

UNJUK KERJA AUTORECLOSE DOUBLESHOT PADA RELAI JARAK SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI

¹Muhammad Irfan Nur Praditya*, ²Arief Marwanto

^{1,2} Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

*Corresponding Author:
pradityairfan20@gmail.com

ABSTRAK

SUTT 150 kV memiliki potensi yang besar mengalami gangguan transmisi. Sebagian besar penyebab gangguan transmisi bersifat temporer yang akan segera hilang setelah Pemutus Tenaga (PMT) trip. Agar kesinambungan penyaluran tenaga listrik tetap terjaga maka PMT dicoba masuk kembali sesaat setelah kejadian trip (reclose) dan dalam kondisi siap (healthy) untuk memutus (trip) apabila gangguan masih ada setelah PMT masuk kembali (reclose). SUTT dengan saluran panjang rentan mengalami gangguan permanen atau gangguan yang terjadi lebih dari satu kali dalam waktu yang berdekatan. Tugas Akhir ini membahas setting relai jarak dan unjuk kerja fungsi autoreclose dalam mengakomodir gangguan permanen SUTT. Proses perhitungan dilakukan untuk mengetahui bagaimana setting relai jarak yang andal untuk SUTT 150 kV Sangatta – Maloy. Untuk mengetahui keandalan setting yang telah ditentukan, dilakukan pengujian karakteristik menggunakan software Omicron Distance Operating Characteristic. Hasil pengujian karakteristik impedansi menunjukkan deviasi antara nilai perhitungan dengan nilai aktual relai adalah 0,2%, sementara pada karakteristik waktu kerja, deviasi berkisar pada 3% sampai 6%. Untuk mengetahui unjuk kerja fungsi autoreclose doubleshoot pada relai jarak, dilakukan pengujian fungsi dengan metode simulasi gangguan menggunakan software Omicron State Sequencer. Dari empat kondisi gangguan yang diujikan, didapatkan hasil bahwa relai mampu mengakomodir gangguan permanen (dua gangguan berturut-turut) tanpa mengalami trip lockout.

Kata kunci: Relai Jarak, Impedansi, Autoreclose, Gangguan Permanen

Abstract

The 150 kV overhead transmission line (SUTT) is susceptible to transmission faults. Most faults are temporary and will disappear shortly after the Circuit Breaker (CB) trips. To maintain the continuity of power transmission, the CB is set to reclose shortly after a trip, and it must remain in a Healthy state, ready to trip again if the faults persists after reclosing. SUTT lines located in hilly and forested areas are prone to permanent faults or repeated faults in a short period of time. SUTT with long transmission lines are vulnerable to permanent faults or repeated disturbances occurring within a short time interval. This final project discusses the distance relay setting and the performance of the autoreclose function in handling permanent faults on the 150 kV Sangatta–Maloy transmission line. Calculations were performed to determine a reliable setting, and Individual Testing was conducted using the Omicron Distance Operating Characteristic software. The impedance characteristic test revealed a deviation of 0.2% between calculated and actual relay values, while the time delay deviation ranged from 3% to 6%. To assess the autoreclose function under doubleshoot conditions, fault simulation tests were performed using Omicron State Sequencer. Based on four simulated fault scenarios, the relay demonstrated the capability to handle permanent faults—represented by two consecutive disturbances—without entering a trip lockout condition.

Keywords: Distance Relay, Impedance, Autoreclose, Permanent Faults

1. LATAR BELAKANG

Penyaluran atau transmisi adalah bagian penting dalam sistem kelistrikan yang berperan menghubungkan pembangkit dengan pelanggan (Alam et al., 2022). Salah satu pengaman utama (main protection) yang digunakan pada sistem transmisi adalah relai jarak (distance relay)(PT PLN (Persero), 2013)(Syamsudin et al., 2015)(Ahmad & Marwanto, 2024). Menurut SPLN relai jarak atau distance relay adalah relai penghantar yang prinsip kerjanya berdasarkan pengukuran impedansi penghantar (Prasetyo & Zuliari, 2019) (Jamaah, 2014). Apabila nilai impedansi gangguan lebih kecil dari impedansi setting relai, maka relai akan bekerja (Semuel et al., 2013) (Adi Nugroho et al., 2017). Apabila nilai impedansi gangguan lebih besar dari impedansi setting, maka relai tidak akan bekerja (Andreansyah et al., 2019).

SUTT memiliki potensi yang besar mengalami gangguan transmisi, sebagian besar penyebab gangguan tersebut bersifat temporer yang akan segera hilang setelah Pemutus Tenaga (PMT) trip (Blumschein et al., 2017). Agar kesinambungan penyaluran tenaga listrik tetap terjaga maka PMT dicoba masuk kembali sesaat setelah kejadian trip (reclose) dan dalam kondisi siap (healthy) untuk memutus (trip) apabila gangguan masih ada setelah PMT masuk kembali (reclose) (Sumaryadi et al., 2021). Penyetelan relai jarak terdiri dari tiga daerah atau zone pengamanan, penyetelan zone 1 yang disetel 80% dari impedansi penghantar, zone 2 yang disetel 120% dari impedansi penghantar, dan zone 3 yang disetel 160% dari impedansi penghantar (Shodik & Hajar, 2024)(Fauzi & Dini, 2022) (Andreansyah et al., 2019)

Dengan kondisi sistem transmisi yang masih radial dan banyaknya tegakan pohon yang berada di sekitar jaringan transmisi, membuat SUTT Sangatta-Maloy rentan mengalami

gangguan berturut-turut yang mengakibatkan PMT trip dan berdampak pada kualitas penyaluran tenaga listrik dan meningkatnya TLOF (Transmission Line Outage Frequency)(Imanda, 2022).

Autoreclose Doubleshot (AR Doubleshot) adalah fungsi proteksi yang mengakomodir gangguan dengan dua siklus percobaan masuk kembali (reclose) untuk memastikan bahwa gangguan tersebut benar-benar temporer (Co, n.d.). Sementara *Autoreclose Singleshoot* adalah fungsi proteksi yang mengakomodir gangguan dengan satu siklus percobaan masuk kembali (reclose) untuk memastikan gangguan temporer (Ji et al., 2014)(Idris et al., 2018). *Autoreclose Doubleshot* mampu mengoptimalkan kerja proteksi jarak dalam mengakomodir gangguan melalui respon PMT dengan dua siklus percobaan reclose guna mencegah padam bay penghantar.

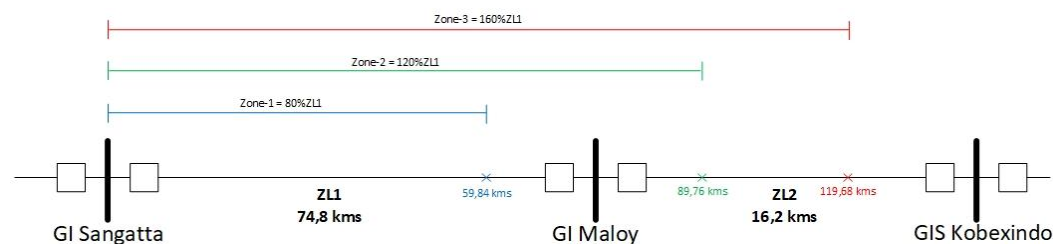
Maka dari itu dengan adanya aktivasi fungsi proteksi *Autoreclose Doubleshot* pada SUTT Sangatta – Maloy diharapkan dapat menjadi pilihan yang tepat untuk mencegah padam bay penghantar akibat gangguan temporer.

2. METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Objek yang dibahas pada penelitian ini berada di Gardu Induk 150 kV Sangatta yang berada di Kecamatan Sangatta Selatan, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur.

Daerah kerja relai jarak bay line 2 Sangatta-Maloy dibagi menjadi 3 zona yang dikoordinasikan dengan seksi berikutnya agar tidak terjadi *overlapping* seperti yang ditunjukkan dengan Gambar 1.



Gambar 1. Zona Pengamanan Relai Jarak Sangatta-Maloy

Zona 1 mencakup 80% dari keseluruhan panjang SUTT Sangatta-Maloy atau sepanjang 59,84 kms. Zona 2 mencakup 120% dari keseluruhan panjang SUTT Sangatta-Maloy 89,76 kms atau overlap dari GI Maloy. Zona 3 mencakup 160% dari keseluruhan panjang SUTT Sangatta-Maloy 119,68 kms.

Pengujian Individu Relai Jarak

Pengujian individu dilakukan untuk mengetahui karakteristik impedansi dan waktu tunda di mana relai akan bekerja atau merasakan gangguan. Oleh karena itu, pengujian ini juga disebut sebagai pengujian karaktersitik. Pada pengujian individu, relai diberikan sampel titik-titik impedansi, yang apabila sesuai dengan *setting*, akan direspon oleh relai dengan

bekerjanya kontak *trip* (Omicron Electronics, 2003). Kemudian alat uji akan mengumpulkan data pada titik impedansi dan waktu tunda mana saja relai tersebut bekerja.

Skenario Pengujian Fungsi

Pengujian fungsi dilakukan dengan memberikan kondisi yang menyerupai gangguan sebenarnya (Adrianti et al., 2020). Pada penelitian ini digunakan 4 (empat) kondisi gangguan untuk mengetahui unjuk kerja fungsi autoreclose doubleshot pada relai jarak bay line 2 Sangatta-Maloy. Kondisi tersebut antara lain:

1. Kondisi dua gangguan berturut-turut zona 1 *phase-ground* pada fasa yang sama.
2. Kondisi dua gangguan berturut-turut zona 1 *phase-ground* pada fasa yang berbeda (*doubleshot evolving*).
3. Kondisi dua gangguan berturut-turut zona 1 *phase-phase* pada fasa yang berbeda.
4. Kondisi gangguan zona 1 *phase-ground* lalu dilanjutkan gangguan *phase-phase*.

Pemilihan Zona Proteksi

$$CT = \frac{CT \text{ Primer}}{CT \text{ Sekunder}} \quad (1)$$

$$PT = \frac{PT \text{ Primer}}{PT \text{ Sekunder}} \quad (2)$$

$$n = \frac{CT}{PT} \quad (3)$$

Keterangan :

CT primer	= Arus nominal sisi primer (Ampere)
CT sekunder	= Arus nominal sisi sekunder (Ampere)
PT primer	= Tegangan nominal sisi primer (Volt)
PT sekunder	= Tegangan nominal sisi sekunder (Volt)
CT	= Rasio transformator arus
PT	= Rasio transformator tegangan
n	= Rasio CT dan PT

Dalam menentukan zona maka nilai impedansi panjang saluran sistem transmisi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4) (Ahmad & Marwanto, 2024). Sedangkan untuk menentukan besar impedansi zona 1, dapat dilakukan dengan Persamaan (5) (Jamaah, 2014).

$$Z_L = \text{Panjang saluran} \times Z1 \text{ saluran per km} \quad (4)$$

$$\text{Zona-1} = 0.8 \times Z_{L11} \quad (5)$$

Keterangan:

Zona 1	= Impedansi zona-1 (Ω)
Z_{L11}	= Impedansi urutan positif saluran utama (Ω)

Persamaan (6),(7),(8) adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai impedansi setting zona 2 (Shodik & Hajar, 2024) .

$$\text{Zona-2 min} = 1,2 \cdot ZL_{11} \quad (6)$$

$$\text{Zona-2 mak1} = 0,8 (ZL_{11} + 0,8 \cdot ZL_{21}), \quad (7)$$

$$\text{Zona-2 mak1} = 0,8 (ZL_{11} + 0,8 \cdot ZL_{21}), \quad (8)$$

$$\text{Zona-2 mak2} = ZL_{11} + 0,5 \cdot X_t \quad (9)$$

$$X_t = \frac{Z\% \times V^2}{S} \quad (10)$$

Keterangan:

Zona-2 min = Impedansi Zona-2 minimum (Ω)

Zona-2 mak1 = Impedansi Zona-2 maksimum (Ω)

Zona-2 mak2 = Impedansi Zona-2 maksimum 50 % impedansi transformator (Ω)

ZL11 = Impedansi urutan positif saluran utama (Ω)

ZL21 = Impedansi urutan positif saluran terpendek GI depannya (Ω)

Xt = Impedansi transformator (Ω)

Untuk setting impedansi zona 3, dapat dihitung dengan Persamaan (11) dan (12) (Sepannur Bandri, 2016).

$$\text{Zona-3 min} = 1,2 (ZL_{11} + ZL_{31}) \quad (11)$$

$$\text{Zona-3 max} = 0,8 (ZL_{11} + 0,5 \cdot X_t) \quad (12)$$

Keterangan:

Zona-3 min = Impedansi Zona-3 minimum (Ω)

Zona-3 mak = Impedansi Zona-3 maksimum mempertimbangkan impedansi transformator (Ω)

ZL11 = Impedansi urutan positif saluran utama (Ω)

ZL31 = Impedansi urutan positif saluran terpanjang GI di depannya (Ω)

Xt = Impedansi transformator (Ω)

Hasil Pengujian Individu

Semua data hasil pengujian karakteristik impedansi dan waktu kerja zone 1 phase to phase ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Individu Zone 1

Fasa	Nilai Setting			Nilai Hasil Uji			Deviasi	
	Z (Ω)	Sudut	t (s)	Z (Ω)	Sudut	t (s)	Z (%)	t (s)
Zone 1 R-S	13,43	77°	0	13,39	77°	0,044	0,3	0,04
Zone 1 S-T	13,43	77°	0	13,3	77°	0,044	0,3	0,04
Zone 1 T-R	13,43	77°	0	13,39	77°	0,043	0,3	0,04
Zone 1 R-G	13,43	77°	0	13,39	77°	0,045	0,3	0,05

Zone 1 S-G	13,43	77°	0	13,39	77°	0,046	0,3	0,05
Zone 1 T-G	13,43	77°	0	13,39	77°	0,047	0,3	0,05

Data hasil pengujian karakteristik impedansi dan waktu kerja zone 2 dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Individu Zone 2

Fasa	Nilai Setting			Nilai Hasil Uji			Deviasi	
	Z (Ω)	Sudut	t (s)	Z (Ω)	Sudut	t (s)	Z (%)	t (%)
Zone 2R-S	20,15	77°	0,6	20,08	77°	0,634	0,35	6
Zone 2S-T	20,15	77°	0,6	20,08	77°	0,635	0,35	6
Zone 2T-R	20,15	77°	0,6	20,08	77°	0,633	0,35	6
Zone 2RG	20,15	77°	0,6	20,08	77°	0,633	0,35	6
Zone 2S-G	20,15	77°	0,6	20,08	77°	0,633	0,35	6
Zone 2T-G	20,15	77°	0,6	20,08	77°	0,635	0,35	6

Data hasil pengujian karakteristik impedansi dan waktu kerja Zone 3 dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Individu Zone 3

Fasa	Nilai Setting			Nilai Hasil Uji			Deviasi	
	Z (Ω)	Sudut	t (s)	Z (Ω)	Sudut	t (s)	Z (%)	t (%)
Zone 3 R-S	26,86	77°	1	26,78	77°	1,035	0,29	3
Zone 3 S-T	26,86	77°	1	26,78	77°	1,036	0,29	4
Zone3 T-R	26,86	77°	1	26,78	77°	1,035	0,29	3
Zone3 R-G	26,86	77°	1	26,78	77°	1,035	0,29	3
Zone 3 S-G	26,86	77°	1	26,78	77°	1,034	0,29	3
Zone 3T-G	26,86	77°	1	26,78	77°	1,032	0,29	3

Hasil Pengujian Fungsi

Setelah dilakukan pengujian fungsi pada relai jarak Line 2 Sangatta-Maloy, didapatkan hasil pengujian yang bisa digunakan untuk mengetahui unjuk kerja relai terhadap kondisi gangguan. Hasil pengujian tertera pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Fungsi Autoreclose

No	Selektor AR	Simulasi Gangguan	Autoreclose	Relay Lockout	Keterangan
1	Mode 1/3	Gangguan <i>doubleshot</i>	Sukses	Tidak	Sesuai

2	Mode 1/3	Gangguan R-Ground Zone 1 diikuti fault fasa S-T (Evolving)	Sukses	Tidak	Sesuai
3	Mode 1/3	Gangguan S-Ground diikuti fault fasa T (Evolving)	Sukses	Tidak	Sesuai
4	Mode 1/3	Gangguan RS diikuti fault fasa ST (Evolving)	Sukses	Tidak	Sesuai

Analisis Hasil Uji Fungsi

Berikut merupakan analisis dari pengujian *autoreclose doubleshot*:

1. Pada kondisi ini, disimulasikan gangguan zone 1 fasa R dan diikuti gangguan kedua zone 1 fasa R. Diberikan simulasi gangguan pada fasa R dengan waktu 100ms. Pada gangguan pertama, relai berhasil memerintahkan PMT untuk trip dan reclose kembali pada fasa yang terganggu. Kemudian pada gangguan kedua, masih di fasa yang sama, relai memerintahkan PMT untuk trip selama deadtime kedua selama 30 detik dan reclose tiga fasa. Dengan pengujian ini, fungsi *autoreclose doubleshot* dinyatakan berfungsi dengan baik pada kondisi dua gangguan satu fasa di fasa yang sama.
2. Pada kondisi ini, disimulasikan gangguan zone 1 satu fasa, pada fasa R dan diikuti gangguan kedua fasa-fasa yaitu fasa S-T. Pada gangguan pertama, relai diberikan simulasi gangguan fasa R selama 100 ms. Respon relai adalah memerintahkan PMT untuk pada fasa R dan reclose kembali pada fasa yang terganggu. Kemudian pada gangguan kedua, gangguan fasa S-T, relai memerintahkan PMT untuk trip tiga fasa selama deadtime kedua 30 detik dan reclose tiga fasa tanpa mengerjakan lockout. Dengan pengujian ini, fungsi *autoreclose doubleshot* dinyatakan berfungsi dengan baik pada kondisi dua gangguan satu fasa diikuti gangguan fasa-fasa (*phase to phase*)
3. Pada kondisi ini, disimulasikan gangguan zone 1 fasa S dan diikuti gangguan kedua fasa T zone 1. Relai diberikan simulasi gangguan pertama pada fasa S dengan waktu 100ms. Pada gangguan pertama, relai berhasil memerintahkan PMT untuk trip dan reclose kembali. Kemudian relai diberikan gangguan kedua pada fasa yang berbeda yaitu fasa T. Respon yang terjadi adalah relai memerintahkan PMT trip tiga fasa selama deadtime kedua dan reclose tiga fasa dan tidak ada lockout yang bekerja. Dengan pengujian ini, fungsi *autoreclose doubleshot* berfungsi dengan baik pada kondisi dua gangguan satu fasa pada fasa yang berbeda.
4. Pada kondisi ini, disimulasikan gangguan zone 1 dua fasa, fasa R-S dan diikuti gangguan kedua zone 1 dua fasa, fasa S-T. Relai diberikan simulasi gangguan pertama pada fasa R-S dengan waktu 100ms. Pada gangguan pertama, relai berhasil memerintahkan PMT untuk trip tiga fasa dan reclose kembali. Pada gangguan kedua, relai diberikan gangguan yang berbeda yaitu fasa S-T. Respon relai adalah memerintahkan PMT untuk trip tiga fasa dan reclose kembali setelah deadtime 30 detik terlewati dan tidak ada lockout yang bekerja. Dengan pengujian ini, fungsi *autoreclose doubleshot* dinyatakan berfungsi dengan baik pada kondisi dua gangguan fasa-fasa (*phase to phase*)

3. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis yang telah dilakukan berdasarkan perhitungan, pengujian karakteristik dan pengujian fungsi didapatkan beberapa kesimpulan mengenai unjuk kerja fungsi *autoreclose doubleshot* pada relai jarak *line 2* Sangatta-Maloy sebagaimana berikut:

1. Bay penghantar mengalami *final trip* dapat disebabkan oleh relai yang gagal melakukan percobaan *autoreclose* ketika mengalami gangguan permanen.
2. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan *setting* untuk relai jarak *line 2* Sangatta-Maloy adalah sebagai berikut zone 1 memiliki impedansi sebesar 13,49 Ohm dengan waktu *tripping* 0,04s; zone 2 memiliki impedansi sebesar 20,24 Ohm dengan waktu *tripping* 0,6s; dan zone 3 memiliki impedansi sebesar 26,99 Ohm. Untuk mengakomodir gangguan permanen, fungsi *autoreclose doubleshot* di-set *Enable* dan *setting Number of Shot* di-set "2".
3. Setelah diuji menggunakan simulasi gangguan permanen yang meliputi gangguan fasa-ground, fasa-ground pada fasa yang berbeda, gangguan fasa-ground diikuti fasa-fasa dan dua gangguan fasa-fasa, didapatkan hasil bahwa fungsi *autoreclose doubleshot* berfungsi dengan baik dengan memerintahkan PMT untuk trip dan reclose tanpa menyebabkan *lockout* bekerja sehingga dapat diaktifkan pada relai jarak transmisi *line 2* Sangatta-Maloy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan jurnal "Analisis Unjuk Kerja Autoreclose Doubleshot pada Relai Jarak Saluran Udara Tegangan Tinggi". Kami juga berterima kasih kepada institusi dan pihak terkait yang telah memfasilitasi penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan sistem transmisi listrik yang lebih andal dan efisien.

DAFTAR REFERENSI

- Adi Nugroho, B. S., Karnoto, & Facta, M. (2017). Analisis Setting Dan Koordinasi Rele Jarak Pada Gi 150 Kv Pandean Lamper Arah Sronol. *Transient*, 6(1), 2–7.
- Adrianti, A., Nasir, M., & Rivaldi, M. (2020). Studi Pemanfaatan Relai Jarak Quadrilateral untuk Proteksi Saluran Distribusi dengan Pembangkit Tersebar. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(2). <https://doi.org/10.17529/jre.v16i2.15734>
- Ahmad, A., & Marwanto, A. (2024). ANALISIS RESETTING RELAI JARAK SALURAN KABEL TEGANGAN TINGGI (SKTT) 150 KV PLUMPANG - KANDANG SAPI # 2 PADA GARDU INDUK 150 KV. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Alam, M. D. S., Martasia, S., & Afendi, R. S. (2022). *Design of Real-Time Power Transmission System Disturbance Reporting from Protective Relay using*

Whatsapp.

- Andreansyah, L., Gunawan, & Sukoco, B. (2019). Analisis Relai Jarak Sebagai Proteksi Pada Jaringan Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv Gardu Induk Randu Garut-Weleri. *Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (Kimu) 2*, 133–140.
- Blumschein, J., Yelgin, Y., & Ludwig, A. (2017). Adaptive Autoreclosure to Increase System Stability and Reduce Stress to Circuit Breakers. *2017 70th Annual Conference for Protective Relay Engineers (CPRE)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/CPRE.2017.8090004>
- Co, N. N. E. (n.d.). *RCS-931 Line Differential Relay Instruction Manual*.
- Fauzi, I. A., & Dini, H. S. (2022). Koordinasi Rele Jarak Sebagai Pengaman Utama Dengan Rele Arus Lebih Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Balongbendo - 150 KV Sekarputih. *Kilat*, 11(1), 40–52. <https://doi.org/10.33322/kilat.v11i1.1480>
- Idris, M. H., Adzman, M. R., Tajuddin, M. F. N., Amirruddin, M., & Ismail, M. A. (2018). Auto-reclose Relay Simulation for Research and Education. *2018 4th International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering, ICEESE 2018*, 29–33. <https://doi.org/10.1109/ICEESE.2018.8703542>
- Imanda, V. P. (2022). *Analisa Koordinasi Sistem Proteksi Penyulang 20 kV TLP.1 GI Teluk Pandan menggunakan Software ETAP 16.00*. STITEK Bontang.
- Jamaah, A. (2014). EVALUASI SETTING RELE JARAK GARDU INDUK UNGARAN JARINGAN 150kV ARAH KRAPYAK-2. *Orbith*, 10(1), 82–89.
- Ji, L., Booth, C., Dysko, A., Kawano, F., & Beaumont, P. (2014). Improved fault location through analysis of system parameters during autoreclose operations on transmission lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 29(6), 2430–2438. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2014.2307051>
- Omicron Electronics. (2003). *CMC 356 Reference Manual*.
- Prasetyo, A., & Zuliari, E. A. (2019). Analisa Perubahan Setting Rele Jarak Pada Saluran Transmisi Gardu Induk 150kV Ponorogo Ke Blitar. *SinarFe7*, 6–10. <http://ejournal.fortei7.org/index.php/SinarFe7/article/view/3>
- PT PLN (Persero), P. J. B. (2013). *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali Edisi Pertama*. September, 513.
- Semuel, N., Tumaliang, H., Patras, L. S., & Pakiding, M. (2013). Koordinasi Setting Relai Jarak Pada Transmisi 150 kV PLTU 2 SULUT 2 x 25 MW. *Jurusan Teknik Elektro-FT*, 1–7. repo.unsrat.ac.id
- Sepannur Bandri. (2016). Studi Settingan Distance Relay Pada Saluran Transmisi 150 kV Di GI Payakumbuh Menggunakan Software Matlab. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, Vol : 5(2252), 108–112.

-
- Shodik, M. J., & Hajar, I. (2024). *Evaluasi Nilai Setting Rele Jarak Sebagai Proteksi Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Menggunakan DigSilent Power Factory*. 14(1), 1–13. <https://doi.org/10.33322/sutet.v14i1.2291>
- Sumaryadi, Ahmad Azhari Kemma, Buyung S. Munir, & Eko Aptono Tri Yuwono. (2021). *SPLN T5.002:2021 POLA PROTEKSI SALURAN TRANSMISI PT PLN (Persero)* (PT PLN (Persero) (ed.)). PT PLN (Persero).
- Syamsudin, Z., Pujotomo, I., & Ramadhan, F. (2015). KAJIAN RELE JARAK DAN ARUS LEBIH PADA SADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI GARDU INDUK 150kV SRONDOL. *Jurnal Sutet*, 5(1), 1–7. <https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/603>