

Sistem Koordinasi Rele Jarak Untuk Pengaman Utama Dengan Rele Arus Lebih Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi Di Wilayah Buduran

Titiek Suheta, Andy Suryowinoto*, Wahyu Setyo Pambudi, Najib Syiddiq Taroma

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Jurusan Teknik Elektro, ITATS, Surabaya, Indonesia

Email: ¹hita@itats.ac.id, ^{2,*}andysuryo@itats.ac.id, ³wahyusp@itats.ac.id, ⁴najibsyiddiq@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Histori Artikel:

Submitted : Jul 14, 2023

Accepted : Jul 28, 2023

Published : Jul 31, 2023

KORESPONDENSI

Email: andysuryo@itats.ac.id

A B S T R A K

Sistem transmisi berperan penting dalam menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik dari suatu wilayah ke wilayah yang lain. Gangguan pada saluran transmisi disebabkan hubung singkat, beban lebih, surja petir, gangguan alam dan lain-lain. Untuk itu diperlukan sistem proteksi yang handal dan dapat mengidentifikasi gangguan dengan cepat sekaligus mengamankan bagian sistem yang terganggu dari bagian lain yang masih dapat beroperasi normal. Namun sistem proteksi dapat mengalami kegagalan operasi karena berbagai faktor, oleh sebab itu selain proteksi utama diperlukan proteksi cadangan yang dapat bekerja ketika proteksi utama gagal bekerja. Rele jarak dapat digunakan sebagai proteksi utama sekaligus sebagai proteksi cadangan jauh pada saluran udara tegangan tinggi. Sedangkan rele arus lebih digunakan sebagai proteksi cadangan lokal jika rele jarak gagal bekerja. Dalam paper ini, dilakukan perancangan sistem proteksi pada saluran Gardu Induk Buduran menggunakan kombinasi rele jarak sebagai proteksi utama dan rele arus lebih sebagai proteksi cadangan dengan metode simulasi menggunakan DigSilent Power Factory. Rele arus lebih akan trip pada detik ke 0,5 dan 0,15. Dari hasil Load Flow didapatkan nilai $I_{sc_{min}} = 3,615 \text{ kA}$, $I_{sc_{max}} = 4,67 \text{ kA}$ dan impedansi jangkauan sesuai data kabel penghantar pada transmisi Gardu Induk wilayah Buduran Z_{line} sebesar 0,9676, Zona₁ 1 0,79 Ω ; 80%, Zona₂ 1,19 Ω ; 120% dan Zona₃ 1,48 Ω : 150%. dengan demikian penelitian dapat dinyatakan berhasil dalam melakukan pengamanan arus lebih.

Kata Kunci: SUTT; Proteksi; Rele; Koordinasi

A B S T R A C T

The transmission system plays an important role in maintaining the continuity of the distribution of electrical energy from one region to another. Disturbances in transmission lines are caused by short circuits, overloads, lightning surges, natural disturbances and others. For this reason, a protection system is needed that is reliable and can identify disturbances quickly while protecting the disturbed part of the system from other parts that can still operate normally. However, the protection system can experience operational failure due to various factors, therefore, apart from the main protection, backup protection is needed which can work when the main protection fails to work. Distance relays can be used as primary protection as well as remote backup protection on high voltage overhead lines. Meanwhile, the overcurrent relay is used as local backup protection if the distance relay fails to work. In this paper, a protection system is designed for the Buduran Main Substation channel using a combination of distance relays as main protection and overcurrent relays as backup protection using simulation method the Digsilent Power Factory. The overcurrent relay will trip at 0.5 and 0.15 seconds. From the Load Flow results, the value is obtained $I_{sc_{min}} = 3,615 \text{ kA}$, $I_{sc_{max}} = 4,67 \text{ kA}$ and The range impedance according to the conductor cable data at the Buduran region Z_{line} as 0,9676, Zone₁ 1 0,79 Ω ; 80%, Zone₂ 1,19 Ω ; 120% dan Zone₃ as 1,48 Ω is 150%. Thus the research can be declared successful in carrying out overcurrent protection

Keywords: SUTT; Protection; Relay; Coordination

1. PENDAHULUAN

Sistem transmisi tenaga listrik di Gardu Induk Buduran ke arah konsumen tegangan tinggi (KTT), dimana gangguan yang sering terjadi pada saluran Gardu Induk [1] Buduran ke Maspion adalah gangguan tripnya rele. Penelitian sebelumnya, meneliti hubung singkat adalah suatu kondisi yang terjadi karena terdapat gangguan impedansi dengan nilai mendekati nol atau relatif kecil, baik disengaja atau tidak disengaja, menyebabkan arus listrik yang besar antara dua konduktor aktif pada potensial yang berbeda [2]. Gangguan yang diakibatkan panjang saluran transmisi adalah

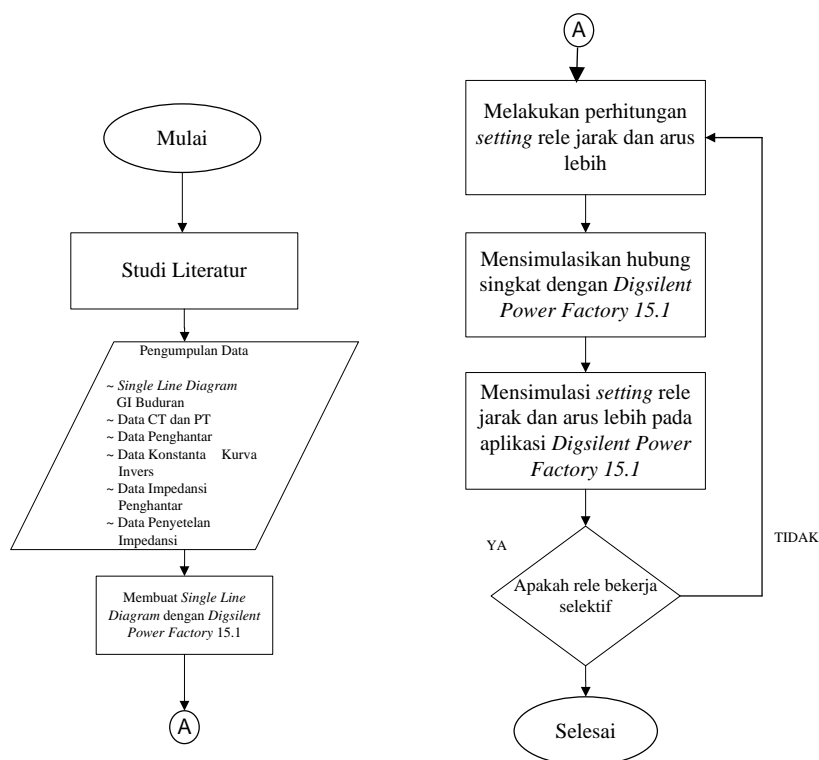
salah satu kejadian yang menyebabkan kondisi tidak normalnya pada sistem tenaga listrik, penelitian berikutnya meneliti gangguan yang sering terjadi pada penyaluran tenaga listrik, rele, seperti sambaran petir, pohon tumbang dan badai, penentuan lokasi gangguan pada saluran transmisi [3] listrik biasanya didasarkan pada metode menggunakan hasil pengukuran frekuensi arus dan tegangan sistem transmisi listrik [4]

Pada penelitian ini pada tanggal 30 Agustus 2020 membahas pengembangan dari sistem rele yang diterapkan di Gardu Induk Buduran – Maspion mengalami short circuit sehingga rele pengaman di penyulang tersebut bekerja untuk memutuskan suplay daya ke maspion, akan tetapi terdapat masalah pada recloser [5] yang menyebabkan sistem gagal, kegagalan recloser disebabkan karena gangguan eksternal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metodologi

Tahapan metodologi dalam penelitian sebagai diagram alir berikut, dimana menggunakan simulasi aplikasi DigSilent Power Factory.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 2. Tersebut menjelaskan tentang tahapan penelitian mulai pengumpulan data Analisa [6] lapangan, seting DigSilent, dan penjian serta analisa, hingga simpulan. Saat menghitung pengaturan rele jarak, menghitung impedansi merupakan parameter penting yang digunakan. Untuk menghitung impedansi saluran transmisi (Z) [8], terlebih dahulu menghitung resistansi saluran (R) dan reaktansi saluran (X) [9][10], dimana nilai reaktansi diperoleh dari dua parameter yaitu nilai kapasitansi dan induktansi. Impedansi dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Z = R + jX \quad (1)$$

$$Z = R + jX_L + jX_C \quad (2)$$

$$Z = R + j(X_L + X_C) \quad (3)$$

Dimana :

Z = Impedansi (Ohm)

R = Resistansi (Ohm)

X_L = Reaktansi Induktif (Ohm)

X_C = Reaktansi Kapasitif (Ohm)

2.2 Prinsi Kerja Rele

Prinsip Kerja rele jarak pada jaringan [11] yaitu dengan mengukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan yang dideteksi oleh rele dengan membagi besaran tegangan dan arus. Kemudian impedansi ke titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Rele jarak akan bekerja ketika mengukur tegangan dan arus gangguan yang dilihat oleh rele jarak, dengan membagi besaran tegangan dan arus pada jaringan atau system distribusi [12] saluran udara tegangan

tinggi[13]. Kemudian dengan nilai impedansi sampai pada titik terjadinya gangguan dan dapat ditentukan. Pada rele jarak akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi seting dengan ketentuan. Nilai impedansi gangguan, dapat dihitung menggunakan rumus [14].

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \quad (4)$$

Dimana :

Z_f = Impedansi gangguan (Ohm)

I_f = Arus gangguan (A)

V_f = Tegangan (V)

Menentukan nilai impedansi di sistem tenaga (primer). Impedansi sekunder dihitung menggunakan rumus berikut[15]:

Pada impedansi primer :

$$Z_s = \frac{CT_{ratio}}{PT_{ratio}} \quad (5)$$

Pada impedansi sekunder:

$$Z_p = Z_s \times \text{Impedansi sumber zone} \quad (6)$$

Dimana :

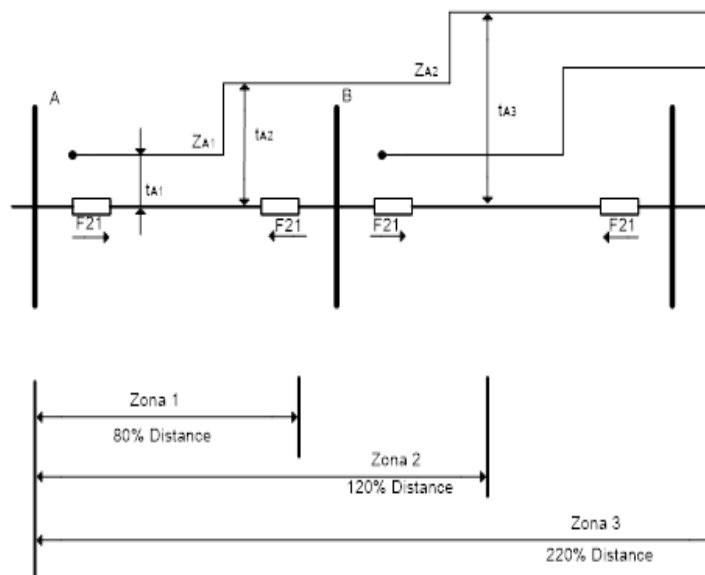
Z_s = Impedansi Sekunder

Z_p = Impedansi Primer

CT = Rasio Transformator arus

PT = Rasio Transformator tegangan

Rele jarak bekerja dengan mengukur besaran impedansi (Z) transmisi line [16]dibagi menjadi tiga zona yang dikoordinasikan dengan seksi berikut agar tidak terjadi overlapping. Beberapa daerah cakupan yaitu Zone₁, Zone₂, Zone₃, dan juga dilengkapi dengan teleproteksi (TP)[17]



Gambar 1. Daerah Zona Pengamanan Rele Jarak

Dari gambar 1, tersebut menggambarkan daerah zona pengaman pada rele jarak (distance) Zona pengaman pada rele jarak adalah wilayah atau daerah di sepanjang saluran listrik yang dilindungi oleh satu atau lebih rele jarak.

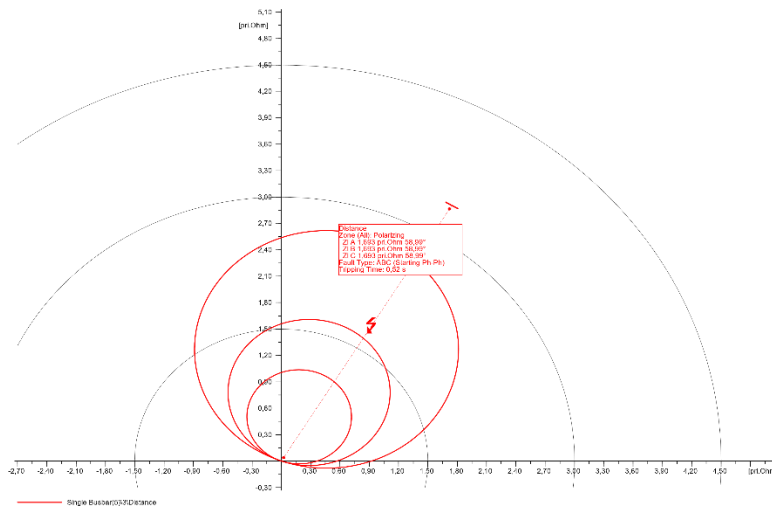
2.3 Rele dan Current Transformer

Rele arus lebih memantau arus yang mengalir melalui saluran atau peralatan listrik. Rele ini biasanya dilengkapi dengan transformator arus (CT - Current Transformer) [18]yang mengubah arus yang melewati saluran menjadi arus yang lebih kecil yang sesuai dengan kapabilitas rele. Ketika aliran arus melebihi ambang batas yang ditetapkan, rele arus lebih akan merespons dengan cepat. Respons ini dapat berupa memberikan sinyal untuk memicu pemutusan aliran daya atau tindakan protektif lainnya, seperti mengaktifkan pengatur tegangan [19]atau menghubungkan sistem ke alat bantu pemulihan (backup) lainnya[20]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

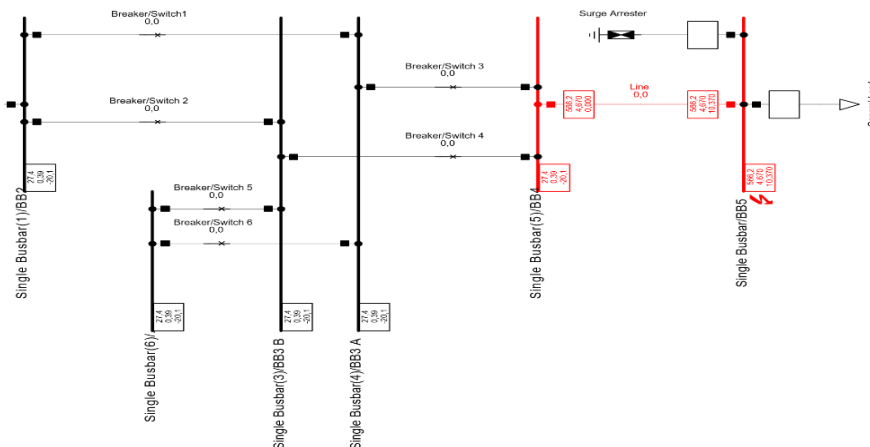
Pada bagian ini dilakukan hasil dan pembahasan tahapan penelitian, dimana data tersebut adalah sebagai berikut.

3.1 Pengujian Rele Jarak dan simulasi gangguan

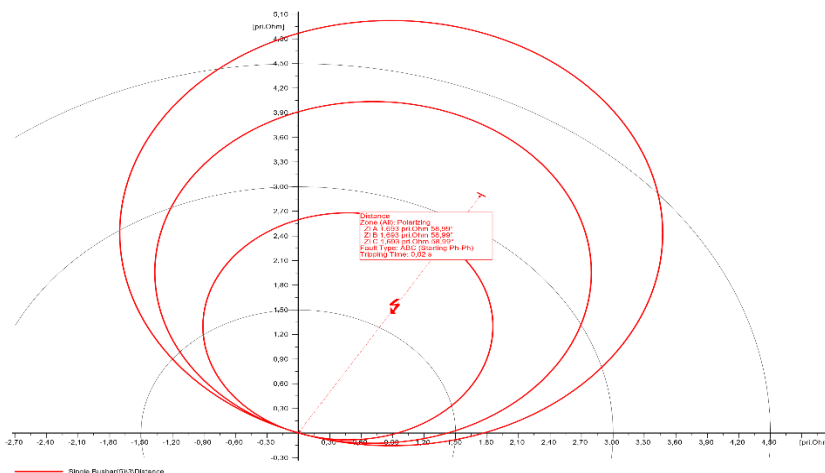


Gambar 3. R-X Plot pada Line

Pada gambar 3, tersebut hasil existing yang di lakukan dengan memberikan gangguan pada saluran line. menunjukkan gangguannya pada Zona₃. Dengan menggunakan simulasi Digsilent terlihat bahwa ketika short circuit pada saluran line menggunakan nilai setting existing Zona₁, maka pada simulasi Digsilent malah terbaca pada Zona₃. Maka dari itu yang seharusnya gangguannya terbaca pada Zona₁ malah terbaca di Zona₃. Hasil perhitungan existing Zona 1 0,306 Ω, Zona 2 0,474 Ω, Zona 3 0,772 Ω.



(a)

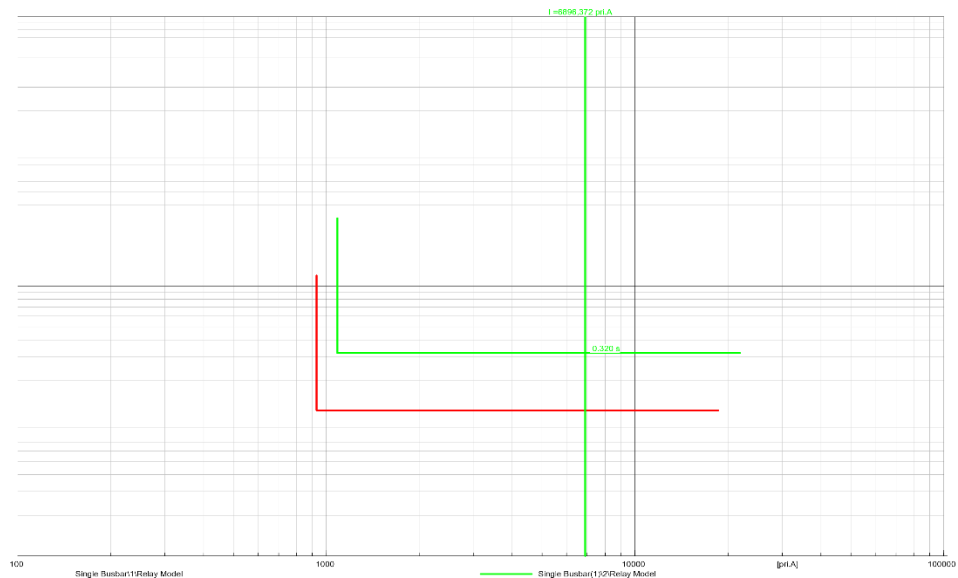


(b)

Gambar 4. (a) Simulasi gangguan pada busbar 5; (b) R-X Plot pada busbar terganggu

Pada gambar 4, merupakan hasil existing yang di lakukan, dengan memberikan gangguan pada saluran busbar yaitu pada Busbar 5. Pada gambar tersebut menunjukkan gangguannya tidak terbaca. Dengan menggunakan simulasi Digsilent terlihat bahwa ketika short circuit pada saluran busbar 5 menggunakan nilai setting existing Zona₁, maka pada simulasi Digsilent gangguannya yang terjadi tidak terbaca.

3.2 Pemahaman arus listrik dengan adanya gangguan



Gambar 5. Analisa arus pada saat terjadi gangguan

Pada Gambar 5 diatas, menunjukkan bahwa Time Overcurrent relay Plot Case 1 bahwa menunjukkan arus gangguannya berada di dekat line, dan relay pada line terlebih dahulu yang pertama kali trip untuk mengamankan line. Dengan nilai short circuit sebesar $I_{sc_{min}} = 5,369$ kA pada gangguan hubung singkat 2 fasa atau antar fasa di dapatkan sebesar $I_{sc_{max}} = 19,270$ kA, langkah selanjutnya adalah dengan menghitung nilai lowset dengan current setting sebesar 4,65 secA dan Time Dial 0,5s serta highset dengan pickup current sebesar 4,65 secA dan Time Setting 0,15s. Rele Jarak dan rele arus lebih bisa saling dikombinasikan, karena apabila rele jarak saja yang digunakan bekerja, maka tidak bisa mengamankan peralatan, maka dari itu apabila rele jarak dan rele arus lebih saling mengkombinasikan, maka peralatan tersebut aman. Hasil dari analisa ini menunjukkan bahwa lebih baik rele jarak dikarenakan rele jarak membaca arus gangguan dari pada rele arus lebih.

4. KESIMPULAN

Pada pengujian dan Analisa hasil uji simulasi koordinasi dari setiap rele jarak dan rele arus lebih pada Gardu Induk Buduran ke Maspion menggunakan aplikasi DigSilent Power Factory, dapat diambil kesimpulan. Dapat disimpulkan bahwa rele arus lebih akan trip pada detik ke 0,5 dan 0,15. Dengan hasil Load Flow didapatkan nilai $I_{sc_{min}}$ sebesar 3,615 kA, $I_{sc_{max}}$ sebesar 4,67 kA dan impedansi jangkauan sesuai data kabel penghantar pada transmisi Gardu Induk Buduran Z_{line} sebesar 0,9676, Z_{ona1} 0,79 Ω pada 80%, dan Z_{ona2} sebesar 1,19 Ω pada 120% dan Z_{ona3} sebesar 1,48 Ω pada 150%.

REFERENCES

- [1] "Studi Overload Shedding Pada Transformator Daya Gardu Induk Garuda Sakti | SainETIn : Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri." Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <http://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/article/view/3976>
- [2] I. A. Fauzi, ; Hasna, and S. Dini, "Koordinasi Rele Jarak Sebagai Pengaman Utama Dengan Rele Arus Lebih Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Balongbendo - 150 KV Sekarputih," KILAT, vol. 11, no. 1, pp. 40–52, Apr. 2022, doi: 10.33322/KILAT.V11I1.1480.
- [3] A. N. Saputra, "Analisa Gangguan Pada Jaringan Transmisi 150kv Kaliwungu-Weleri Metode Impedansi Menggunakan Alat Fault Locator."
- [4] F. Wandana, "Analisa Penentuan Titik Gangguan Pada Jaringan 150 Kv Glugur - Paya Geli Menggunakan Fault Locator," May 2021, Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/15114>
- [5] Z. Liu et al., "Recloser system technology on middle voltage transmission of electric energy," J Phys Conf Ser, vol. 1444, no. 1, p. 012015, Jan. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1444/1/012015.
- [6] J. B. Sepang, L. S. Patras, and F. Lisi, "Analisa Koordinasi Setting Relai Jarak Sistem Transmisi 150 KV Area Gardu Induk Otam â€“ Gardu Induk Isimu," Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol. 6, no. 3, pp. 148–158, Dec. 2017, doi: 10.35793/JTEK.V6I3.18824.
- [7] S. Sugianto and E. M. Yusuf, "ANALISIS PROTEKSI RELE JARAK PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 KV," SINUSOIDA, vol. 22, no. 4, pp. 1–12, Oct. 2020, doi: 10.37277/S.V22I4.864.
- [8] R. Pranata, R. Nasution, and D. Prodi Teknik Elektro, "Perbandingan Efisiensi Saluran Transmisi Jarak Pendek Dan Menengah Untuk Sirkuit Ganda," Online.
- [9] A. Trisna Adrian, "Simposium Nasional RAPI XX-2021 FT UMS".
- [10] P. Prasetyo, D. Despa, H. Gusmedi, and L. Hakim, "Analisis Perubahan Reaktansi Saluran Terhadap Transient Stability Of Multimachine Dengan Metode Runge-Kutta Fehlberg."

- [11] A. Srinaldi, Muliadi, Syukri, M. R. Azmi, and Husaini, "Proteksi Jaringan Transmisi Saluran Udara dengan Menggunakan Relay Jarak," *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 6–11, Dec. 2021, doi: 10.55616/AJEETECH.V1I1.157.
- [12] R. Berlianti, R. Fauzi, and M. Monice, "Analisis Penerapan Tindakan Pemeliharaan Sistem Distribusi 20 kV Dalam Pengoptimalan ENS dan FGTM," *SainETIn : Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 44–50, Jun. 2021, doi: 10.31849/SAINETIN.V5I2.6411.
- [13] M. Munir, N. Patria, U. Putra, W. S. Pambudi, N. H. Rohiem, and I. N. Ifan, "Analisa Koordinasi Proteksi Relay Jarak Dengan Software Digsilent Pada Gi Sukolilo Ke Gi Kenjeran Menggunakan Metode Fuzzy," *BEES: Bulletin of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 14–22, 2022, doi: 10.47065/BEES.V3I1.3150.
- [14] R. A. Wahyuningsih, A. B. Muljono, and S. Supriyatna, "Proteksi Rele Jarak (Distance Relay) Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (Sutt) 150 Kv Sistem Kelistrikan Lombok," *DIELEKTRIKA*, vol. 7, no. 1, pp. 15–24, Feb. 2020, Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <http://dielektrika.unram.ac.id/index.php/dielektrika/article/view/230>
- [15] J. B. Sepang, L. S. Patras, F. Lisi, and J. T. Elektro-ft, "Analisa Koordinasi Setting Relai Jarak Sistem Transmisi 150 KV Area Gardu Induk Otam – Gardu Induk Isimu," *Analisa Koordinasi Setting Relai Jarak Sistem Transmisi 150 KV Area Gardu Induk Otam ?? Gardu Induk Isimu*, vol. 6, no. 3, pp. 148–158, 2017.
- [16] N. B. Dharmawan, W. G. Ariastina, and A. A. N Amrita, "Studi Sistem Proteksi Line Current Differential Relay Pada Saluran Transmisi 150 Kv," 2020.
- [17] L. Andreansyah, B. Sukoco, U. Islam Sultan Agung Semarang, and J. Raya Kaligawe, "Analisis Relai Jarak Sebagai Proteksi Pada Jaringan Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv Gardu Induk Randu Garut – Weleri," *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*, vol. 0, no. 0, Apr. 2020, Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimueng/article/view/8581>
- [18] H. H. Surya and B. Sudiarto, "Frequency changing effect on current transformer class 0.5s," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1098, no. 4, p. 042029, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1098/4/042029.
- [19] J. P. Nuklir et al., "Pengatur Catu Daya Tegangan Tinggi Perangkat Mammografi Mx-13 Berbasis Pulse Width Modulation," *Jurnal Perangkat Nuklir*, vol. 9, no. 2, 2015, Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.batan.go.id/index.php/jpn/article/view/3361>
- [20] K. Hidayatullah, R. S. Hartati, and I. W. Sukerayasa, "Analisis Penentuan Setting Distance Relay Penghantar Sutt 150 Kv Gis Pesangaran – Gi Pemecutan Kelod," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 1, pp. 134–139, May 2019, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2019.V06.I01.P19.