAN PADA SALURAN TRANSMISI

Oleh :

Adam Pangestu¹⁾

Surya Hardi²⁾

Rohana³⁾

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan^{1,2,3)}

E-mail:

adampangestu15@gmail.com¹⁾

suryahardi@usu.ac.id²⁾

rohana@umsu.ac.id³⁾

ABSTRACT

Transmission lines must be designed by considering several aspects such as reliability, economy, and security. Therefore, the transmission line protection system must work sensitively, selectively, quickly, and reliably in the event of a lightning strike. The distance relay can detect the point of disturbance when the transmission line is disturbed due to a lightning strike. This study aims to analyze the performance of the Distance Relay in determining the point of disturbance due to lightning strikes at the Glugur - Payageli Substation. In this study, we will analyze various supporting data obtained from PT PLN (PERSERO) to determine the setting of the Distance Relay in determining the fault point. Setting the distance relay that is not right will cause the distance relay to fail to work according to its zone. In this study, the distance relay works according to the SPLN No. standard. 0520-2K./DIR 2014 but the distance relay in determining the fault point based on the actual distance in the field has a reading error of above 3%.

Keywords: *Transmission Line, Distance Relay, Interference*

ABSTRAK

Saluran transmisi harus dirancang dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti kehandalan, ekonomis, dan keamanan. Oleh karena itu, maka sistem proteksi saluran transmisi harus bekerja dengan sensitif, selektif, cepat, maupun handal pada saat terjadinya gangguan sambaran petir. Rele jarak dapat mendeteksi titik gangguan pada saat saluran transmisi mengalami gangguan akibat sambaran petir. Penelitian ini bertujuan menganalisa kinerja Rele Jarak dalam menentukan titik gangguan akibat sambaran petir pada Gardu Induk Glugur – Payageli. Dalam penelitian ini akan menganalisa berbagai data pendukung yang didapatkan dari PT PLN (PERSERO) untuk mengetahui *setting* an Rele Jarak dalam menentukan titik gangguan. *Setting* pada Rele Jarak yang tidak tepat akan mengakibatkan rele jarak gagal bekerja sesuai dengan zona nya. Dalam penelitian ini rele jarak bekerja sesuai dengan standard SPLN No. 0520-2K./DIR Tahun 2014 tetapi Rele jarak dalam menentukan titik gangguan berdasarkan jarak aktual dilapangan memiliki kesalahan pembacaan diatas 3%.

Kata Kunci : *Saluran Transmisi, Rele Jarak, Gangguan*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang keberadaannya terletak di garis khatulistiwa. Dengan adanya keadaan ini, maka Indonesia memiliki potensi petir yang tinggi dari pada negara lain. Petir dapat menyambar saluran transmisi dan peralatan listrik lainnya yang berada diruang terbuka. Petir merupakan penyebab gangguan transmisi paling dominan di Indonesia. Saat hujan, kelembaban udara meningkat, isolasi udara berkurang, aliran listrik lebih mudah, dan kilat terjadi sehingga dapat menyebabkan daya isolasi udara akan menurun yang menyebabkan arus listrik akan mudah mengalir. Petir dapat mengakibatkan beberapa masalah yang terjadi seperti padamnya daya listrik, induksi tegangan pada peralatan elektronik. Ketika sambaran petir terjadi pada saluran transmisi, terjadi tegangan lebih, menyebabkan gangguan tanah dan kegagalan isolasi (*back flashover*). Fenomena *flashover* ini terjadi ketika tegangan melintasi saluran isolator melebihi tegangan kritis *flashover*, menyebabkan retakan api pada isolator. Pengaman yang digunakan pada saluran transmisi ialah rele jarak yang mampu mendeteksi gangguan. Selain rele jarak, *travelling wave signal* sangat diperlukan juga dalam mengatasi gangguan dengan membaca gelombang berjalan pada saluran transmisi untuk mencari titik gangguan. Rele jarak

adalah sebuah alat proteksi pada saluran transmisi karena dapat mendeteksi kegagalan dengan cepat dan relatif mudah dipasang Rele jarak, baik SUTT maupun SUTET sebagai proteksi utama juga dapat bekerja sebagai cadangan untuk seksi didepan. Mengukur impedansi (Z) merupakan prinsip kerja dari rele jarak, transmisi dibagi menjadi beberapa area cakupan keamanan yaitu Zona 1, Zona 2, Zona 3, dan proteksi jarak jauh juga dilengkapi proteksi yaitu Teleproteksi yang bekerja dengan cepat dan akurat di area proteksi. Pentingnya rele jarak pada saluran transmisi untuk menjaga kontinuitas dan stabilitas distribusi sistem tenaga listrik. Dalam keadaan tertentu dapat memaksimalkan kinerja rele yaitu sensitivitas, selektivitas, keandalan, dan kecepatan dengan menggunakan data yang lengkap dan akurat serta menghitung *setting* yang sesuai. Karena impedansi gangguan berbeda setiap kali konduktor digunakan, jarak gangguan juga berbeda.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Saluran Transmisi

Pusat daya, juga dikenal sebagai pembangkit listrik. Pusat tenaga listrik seringkali terletak jauh dari tempat listrik digunakan. Untuk alasan ini, listrik yang dihasilkan harus dialirkan melalui penghantar tegangan tinggi. Penggunaan saluran

transmisi tergantung pada jumlah energi yang perlu ditransfer dari pusat pembangkit ke pusat beban. Sistem transmisi tegangan tinggi untuk meminimalisir adanya rugi – rugi daya yang mengakibatkan adanya jatuh tegangan. Secara umum, saluran transmisi tenaga listrik dibagi menjadi dua saluran udara dan saluran bawah tanah. Saluran udara mengalirkan tenaga listrik dengan kabel yang tergantung pada tower tegangan tinggi, sedangkan saluran bawah tanah mengirimkan listrik dengan kabel pembumian.

Saluran transmisi bawah tanah ketika adanya cuaca buruk tidak berpengaruh tetapi biaya konstruksi jauh lebih mahal dari pada saluran udara sehingga transmisi dengan jarak yang jauh lebih murah ekonomis menggunakan saluran udara. Untuk analisis yang lebih mudah, saluran transmisi dibagi menjadi beberapa kategori :

1. Klasifikasi panjang saluran
 - a. Transmisi jarak pendek (kurang dari 80 km)
 - b. Transmisi jarak menengah (80 – 250 km)
 - c. Transmisi jarak panjang (250 km)
2. Klasifikasi tegangan kerja
 - a. SUTM yaitu 20 kV
 - b. SUTT standard yaitu 70 kV, 150 kV, 275 kV

rusak dan menyebabkan korsleting.

- c. SUTET (EHV) yaitu 500 kV
- d. SUTUT (UHV) yaitu 1000 kV sampai dengan 1500 kV

3. Klasifikasi menurut fungsinya

- a. Transmisi merupakan penyaluran daya dalam jumlah besar dari pusat pembangkit ke daerah beban.
- b. Transmisi-Sub adalah saluran percabangan dari saluran yang lebih tinggi ke saluran dengan tegangan yang lebih rendah.
- c. Distribusi adalah penyaluran daya kepada konsumen – konsumen.

2.2 Sistem Proteksi

Proteksi sistem energi merupakan sistem perlindungan yang dipasang dalam alat-alat kelistrikan suatu sistem energi listrik misalnya generator, trafo, jaringan & alat-alat lainnya terhadap syarat operasi abnormal menurut sistem itu sendiri. Korsleting, tegangan lebih, kelebihan beban, sistem frekuensi rendah, asinkron dan banyak lagi merupakan situasi abnormal. Sistem proteksi pada bagian peralatan sangat penting karena Arus hubung singkat dapat merusak peralatan. Jika tidak, isolasi perangkat dapat

Disisi lain gangguan hubung singkat bisa

disebabkan karena kerusakan isolasi peralatan.

Jika terjadi gangguan pada suatu elemen sistem kelistrikan, maka peralatan otomatis harus mengisolasi bagian yang rusak tersebut sesegera mungkin agar bagian yang tidak responsif tersebut dapat berfungsi dengan baik. Jika korsleting listrik dibiarkan terlalu lama, beberapa bagian penting dari sistem kelistrikan dapat rusak. Arus *short circuit* dengan busur api mengakibatkan kebakaran dan menyebar ke komponen lain, tegangan sistem dapat turun ke level rendah. Pada generator, dapat kehilangan sinkronisasi dengan generator lain. Selain itu, jika gangguan ini tidak segera diperbaiki, ini dapat menyebabkan kegagalan daya total.

Mengisolasi bagian sistem yang terkena gangguan dari sistem yang tidak terkena gangguan merupakan fungsi sistem proteksi yang berupa pemutus tenaga (PMT) beserta rele proteksi. PMT memiliki fungsi sebagai pemutus bagian yang rusak atau mengalami gangguan, sedangkan rele proteksi mengidentifikasi serta menemukan kesalahan dan mengeluarkan perintah (sinyal) agar PMT memutuskan sambungan. Ketika adanya kondisi abnormal, rele proteksi dapat memberikan sinyal alarm.

Arus, tegangan, sudut fasa, dan frekuensi merupakan besaran listrik yang dapat proteksi yang lain harus saling berkoordinasi.

menyebabkan rele aktif ketika dalam kondisi abnormal. Beberapa besaran listrik tersebut digunakan untuk mengidentifikasi adanya kondisi abnormal dalam sistem tenaga. Proteksi bukan hanya digunakan pada *short circuit*, tetapi juga pada kondisi seperti motor dan generator mengalami kecepatan lebih, *overvoltage*, *under frequency*, *lost excitation*, dan rotor serta stator mengalami *overheat*. Rele proteksi bekerja ketika adanya gangguan dan tidak dapat menghindari adanya gangguan.

2.2.1 Daerah Proteksi

Daerah proteksi ini terdiri dari generator, transformator, saluran listrik, saluran transmisi/distribusi, dan lainnya. Skema proteksi disediakan secara terpisah untuk setiap perangkat atau elemen sistem tenaga, seperti proteksi generator, proteksi transformator, proteksi transmisi/distribusi, proteksi rel daya dan banyak lagi. Proteksi ini dibagi menjadi beberapa daerah proteksi. Daerah proteksi merupakan bagian dari sistem kelistrikan yang diproteksi oleh beberapa proteksi dan biasanya melindungi satu atau dua item sistem kelistrikan. Setiap peralatan energi listrik terproteksi secara keseluruhan tanpa ada bagian yang tersisa dengan cara disusun secara tumpang tindih (*overlap*).

Antara proteksi yang satu dengan Misalnya, jika F1 gagal, sistem proteksi yang

berfungsi adalah sistem proteksi yang ada di area gangguan, dan jika terjadi kegagalan, sistem proteksi berada di dekat area tersebut.

2.3 Rele Jarak

Rele merupakan suatu peranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan kontak saklar.

Rele proteksi merupakan perangkat listrik yang secara otomatis mendeteksi kondisi abnormal pada rangkaian listrik dan mengirimkan sinyal ke pemutus untuk mengisolasi bagian yang rusak. Dalam beberapa hal rele proteksi hanya cukup memberikan alarm atau nyala lampu.

Rele jarak adalah rele yang memiliki sistem operasinya didasarkan pada pengukuran impedansi suatu kawat saluran. Impedansi konduktor yang dilihat oleh rele adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari sebuah saluran. Dengan mengukur tegangan dan arus akan menghasilkan impedansi saluran yang harus dilindungi. Panjang saluran akan sebanding dengan adanya impedansi pada saluran, oleh karena itu disebut dengan rele jarak. Oleh karena itu rele jarak tidak tergantung oleh besarnya arus gangguan yang terjadi, tetapi tergantung pada jarak gangguan yang terjadi pada rele proteksi. Rele jarak juga berfungsi sebagai sistem proteksi cadangan jarak jauh pada

saluran didepannya ataupun belakangnya seperti pada zona 2, zona 3, dan zona *reverse*.

2.3.1 Prinsip Kerja Rele Jarak

Impedansi pada saluran transmisi merupakan prinsip kerja rele jarak, dimana panjang saluran akan sebanding dengan impedansi saluran. Dengan membandingkan adanya arus gangguan yang dideteksi oleh rele terhadap tegangan dilokasi rele terpasang. Dengan membandingkan kedua besaran itu, impedansi saluran transmisi dari lokasi rele sampai titik atau lokasi gangguan dapat diukur. Perhitungan impedansi dapat dihitung dengan rumus sebagai

$$\text{berikut: } Z_f = \frac{V_f}{I_f} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

Z_f = Impedansi gangguan (Ohm)

I_f = Arus gangguan (A)

V_f = Tegangan (V)

Membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi yang di *setting* merupakan prinsip kerja rele jarak dengan ketentuan :

- a. Rele akan trip, jika nilai impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi *setting* rele.
- b. Rele tidak akan trip, jika nilai impedansi gangguan lebih besar dari pada impedansi *setting* rele.

2.3.2 Pemilihan Zona

Saat melakukan *setting* an pada rele jarak, dilakukan terlebih dahulu nilai impedansi di sistem tenaga (primer). Impedansi sekunder dihitung dengan perkalian rasio CT dan PT pada persamaan.

$$\text{Rasio CT} = \frac{CT \text{ primer}}{CT \text{ sekunder}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Rasio PT} = \frac{PT \text{ primer}}{PT \text{ sekunder}} \dots\dots\dots(3)$$

n =

$$\frac{\text{Rasio CT}}{\text{Rasio PT}} \dots\dots\dots(4)$$

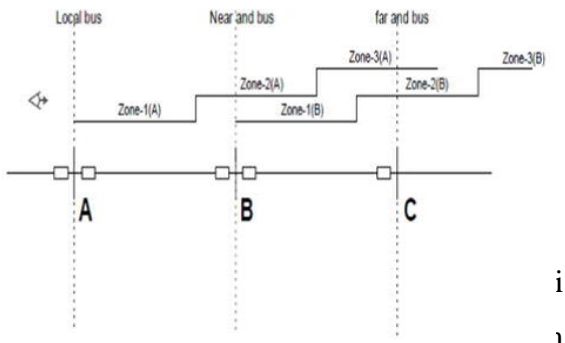
Dimana :

n = Rasio current transformator dan potensial transformator

Rasio CT = Rasio transformator arus

Rasio PT = Rasio transformator tegangan

Agar tidak terjadinya *overlapping* maka daerah kerja rele jarak umumnya dibagi menjadi 3 zona yang dikordinasikan dengan seksi berikutnya. Ditunjukkan pada gambar 1



transmisi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Z_L (\Omega) = \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \dots\dots\dots(5)$$

2.3.3 Penentuan Zona 1

Zona 1 harus mampu melindungi seluruh saluran yang dilindungi sebagai proteksi utama. Namun dengan mempertimbangkan adanya kesalahan-kesalahan dari data konstanta saluran seperti CT, PT, dan peralatan-peralatan lainnya sebesar 20 %, maka zona 1 di set 80 % dari panjang saluran yang diamankan.

$$\text{Zona 1} = 0,8 \times Z_{L1} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

Z_{L1} = Impedansi saluran yang diamankan (Ω)

Waktu kerja rele adalah seketika, sehingga dilakukan penyetelan waktu dengan $t_1 = 0$ detik.

2.3.4 Penentuan Zona 2

Menentukan zona 2 pada rele jarak menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Zona 2} = 0,8 (Z_{L1} + 0,8 \times Z_{L2}) \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

Z_{L1} = Pengamanan impedansi saluran (Ω)

Z_{L2} = Pengamanan Impedansi saluran selanjutnya (Ω)

Waktu penyetelan rele pada zona 2 untuk mempercepat proses perbaikan gangguan adalah $t_2 = 0,4$ detik.

2.3.5 Penentuan Zona 3

Untuk menghitung penentuan zona 3 pada rele jarak, yaitu:

$$Z_{L3} = 1,6 (Z_{L1} + Z_{L2}) \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

Z_{L1} = Impedansi saluran yang diamankan (Ω)

Z_{L2} = Impedansi saluran berikutnya yang diamankan (Ω)

Waktu penyetelan rele pada zona 3 dinaikkan satu tingkat dengan *setting* ($t_3 = 1,4$ detik).

2.3.6 Menentukan Letak Gangguan

Pada saluran transmisi, pengaman utama (*main protection*) menggunakan Rele jarak. Prinsip kerja rele jarak adalah mengukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan dilihat dari titik rele. Membandingkan tegangan dan arus, dapat menentukan impedansi pada titik gangguan. Dengan hasil perbandingan tegangan dan arus yang dideteksi rele, gangguan pada sistem transmisi diamankan oleh jarak tergantung oleh letak dan seberapa jauh gangguan dari rele jarak yang terpasang, maka letak gangguan pada sistem transmisi dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{Gangguan} = \frac{Z \text{ yang dibaca oleh rele} \times \text{Rasio } \frac{CT}{PT} \times l}{Z_{L1}} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

$S_{Gangguan}$ = Jarak Gangguan (km)

Rasio CT = *CT Ratio*

Rasio PT = *Potential Trafo Ratio*

l = *Length* (Km)

Z_{L1} = *Feeder Impedance* (Ω)

2.4 Impedansi

Impedansi adalah ukuran sejauh mana rangkaian menghambat aliran listrik. Impedansi dalam arus bolak balik (AC) yang menjadi faktor utama adalah reaktansi.

Raktansi, resistansi, maupun impedansi mempunyai satuan Ohm. Dalam persamaan, impedansi memiliki simbol Z, dan X adalah reaktansi. Reaktansi induktif dan kapasitif memiliki simbol oleh X_L dan X_C . Maka, impedansi dapat dinyatakan sebagai :

$$Z = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana;

Z = *Impedance* (Ω)

V = *Voltage* (V)

I = *Current* (A)

Pada saluran transmisi, perhitungan impedansi bergantung oleh nilai impedansi per km dari penyulang yang akan dihitung, dimana jenis penghantar merupakan faktor terbesar yang menentukan nilainya yaitu dari bahan apa penghantar itu dibuat dan juga tergantung besar kecilnya penampang dan panjang saluran penghantarnya.

Impedansi saluran transmisi dalam

satuan per unit adalah:

$$Z = \frac{Z_{Saluran}}{Z_{Base}} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana;

Z = Feeder Impedance (pu)

Z_{Base} = Basic Impedance (Ω)

$Z_{Saluran}$ = Line Impedance (Ω)

Dari persamaan diatas akan dihasilkan

turunan persamaan impedansi, sehingga:

$$Z = R + jX \dots\dots\dots(12)$$

$$Z = R + j (X_L \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

Z = Impedance (Ω)

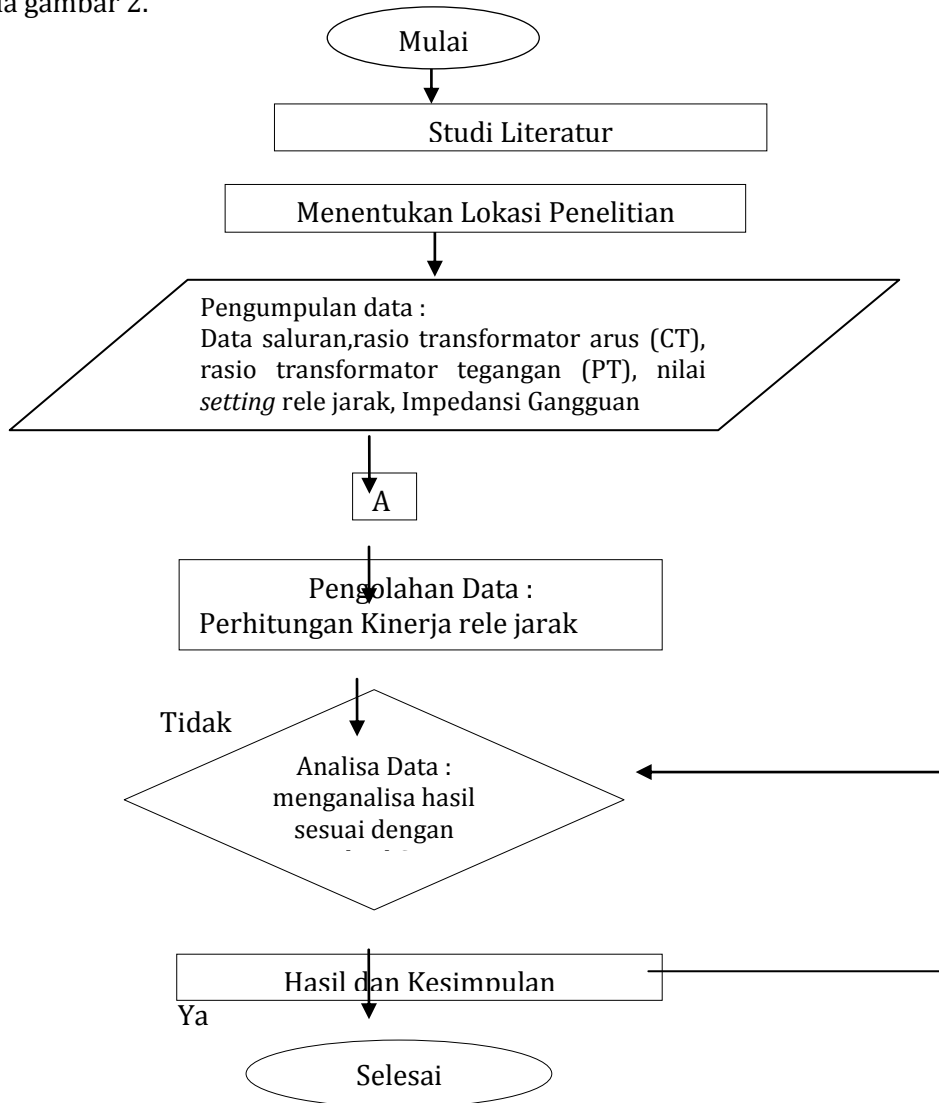
R = Resistance (Ω)

X_L = Inductive Reactance (Ω)

X_C = Capacitive Reactance (Ω)

3. METODE PENELITIAN

Adapun proses berlangsungnya penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk diagram alir penelitian pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kinerja Rele Jarak

Pada penelitian ini akan mendapatkan nilai titik gangguan akibat sambaran petir yang dideteksi oleh rele jarak dan pada penelitian ini dalam menentukan kinerja rele jarak mengabaikan akan adanya *power swing* yang terjadi.

4.1.1 Perhitungan Impedansi

Nilai impedansi panjang saluran sistem transmisi dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2.10] :

$Z_L (\Omega)$ = Panjang saluran x Z saluran per km Maka,

1. Impedansi saluran GI Glugur 1 – GI Payageli 1

$Z_{L1} (\Omega)$ = Panjang saluran x Z saluran per km = $11,92 \times 0,2663 = 3,175$ Ohm

2. Impedansi saluran GI Payageli 1 – GI Payapasir 1

$Z_{L2} (\Omega)$ = Panjang saluran x Z saluran per km = $21,27 \times 0,057 = 1,225$ Ohm

1. Impedansi Saluran GI Glugur 2 – GI Payageli

$Z_{L2} (\Omega)$ = Panjang saluran x Z saluran per km

$$= 11,92 \times 0,2768$$

$$= 3,3 \text{ Ohm}$$

4. Impedansi saluran GI Payageli 2 – GI

Payapasir 2

$Z_{L2} (\Omega)$ = Panjang saluran x Z saluran per km

$$= 21,27 \times 0,1297$$

$$= 2,76$$

4.1.2 Penentuan Zona

Dalam melakukan *setting* rele jarak, dilakukan penentuan zona berdasarkan impedansi kawat saluran.

1. GI Glugur 1 – GI Payageli 1

a. Zona 1

Adapun zona proteksi pada zona 1 dari GI Glugur 1 – GI Payageli 1 yang mencakup 80 % panjang saluran nya.

$l_{\text{saluran yang diproteksi}} = 80 \% \times$

$l_{\text{saluran}} = 0,8 \times 11,29 \text{ km} = 9,032 \text{ km}$

Zona 1 = $0,8 \times Z_{L1}$

$$= 0,8 \times 3,175 \text{ Ohm}$$

$$= 2,540 \text{ Ohm}$$

Dengan panjang saluran yang diproteksi pada zona 1 sepanjang 9,032 km maka *setting* rele jarak pada zona 1 ialah 2,540 Ohm. Rele jarak pada zona 1 bekerja dengan seketika atau 0 detik

b. Zona 2

Adapun zona proteksi pada zona 2 dari GI Glugur 1 – GI Payageli 1 yang mencakup 20% sisa dari zona 1 yang tidak di proteksi ditambah dengan 50%

panjang saluran berikutnya. Dengan jangkauan perlindungan zona 2 :

$$l_{\text{saluran yang diproteksi}} = 0,8 (l_{\text{saluran1}} + (0,8 \times l_{\text{saluran2}})) = 0,8 (11,92 + (0,8 \times 21,27)) = 26,552 \text{ km}$$

$$\begin{aligned} \text{Zona 2} &= 0,8 (Z_{L1} + 0,8 \times Z_{L2}) \\ &= 0,8 (3,175 + 0,8 \times 1,225) \\ &= 4,4 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan panjang saluran yang diproteksi zona 2 sepanjang 26,552 km maka *setting* rele jarak pada zona 2 ialah 4,4 Ohm. Rele jarak pada zona 2 bekerja lebih lama dari zona 1 yaitu 0,4 detik.

c. Zona 3

Dengan waktu *tripping* zona 2 yang lebih lambat, elemen proteksi zona 3 dapat disetel sebagai proteksi cadangan terhadap kemungkinan kegagalan elemen proteksi zona 1 dan zona 2. Maka cakupan proteksi zona 3 pada GI Glugur 1 – GI Payageli 1.

$$l_{\text{saluran yang diproteksi}} = 1,6 (l_{\text{saluran1}} + l_{\text{saluran2}}) = 1,6 (11,92 + 21,27) = 53,104 \text{ km}$$

$$\begin{aligned} \text{Zona 3} &= 1,6 (Z_{L1} + Z_{L2}) \\ &= 1,6 (3,175 + 1,225) \\ &= 7,04 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan panjang saluran yang diproteksi zona 3 sepanjang 53,104 km, maka *setiing* rele jarak pada zona 3 adalah 7,04

Ohm. Rele jarak pada zona 3 bekerja lebih lama dari zona 2 yaitu 1,4 detik

2. GI Glugur 2 – GI Payageli 2

a. Zona 1

Adapun zona proteksi pada zona 1 dari GI Glugur 2 – GI Payageli 2 yang mencakup 80 % panjang saluran nya.

$$l_{\text{saluran yang diproteksi}} = 80 \% \times l_{\text{saluran}} = 0,8 \times 11,29 \text{ km} = 9,032 \text{ km}$$

$$\begin{aligned} \text{Zona 1} &= 0,8 \times Z_{L1} \\ &= 0,8 \times 3,3 \text{ Ohm} \\ &= 2,640 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan panjang saluran yang diproteksi pada zona 1 sepanjang 9,032 km maka *setting* rele jarak pada zona 1 ialah 2,640 Ohm. Rele jarak pada zona 1 bekerja dengan seketika atau 0 detik

b. Zona 2

Adapun zona proteksi pada zona 2 dari GI Glugur 2 – GI Payageli 2 yang mencakup 20% sisa dari zona 1 yang tidak di proteksi ditambah dengan 50% panjang saluran berikutnya. Dengan jangkauan perlindungan zona 2 :

$$l_{\text{saluran yang diproteksi}} = 0,8 (l_{\text{saluran1}} + (0,8 \times l_{\text{saluran2}})) = 0,8 (11,92 + (0,8 \times 21,27)) = 26,552 \text{ km}$$

$$\begin{aligned} \text{Zona 2} &= 0,8 (Z_{L1} + 0,8 \times Z_{L2}) \\ &= 0,8 (3,3 + (0,8 \times 2,76)) \\ &= 4,85 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan panjang saluran yang diproteksi

zona 2 sepanjang 26,552 km maka *setting* rele jarak pada zona 2 ialah 4,85 Ohm. Rele jarak pada zona 2 bekerja lebih lama dari zona 1 yaitu 0,4 detik.

c. Zona 3

Dengan waktu *tripping* zona 2 yang lebih lambat, elemen proteksi zona 3 dapat disetel sebagai proteksi cadangan terhadap kemungkinan kegagalan elemen proteksi zona 1 dan zona 2. Maka cakupan proteksi zona 3 pada GI Glugur 2 – GI Payageli 2.

$$l_{\text{saluran yang diproteksi}} = 1,6$$

$$(l_{\text{saluran1}} + l_{\text{saluran2}}) = 1,6 (11,92 + 21,27) = 53,104 \text{ km}$$

$$\text{Zona 3} = 1,6 (Z_{L1} + Z_{L2})$$

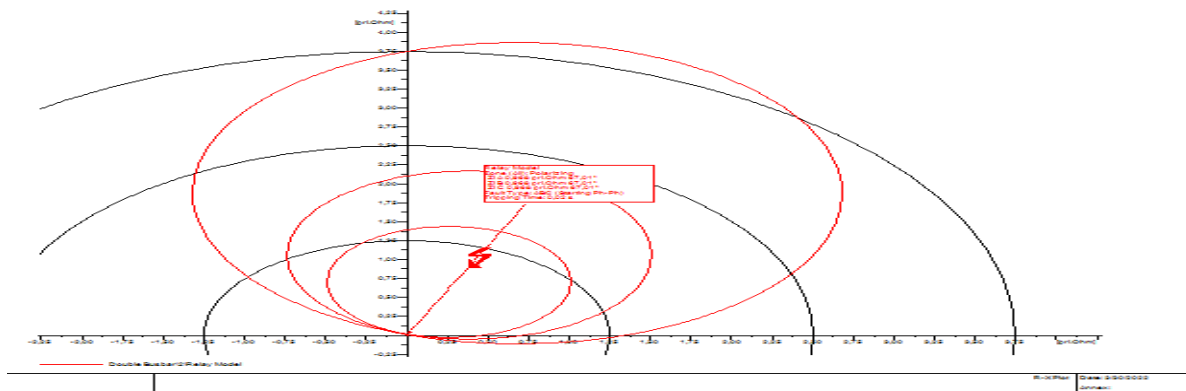
$$= 1,6 (3,3 + 2,76)$$

$$= 9,69 \text{ Ohm}$$

Dengan panjang saluran yang diproteksi zona 3 sepanjang 53,104 km, maka *setting* rele jarak pada zona 3 adalah 9,69 Ohm. Rele jarak pada zona 3 bekerja lebih lama dari zona 2 yaitu 1,4 s.

4.1.3 Jarak Gangguan Berdasarkan Rele Jarak

Adapun jarak gangguan pada saluran transmisi yang dideteksi oleh rele jarak berdasarkan impedansi gangguan ialah :



Gambar 2. Bentuk Gangguan Glugur 1 – Payageli 1 Pada Jarak 6,77 km

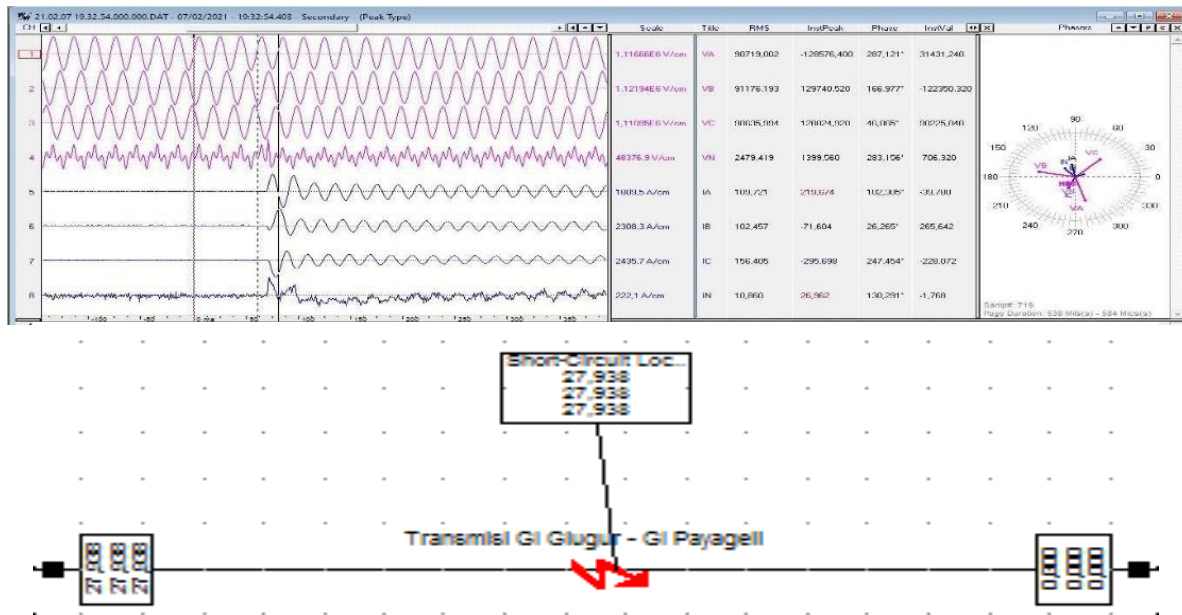
Berdasarkan gangguan yang terjadi pada saluran transmisi , gangguan terjadi pada hari sabtu, 07 Februari 2021 pada pukul 19:32:54.000, impedansi yang dibaca rele jarak ialah sebesar 2,43 Ohm, maka jarak gangguan yang dibaca oleh rele jarak ialah :

$$S_{\text{Gangguan}} = \frac{Z \text{ yang dibaca oleh rele} \times \text{Rasio} \frac{CT}{PT} \times l}{Z_{L1}}$$

$$= \frac{2,43 \times \text{Rasio} \frac{1000/1}{150.000/100} \times 11,92}{3,175}$$

$$= 6,1 \text{ km}$$

Dari hasil yang didapatkan bahwasanya jarak gangguan yang dibaca oleh rele jarak ialah 6,1 km pada zona 1 proteksi saluran transmisi Glugur 1 – Payageli 1.



Gambar 3. R – X Plot Zona Gangguan

Pada gambar 3 merupakan hasil dari simulasi software Power Factory DIgSilent didapatkan bahwasanya hasil analisis yang dilakukan oleh rele jarak pada gangguan 1 didapatkan dengan jarak 6,1 Km pada panjang saluran transmisi 150 Kv dan R – X plot zona gangguannya masuk ke dalam zona 1 pada daerah proteksi.

Berdasarkan pada perhitungan yang didapat maka gangguan ke 2, gangguan ke 3, gangguan ke 4, gangguan ke 5, dan gangguan ke 6 terdapat pada lampiran 6. Berikut ialah hasil perhitungan jarak gangguan yang dideteksi oleh rele jarak terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jarak Gangguan Pada Rele Jarak

No	Gangguan	Jarak Gangguan Pada Rele	Jangkauan Zona	Keterangan
----	----------	--------------------------	----------------	------------

Jarak (km)				
1	Gangguan 1	6,1	Zona 1	Sesuai SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014.
2	Gangguan 2	8,08	Zona 1	Sesuai SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014.
3	Gangguan 3	8,18	Zona 1	Sesuai SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014.
4	Gangguan 4	8,65	Zona 1	Sesuai SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014.
5	Gangguan 5	9,26	Zona 1	Sesuai SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014.
6	Gangguan 6	5,9	Zona 1	Sesuai SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014.

Berdasarkan pada tabel 1 didapatkan hasil perhitungan rele jarak dalam menentukan titik gangguan sambaran petir dengan zona yang diproteksi dalam saluran transmisi GI Glugur – GI Payageli sudah sesuai dengan Sesuai SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014.

4.1.4 Persentase Error Pembacaan Rele Jarak

Adapun persentase *error* pembacaan titik gangguan oleh rele jarak terhadap titik

gangguan yang terjadi di lapangan (aktual).

1. Gangguan ke 1

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{\text{JARAK AKTUAL} - \text{JARAK PREDIKSI}}{\text{JARAK AKTUAL}} \times 100\% \\ &= \frac{6,77 - 6,1}{6,77} \times 100\% \\ &= 9,89\% \end{aligned}$$

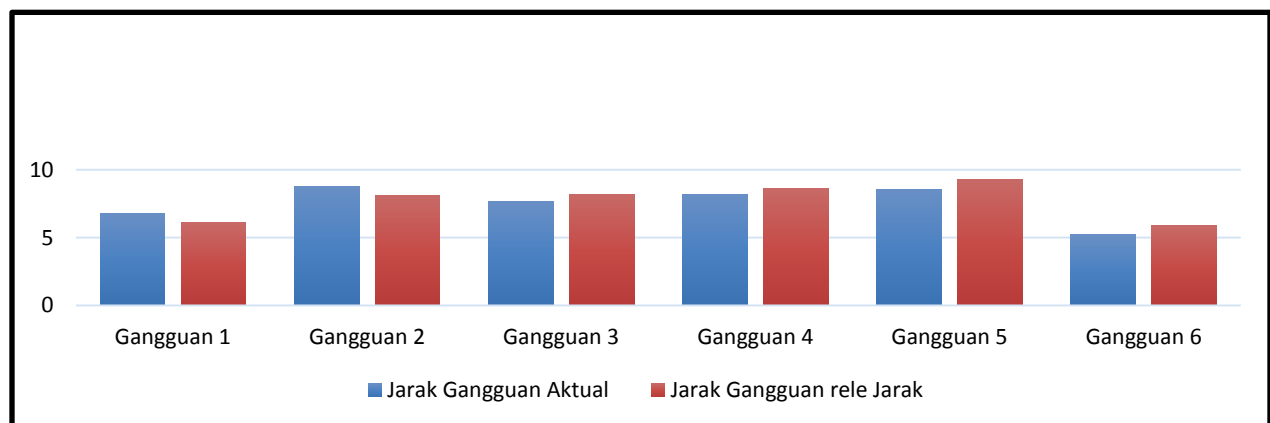
Sehingga persentase *error* pembacaan rele jarak terhadap titik gangguan yang terjadi di lapangan (aktual) ialah sebesar 9,89 %.

Untuk perhitungan persentase *error* yang terjadi pada gangguan 2, gangguan 3, gangguan 4, gangguan 5, dan gangguan 6 terdapat dilampiran 6. Maka hasil dari

perhitungan persentase *error* pada rele jarak dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Jarak Gangguan

No	Gangguan	Jarak Gangguan Aktual (km)	Jarak Gangguan Rele Jarak (km)	Persentase Error	Selisih Pembacaan
1	Gangguan 1	6,77	6,1	9,89 %	670 m
2	Gangguan 2	8,80	8,08	8,18 %	720 m
3	Gangguan 3	7,638	8,18	7,09 %	542 m
4	Gangguan 4	8,2	8,65	5,48 %	450 m
5	Gangguan 5	8,523	9,26	8,64 %	737 m
6	Gangguan 6	5,2	5,9	13,4 %	700 m



Gambar 4. Grafik Perbandingan Jarak Gangguan

Dari grafik pada gambar 4 dan tabel 2 didapatkan bahwasanya hasil pembacaan titik gangguan yang dideteksi tidak mendekati titik gangguan yang di lapangan (aktual), tetapi berdasarkan dengan SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014 masih dalam toleransi pembacaan gangguan yang dilakukan oleh rele jarak. Semakin tinggi nilai impedansi

gangguan maka akan semakin jauh titik gangguan yang dihasilkan.

5. SIMPULAN

Kinerja rele jarak dalam menentukan titik gangguan sambaran petir pada saluran transmisi 150 kV berdasarkan dengan gangguan yang terjadi dilapangan

bahwasanya kinerja rele jarak bergantung dengan setting an impedansi yang berdasarkan zona. Pada zona 1, zona 2, zona 3 dilakukan pen setting an berdasarkan impedansi kawat saluran yang terpasang pada GI Gugur – GI Payageli sehingga pada saat terjadi gangguan pada saluran transmisi pendeteksian gangguan sangat baik sesuai dengan zona yang terdeteksi dan sudah sesuai dengan SPLN No. 0520-2.K/DIR Tahun 2014.

6. DAFTAR PUSTAKA

- K.Hidayatullah, U. Udayana, “ANALISIS PENENTUAN SETTING DISTANCE RELAY PENGHANTAR SUTT 150 KV GIS PESANGGARAN – GI PEMECUTAN KELOD,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 1, pp. 134–139, 2019.
- G. A. Taylor, “Louisiana Tech Digital Commons Design and Analysis of a Traveling Wave Fault Locator,” Louisiana Tech University, 2019.
- M. Adam, A. Abdalla, G. Kalcon, and A. Mohammed, “Design of Travelling Wave Relay for Protection of Transmission Lines,” *IJRSEEE*, vol. 3, no. 4, pp. 29–41, 2017.
- C. A. Santjiatodjaja, L. S. Patras, G. Mangindaan, and J. T. Elektro-ft, “Analisa Gelombang Berjalan Pada Saluran Transmisi 70 kV Gardu Induk Teling,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- R. Zoro, “Tropical Lightning Current Parameters and Protection of Transmission Lines Tropical Lightning Current Parameters and Protection of Transmission Lines,” *International Journal on Electrical and Informatics*, vol. 11, no. 3, December, 2019.
- M. A. Baseer, R. P. Praveen, and A. G. A. Khalil, “Localisation of Fault Using Travelling Wave Theory Based on Multi-End System,” *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 12, no. 17, pp. 6504–6513, 2017.
- M. Dfr, D. App, T. B. Krisnandi, and Y. B. Praharto, “Percepatan Pemulihan Gangguan Pada Jaringan Transmisi,” *ITEKS*, no. 2, pp. 73–79, 2016.
- R. Kowalik, D. D. Rasolomampionona, and S. Anwar, “Traveling wave fault location in power transmission systems: An overview,” *Journal of Electrical Systems*, no. January, 2011.
- H. Jia, “An Improved Traveling-Wave-Based Fault Location Method with Compensating the Dispersion Effect

of Traveling,” Mathematical Problems
in Engineering, vol. 2017, 2017.

Y. Chen, H. Su, and Y. Cai, “TravellingWave
Fault Location System based on
IEC61850 TravellingWave Fault
Location System based on
IEC61850,” 2019.

M. M. D. C. Grids, “A Traveling-Wave-
Based Fault Location Scheme for
MMC-Based Multi-Terminal DC
Grids,” MDPI, 2018.