

Analisis Jarak dan Tegangan Kritis Penyulang CLDG: Studi Kasus dan Validasi ETAP-MATLAB

Ivan Guntara¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Jl. Siliwangi No. 24, Kahuripan, Kec. Tawang, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat, 46115, Indonesia

Korespondensi: 217002041@student.unsil.ac.id

ARTICLE HISTORY

Received: 24-12-2024

Revised: 25-06-2025

Accepointed: 25-06-2025

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jarak terjauh dan tegangan terendah pada sistem distribusi penyulang Ciledug (CLDG) di Kota Tasikmalaya. Latar belakang penelitian ini adalah ketidakstabilan tegangan, khususnya tegangan rendah pada titik-titik tertentu, yang berpotensi merusak peralatan listrik, menurunkan efisiensi operasional, dan meningkatkan rugi daya. Metode yang digunakan adalah simulasi aliran daya dengan bantuan perangkat lunak ETAP 19.0.1 dan MATLAB R2023a, menggunakan data sekunder dari PLN. Hasil simulasi menunjukkan jarak terjauh pada penyulang CLDG mencapai 23,51 km, berada di Bus C068 dengan trafo CDAS 250 kVA. Tegangan terendah tercatat pada Bus C045 dengan trafo GUTI, yaitu 18,063 kV pada beban 80% dan 17,461 kV pada beban 100%, yang tidak memenuhi standar SPLN 72:1987. Standar ini menetapkan batas toleransi dengan maksimum 21 kV dan minimum 18 kV, tegangan pada beban 100% dinyatakan tidak memenuhi kriteria.

Kata kunci: Jarak Terjauh; Kestabilan Tegangan; Penyulang CLDG; Tegangan Terendah

Critical Distance and Voltage Analysis of CLDG Feeder: Case Study and ETAP-MATLAB Validation

Abstract

This research aims to analyze the furthest distance and lowest voltage in the Ciledug feeder distribution system (CLDG) in Tasikmalaya City. The background of this study is voltage instability, especially low voltage at certain points, which has the potential to damage electrical equipment, reduce operational efficiency, and increase power losses. The method used is power flow simulation with the help of ETAP 19.0.1 and MATLAB R2023a software, using secondary data from PLN. The simulation results show that the furthest distance in the CLDG feeder reaches 23.51 km, located at Bus C068 with a 250 kVA CDAS transformer. The lowest voltage was recorded at Bus C045 with a GUTI transformer, which is 18.063 kV at 80% load and 17.461 kV at 100% load, which does not meet the SPLN 72:1987 standard. This standard sets a tolerance limit with a maximum of 21 kV and a minimum of 18 kV, so that the voltage at 100% load is declared not to meet the criteria.

Key words: Longest Distance; Voltage Stability; CLDG Feeder; Lowest Voltage

1. Pendahuluan

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, kestabilan tegangan adalah faktor krusial yang harus dijaga untuk memastikan keandalan dan efisiensi penyaluran energi listrik kepada konsumen [1-3]. Tegangan yang tidak stabil, terutama tegangan yang terlalu rendah pada titik-titik tertentu di jaringan distribusi, dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik, menurunkan efisiensi operasional, dan meningkatkan kerugian daya [4-5]. Berbagai studi sebelumnya telah menyoroti pentingnya pengendalian tegangan dan pengaruh panjang saluran distribusi terhadap kestabilan tegangan, seperti penelitian oleh Ilyas dan Yulianto [6] yang menganalisis *drop* tegangan pada jaringan tegangan rendah, serta oleh Janis,dkk [7] yang menyoroti perencanaan sistem distribusi pada daerah terpencil. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus meninjau sistem distribusi di kawasan urban, seperti Kota Tasikmalaya yang memiliki karakteristik beban dan jarak penyulang berbeda.

Penyulang Ciledug (CLDG) merupakan salah satu jaringan distribusi di Kota Tasikmalaya yang mendapat suplai langsung dari Gardu Induk (GI) Tasikmalaya. Penyulang ini melayani sekitar 14.440 pelanggan di wilayah Tamansari, Kota Baru, dan sekitarnya, yang menggunakan konduktor jenis AAAC 3x150 mm² serta dilengkapi dengan 65 trafo distribusi. Penelitian terdahulu seperti yang dilakukan oleh Hakim, et.al. [10] dan Setiawan, et.al. [11] lebih berfokus pada perencanaan penyulang dan keandalan umum sistem distribusi, namun belum menyoroti spesifik karakteristik lokal, seperti CLDG. Dengan demikian, analisis kestabilan tegangan dan penentuan titik terjauh pada penyulang CLDG menjadi relevan untuk mengisi kekosongan studi teknis pada area ini.

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP dan MATLAB, diketahui bahwa jarak bus terpanjang dari GI Tasikmalaya adalah 23,51 km, yaitu pada penyulang CDAS yang terhubung ke Bus C068 dengan kapasitas trafo sebesar 250 kVA. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis titik-titik terjauh serta tegangan terendah pada penyulang CLDG. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada interaksi dua perangkat lunak teknik, ETAP dan MATLAB, dalam menilai performa distribusi listrik berdasarkan variasi beban *real*. Hal ini memberikan pendekatan baru dalam pengukuran performa jaringan distribusi pada level penyulang dengan karakteristik lokal.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT PLN (Persero) Tasikmalaya Kota dan selanjutnya diolah menjadi diagram satu garis (*Single Line Diagram/SLD*) menggunakan ETAP. Simulasi dilakukan pada tiga kondisi beban (20%, 80%, dan 100%) untuk mengevaluasi dampak variasi beban terhadap kestabilan tegangan dan jarak terjauh penyulang CLDG. Penggunaan ETAP didasarkan pada kemampuannya dalam menyajikan simulasi teknis sistem distribusi secara rinci dan akurat [4,12], sedangkan MATLAB memberikan fleksibilitas untuk perhitungan numerik dan validasi hasil simulasi melalui pendekatan analitis [13]. Justifikasi metodologi ini bertujuan untuk meningkatkan keakuratan analisis dan memperkuat keandalan hasil yang diperoleh.

Pemanfaatan ETAP dan MATLAB memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan akurat [8-10]. ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) adalah perangkat lunak analisis komprehensif yang digunakan untuk merancang dan menguji sistem tenaga listrik [11-12]. Sedangkan MATLAB digunakan untuk menghitung parameter kritis seperti

tegangan terendah dan jarak terjauh secara numerik [13]. Kombinasi kedua perangkat lunak ini memberikan validasi silang terhadap hasil analisis, sehingga memastikan keandalan data dan kesimpulan yang dihasilkan. Berdasarkan latar belakang dan pendekatan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis jarak terjauh dan tegangan terendah pada penyulang CLDG. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi teknis dalam perencanaan dan pengelolaan sistem distribusi listrik di Tasikmalaya, serta memberikan kontribusi praktis bagi PLN dalam meningkatkan kualitas tegangan dan efisiensi jaringan distribusi.

2. Metode

2.1 Alat

Alat yang digunakan :

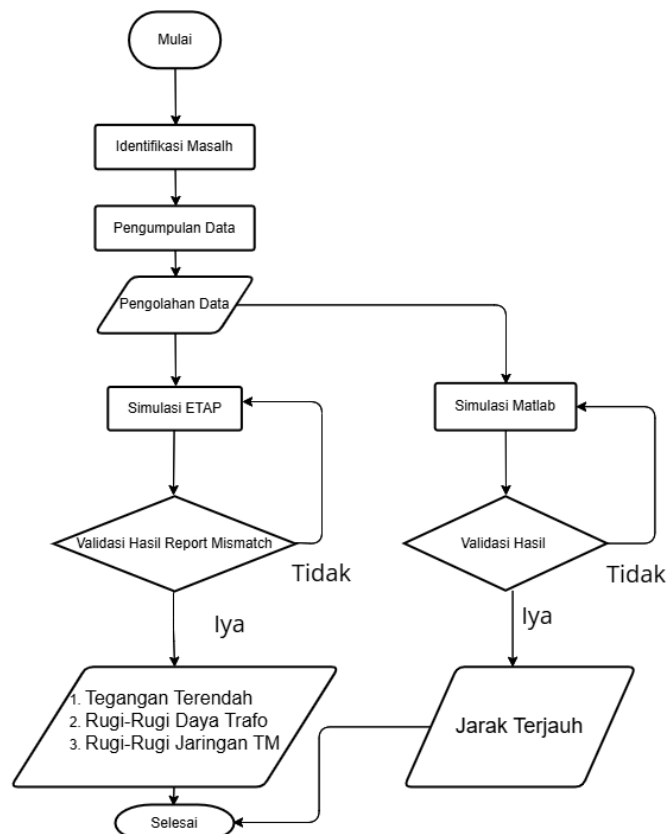
- Perangkat lunak MATLAB R2023a untuk pemodelan sistem dan simulasi aliran daya.
- Perangkat lunak ETAP 19.0.1 untuk validasi perhitungan numerik hasil simulasi.

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan : data sekunder dari PLN berupa :

- Data spesifikasi transformator distribusi
- Jenis dan ukuran konduktor
- Informasi beban distribusi pelanggan
- Struktur jaringan distribusi dalam bentuk SLD (*Single Line Diagram*)

2.3 Prosedur Penelitian



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah sistematis dalam pelaksanaan penelitian yang juga tercermin dalam Gambar 1 (*Flowchart* Alur Penelitian) :

1. Identifikasi Masalah
Menentukan fokus utama penelitian, yaitu menganalisis tegangan terendah dan jarak terjauh pada penyulang CLDG.
2. Pengumpulan Data
Mengumpulkan data teknis jaringan distribusi dari PLN sebagai dasar pemodelan dan simulasi.
3. Pengolahan Data
Mengkonversi data menjadi model jaringan distribusi satu garis (SLD) untuk simulasi pada perangkat lunak ETAP.
4. Simulasi ETAP
Melakukan simulasi aliran daya untuk memperoleh profil tegangan pada seluruh titik bus dan menghitung rugi-rugi daya.
5. Simulasi MATLAB
Melakukan validasi terhadap hasil simulasi ETAP dengan perhitungan numerik menggunakan MATLAB untuk memastikan keakuratan.
6. Validasi Hasil
Membandingkan hasil dari ETAP dan MATLAB. Jika ditemukan ketidaksesuaian (*report mismatch*), dilakukan koreksi input data dan simulasi diulang hingga hasil selaras.
7. Analisis Akhir
Setelah validasi berhasil, dilakukan analisis terhadap :
 - Tegangan terendah pada beban 20%, 80%, dan 100%
 - Jarak terjauh dari GI Tasikmalaya
 - Rugi-rugi daya pada transformator dan jaringan Tegangan Menengah (TM)

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini memaparkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan dalam bab sebelumnya. Untuk mengetahui jarak bus terpanjang dari GI Tasikmalaya, tegangan terendah, serta besarnya rugi-rugi daya pada trafo dan saluran pada penyulang CLDG yang disimulasikan dalam aplikasi MATLAB R2023a dan ETAP 19.0.1.

Tabel 1. Data Jarak Terpanjang Bus dari GI pada Penyulang CLDG di Kota Tasikmalaya

Penyulang	Jarak Terpanjang dari Gardu Induk (km)	Nomor Bus Terpanjang dari Gardu Induk	Nama Bus Terpanjang dari Gardu Induk
CLDG	23.51	C068	CDAS

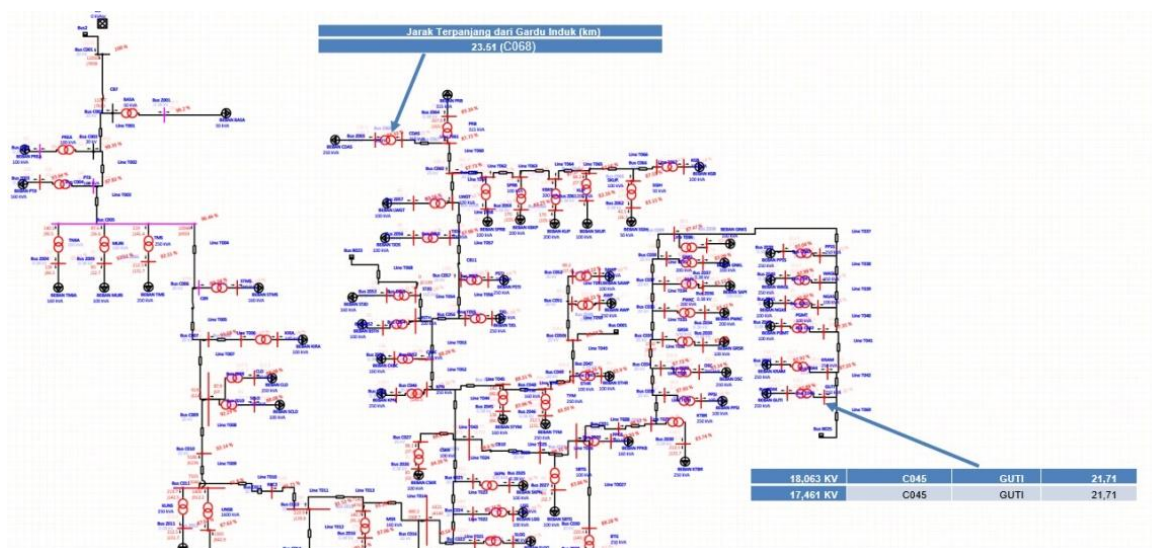
Berdasarkan hasil pengolahan data yang di input kedalam excel dan kemudian dilakukan pengolahan menggunakan bantuan software matlab didapatkan hasil seperti pada tabel 1 dimana untuk nilai jarak terpanjang dari Penyulang CLDG yaitu gardu CDAS dengan nomor Bus C068 dan panjang 23,51 km. Hasil ini menunjukkan bahwa jarak terpanjang memang terdapat pada bus akhir dalam konfigurasi jaringan tersebut. Namun demikian, hasil ini menunjukkan adanya keterkaitan antara panjang saluran distribusi dengan

potensi terjadinya *drop* tegangan, sebagaimana diulas dalam studi oleh Janis, et.al. [7] yang menyatakan bahwa saluran panjang tanpa pengaturan tegangan yang memadai cenderung mengalami penurunan performa distribusi energi listrik. Oleh karena itu, lokasi-lokasi dengan jarak terjauh perlu mendapatkan perhatian lebih dalam desain teknis sistem distribusi.

Tabel 2. Data Tegangan Terendah pada Bus Penyulang CLDG dalam Kondisi Beban 20%, 80%, dan 100%

Beban	Tegangan MV Terendah (KV)	Nomor Bus Beban Terendah	Nama Bus Beban Terendah	Jarak Dari Gardu Induk (KM)	Keterangan
20%	-	-	-	-	-
80 %	18,063	C045	GUTI	21,71	Sesuai
100%	17,461	C045	GUTI	21,71	Tidak

Berdasarkan tabel data tegangan terendah hasil simulasi pada ETAP didapatkan hasil bahwa pada skema pembebanan 20% tegangan berada dalam kondisi normal, bahkan bisa jadi sedikit di atas nominal karena efek kapasitif jaringan. Namun, masalah terjadi karena ETAP tidak menampilkan nilai tegangan untuk skenario 20% ini, yang kemungkinan besar disebabkan oleh kegagalan konvergensi algoritma perhitungan aliran daya pada kondisi beban sangat ringan. Kemudian pada pembebanan 80% tegangan mengalami penurunan namun masih dalam batas toleransi, dan ketika pembebanan 100% tegangan mengalami penurunan hingga melebihi batas minimal, dimana menurut standar SPLN 72:1987 untuk tegangan batas maksimal tegangan diatas normal adalah 5% dan untuk batas maksimal dibawah normal 10% dari tegangan kerjanya. Adanya penurunan tegangan ini disebabkan oleh adanya peningkatan pembebanan pada penyulang CLDG dan juga jauhnya jarak penghantar dari GI. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Ilyas dan Yulianto [6], yang menekankan bahwa distribusi beban yang tidak merata dan panjang penghantar merupakan penyebab utama terjadinya penurunan tegangan di jaringan distribusi. Lebih lanjut, studi Sya'roni dan Rijanto [14] menegaskan bahwa penempatan transformator yang kurang optimal dalam memperburuk ketidakseimbangan distribusi tegangan. Selain itu, menarik untuk dicatat bahwa bus dengan tegangan terendah bukanlah bus dengan jarak terjauh, melainkan BUS C045 dengan nama GUTI pada jarak 21,71 km. Hal ini menunjukkan bahwa pemetaan beban transformator dan konfigurasi jaringan lebih memengaruhi penurunan tegangan dibanding jarak itu sendiri. Untuk memperjelas posisi titik-titik kritis yang menjadi fokus analisis, berikut disajikan model jaringan distribusi (*Single Line Diagram/SLD*) hasil pemodelan pada *software* ETAP.



Gambar 2. Single Line Diagram

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa titik dengan jarak terpanjang dari GI (Bus C068) terletak di sisi kiri atas jaringan, sedangkan titik dengan tegangan terendah (Bus C045 – GUTI) terletak di sisi kanan bawah jaringan dengan jarak 21,71 km. Perbedaan posisi ini memperkuat kesimpulan bahwa tegangan terendah tidak selalu berada di titik terjauh dari sumber, tetapi lebih ditentukan oleh konfigurasi beban dan distribusi transformator yang tidak merata. Tampak pula bahwa beban di sekitar C045 cukup padat dan memiliki banyak percabangan, yang dapat menyebabkan *drop* tegangan lebih besar meskipun bukan pada titik ujung jaringan.

Tabel 3. Perbandingan Rugi Daya Trafo dan Saluran TM Penyulang CLDG pada Tiga Kondisi Pembebanan

Beban	Rugi Daya Total (KW)	Total Beban (KW)	Prosentase Rugi Daya (%)
Rugi Daya Trafo			
20%	11,0	1.971	0,56
80%	208,6	7.885	2,65
100%	352,9	9.856	3,58
Rugi Daya Saluran TM			
20%	24,9	1.971	1,26
80%	494,8	7.885	6,28
100%	841,6	9.856	8,54

Berdasarkan hasil simulasi ETAP, diketahui bahwa nilai rugi daya, baik pada trafo maupun saluran TM, meningkat seiring dengan peningkatan beban. Kenaikan ini dapat dijelaskan secara teknis melalui hukum I^2R , dimana rugi-rugi daya meningkat sebanding kuadrat arus. Hal ini tentu berdampak pada efisiensi energi dan kestabilan tegangan di seluruh jaringan. Kondisi ini sejalan dengan temuan Yunus, et.al. [16], yang mengamati peningkatan signifikan rugi-rugi daya pada penyulang dengan kabel berimpedansi tinggi, seperti AAAC. Selain itu, Sya'roni dan Rijanto [14] menyarankan penempatan trafo tambahan serta penggunaan konduktor dengan resistansi rendah untuk mengatasi hal tersebut. Langkah strategis yang dapat diambil meliputi rekonfigurasi jaringan distribusi,

penambahan titik-titik penyangga daya, serta pemeliharaan berkala pada konduktor dan trafo agar sistem bekerja dalam rentang efisiensi optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penyulang CLDG mengalami penurunan tegangan pada titik tertentu, terutama saat pembebanan tinggi. Salah satu titik terendah terjadi pada trafo yang memiliki tegangan di bawah 18 kV saat beban mencapai 100%, yang berarti tidak memenuhi batas toleransi standar SPLN 72:1987. Hal ini menunjukkan bahwa sistem distribusi perlu ditinjau ulang untuk menghindari kerugian teknis dan menjaga keandalan pasokan listrik. Selain itu, hasil simulasi menggunakan MATLAB menunjukkan bahwa jarak terpanjang dari gardu induk ke titik distribusi tidak selalu berada pada bus terakhir, melainkan tergantung pada konfigurasi saluran dan beban. Jarak terpanjang tercatat mencapai lebih dari 23,51 km dengan nomor Bus C068, yang berpotensi menyebabkan penurunan tegangan signifikan jika tidak ditangani secara teknis. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimalisasi penempatan trafo, pengaturan beban yang seimbang, serta pemeliharaan sistem distribusi secara berkala agar tegangan tetap dalam batas aman dan kualitas daya tetap terjaga di seluruh area layanan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Siliwangi yang telah mendukung penelitian ini, Ketua Jurusan Teknik Elektro yang selalu mengarahkan dan mendukung dalam setiap penelitian yang dilakukan, serta Wali Dosen yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. Muhtar, “Analisis Rugi Daya Jaringan Distribusi Primer PT. PLN ULP Sengkang Sulawesi Selatan” *Analisis Rugi Daya Jaringan Distribusi Primer PT. PLN ULP Sengkang Sulawesi Selatan*, vol. 33, no. 8.5.2017, pp. 1–85, 2022.
- [2] M. A. Auliq and I. B. Pratama “Analisa Penentuan Estimasi Jarak Gangguan pada Sistem Distribusi Menggunakan Metode ETAP 12.6.0”, *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, vol. 3, no. 1, pp. 31–42, 2021 [Online] Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/ELKOM/article/view/4353>
- [3] A. Budiawan and A. Indrawan, “Perencanaan Belitan Transformator Distribusi 20 Kv 50 Kva”, *Jurnal Teknik Elektro UNISMUH*, vol. 14, no. 2, pp. 109–119, 2022.
- [4] U. Faruq, A. Ridho, M. Vrayulis, and E. Julio, “Peran Penggunaan ETAP Untuk Mengevaluasi Kendala Listrik”, *SainETIn: Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 6, no. 1, pp. 16–22, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.31849/sainetin.v6i1.7031>
- [5] K. N. Ihsan, M. Thahir, and A. Alimin, “Analisis Keandalan Dan Susut Daya Sistem Distribusi 20 Kv Ulp Daya Akibat Pengalihan Beban Penyulang Baddoka Ke Penyulang Ujung Pandang”, *Journal of Applied Electrical and ...*, vol. 1, no. 2, pp.

- 1–20, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/jpes/article/view/4707>
- [6] I. Ilyas and H. Yulianto, “Analisis Tegangan *Drop* Jaringan Tegangan Rendah Dengan Metode Pembagian Beban”, *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, vol. 32, no. 4, pp. 9–18, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.37277/stch.v32i4.1445>
- [7] V. Janis et al., “Perencanaan Sistem Distribusi 20 KV Siau Tahun 2020”, *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [8] O. Kati, A. M. Khafabin, and S. Am, “Studi Evaluasi Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) pada Gardu JPR 047 Penyulang Merak”, *Elsains : Jurnal Elektro*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [9] I. Made Parsa and S. C. Hadi, “Evaluation of Distribution Networks Against Electricity Availability At Fkip Nusa Cendana University Kupang 1”, *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, vol. 13, no. 1, pp. 30–38, 2019.
- [10] M. F. Hakim, A. Hermawan, H. P. Budianto, and Y. Yanuarianto, “Perencanaan dan Evaluasi Sistem Penyulang Ganda Sebagai Backup Power Supply PT. X”, *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 139–144, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33795/elposys.v11i2.5155>
- [11] W. Setiawan, R. A. Murdiantoro, and Nasrulloh, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Akibat Gangguan pada Masa Pandemi COVID-19 Di PT. PLN (Persero) ULP Sidareja”, *Journal Of Electronic and Electrical Power Application*, vol. 3, no. 1, pp. 3–7, 2021.
- [12] A. M. Shodar, “Analisis Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan *Drop Voltage* Pada PT. PLN (Persero) Distribusi Lamongan Menggunakan *Software* Etap 19.0”, *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro*, vol. 2, no. 4, 2023. [Online]. Available: <https://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/jtmei/article/view/2888%0Ahttps://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/jtmei/article/download/2888/2712>
- [13] Suprianto, “Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu”, *Journal Of Electrical Technology (JET)*, vol. 3, no. 2, pp. 64–72, 2018.
- [14] Z. Sya’roni and T. Rijanto, “Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi 20 kV Dan Solusinya Pada Jaringan Tegangan Rendah”, *Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 173–180, 2019.
- [15] T. J. Tahalele and M. C. Yesaya, “Analisis Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Untuk Memperbaiki Jatuh Tegangan Gardu Distribusi Passo”, *Jurnal Fisika Papua*, vol. 3, no. 1, pp. 8–10, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.31957/jfp.v3i1.160>
- [16] M. Yunus, A. Vivin Sulastri, Suryani, and Z. B. Hasanuddin, “Analisis Trip Pada Gardu Hubung Akibat Terjadinya Gangguan Pada ULP Jeneponto”, *Jurnal Vertex Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 3–9, 2023.