

## Sistem Proteksi Saluran Distribusi Jaringan Listrik Menggunakan Etap Di Pondok Pesantren Nurul Jadid Studi Kasus Trafo DH 760/160

Moh. Hambali<sup>1</sup>, Eva Jamiyanti<sup>2</sup>, Sutra Wardatul Jannah<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Elektro, Universitas Nurul Jadid Probolinggo, Indonesia  
Email Correspondensi: [sutrawardatuljannah@unuja.ac.id](mailto:sutrawardatuljannah@unuja.ac.id)

### ABSTRACT

*This study aims to analyze the electrical power distribution system at the Nurul Jadid Islamic Boarding School, focusing on the DH 760/160 transformer using ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) software version 19.01. The protection system applied to the distribution system is the main focus, considering its important role in maintaining the reliability of electricity supply in the Islamic boarding school environment. This study includes three main analyses: power flow (load flow), short circuit disturbances, and voltage drop and power losses. The results of the power flow analysis show that the DH 760/160 transformer has an efficiency of 96.32% in reducing the voltage from 20 kV to 0.4 kV. However, there is an imbalance in the load distribution, with the junior high school branch showing a load reaching 80.93%. Analysis of short faults on the mosque bus and junior high school shows a large potential for damage, with fault currents recorded up to 4,817 kA, indicating the need for increased protection to detect and disconnect faults more quickly. Furthermore, the analysis of voltage drop and power losses showed that the largest losses occurred in the transformer, with losses reaching 2.8 kW and 4.2 kvar, and a voltage drop of 1.16%. Significant voltage drops can affect the efficiency and quality of power received by the load. Overall, although the distribution system is functioning well, this study identified several areas that need improvement, including load regulation, protection system enhancements, and power loss reduction to increase the reliability and efficiency of the electricity distribution system at the Nurul Jadid Islamic Boarding School.*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem distribusi tenaga listrik di Pondok Pesantren Nurul Jadid, dengan fokus pada transformator DH 760/160 menggunakan perangkat lunak ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) versi 19.01. Sistem proteksi yang diterapkan pada sistem distribusi menjadi fokus utama, mengingat peran pentingnya dalam menjaga keandalan pasokan listrik di lingkungan pesantren. Penelitian ini mencakup tiga analisis utama: aliran daya (load flow), gangguan pendek (short circuit), dan drop tegangan serta rugi-rugi daya. Hasil analisis aliran daya menunjukkan bahwa transformator DH 760/160 memiliki efisiensi 96,32% dalam menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 0,4 kV. Namun, terdapat ketidakseimbangan distribusi beban, dengan cabang SMP menunjukkan beban mencapai 80,93%. Analisis gangguan pendek pada bus Masjid dan SMP menunjukkan adanya potensi kerusakan yang besar, dengan arus gangguan yang tercatat hingga 4.817 kA, menandakan perlunya peningkatan proteksi untuk mendeteksi dan memutuskan gangguan lebih cepat. Selain itu, analisis drop tegangan dan rugi-rugi daya menunjukkan bahwa kerugian terbesar terjadi pada transformator dengan nilai kerugian mencapai 2,8 kW dan 4,2 kvar, serta penurunan tegangan

### KEYWORDS:

*Electrical Distribution System, Transformer, Protection, Power Flow, Stage.*

### KATA KUNCI:

Sistem Distribusi Listrik, Transformator, Proteksi, Aliran Daya, Etap.

### How to Cite:

“Moh. Hambali, M. H., Eva Jamiyanti, & Sutra Wardatul Jannah. (2025). Sistem Proteksi Saluran Distribusi Jaringan Listrik Menggunakan Etap Di Pondok Pesantren Nurul Jadid Studi Kasus Trafo DH 760/160. *NAAFI: JURNAL ILMIAH MAHASISWA*, 1(6), 867–875.”

sebesar 1,16%. Penurunan tegangan yang signifikan dapat mempengaruhi efisiensi dan kualitas daya yang diterima beban. Secara keseluruhan, meskipun sistem distribusi berfungsi dengan baik, penelitian ini mengidentifikasi beberapa area yang perlu perbaikan, termasuk pengaturan beban, peningkatan sistem proteksi, dan pengurangan kerugian daya untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem distribusi listrik di Pondok Pesantren Nurul Jadid.

---

## PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik di Indonesia memainkan peran krusial dalam mendukung berbagai sektor kehidupan, termasuk pendidikan, industri, dan pelayanan publik. Keandalan sistem distribusi tenaga listrik menjadi aspek vital dalam menjamin kontinuitas pasokan energi kepada konsumen (Industries, 2023; Pamungkas, 2023). Dalam konteks ini, Pondok Pesantren Nurul Jadid, sebagai salah satu lembaga pendidikan yang terletak di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, menjadi studi kasus yang menarik untuk menganalisis penerapan sistem proteksi pada saluran distribusi jaringan listrik, khususnya pada trafo DH 760/160.

Sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia menghadapi tantangan signifikan terkait keandalannya, gangguan pada sistem distribusi dapat menyebabkan pemadaman listrik yang berdampak pada berbagai sektor, termasuk pendidikan dan industri (Silalahi, 2024; Sumiyati et al., 2024). Dalam studi tersebut, dilakukan analisis terhadap trafo 1600 kVA di Gardu Induk Cawang Lama Jakarta, dengan menggunakan Over Current Relay (OCR) sebagai proteksi utama. Hasil analisis menunjukkan bahwa setting OCR yang tepat dapat meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik (Hermawan et al., 2024; Nasution et al., 2021).

Pentingnya keandalan sistem distribusi tenaga listrik juga tercermin dalam indeks SAIDI (System Average Interruption Duration Index) (Dowejko & Jaworski, 2025) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) (Lubis et al., 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Kunaifi dan Reinders (2018) menunjukkan bahwa di beberapa wilayah Indonesia, indeks SAIDI dan SAIFI masih tinggi, mengindikasikan adanya gangguan sistem yang sering terjadi dan berdurasi lama. Hal ini menunjukkan perlunya evaluasi dan perbaikan pada sistem proteksi yang ada (Kunaifi & Reinders, 2018).

Lebih lanjut, sistem proteksi kelistrikan yang ada saat ini masih didominasi oleh komponen sederhana seperti MCB konvensional dan sekering yang tidak dilengkapi dengan sistem koordinasi selektif (Arto, 2017; Arto & Priyadi, 2017). Tidak adanya sistem monitoring digital menyebabkan proses pengawasan beban tidak berjalan optimal, bahkan ditemukan ketidakseimbangan beban antar fase yang mencapai 40%. Selain itu, koordinasi proteksi yang buruk menyebabkan gangguan lokal justru menjalar menjadi pemadaman total, yang tentunya berdampak serius terhadap kelangsungan aktivitas pesantren.

Dalam konteks Pondok Pesantren Nurul Jadid, penerapan sistem proteksi yang efektif pada trafo DH 760/160 menjadi sangat penting. Trafo ini memiliki kapasitas 160 kVA dengan tegangan primer 20 kV dan tegangan sekunder 400 V. Penggunaan Over Current Relay (OCR) sebagai proteksi utama pada trafo ini harus disesuaikan dengan karakteristik beban dan kondisi jaringan distribusi setempat (FERNANDA, 2019). Evaluasi terhadap setting OCR dan koordinasinya dengan peralatan proteksi lainnya perlu dilakukan untuk memastikan sistem proteksi bekerja secara optimal (Hermawan et al., 2024; MUHARRIK, 2023).

Dengan mempertimbangkan pentingnya keandalan sistem distribusi tenaga listrik dan penerapan sistem proteksi yang efektif, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi sistem proteksi pada saluran distribusi jaringan listrik di Pondok Pesantren Nurul Jadid, khususnya pada trafo DH 760/160. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik di lingkungan pesantren.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini difokuskan pada dua permasalahan utama, yaitu bagaimana kondisi aktual sistem jaringan distribusi listrik di Pondok Pesantren Nurul Jadid pada Transformator DH 760/160 saat ini, serta bagaimana merancang sistem proteksi yang optimal untuk jaringan distribusi listrik di lokasi tersebut dengan memanfaatkan simulasi ETAP. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi nyata jaringan distribusi listrik di Pondok Pesantren Nurul Jadid pada Transformator DH 760/160, serta merancang sistem proteksi saluran distribusi yang lebih optimal melalui pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP, sehingga keandalan dan keamanan sistem tenaga listrik dapat ditingkatkan.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Definisi dan Komponen Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik adalah suatu rangkaian terintegrasi yang terdiri dari berbagai peralatan dan instalasi listrik yang dirancang untuk menghasilkan, mentransmisikan, dan mendistribusikan energi listrik dari sumber energi primer hingga sampai ke konsumen akhir (Permana & Stefanie, 2023). Sistem ini berfungsi sebagai tulang punggung dalam penyediaan energi yang dibutuhkan oleh berbagai sektor, mulai dari rumah tangga, industri, layanan publik, hingga institusi pendidikan dan pemerintahan (Suripto, 2017).

Sistem tenaga listrik modern secara umum dibagi menjadi tiga komponen utama, yaitu (Aan Sumiyati et al., 2024):

#### **Sistem Pembangkitan (Generation System)**

Sistem pembangkitan mengubah energi primer (fosil, air, angin, panas bumi, surya) menjadi energi listrik melalui berbagai jenis pembangkit (PLTU, PLTA, PLTG, PLTS). Komponennya meliputi generator, turbin, sistem kontrol, dan peralatan pendukung, dengan efisiensi dan kontinuitas pasokan sebagai faktor utama kestabilan sistem tenaga (Rauf, 2024).

#### **Sistem Transmisi (Transmission System)**

Sistem transmisi menyalurkan listrik dari pembangkit ke pusat distribusi melalui jaringan tegangan tinggi/ekstra tinggi (150–500 kV) dengan kerugian minimal (Aziz, 2025). Komponennya meliputi SUTT/SUTET, gardu induk, trafo step-up/step-down, serta sistem proteksi dan kontrol, sekaligus menjaga kestabilan melalui interkoneksi antarwilayah.

#### **Sistem Distribusi (Distribution System)**

Sistem distribusi menyalurkan listrik dari pusat distribusi ke konsumen (industri, komersial, rumah tangga) menggunakan tegangan menengah (20 kV) dan rendah (220/380 V). Komponennya meliputi trafo

distribusi, saluran udara/kabel tanah, panel distribusi, serta proteksi (fuse, circuit breaker). Sistem ini harus efisien, aman, dan mampu menangani beban dinamis.

### **Sistem Proteksi Tenaga Listrik**

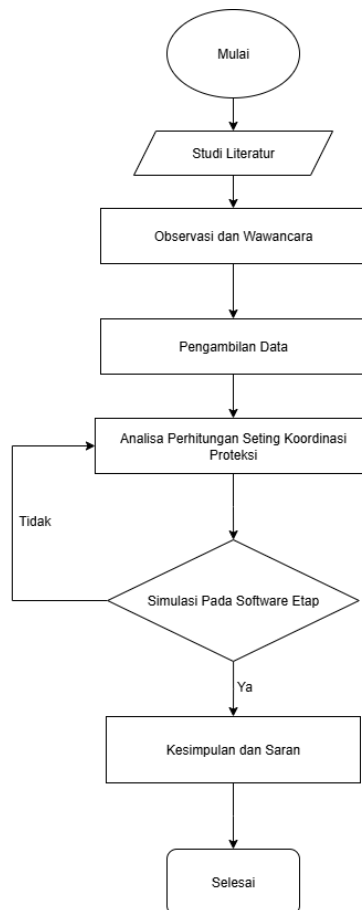
Secara umum, fungsi utama sistem proteksi adalah untuk melindungi peralatan kelistrikan seperti transformator, panel distribusi, dan saluran transmisi dari gangguan listrik yang dapat menimbulkan kerusakan fisik atau gangguan sistemik. Selain itu, sistem proteksi juga dirancang untuk menjaga keselamatan operator dan penghuni lingkungan sekitar dari bahaya listrik seperti kebakaran atau sengatan arus. Dengan bekerja secara otomatis dan selektif, sistem proteksi memungkinkan sistem tenaga tetap beroperasi meskipun terdapat gangguan pada sebagian kecil jaringan (Kurniawan & Amirullah, 2024).

### **Perangkat Lunak ETAP**

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik (Samin, 2019).

## **METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode cara studi kasus yang bertujuan untuk memahami secara rinci suatu fenomena atau kasus tertentu. Penelitian studi kasus umumnya dilakukan pada situasi nyata di lapangan, dengan fokus pada analisis mendalam terhadap kasus yang terbatas dan spesifik. Adapun penelitian ini ditunjukkan pada flowchart gambar di bawah ini.



Gambar 1. Flowchat Penelitian

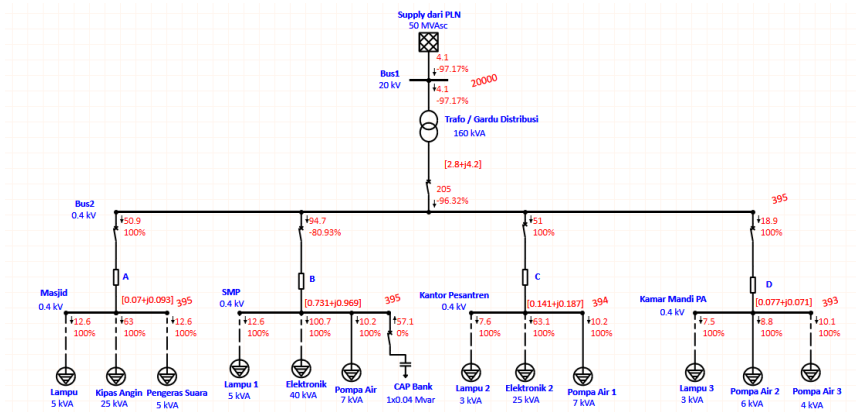
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem distribusi tenaga listrik di Pondok Pesantren Nurul Jadid, dengan fokus pada transformator DH 760/160, menggunakan perangkat lunak ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) versi 19.01. ETAP adalah salah satu software yang paling umum digunakan dalam perancangan dan analisis sistem tenaga listrik karena kemampuannya untuk melakukan simulasi aliran daya, analisis gangguan pendek (short circuit), serta pengukuran drop tegangan dan nilai rugi-rugi dalam sistem distribusi. Dalam penelitian ini, beberapa parameter yang dianalisis meliputi aliran daya (load flow), gangguan pendek (short circuit), dan analisis drop tegangan yang mencakup perhitungan rugi-rugi daya dalam sistem.

### Analisis Aliran Daya (*Load Flow*)

Aliran daya merupakan analisis dasar yang digunakan untuk mengevaluasi distribusi daya listrik di dalam sistem. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memastikan bahwa sistem distribusi

dapat menyalurkan daya dengan efisien dari sumber pembangkit ke beban (load) di Pondok Pesantren Nurul Jadid, tanpa menyebabkan ketegangan (voltage) atau arus yang melebihi batas aman.



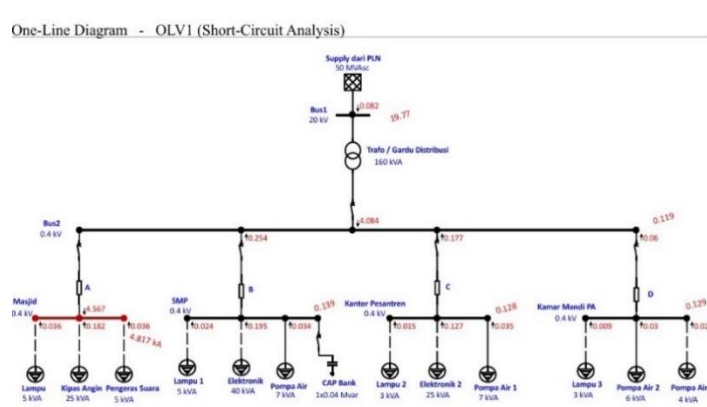
Gambar 2. Aliran Daya Saluran Distribusi dari Transformator

Dari Gambar di atas Transformator/Gardu Distribusi memiliki kapasitas 160 kVA yang berfungsi menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 0,4 kV untuk distribusi di Pondok Pesantren Nurul Jadid. Nilai aliran daya yang tertera pada transformator adalah  $2.8+j4.2$ , yang berarti; Daya aktif (real power): 2.8 kVA, Daya reaktif (reactive power): 4.2 kVA. Efisiensi transformator ini ditunjukkan dengan nilai 96.32%.

### Analisis Gangguan Pendek (*Short Circuit*)

Gangguan pendek (short circuit) dapat terjadi ketika ada kontak langsung antara konduktor yang berbeda tegangan dalam jaringan distribusi, menyebabkan arus yang sangat besar mengalir dan dapat merusak peralatan. Analisis gangguan pendek sangat penting untuk merancang sistem proteksi

yang memadai, agar gangguan tersebut dapat terdeteksi dan diputuskan secara cepat untuk mencegah kerusakan lebih lanjut pada sistem.



Gambar 3. Analisa *Short Circuit* pada Masjid

Analisis short circuit pada Bus Masjid (0,4 kV) menunjukkan tegangan sebesar 50,9 kV dengan distribusi daya 100%. Aliran daya tercatat 0,036 pada lampu, 0,182 pada kipas angin, dan 0,036 pada pengeras suara. Saat terjadi gangguan, arus yang mengalir mencapai 4,567 kA, dengan nilai arus gangguan tertinggi 4,817 kA. Besarnya arus ini berpotensi menimbulkan kerusakan serius sehingga diperlukan sistem proteksi yang memadai.

### Analisis Drop Tegangan dan Rugi-Rugi (*Voltage Drop and Losses*)

Drop tegangan dalam sistem distribusi menunjukkan seberapa besar penurunan tegangan yang terjadi antara titik sumber dan titik beban. Penurunan tegangan yang signifikan dapat menyebabkan peralatan listrik bekerja dengan tidak efisien atau bahkan rusak. Selain itu, analisis rugi-rugi (losses) penting dilakukan untuk mengetahui sejauh mana daya yang terbuang dalam bentuk panas akibat resistansi kabel dan komponen sistem lainnya.

#### Branch Losses Summary Report

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag
A	0.035	0.000	-0.035	0.000	0.1	0.1	98.8	98.6	0.20
B	0.052	-0.038	-0.052	0.039	0.7	1.0	98.8	98.8	0.02
C	0.035	0.000	-0.035	0.000	0.1	0.2	98.8	98.4	0.40
D	0.013	0.000	-0.013	0.000	0.1	0.1	98.8	98.3	0.59
Trafo / Gardu Distribusi	0.138	-0.034	-0.135	0.038	2.8	4.2	100.0	98.8	1.16
					3.8	5.5			

Laporan kerugian distribusi daya menunjukkan tiap cabang mengalami kerugian berbeda dengan penurunan tegangan bervariasi. Branch A–D memiliki kerugian relatif kecil (0.1–0.7 kW,

0.1–0.2 kvar) dengan drop tegangan 0.02–0.59%. Kerugian terbesar terjadi pada Trafo/Gardu Distribusi, yaitu 2.8 kW dan 4.2 kvar dengan penurunan tegangan 1.16%. Secara keseluruhan, titik kritis kerugian ada pada trafo sehingga perlu optimasi untuk meningkatkan efisiensi sistem distribusi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak ETAP, sistem distribusi tenaga listrik di Pondok Pesantren Nurul Jadid secara umum beroperasi dengan baik, ditandai dengan distribusi daya yang sesuai kebutuhan beban serta efisiensi transformator sebesar 96,32%. Namun demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa trafo/gardu distribusi menjadi titik kritis dengan rugi-rugi daya terbesar (2,8 kW dan 4,2 kvar) serta penurunan tegangan sebesar 1,16%. Selain itu, analisis gangguan pendek (short circuit) pada Bus Masjid (0,4 kV) menghasilkan arus gangguan hingga 4,817 kA, yang berpotensi menimbulkan kerusakan serius apabila tidak dilengkapi dengan sistem proteksi yang memadai.

Sehubungan dengan temuan tersebut, disarankan untuk melakukan optimasi pada trafo/gardu distribusi melalui pemeliharaan berkala, pengaturan beban yang seimbang, serta mempertimbangkan penggunaan trafo dengan efisiensi yang lebih tinggi. Selanjutnya, diperlukan penerapan sistem proteksi yang andal, seperti pengaturan relay, circuit breaker, dan fuse, agar gangguan dapat segera diatasi tanpa menimbulkan kerusakan lebih lanjut. Monitoring sistem secara berkala menggunakan perangkat analisis maupun software juga direkomendasikan guna memastikan kestabilan, efisiensi, serta keandalan distribusi tenaga listrik dalam jangka panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aan Sumiyati, Putri Shabira Rahman, Muhammad Habil Cahaya Gusti, Gregorius Diera Arnandi Melkior, Johan Hidayat, & Didik Aribowo. (2024). Konsep Dasar Transmisi Tenaga Listrik: Klasifikasi, Komponen Serta Gangguannya. *Jurnal Surya Teknik*, 11(2), 612–617. <https://doi.org/10.37859/jst.v12i1.8195>
- [2] Arto, W. B. B. (2017). Desain Prototipe Dan Koordinasi Adaptif Relai Arus Lebih Terhadap Sumber Tegangan Pada Saluran Listrik Satu Fasa. 100. <http://repository.its.ac.id/45824/>
- [3] Arto, W. B. B., & Priyadi, E. A. (2017). Desain Prototipe Dan Koordinasi Adaptif Relai Arus Lebih Terhadap Sumber Tegangan Pada Saluran Listrik Satu Fasa. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Aziz, K. M. (2025). ANALISIS PERHITUNGAN ENERGI TERSELAMATKAN PADA PEKERJAAN PENGANTIAN INSULATOR PASCA GANGGUAN DI SUTT 150 KV SISTEM INTERKONEKSI KALIMANTAN. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- [5] Dowejko, J., & Jaworski, J. (2025). Beyond Traditional Grid: A Novel Quantitative Framework for Assessing Automation's Impact on System Average Interruption Duration Index and System Average Interruption Frequency Index. *Energies*, 18(11), 2671.
- [6] FERNANDA, M. G. (2019). SISTEM PROTEKSI DENGAN MENGGUNAKAN RELAY DIFFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR DAYA 54 MVA DI PT. PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKITAN KERAMASAN PALEMBANG. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [7] Hermawan, S. L., Hermawan, H. R. N., Harijanto, P. S., & Hermawan, A. (2024). Evaluasi Kinerja Sistem Proteksi Penyulang Trawas PT. PLN (PERSERO) ULP Pandaan. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 11(2), 122–127.



- [8] Industries, S. (2023). Sistem Distribusi Tenaga Listrik -2 (Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik). [https://sinarmonas.co.id/blog/detail/sistem-distribusi-tenaga-listrik-2-klasifikasi-saluran-distribusi-tenaga-listrik?utm\\_source=chatgpt.com](https://sinarmonas.co.id/blog/detail/sistem-distribusi-tenaga-listrik-2-klasifikasi-saluran-distribusi-tenaga-listrik?utm_source=chatgpt.com)
- [9] Kunaifi, & Reinders, A. (2018). Perceived and reported reliability of the electricity supply at three urban locations in Indonesia. *Energies*, 11(1), 1-27. <https://doi.org/10.3390/en11010140>
- [10] Kurniawan, A., & Amirullah, A. (2024). Implementasi Sistem Proteksi Arus Beban Lebih pada Rumah Tinggal Sederhana menggunakan Internet of Things (IoT) dengan Aplikasi Blynk. *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer Dan Kecerdasan Buatan)*, 7(2), 130-140.
- [11] Lubis, I. A., Erivianto, D., & Tharo, Z. (2024). Analysis Of Power Distribution System Reliability Using System Average Interruption Duration Index (SAIDI) and System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) On Feeder KR04. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)*, 5(2), 211-223.
- [12] MUHARRIK, M. I. D. (2023). ANALISIS SISTEM PROTEKSI OVER CURRENT RELAY (OCR) TRANSFORMATOR 60 MVA GARDU INDUK LEMBUR SITU PT. PLN (ULTG SUKABUMI) MENGGUNAKAN ETAP 16.00. Nusa Putra University.
- [13] Nasution, E. S., Pasaribu, F. I., & Hidayat, M. H. (2021). Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 kVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 28-39. <https://doi.org/10.53695/jm.v2i2.562>
- [14] Pamungkas, P. (2023). Transformasi Digital dan Peran Insinyur Elektro dalam Membangun Masyarakat yang Berkelanjutan. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan*, 4(1), 18-27.
- [15] Permana, M., & Stefanie, A. (2023). Sistem Distribusi Tenaga Listrik di Pt Sintas Kurama Perdana. *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (AJIEE)*, 5(2), 158-163.
- [16] Rauf, R. (2024). *Pembangkit Energi Listrik: Instalasi dan Prinsip Kerja*. Penerbit Kita Menulis.
- [17] Samin, T. (2019). Analisa Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (PERSERO) Sebatik menggunakan Software ETAP Power Station 12.6.0. *Elektrika Borneo*, 5(1), 19-24. <https://doi.org/10.35334/jeb.v5i1.590>
- [18] Silalahi, J. (2024). LKP Josdi Silalahi 218120032 Study Kasus Gangguan Listrik dan Solusinya.
- [19] Sumiyati, A., Rahman, P. S., Gusti, M. H. C., Melkior, G. D. A., Hidayat, J., & Aribowo, D. (2024). Konsep Dasar Transmisi Tenaga Listrik: Klasifikasi, Komponen Serta Gangguannya. *Jurnal Surya Teknik*, 11(2), 612-617.
- [20] Suripto, I. S. M. E. (2017). Sistem Tenaga Listrik. In *ELTEK*, Vol 11 Nomor 01..