

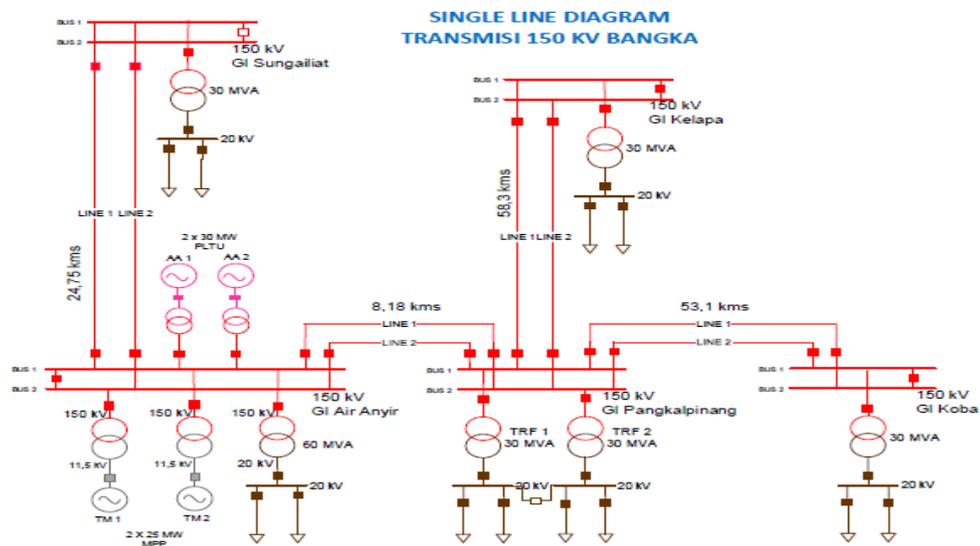
Beberapa penelitian terkait studi relai jarak sebagai sistem proteksi pada sistem tenaga listrik [5][6][7][8] dengan menggunakan standar IEC 60255-121:2014 dan *software* digsilent 14.1.3 [9][10] PSCAD[11] dan ETAP [12]. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis penyetelan relai jarak pada saluran transmisi 150 kV di pulau Bangka dengan menentukan penyetelan tiap zona impedansi, menentukan arus dan tegangan gangguan serta menentukan letak gangguan.

2. METODE PENELITIAN

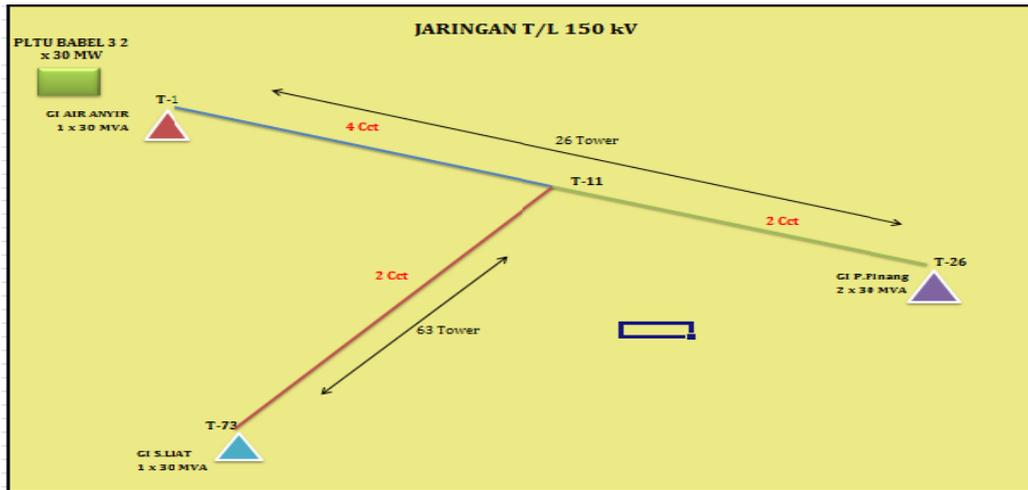
- Data relai jarak Gardu Induk Air Anyir, Gardu Induk Pangkalpinang, Gardu Induk Sungailiat.
- Data rasio *current transformer* dan *potential transformer* Gardu Induk Air Anyir, Gardu Induk Pangkalpinang, Gardu Induk Sungailiat.
- Data penghantar dan transmisi Gardu Induk Air Anyir, Gardu Induk Pangkalpinang, Gardu Induk Sungailiat.
- Menghitung nilai impedansi sepanjang saluran transmisi dan menghitung nilai impedansi masing-masing zona.
- Menghitung nilai arus dan tegangan gangguan pada saluran transmisi yang akan dideteksi oleh relai jarak.
- Jarak gangguan yang terjadi dapat dihitung berdasarkan besar nilai impedansi gangguan yang dibaca oleh relai jarak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menunjukkan jalur transmisi area Bangka yang menghubungkan GI Air Anyir ke GI Pangkalpinang terhubung melalui jaringan 150 kV dengan melewati penghantar ACSR dengan penampang $1 \times 240 \text{ mm}^2$ dan memiliki panjang $2 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2 \times 8.18 \text{ kms}$, kemudian pada jalur transmisi area Bangka juga terdapat transmisi Air Anyir ke Sungailiat yang terhubung melalui jaringan 150 kV dengan melewati penghantar ACSR dengan penampang $1 \times 240 \text{ mm}^2$ dan memiliki panjang $2 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2 \times 24.75 \text{ kms}$. Seperti yang ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 1. *Single Line Diagram* Transmisi 150 kV Area Bangka [13]



Gambar 2. Tower Transmisi Sistem Bangka [13]

3.1 Perhitungan Penyetelan Impedansi Relai Jarak

Untuk penyetelan impedansi relai jarak, perlu dihitung nilai impedansi saluran GI Sungailiat – GI Air Anyir – GI Pangkalpinang

Nilai impedansi saluran GI Sungailiat-GI Air Anyir

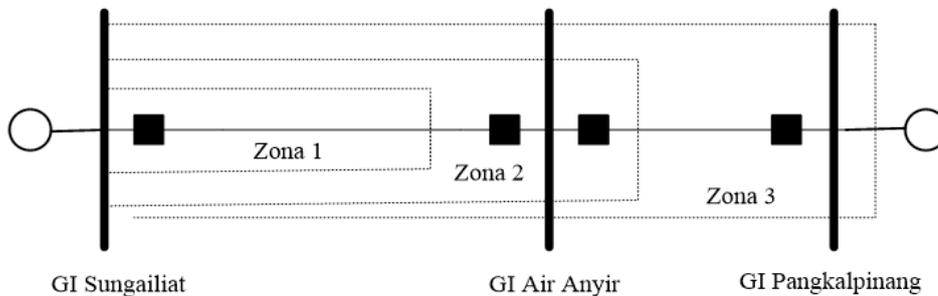
$$ZL1 = 24,75 \text{ km} \times (3,1115 + j10,0320) \Omega$$

$$77,009 + j248,292 \Omega$$

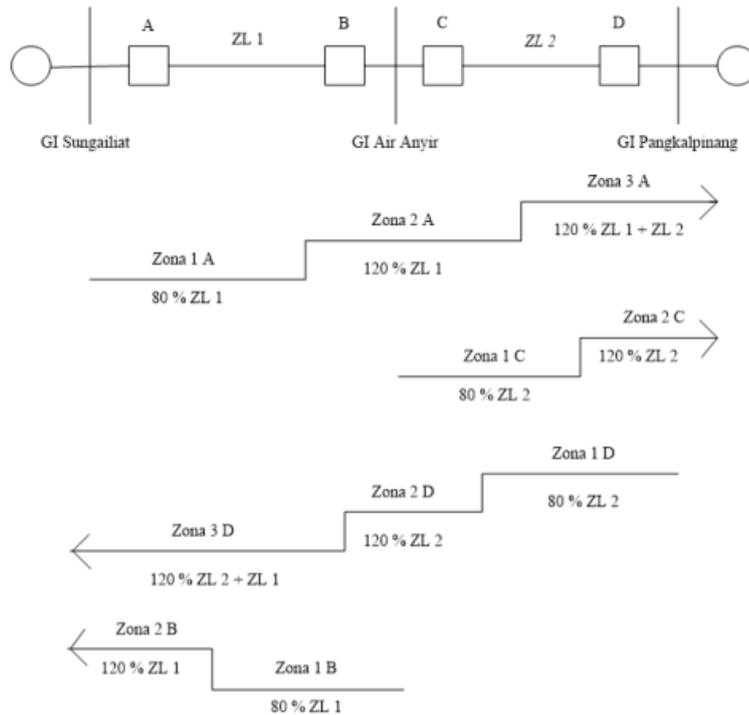
Nilai impedansi saluran GI Air Anyir-GI Pangkalpinang

$$ZL2 = 8,18 \text{ km} \times (1,028 + j3,3302) \Omega$$

$$8,409 + j27,241 \Omega$$



Gambar 3. Zona 1, zona 2, dan zona 3 penyetelan relai jarak pada GI Sungailiat – GI Air Anyir – GI Pangkalpinang



Gambar 4. Penyetelan semua relai pada zona 1, zona 2, dan zona 3

Pada relai A didapatkan setelan relai untuk zona 1 yaitu 80 % dari panjang saluran ZL1, untuk zona 2 yaitu 120 % dari panjang saluran ZL1, dan untuk zona 3 yaitu 120 % dari panjang saluran saluran ZL1 ditambah panjang saluran ZL2. Pada relai B didapatkan setelan relai untuk zona 1 yaitu 80 % dari panjang saluran ZL1, dan untuk zona 2 yaitu 120 % dari panjang saluran ZL1. Pada relai C didapatkan setelan relai untuk zona 1 yaitu 80 % dari panjang saluran ZL2, dan untuk zona 2 yaitu 120 % dari panjang saluran ZL2. Pada relai D didapatkan setelan relai untuk zona 1 yaitu 80 % dari panjang saluran ZL2, untuk zona 2 yaitu 120 % dari panjang saluran ZL2, dan untuk zona 3 yaitu 120 % dari panjang saluran ZL2 ditambah panjang saluran ZL1.

Tabel 1. Rasio CT dan PT

	Data Rasio	
	Primer	Sekunder
<i>Current Transformer (CT)</i>	800	1
<i>Potential Transformer (PT)</i>	150000	100

Tabel 2. Hasil Perhitungan Penyetelan Impedansi Relai Jarak GI Sungailiat – GI Air Anyir

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Primer	207,968 Ω	226,212 Ω	345,933 Ω
Sekunder	110,804 Ω	120,525 Ω	184,312 Ω

Tabel 3. Hasil Perhitungan Penyetelan Impedansi Relai Jarak GI Air Anyir – GI Pangkalpinang

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Primer	22,806 Ω	189,180 Ω	345,933 Ω
Sekunder	12,151 Ω	100,794 Ω	184,312 Ω

Nilai penyetelan impedansi relai jarak pada GI Sungailiat-GI Air Anyir terus meningkat dari zona 1, zona 2 hingga zona 3. Pada zona 1 nilai impedansi yang didapat yaitu 207,968 Ω , pada zona 2

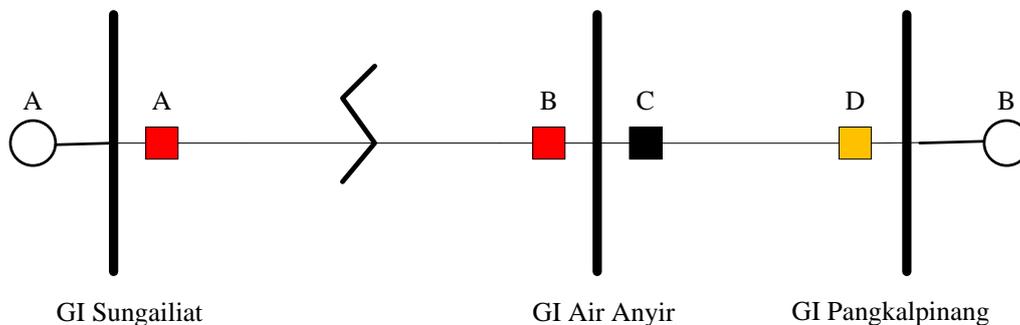
nilai impedansi yang didapat yaitu 226,212 Ω , pada zona 3 nilai impedansi yang didapat yaitu 345,933 Ω . Nilai penyetelan impedansi relai jarak pada GI Air Anyir-GI Pangkalpinang terus meningkat dari zona 1, zona 2 hingga zona 3. Pada zona 1 nilai impedansi yang didapat yaitu 22,806 Ω , pada zona 2 nilai impedansi yang didapat yaitu 189,180 Ω , pada zona 3 nilai impedansi yang didapat yaitu 345,933 Ω .

Zona 1 relai jarak bekerja pada waktu 0 detik dikarenakan kerja zona 1 relai jarak bekerja secara *instantaneous* atau secara seketika sehingga apabila terjadi gangguan relai jarak akan bekerja langsung tanpa waktu tunda. Zona 2 relai jarak bekerja sebagai cadangan pengaman gangguan disalurkan transmisi apabila zona 1 mengalami kegagalan untuk mengamankan saluran transmisi, dan bekerja pada 0,4 detik dikarenakan kerja zona 2 sebagai cadangan sehingga diatur dengan waktu tunda.

Zona 3 relai jarak menjadi *back up* untuk zona 1 dan zona 2 apabila gagal dalam bekerja dalam mengamankan saluran transmisi. Zona 3 bekerja pada waktu 0,8 detik, dikarenakan zona 3 menjadi *back up* terakhir apabila zona 1 dan zona 2 mengalami kegagalan bekerja dalam mengamankan saluran transmisi. Maka memiliki waktu tunda lebih besar dari zona 2.

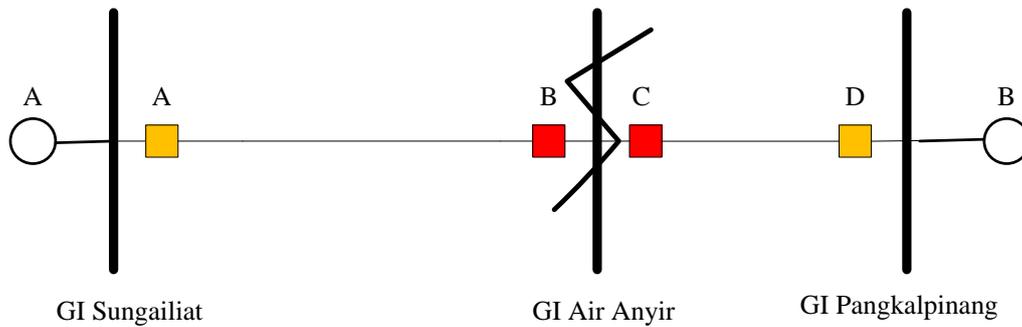
Impedansi sekunder yang dilihat relai pada GI Sungailiat-GI Air Anyir zona 1 yaitu sebesar 110,804 Ω , pada zona 2 yaitu 120,525 Ω , dan pada zona 3 yaitu 184,312 Ω . Dapat dilihat bahwa impedansi yang dilihat relai dengan merasiokan *potential transformer* dan *current transformer* terus mengalami peningkatan setiap zonanya, mulai dari zona 1, zona 2, dan zona 3. Impedansi sekunder yang dilihat relai pada GI Air Anyir-GI Pangkalpinang zona 1 yaitu 12,151 Ω , pada zona 2 yaitu 100,794 Ω , dan pada zona 3 yaitu 184,312 Ω . Dapat diketahui bahwa impedansi yang dilihat pada relai dengan merasiokan *potential transformer* dan *current transformer* terus mengalami peningkatan setiap zonanya, mulai dari zona 1, zona 2, dan zona 3. Impedansi nominal relai jarak didapatkan berdasarkan dari perbandingan tegangan dan arus yang masuk pada relai jarak. Relai jarak dalam bekerja membutuhkan *potential transformer* dan *current transformer* karena relai jarak tidak dapat membaca tegangan dan arus yang sangat besar sehingga *potential transformer* dan *current transformer* berfungsi untuk menurunkan tegangan dan arus agar dapat dibaca oleh relai jarak.

3.2 Koordinasi Relai Jarak



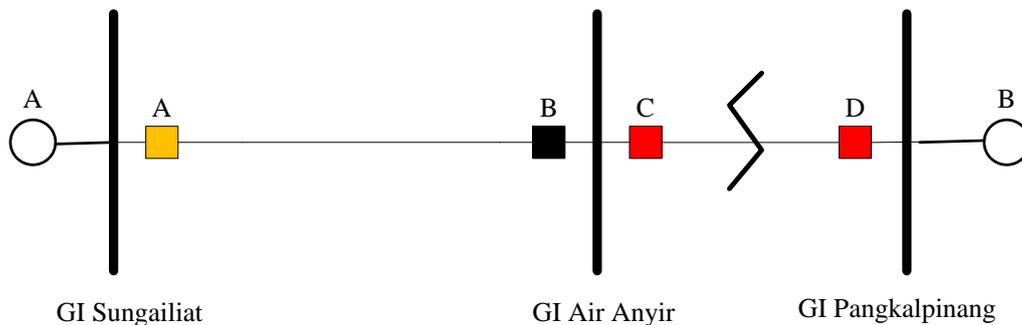
Gambar 5. Gangguan diantara relai A dan relai B

Pada gambar 5, gangguan yang terjadi berada diantara relai A dan relai B. Relai yang bekerja adalah relai A dan relai B, apabila relai A gagal maka pembangkit A akan mengalami kerusakan, apabila relai B gagal maka relai D yang akan melakukan *back up*, apabila relai D gagal maka pembangkit B akan mengalami kerusakan.



Gambar 6. Gangguan diantara relay B dan relay C

Pada gambar 6, gangguan yang terjadi berada diantara relay B dan relay C. Relay yang bekerja adalah relay B dan relay C, apabila relay B gagal maka relay D akan yang akan melakukan *back up*, apabila relay D gagal melakukan *back up* maka pembangkit B akan mengalami kerusakan. Apabila relay C mengalami gangguan maka relay A akan melakukan *back up*, apabila relay A gagal melakukan *back up* maka pembangkit A akan mengalami kerusakan.



Gambar 7. Gangguan diantara relay C dan relay D

Pada gambar 7, gangguan yang terjadi berada diantara relay C dan relay D. Relay yang bekerja adalah relay C dan relay D, apabila relay C gagal maka relay A akan melakukan *back up*, apabila relay A gagal melakukan *back up* maka pembangkit A akan mengalami kerusakan. Apabila relay D gagal maka pembangkit B akan mengalami kerusakan.

3.3 Hasil Perhitungan Arus dan Tegangan Gangguan

Tabel 4. Hasil Perhitungan nilai arus dan tegangan gangguan

	Gangguan 1 Fasa	Gangguan 2 Fasa	Gangguan 3 Fasa
Arus	4172,610 A	3356,427 A	8245,505 A
Tegangan	43824,922 V	35252,542 V	86602,539 V

Perhitungan pada Tabel 4, menunjukkan nilai arus gangguan dan tegangan gangguan yang terjadi jika diasumsikan gangguan sebesar 10Ω . Setiap gangguan yang terjadi tidak selalu sama perhitungannya, tergantung jenis gangguan yang sedang terjadi. Gangguan satu fasa ke tanah memiliki nilai arus gangguan 4172,610 A dan tegangan gangguan 43824,922 V. Gangguan 2 fasa memiliki nilai arus gangguan 3356,427 A dan tegangan gangguan 35252,542 V. Terakhir gangguan 3 fasa memiliki nilai arus gangguan 8245,505 A dan tegangan gangguan 86602,539 V.

3.4 Hasil Penentuan Letak Gangguan

Gangguan yang terjadi pada sistem transmisi akan segera dideteksi oleh relay jarak yang terpasang, dimana gangguan akan diamankan oleh relay jarak pada tiap zona tertentu sesuai dengan seberapa jauh jarak gangguan yang terjadi dari lokasi tempat relay tersebut dipasang.

Tabel 5. Pembacaan gangguan pada GI Sungailiat-GI Air Anyir

Impedansi Gangguan (Ω)	Jarak Gangguan (km)
0,5 Ω	0,026 km
1 Ω	0,052 km
1,5 Ω	0,079 km
2 Ω	0,105 km
2,5 Ω	0,132 km
468 Ω	24,75 km

Tabel 6. Pembacaan gangguan pada GI Air Anyir-GI Pangkalpinang

Impedansi Gangguan (Ω)	Jarak Gangguan (km)
0,5 Ω	0,079 km
1 Ω	0,158 km
1,5 Ω	0,237 km
2 Ω	0,317 km
2,5 Ω	0,396 km
51,6 Ω	8,18 km

Dari Tabel 5, dapat dilihat pembacaan gangguan pada GI Sungailiat – GI Air Anyir. Impedansi gangguan yang dihitung yaitu 0,5 Ω - 2,5 Ω dan didapatkan hasil jarak gangguan yaitu 0,026 km – 0,132 km dan impedansi gangguan yang bernilai 468 Ω didapatkan hasil jarak gangguan yaitu 24,75 km. Sedangkan dari tabel 6 terlihat pembacaan gangguan pada GI Air Anyir – GI Pangkalpinang. Impedansi gangguan yang dihitung yaitu 0,5 Ω - 2,5 Ω dan didapatkan hasil jarak gangguan yaitu 0,079 km – 0,396 km dan impedansi gangguan yang bernilai 51,6 Ω sehingga didapatkan hasil jarak gangguan yaitu 8,18 km.

4. KESIMPULAN

1. Nilai perhitungan penyetulan impedansi relai jarak terus meningkat tiap masing-masing zona, dari zona 1, zona 2 sampai ke zona 3. Pada zona 1 nilai impedansi yang didapat yaitu 207,968 Ω , pada zona 2 nilai impedansi yang didapat yaitu 226,212 Ω serta pada zona 3 nilai impedansi yang didapat yaitu 345,933 Ω .
2. Impedansi yang dilihat relai pada zona 1 yaitu 110,804 Ω , pada zona 2 yaitu 120,525 Ω , dan pada zona 3 yaitu 184,312 Ω .
3. Gangguan satu fasa ke tanah memiliki nilai arus gangguan 4172,610 A dan tegangan gangguan yang didapatkan 43824,922 V. Gangguan 2 fasa memiliki nilai arus gangguan 3356,427 A dan tegangan gangguan 35252,542 V. Gangguan 3 fasa memiliki nilai arus gangguan 8245,505 A dan tegangan gangguan 86602,539 V.
4. Pada GI Sungailiat – GI Air Anyir dan GI Air Anyir – GI Pangkalpinang impedansi gangguan yang dihitung yaitu 0,5 Ω - 2,5 Ω . Didapatkan hasil jarak gangguan yaitu 0,026 km – 0,132 km dan 0,079 km – 0,396 km. Impedansi gangguan yang bernilai 468 Ω didapatkan hasil jarak gangguan yaitu 24,75 km. Impedansi gangguan yang bernilai 51,6 Ω didapatkan hasil jarak gangguan yaitu 8,18 km.

REFERENSI

- [1] PT PLN (Persero). Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik. 2018.
- [2] Sunanda, W. *Studi Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Air Anyir Bangka*. 2019. Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer, Vol. 8, No. 2, hal. 248-252.

- [3] Syamsudin, Z., Pujotomo, I., Ramadhan, F. D. *Kajian Rele Jarak dan Arus Lebih pada Sada Saluran Udara Tegangan Tinggi Gardu Induk 150 kV Sronдол*. 2015. Jurnal Ilmiah Sutet, 5(1), hal. 1-7.
- [4] Masri, R., Rosma, I.H. *Studi Penyetelan Relai Jarak pada Saluran Transmisi 150 kV Menggunakan Software Digsilent*. 2018. Jom FTEKNIK. 5(1), hal. 1-5.
- [5] Agussalim, A. *Studi Penyetelan Jangkauan Zona 1 Relai Jarak Pada Saluran Transmisi Panakkukang-Tello*. 2015. Jurnal Teknologi Elekerika. 12(1), hal. 85-100.
- [6] Hariyanto, D. P. *Analisis Koordinasi Over Current Relay Dan Recloser Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk Semen Nusantara (Snt 2) Cilacap*. 2009. Jurnal Teknik Elektro. 1(1), 10.
- [7] Hamdadi, A., Fikriansyah, F. *Analisa Dan Pengaturan Ulang Relai Jarak Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv Keramasan - Bukit Asam*. 2014. Jurnal Mikrotiga, 1(3).
- [8] Sepang, J. B., Patras, L. S., Lisi, F. *Analisa Koordinasi Setting Relai Jarak Sistem Transmisi 150 kV Area Gardu Induk Otam–Gardu Induk Isimu*. 2017. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 6(3), 148-158.
- [9] Aljufri, T. R., Supradono, B., Assaffat, L. *Scanning dan Resetting Distance Relay Pada Penghantar 150 kV Kudus Arah Jekulo*. 2011. Media Elektrika, 4(2).
- [10] Prasetyo, A., Zuliari, E. A. *Analisa Perubahan Setting Rele Jarak Pada Saluran Transmisi Gardu Induk 150 kV Ponorogo Ke Blitar*. 2019. SinarFe7, 2(1), hal . 6-10.
- [11] Pradonggo, A., Atmam, A., Situmeang, U. *Studi Perencanaan Setting Rele Proteksi Pada Saluran Transmisi 150 kV Pada Gardu Induk (Gi) Pasir Putih PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru*. 2017. JURNAL TEKNIK, 11(2), 73-80.
- [12] Hidayatullah, K., Hartati, R. S., Sukerayasa, I. W. *Analisis Penentuan Setting Distance Relay Penghantar Sutt 150 Kv Gis Pesanggaran–Gi Pemecutan Kelod*. 2019. Jurnal SPEKTRUM, 6(1), 134-139.
- [13] PT PLN (Persero). Data PLN Sektor Pembangkitan Bangka Belitung. 2019.