

Pengukuran Keakuratan Penggunaan Arus pada Sisi LVMDP Mengacu pada Peraturan PUIL 2000

Muhammad Ridwansani¹, Toto Raharjo¹, Heri Kusnadi², Juhana¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

²Teknik Elektro Kampus Kota Serang, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

²Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183, Indonesia

¹ridwansani15@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 13 Februari 2024
revisi : 17 April 2024
diterima : 9 Mei 2024
dipublish : 31 Mei 2024

ABSTRAK

Keandalan sistem jaringan listrik merupakan aspek krusial dalam menjaga ketersediaan dan stabilitas pasokan energi listrik, khususnya pada instalasi dengan beban besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian antara kapasitas daya terpasang dengan kebutuhan riil pemakaian energi listrik. Berdasarkan hasil pengukuran selama tujuh hari, diperoleh data konsumsi energi sebesar 0,026882 GWh pada Waktu Beban Puncak (WBP) dan 0,058114 GWh pada Luar Waktu Beban Puncak (LWBP), dengan faktor kebutuhan hanya mencapai 20% dari total beban terpasang. Mengacu pada PUIL 2000, estimasi kapasitas daya terpasang berdasarkan kebutuhan penyewa sebesar 3.686,76 kVA (setara 3.612,985 kW) menghasilkan arus sebesar 5.471,79 A, yang melebihi kapasitas pemutus sirkuit (circuit breaker) sebesar 4000 A pada panel LVMDP 3. Hasil pengukuran aktual menunjukkan konsumsi daya hanya sebesar 762 kW dengan arus rata-rata sebesar 1.156 A. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan arus masih berada jauh di bawah ambang batas maksimal pemutus sirkuit, sehingga sistem masih berada dalam kondisi aman meskipun kapasitas terpasang melebihi spesifikasi peralatan proteksi.

Kata kunci : Daya listrik; LVMDP; Proteksi; PUIL 2000

ABSTRACT

The reliability of an electrical power network is a crucial aspect in maintaining the availability and stability of electricity supply, especially in installations with large loads. This study aims to evaluate the suitability between the installed power capacity and the actual energy consumption needs. Based on a seven-day measurement period, energy consumption was recorded at 0.026882 GWh during Peak Load Hours (WBP) and 0.058114 GWh during Off-Peak Load Hours (LWBP), with a demand factor of only 20% of the total installed load. Referring to the PUIL 2000 standard, the estimated installed power capacity based on tenant demand was 3,686.76 kVA (equivalent to 3,612.985 kW), resulting in a current of 5,471.79 A—exceeding the capacity of the circuit breaker installed in the LVMDP 3 panel, which is rated

at 4,000 A. However, actual measurements showed a power consumption of only 762 kW and an average current of 1,156 A. These findings indicate that the actual current usage remains well below the circuit breaker's maximum threshold, implying that the system is operating safely despite the installed capacity exceeding the protection equipment specifications

Keywords : Electrical power; LVMDP; Protection; PUIL 2000

PENDAHULUAN

Keandalan sistem jaringan transmisi dan distribusi listrik merupakan aspek penting yang harus dijaga keberlangsungannya, mengingat kebutuhan energi listrik terus meningkat, baik di sektor industri maupun dalam kehidupan sehari-hari (Alamsha et al., 2024). Dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan sistem kelistrikan yang tidak hanya andal, tetapi juga efisien dan aman. Salah satu komponen penting dalam sistem distribusi adalah *Low Voltage Main Distribution Panel* (LVMDP), yang berfungsi sebagai pusat distribusi daya listrik ke berbagai beban. Mengetahui kapasitas beban terpasang serta tegangan pada sisi LVMDP sangat penting untuk memperkirakan besar arus yang digunakan (Ayodya & Arrosyid, 2023). Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa arus yang mengalir dalam sistem tidak melebihi batas kapasitas dari peralatan proteksi, khususnya circuit breaker. Pengukuran dan analisis terhadap arus listrik menjadi hal krusial dalam menjaga keamanan sistem. Untuk itu, perlu dilakukan pemantauan (monitoring) secara berkala terhadap arus yang mengalir, dengan mempertimbangkan kapasitas beban terpasang serta pengukuran aktual di lapangan (Triyanto et al., 2022).

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah adanya potensi ketidaksesuaian antara kapasitas arus yang dihitung berdasarkan total beban terpasang dengan arus aktual yang digunakan, yang jika tidak diawasi dapat mengakibatkan sistem proteksi tidak bekerja optimal dan memicu gangguan kelistrikan. Selain itu, penting untuk mengetahui apakah kapasitas pemutus sirkuit (circuit breaker) pada panel LVMDP masih sesuai dengan kondisi aktual pemakaian daya. Penelitian ini dilakukan dengan metode studi kasus di Pondok Indah Mall 2, di mana dilakukan pengumpulan data selama tujuh hari terkait konsumsi energi listrik, baik pada Waktu Beban Puncak (WBP) maupun Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) (Pratama & Habibullah, 2022). Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui besar konsumsi daya dan arus aktual, yang selanjutnya dibandingkan dengan kapasitas arus berdasarkan perhitungan dari daya terpasang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kesesuaian antara kapasitas daya dan arus yang terpasang dengan kebutuhan pemakaian aktual, serta untuk memastikan bahwa peralatan proteksi, khususnya circuit breaker pada panel LVMDP, masih berada dalam batas operasi yang aman. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan keandalan dan keamanan sistem distribusi listrik di instalasi tersebut (Baqaruzi & Muhtar, 2020)(Basudewa, 2020).

TEORI

Dengan menggunakan tinjauan pustaka ini adalah sebagai referensi penulis melakukan penelitian yang dilakukan, dalam hal ini menganalisa beban pemakaian daya listrik yang bertujuan untuk mendapatkan nilai keakuratan arus, sehingga didapat nominal arus yang akurat pada panel LVMDP. Pemakaian kapasitas pengaman MCB/MCCB yang lebih besar dimaksudkan untuk mengantisipasi jika terjadi penambahan beban listrik dari panel-panel tersebut.

Merupakan terbitan ke 4, jika dalam penerbitan PUIL 1964, 1977 dan 1987 nama buku ini adalah Peraturan Umum Instalasi Listrik, maka pada penerbitan sekarang tahun 2000, namanya menjadi Persyaratan Umum Instalasi Listrik dengan tetap mempertahankan singkatannya yang sama yaitu PUIL. Standar pada PUIL 2000 digunakan sebagai acuan pada sisi panel LVMDP untuk menjaga keamanan dari perangkat tersebut adapun manfaat yang ada pada puil 2000 adalah untuk menjaga keamanan dan keberlangsungan kinerja panel LVMDP tersebut (Nasional, 2000).

Sebagai alat pengubah tegangan yang bekerja dengan konsep induksi elektromagnetik, trafo dapat menaikan serta menurunkan tegangan tergantung pada jenis trafo yang digunakan *step-up* atau *step-down*. Dalam penelitian ini transformator yang digunakan pada gedung adalah transformator jenis *step-down* 2500 kVA guna memenuhi kebutuhan beban yang diperlukan pada panel LVMDP milik gedung (Christiono et al., 2020)(Triyanto, 2023).

Merupakan kecepatan melakukan kerja atau kecepatan energi berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Pada sistem arus bolak-balik (AC) terdapat 3 jenis daya listrik. Daya aktif (daya nyata/daya terpakai) (P) Terukur dalam satuan Watt atau kW pada sistem 1 phasa (Ade Putri et al., 2021):

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

Pada sistem 3 phasa:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Daya Reaktif (Q) Yang terukur dalam satuan VAR atau kVAR pada sistem 1 fasa:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

Pada sistem 3 fasa:

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

Daya Kompleks (daya semu/daya terpasang) (S), yang terukur dalam satuan VAR atau kVAR pada sistem 1 fasa:

$$S = V \cdot I \quad (5)$$

Pada sistem 3 fasa:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (6)$$

Sebagai pusat panel pembagi pada setiap distribusi panel yang disalurkan ke setiap beban, Pada gedung perkantoran maupun mall panel ini dilekatkan berdekatan atau dalam ruang lingkup dari dua sumber energi listrik yaitu gardu dari PLN. Panel LVMDP ini bekerja pada tegangan rendah dan berfungsi sebagai pembagi utama daya untuk seluruh instalasi. *Circuit breaker* merupakan sebuah alat pengaman komponen kelistrikan yang dimana jika terjadi *short* pada perangkat pembebanan *circuit breaker* akan langsung memutus arus listrik pada *output circuit breaker*. Dimana fungsi alat ini memang sebagai pengaman apabila terjadi *short* ataupun terjadi lonjakan arus yang di luar dari kapasitas *circuit breaker* tersebut. Berikut merupakan sebuah rumusan yang bertujuan menghitung kebutuhan alat proteksi (*circuit breaker*) (Darundas et al., 2021).

Untuk fasa tunggal (A)

$$In = \frac{p(watt)}{v(volt) \cdot \cos\varphi} \quad (7)$$

Untuk fasa tiga (A)

$$In = \frac{p(watt)}{\sqrt{3} \cdot v(volt) \cdot \cos\varphi} \quad (8)$$

Keterangan

In = Arus nominal (Ampere)

V = Tegangan (voltase)

P = Daya terpasang (watt)

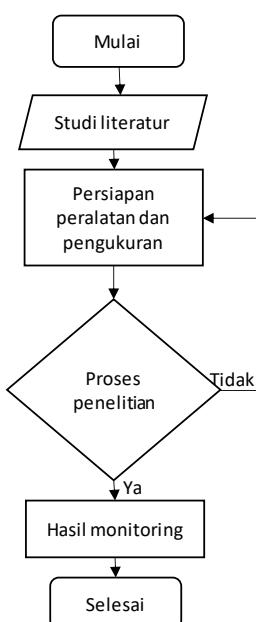
Busbar pada panel LVMDP berfungsi sebagai media penghantar dan pembagi *jaringan* arus listrik yang di distribusikan. Sama seperti *busbar* penggunaan kabel adalah sebagai konduktor arus listrik. Sistem instalasi listrik mempunyai fungsi yang penting sebagai komponen pada sistem pembebanan daya. Panel digital berfungsi untuk menampilkan data dari pemakaian arus, tegangan dan juga beban pemakaian per kWh yang terdapat pada panel LVMDP. Beban maksimum dibutuhkan faktor kebutuhan (Fk), faktor diversitas dan faktor kebersamaan. Untuk komersial faktor kebutuhannya yaitu berkisar dari 90-100%. Untuk dapat menghitung besaran kebutuhan daya maksimum harus disesuaikan dengan daya terpasang pada setiap panel. Faktor kebutuhan digunakan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas peralatan suplai tenaga listrik yang akan di pakai dalam hal ini adalah Transformator dan generator pada panel utama (LVMDP) dalam perhitungan dan analisa diasumsikan dengan faktor daya ($\cos \varphi$) rata-rata 0,95 lagging. Kapasitas daya terpasang dari transformator dan generator masing-masing sebesar 630 kVA. Daya aktif beban terpasang yang ada di gedung perpustakaan dan parkir UIN Syarif

Hidayatullah Jakarta diperoleh sebesar 819,95 kW. Faktor kebutuhan (*demand factor*) adalah perbandingan antar kebutuhan maksimum beban puncak terhadap total daya tersambung (Nuryanto, 2021)(Dyah Ayu Kartika Sari et al., 2022).

PLN telah menetapkan waktu beban puncak ini mulai pukul 17:00 WIB sampai dengan 22:00 WIB. Namun pada kenyataannya disetiap daerah memiliki WBP yang berbeda. WBP (Waktu Beban Puncak) dan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) merupakan sebuah perhitungan untuk menghitung daya pemakaian dari listrik industri dan perkantoran. Menurut kutipan diatas WBP dimulai pukul 17.00-22.00 maka diluar jam tersebut adalah LWBP yaitu 22.00-17.00.

METODOLOGI

Diagram alir berikut ini memvisualisasikan dari sebuah proses dalam penelitian pengukuran keakuratan penggunaan arus pada sisi LVMDP mengacu pada peraturan PUUL 2000. Yang dilakukan dengan studi literatur dari jurnal ilmiah, kemudian setelah mendapat referensi yang tepat untuk penelitian maka berlanjut kepada proses pengambilan data historis dan dihitung untuk mendapatkan hasil data yang akurat. Berikut gambar merupakan *flowchart* penelitian.



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Peneliti melakukan telaah pustaka dan analisis awal terhadap dokumen teknis yang berkaitan dengan sistem LVMDP, termasuk spesifikasi pemutus sirkuit, kapasitas trafo, dan nilai daya terpasang. Studi literatur dilakukan terhadap PUUL 2000 sebagai acuan utama dalam penentuan batas arus nominal dan keamanan instalasi.

Data primer yaitu dengan melakukan pengukuran langsung terhadap konsumsi arus listrik dan daya aktif (kW) pada sisi keluar (output) LVMDP menggunakan alat ukur digital (power analyzer atau clamp meter) selama periode 7 hari berturut-turut, mencakup Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Data sekunder dengan mendapatkan informasi kapasitas daya terpasang, spesifikasi circuit breaker, serta denah kelistrikan dari pihak pengelola gedung. Dengan asumsi nilai daya (P) berdasarkan total beban terpasang, tegangan nominal LVMDP sebesar 400 V, dan faktor daya diasumsikan 0,85. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan arus pengenal dari circuit breaker yang terpasang, serta nilai arus aktual hasil pengukuran lapangan.

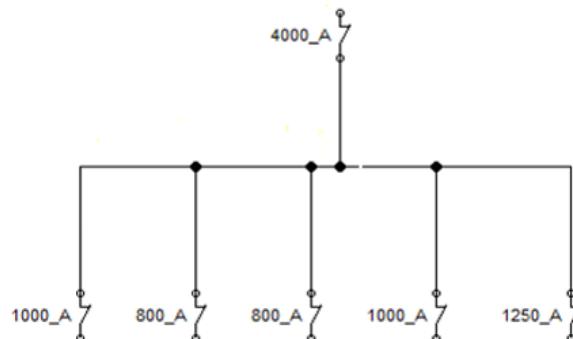
Evaluasi berdasarkan standar keamanan dan batasan proteksi dalam PUIL 2000, terutama terkait ketentuan pemilihan dan penggunaan pengaman arus lebih. Dari perbandingan tersebut, dilakukan penilaian tingkat kesesuaian dan keakuratan penggunaan arus, serta identifikasi potensi risiko jika terjadi penyimpangan terhadap ketentuan standar.

Untuk memenuhi kebutuhan daya listrik yang terdapat pada Mall Pondok Indah 2 khususnya pada panel LVMDP 3 ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Name plate transformator

Phase	3
Frequency	Hz 50
KVA	2500
Volt	HV 20000
	LV 400
Ampere	HV 72.17
	LV 3608.44
Impedance	% 7.0
Insulation class	A

Gambar 2 merupakan jumlah beban terpasang diambil pada divisi billing berdasarkan jumlah penyewa yang terdapat pada setiap lantai. Berikut dengan pengaman yang terpasang (circuit breaker) untuk setiap pembagi yang terdapat pada panel distribusi, dengan kapasitas pengaman panel LVMDP sebesar 4000A.



Gambar 2. Wiring diagram panel LVMDP

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data *logsheet* diperoleh dari divisi genset, yang saya ambil pada *logsheet book* adalah setiap 2 jam berturut-turut guna mendapatkan data, serta kapan dan berapa nilai kenaikan penggunaan arus listrik. Pada kolom stand meter dan selisih yang ditampilkan nilai satunya adalah GWh, dan pada nilai selisih diperoleh berdasarkan pemakaian setiap 2 jam. Gambar 3 berikut merupakan hasil monitoring arus pada saat *logsheet* penelitian.



Gambar 3. Data monitoring arus pada saat *logsheet*

Penggunaan arus yang ada pada panel LVMDP, hari minggu menunjukkan arus tertinggi terdapat pada fasa R sebesar 1476 amper dengan beban total 928 kW pada pukul 14.00. Faktor kebutuhan daya maksimum, dengan beban pemakaian puncak yang terukur pada hari minggu tanggal 13/09/2020 pukul 14.00 diperoleh sebesar 928 kW maka faktor kebutuhan dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Faktotr kebutuhan } Fdd_i = 90\% = 0,9$$

$$\text{Faktotr difersitas } Fd = 1,1$$

$$\text{Faktotr kebersamaan } Fc = \frac{1}{1,1} = 0,9$$

$$D_k = \frac{928 \text{ kW} \times 0,9}{\frac{1}{0,9}} = 751,68 \text{ kW}$$

Dengan D_k (kebutuhan daya maksimum) yang terdapat pada panel LVMDP 3 sebesar 751,68 kW.

Faktor kebutuhan (Demand Factor). Agar dapat mengetahui besaran kapasitas dari penyuplai peralatan listrik dalam hal ini transformator yang akan didistribusikan ke panel

distribusi. Digunakan perhitungan serta analisa yang diasumsikan dengan nilai rating faktor daya adalah sebesar 0,98 *lagging*. Serta mengetahui dari spesifikasi daya terpasang dari transformator yakni sebesar 2500 kVA. Dengan total daya terpasang berdasarkan kebutuhan penyewa yang terdapat pada Mall Pondok Indah 2 diperoleh 3.686,76 kVA.

Menghitung faktor kebutuhan.

Kebutuhan maksimum

Jumlah daya terpasang

$$\text{Beban maksimum} = \frac{751,68 \text{ kW}}{0,98} = 752,142 \text{ kVA}$$

$$\text{Beban terpasang} = 3.686,76 \text{ kVA}$$

$$\text{Faktor kebutuhan} = \frac{751,68 \text{ kVA}}{3.686,76 \text{ kVA}} = 0,2 \text{ atau sekitar } 20\%$$

Selisih pengukuran panel LVMDP terhadap distribusi panel, Tabel 2 merupakan data pengukuran dilakukan pukul 14.00, pada panel distribusi menggunakan alat ukur tang amper dan untuk panel LVMDP diambil dari digital power meter dengan nominal rata-rata arus sebesar 1.156 amper dan daya sebesar 762 kW. Dari data beban pada tabel 4.3 dengan merujuk data daya terpasang pada panel LVMDP 3 adalah sebesar 3.686,76 kVA atau 3.612,985 kW.

Tabel 2. pengukuran arus panel LVMDP dan panel distribusi

No.	Nama Panel	Arus (A)			Tegangan (V)
		R	S	T	
1.	LVMDP 3	1173	1155	1141	389
2.	DP-RD	321	256	276	385
3.	DP-R1	281	272	278	385
4.	DP-R2A	108	116	96	387
5.	DP-R2B	215	241	230	385
6.	DP-R3	243	278	254	385

Didapatkan nilai arus sebesar 5.471,79 amper namun pada kenyataannya beban yang terdapat pada panel tidak semua digunakan, pada pengambilan data sebesar 1.156 amper dari arus rata-rata ketiga phasa tersebut itu tidak melebihi batasan maksimal nilai arus *circuit breaker* pada panel LVMDP 3 yang sebesar 4000 amper.

Pada perhitungan WBP dan LWBP dilakukan *input* data selama tujuh hari, perhitungan penggunaan beban pada *digital power meter* dilakukan setiap hari guna mengetahui konsumsi energi yang telah digunakan supaya terpantau dengan baik.



Gambar 4. Grafik Beban WBP dan LWBP

Dari tabel 7 dan gambar 5 pemakaian selama 7 hari diperoleh WBP sebesar 0,026882 GWh dan LWBP sebesar 0,058114 GWh, dan untuk pemakaian harian tertinggi WBP sebesar 0,00472 GWh dan LWBP sebesar 0,008762 GWh.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengukuran yang dilakukan, diketahui bahwa faktor kebutuhan listrik aktual hanya sebesar 0,2 atau sekitar 20% dari total daya terpasang, dengan data pengukuran dilakukan pada hari Minggu, 13 September 2020. Selama periode pengamatan selama tujuh hari, beban pemakaian tercatat sebesar 0,026882 GWh pada Waktu Beban Puncak (WBP) dan 0,058114 GWh pada Luar Waktu Beban Puncak (LWBP), dengan nilai pemakaian LWBP lebih tinggi disebabkan oleh durasi waktu yang lebih panjang. Kenaikan arus rata-rata mulai terjadi pada pukul 10.00 hingga 22.00. Pemakaian beban tertinggi terjadi pada tanggal 12 September 2020 untuk LWBP sebesar 0,008762 GWh dan pada tanggal 9 September 2020 untuk WBP sebesar 0,00472 GWh. Mengacu pada ketentuan PUPL 2000 tentang arus pengenal dan proteksi terhadap arus lebih, kapasitas daya terpasang sebesar 3.686,76 kVA (setara 3.612,985 kW) menghasilkan arus teoritis sebesar 5.471,79 A, yang melebihi kapasitas pemutus sirkuit (circuit breaker) pada panel LVMDP 3 sebesar 4.000 A. Namun, hasil pengukuran faktual menunjukkan bahwa konsumsi daya aktual hanya sebesar 762 kW dengan arus rata-rata sebesar 1.156 A. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan arus listrik aktual masih berada jauh di bawah batas maksimum proteksi circuit breaker, sehingga sistem distribusi listrik dinyatakan aman dan masih dalam batas operasional yang wajar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Teristimewa penulis mengucapkan terimakasih banyak yang tiada tarhingga kepada orang tua, yang tiada henti-henti telah mendo'akan dan mendidik ananda hingga saat ini. penulis mengucapkan rasa terimakasih pada jajaran pendidik Universitas Pamulang yang telah memberikan semangat dan membantu penulis menemukan inspirasi demi kelancaran penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Putri, L., Hafiz, M., Saputra, Z., & Manufaktur Negeri Bangka Belitung Corresponding Author, P. (2021). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik*.
- Alamsha, M. A., Wisaksono, A., Ayuni, S. D., & Saputra, D. H. R. (2024). Analisis Kebutuhan Daya Listrik Pada Gedung Fakultas Kedokteran Di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 26(2), 86–94. <https://doi.org/10.14710/transmisi.26.2.86-94>
- Ayodya, W., & Arrosyid, B. (2023). Analisis Perencanaan Pembagian Beban Elektrikal pada Panel SDP Gedung Universitas Sutomo. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 8(1), 362–369. <https://doi.org/10.36277/jteuniba.v8i1.233>
- Baqaruzy, S., & Muhtar, A. (2020). Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV. *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal Of Innovation Technology)*, 1(1), 20–26. <https://doi.org/10.35970/e-joint.v1i1.216>
- Basudewa, D. A. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(03), 697–707.
- Christiono, Reza Hidayat, M., & Widiyantoro, B. (2020). Analisis Kemampuan Minyak Isolasi Transformator Daya Merek Unindo Dengan Pengujian Dissolved Gas Analysis dan Breakdown Voltage di Gardu Induk Serpong. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 18(3), 100–106.
- Darundas, F., Mangindaan, G. M. C., & Tumaliang, H. (2021). *Redesign Instalasi Listrik Gedung Fakultas Teknik Jurusan Elektro Dan Jurusan Arsitektur Universitas Sam Ratulangi Manado*. 7.
- Dyah Ayu Kartika Sari, Fransisco Danang Wijaya, & Husni Rois Ali. (2022). Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Pulau Enggano. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 11(2), 154–160. <https://doi.org/10.22146/jntei.v11i2.3849>
- Nasional, B. S. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). *DirJen Ketenagalistrikan*, 2000(Puil), 1–133.
- Nuryanto, L. E. (2021). Perancangan Sistem Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Pln Dan Plts) Kapasitas 800 Wp. *Orbith*, 17(3), 196–205.
- Pratama, A., & Habibullah, H. (2022). Optimalisasi Pola Operasi Pembebanan 20 KV Rao-Kota Nopan Untuk Mengatasi Drop Tegangan Dan Meningkatkan Penjualan. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), 193–197. <https://doi.org/10.24036/jtein.v3i1.214>
- Triyanto, A. (2023). *Proteksi Sistem Tenaga*. Unpam Press.
- Triyanto, A., Gunawan, W., Kusnadi, H., & Sunardi, A. (2022). *Praktikum Transformator* (A. Triyanto (ed.); Issue 1). Unpam Press.