Research Review
Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol. 4, No. 1, Maret 2025 ISSN: 29622743

Evaluasi Sistem Instalasi Tenaga Listrik berdasarkan Standar PUIL 2011 (Studi Kasus Pada PT. Multi Nabati Sulawesi Luwuk)

(Evaluation of the Electrical Power Installation System Based on the PUIL 2011 Standard (Case Study at PT. Multi Nabati Sulawesi Luwuk))

Anggi[1], Jumiati Ilham[2], Amirudin Yunus Dako [3]
[1,2,3]Teknik Eektro dan Komputer, FakultasTeknik, Universitas Negeri Gorontalo
anggimahmud21am@gmail.com[1], jumiatiilham@ung.ac.id[2] , amirudin.dako@ung.ac.id[3]

Article Info

Article history:

Received: 25 Februari 2025
Revised: 28 Maret 2025
Accepted: 29 Maret 2025

Keywords:

Electrical system evaluation
PUIL 2011
Power installation
Industry

Kata Kunci:
Evaluasi sistem Listrik
PUIL 2011
Instalasi tenaga Listrik
Industri

Abstract

Electrical power installation systems in the industrial sector require proper planning in accordance with the General Electrical Installation Requirements (PUIL 2011). Common issues in industrial electrical installation systems include voltage drop on the load side, unbalanced loads, and low power factor during power distribution and utilization. Therefore, this study aims to evaluate the electrical power installation system at PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk to ensure it operates effectively and efficiently while addressing potential disturbances. The research employs an evaluation method consisting of literature study, data collection through observation and interviews, and analysis of installation compliance based on the PUIL 2011 standard. The results indicate that most electrical installation components, including conductor ampacity (KHA), circuit breakers, transformer loading, transformer load balance, and transformer loading percentage, comply with the PUIL 2011 standards. However, for the motor carrier's KHA, the conductor used is smaller than the standard requirement, making it non-compliant. This evaluation is expected to serve as a reference for improving the quality of electrical installations at PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk.

Abstrak

Sistem instalasi tenaga listrik di sektor industri memerlukan perencanaan yang baik sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011). Beberapa permasalahan yang sering terjadi dalam sistem instalasi tenaga listrik industri meliputi penurunan tegangan pada sisi beban, ketidakseimbangan beban, serta faktor daya rendah selama proses distribusi dan pemanfaatan daya listrik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem instalasi tenaga listrik di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk agar bekerja secara efektif dan efisien serta mampu mengatasi gangguan yang terjadi. Penelitian ini dilakukan dengan metode evaluasi melalui tahapan studi literatur, pengumpulan data melalui observasi

dan wawancara, serta analisis kesesuaian instalasi berdasarkan standar PUIL 2011. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar komponen instalasi tenaga listrik, seperti kapasitas hantar arus (KHA) konduktor, circuit breaker, pembebanan transformator, keseimbangan beban transformator, dan persentase pembebanan transformator, telah sesuai dengan standar PUIL 2011. Namun, pada KHA motor carrier, konduktor yang digunakan lebih kecil dari standar yang ditetapkan sehingga tidak sesuai. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam meningkatkan kualitas instalasi tenaga listrik di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk.

Corresponding Author:

Anggi
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
anggimahmud21am@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam industri modern karena hampir seluruh proses produksi dan operasional bergantung pada sistem tenaga listrik yang andal (Sapthu, 2023; Qodariah & Nurjihad, 2024; Sulistianto, 2024). Keandalan sistem ini ditentukan oleh perencanaan, pemasangan, pemanfaatan, dan pemeliharaan yang sesuai dengan standar keselamatan dan efisiensi energi. Namun, dalam praktiknya, berbagai permasalahan dalam sistem instalasi tenaga listrik industri masih sering terjadi dan dapat berdampak pada kinerja operasional serta keselamatan kerja (Prok et al., 2018; Sepang et al., 2022). Oleh karena itu, sistem instalasi tenaga listrik yang memenuhi Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 menjadi sangat penting untuk memastikan sistem bekerja secara optimal, aman, dan sesuai dengan regulasi yang berlaku (Arifianto et al., 2023; Sultan et al., 2023; Dhiya'Fauzan et al., 2024).

Salah satu permasalahan utama yang sering terjadi dalam instalasi tenaga listrik industri adalah drop voltage atau penurunan tegangan pada sisi beban (Mujiburrahman et al., 2021). Penurunan tegangan ini dapat menyebabkan peralatan listrik bekerja di luar batas operasionalnya, yang dalam jangka panjang dapat mempercepat kerusakan perangkat dan menurunkan efisiensi produksi (Supari et al., 2022). Selain itu, ketidakseimbangan beban (unbalance load) juga menjadi perhatian, karena beban yang tidak seimbang dapat mengakibatkan peningkatan arus netral dan rugi daya yang lebih besar, sehingga mempengaruhi performa transformator dan distribusi tenaga listrik secara keseluruhan (Wicaksono & Wrahatnolo, 2023). Faktor daya yang rendah (low power factor) merupakan masalah lain yang sering dijumpai, di mana konsumsi daya reaktif yang tinggi dapat meningkatkan biaya operasional akibat penalti dari penyedia listrik dan menurunkan efisiensi sistem tenaga Listrik (Hafid, 2024).

Masalah-masalah ini sering ditemukan dalam berbagai industri manufaktur dan pengolahan, terutama yang memiliki beban listrik besar dan beragam. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan faktor daya melalui pemasangan kapasitor bank dapat membantu mengurangi konsumsi daya reaktif (Billahi et al., 2021), sementara pemilihan konduktor dengan kapasitas hantar arus (KHA) yang sesuai dapat meminimalisasi drop voltage dan meningkatkan efisiensi distribusi daya. Namun, dalam beberapa kasus, implementasi solusi ini belum dilakukan secara optimal, sehingga gangguan masih sering terjadi. Penelitian lain oleh Siburian (2024) juga menekankan bahwa kurangnya pemeliharaan rutin dan evaluasi berkala terhadap sistem instalasi listrik sering menjadi penyebab utama ketidaksesuaian dengan standar keselamatan dan efisiensi energi.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan dalam evaluasi sistem tenaga listrik industri, masih terdapat gap penelitian, khususnya dalam penerapan standar PUIL 2011 pada industri tertentu, seperti di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk. Industri ini memiliki sistem tenaga listrik yang cukup kompleks dengan karakteristik beban yang bervariasi, sehingga diperlukan evaluasi menyeluruh untuk mengetahui sejauh mana kesesuaian instalasi yang telah diterapkan dengan standar yang berlaku. Dengan memahami kondisi aktual instalasi tenaga listrik di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk, penelitian ini dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang lebih spesifik dan aplikatif guna meningkatkan keandalan sistem.

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi karena sistem tenaga listrik yang tidak efisien dapat berdampak langsung pada peningkatan biaya operasional, kerusakan peralatan, dan bahkan risiko kebakaran akibat arus lebih dan suhu penghantar yang meningkat. Selain itu, dalam konteks regulasi, penerapan standar PUIL 2011 juga menjadi aspek penting dalam memastikan industri mematuhi peraturan keselamatan listrik yang ditetapkan oleh pemerintah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem instalasi tenaga listrik di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk berdasarkan standar PUIL 2011, dengan harapan dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem serta mengatasi gangguan yang terjadi selama proses distribusi dan pemanfaatan tenaga listrik.

Dari sisi signifikansi akademis, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan terkait penerapan standar PUIL 2011 dalam sistem tenaga listrik industri dan menjadi referensi bagi studi-studi selanjutnya yang berkaitan dengan efisiensi dan keandalan instalasi listrik. Dari sisi signifikansi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang aplikatif bagi PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk dan industri serupa dalam meningkatkan kualitas instalasi tenaga listrik mereka, sehingga dapat mengurangi potensi gangguan, meningkatkan efisiensi energi, dan menekan biaya operasional.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk, yang berlokasi di Kilongan Permai, Luwuk, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah. Perusahaan ini merupakan salah satu unit industri yang beroperasi di bawah naungan Wilmar Group, yang bergerak dalam pengolahan minyak nabati. Sebagai perusahaan industri, PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk memiliki sistem instalasi tenaga listrik yang kompleks dan membutuhkan evaluasi menyeluruh untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011.

2.2 Tahapan Penelitian

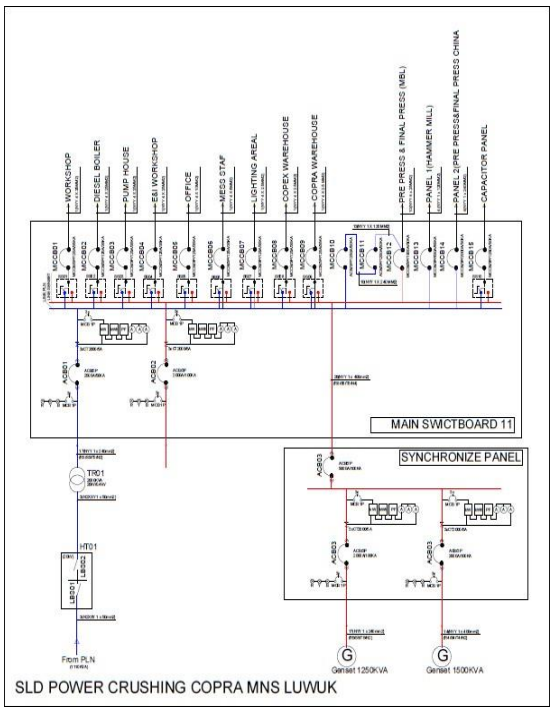
Penelitian ini dilakukan secara bertahap dengan pendekatan evaluatif, yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan dalam sistem instalasi tenaga listrik serta menilai kesesuaiannya dengan standar yang berlaku. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan meliputi studi literatur, identifikasi objek penelitian, pengumpulan data, serta analisis data hasil penelitian.

2.2.1 Studi Literatur

Tahap awal penelitian dilakukan dengan studi literatur untuk memahami teori, standar, dan penelitian sebelumnya terkait sistem instalasi tenaga listrik di sektor industri. Sumber referensi yang digunakan mencakup jurnal ilmiah, buku teks, standar teknis seperti PUIL 2011, serta publikasi terkait sistem distribusi tenaga listrik. Studi literatur ini bertujuan untuk mendapatkan landasan teoretis yang kuat serta meminimalkan potensi kesalahan dalam perhitungan dan analisis pada tahap selanjutnya. Selain itu, dengan melakukan tinjauan terhadap penelitian sebelumnya, dapat diidentifikasi gap penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut dalam konteks instalasi tenaga listrik di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk.

2.2.2 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam studi ini adalah sistem instalasi tenaga listrik di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk, yang mencakup rangkaian utama distribusi listrik dalam industri tersebut. Evaluasi dilakukan pada komponen utama seperti kapasitas hantar arus (KHA) penghantar, pemutus sirkuit (circuit breaker), transformator, serta keseimbangan beban pada sistem distribusi listrik. Struktur sistem tenaga listrik pada perusahaan ini dapat dianalisis lebih lanjut melalui Single Line Diagram (SLD), yang memberikan gambaran umum tentang aliran tenaga listrik dari sumber ke beban, sebagaimana digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Single Line Diagram Power Crushing Copra MNS Luwuk

2.2.3 Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui observasi langsung di lokasi serta wawancara dengan pihak perusahaan, khususnya teknisi listrik yang bertanggung jawab atas operasional sistem tenaga listrik. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Spesifikasi teknis sistem tenaga listrik, termasuk kapasitas penghantar, jenis pemutus sirkuit yang digunakan, dan spesifikasi transformator.
- Kondisi pembebanan, untuk mengevaluasi keseimbangan beban dan potensi drop voltage.
- Pengukuran arus dan tegangan, guna menilai efisiensi distribusi daya dan faktor daya (power factor).
- Data operasional sistem, yang mencakup beban puncak, konsumsi daya reaktif, serta histori gangguan pada sistem tenaga listrik.

2.4 Analisis Data Hasil Penelitian

Data yang telah dikumpulkan kemudian dievaluasi menggunakan metode perhitungan yang mengacu pada standar PUIL 2011. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai parameter teknis aktual dengan standar yang telah ditetapkan dalam regulasi. Beberapa aspek yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi:

- Kesesuaian kapasitas hantar arus (KHA) penghantar dengan beban aktual untuk memastikan bahwa ukuran kabel yang digunakan sesuai dengan standar keamanan dan efisiensi.
- Evaluasi pemutus sirkuit (circuit breaker), untuk memastikan bahwa komponen ini memiliki kapasitas pemutusan yang memadai dalam melindungi sistem dari gangguan arus lebih.
- Analisis keseimbangan beban (load balancing), guna mengidentifikasi kemungkinan distribusi daya yang tidak merata pada sistem tiga fase.
- Evaluasi faktor daya (power factor), untuk menentukan apakah sistem membutuhkan koreksi dengan pemasangan kapasitor bank guna mengurangi konsumsi daya reaktif dan meningkatkan efisiensi energi.
- Perhitungan drop voltage, yang bertujuan untuk memastikan bahwa tegangan yang diterima oleh peralatan tetap berada dalam batas toleransi yang diperbolehkan oleh PUIL 2011.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi instalasi yang dilakukan pada PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk adalah evaluasi sistem tenaga listrik yaitu instalasi daya pada (generator, trafo, circuit breaker, dan motor). Berdasarkan acuan stndar PUIL 2011.

3.1 Generator

Salah satu pembangkitan yang dipakai di PT. Multi Nabati Sulawesi-Luwuk adalah Generator Set dengan kapasitas (PRP) 1500 kVA. Penghantar yang digunakan sebagai ouput Genset ialah kabel NYY 1 ×

400 mm^2 dengan jumlah penghantar per fasanya sebanyak 4 untuk fasa dan 2 untuk netral. CB utama yang digunakan sebagai proteksi & *switching* Genset ialah ACB ABB 3200A.

Tabel 1. Spesifikasi Generator

GENSET 02				
Brand	Cummins			
Standar	ISO 8528			
Model Number	C1675 D5A			
Serial Number				
Manufacturing Order Number				
Year of manufacture	2017			
Genset max mass-wet (kg)	10967			
Controller	PC3.3			
Declared rating	ESP	**PRP**	COP	DOC
Rated power (kVA)	1675	**1500**	-	-
Rated power (kW)	1340	**1200**	-	-
Rated current (A)	2545	**2279**	-	-
Rated voltage (V)	380	**380**	-	-
Rated frequency (Hz)	50	**50**	-	-
Rated power factor	0,8	**0.8**	-	-

Berdasarkan spesifikasi genset maka arus beban yang bisa dipikulnya sebesar:

- Arus Beban Penuh (I_{FLA})

$$I = \frac{S \times 1000}{V \times \sqrt{3} \times Cos\,\varphi}$$
$$= \frac{1200 \times 1000}{380 \times 1{,}73 \times 0.8}$$
$$= \frac{1.200.000}{525.92} = 2281\ A$$

- KHA Penghantar

$$KHA = I_{FLA} \times 125\%$$
$$= 2281 \times 125\%$$
$$= 2851\ A$$

- Circuit Breaker Generator

$$I_{CB} = 115\% \times I_{FLA}$$
$$= 1{,}15 \times I_{FLA}$$
$$= 1{,}15 \times 2281$$
$$= 2623\ A$$

Berdasarkan PUIL 2011, penghantar yang digunakan memiliki kapasitas hantar arus (KHA) sebesar 859 A jika dipasang di udara. Dalam sistem instalasi tenaga listrik yang diteliti, setiap fase menggunakan 4 penghantar paralel, yang berarti kapasitas total arus yang dapat ditanggung oleh setiap fase adalah hasil perkalian antara jumlah penghantar dan kapasitas hantar arus per penghantar, yaitu:

$$KHA_{total} = 859 \times 4 = 3436\ A$$

Dengan kapasitas ini, sistem diharapkan mampu menangani beban listrik yang tinggi tanpa mengalami overloading atau overheating pada penghantar. Selain itu, pemutus sirkuit (circuit breaker, CB) yang digunakan adalah Air Circuit Breaker (ACB) ABB 3200 A, yang memiliki rating arus sebesar 3200 A. Dalam hal ini, CB dipilih sesuai dengan kapasitas hantar arus sistem karena masih berada dalam batas aman.

Jika dibandingkan dengan kapasitas penghantar total sebesar 3436 A, pemutus sirkuit ACB ABB 3200 A masih berada dalam toleransi yang diperbolehkan, karena pemilihan CB umumnya mempertimbangkan margin keamanan sekitar 80%–90% dari kapasitas hantar arus maksimum. Dengan demikian, pemilihan CB ini telah sesuai dengan standar PUIL 2011, yang mengharuskan bahwa CB yang digunakan tidak boleh lebih kecil dari arus maksimum yang mengalir pada sistem.

Namun, meskipun secara teoritis sistem ini memenuhi standar, evaluasi lebih lanjut perlu dilakukan terhadap beberapa aspek teknis lainnya, seperti karakteristik trip CB, pengaturan proteksi arus lebih, dan koordinasi dengan sistem proteksi lainnya, guna memastikan bahwa pemutus sirkuit dapat bekerja optimal dalam kondisi gangguan. Selain itu, analisis lebih lanjut perlu dilakukan terhadap kemungkinan peningkatan

beban di masa depan, agar sistem tetap dapat beroperasi dengan andal tanpa perlu penggantian komponen utama dalam waktu dekat.

3.2 Trafo

PT. MNS Luwuk sendiri menggunakan trafo step-down dengan sisi tegangan primer dan sekunder ialah 20 kV/0,4 kV. Kapasitas trafo sebesar 2000 kVA, impedansi 7% dan jenis pendingin ONAN (oil natural air natural).

Tabel 2 Spesifikasi Trafo PT. MNS-LUWUK

Brand		TRAFINDO			
Phase		3	Serial No.		
Frequency	Hz	50	Year of Manufacture		2012
kVA		2000	Standard		IEC 60076
Volt	HV	20000	Type of Cooling		ONAN
	LV	400	Vector Group		Dyn11
Ampere	HV	57.74	Temp. Rise Oil / Winding	°C	60 / 65
	LV	2886.75	Transformer Oil	Liter	1200
Impedance	%	7.0	Transformer Weight	Kg	4350
Insulation Class		A			
BIL (kV)	HV	L1 125 AC 50 / L1 - AC 3			

Berdasarkan data spesifikasi Trafo diketahui bahwa Trafo yang digunakan memiliki kapasitas (S) 2000 kVA (LV), 400 V, maka arus beban yang bisa dipikulnya sebesar:

- Arus Beban Penuh (I_{FLA})

$$I = \frac{S \times 1000}{V \times \sqrt{3}}$$
$$= \frac{2000 \times 1000}{380 \times 1.73}$$
$$= \frac{2{,}000{,}000}{657{,}4}$$
$$= 3042{,}2\ A$$

3.2.1 KHA Penghantar Trafo

Diketahui bahwa penggunaan KHA ialah kabel NYY 1 × 240 mm^2 sebanyak 5 kabel per phase. memiliki KHA sebesar 612 A (di udara), artinya arus listrik yang dapat dipikul oleh penghantar ini tiap fasanya ialah 5 × 612 A = 3060 A. SOP (berdasarkan hasil wawancara) yang berlaku di perusahaan ini ditetapkan bahwa pembebanan Trafo harus kurang dari 85% arus beban penuh, artinya trafo ini hanya diizinkan memikul arus beban maksimal sebesar:

$$KHA = I_{FLA} \times 85\%$$
$$= 3042{,}2 \times 0{,}85$$
$$= 2585{,}8\ A$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan KHA yang digunakan SESUAI dengan acuan standar PUIL 2011.

3.2.2 Pemakaian Beban Harian

Data record tanggal 17 April 2024 s/d 17 Mei 2024, diketahui bahwa beban tertinggi yang tercatat pada rentang waktu diatas ialah 1558,2 A, dengan kata lain bahwa trafo ini hanya terbebani sekitar:

$$\left(\frac{1558{,}2\ A}{3042{,}2\ A}\right) \times 100 = 0{,}51\ (51\%)$$

Angka 51% ini sesuai dengan yang diharapkan dalam SOP pengoperasian trafo ini tidak melebihi pemakaian 85%. **SESUAI** dengan acuan standar PUIL 2011.

3.2.3 Analisis Pembebanan Trafo

Telah diketahui sebelumnya bahwa arus beban penuh atau Full Load Ampere (I_{FLA}) yang bisa ditangani trafo sebesar 3042,2 A. Kemudian, berdasarkan display power meter pada LVD panel.

(a) (b)

Gambar 2a: Beban Siang Hari

Gambar 2b: Beban Malam Hari

$$I_{siang\ hari} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$= \frac{1437{,}5 + 1428{,}9 + 1409{,}9}{3} = 1425{,}43\ A$$

$$I_{malam\ hari} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$= \frac{1349{,}5 + 1344{,}9 + 1325{,}6}{3} = 1340\ A$$

3.2.4 Persentase Pembebanan Trafo

$$\% = \frac{I_{Rata-Rata}}{I_{FLA}} \times 100$$

Pembebanan trafo pada siang hari :

$$\% = \frac{I_{Rata\ Siang}}{I_{FLA}} = \frac{1425{,}43}{3042{,}2} = 46\%$$

Pembebanan trafo pada malam hari :

$$\% = \frac{I_{Rata\ Malam}}{I_{FLA}} = \frac{1340}{3042{,}2} = 44\%$$

Berdasarkan hasil perhitunga, pembebanan trafo PT. MNS Luwuk baik pada siang hari 46% maupun malam hari 44% artinya ≤ 80. Maka dapat disimpulkan **SESUAI** dengan acuan standar PUIL 2011.

3.2.5 Analisis Persentase Ketidakseimbangan Beban Trafo

$$UL = \frac{(|a-1| + |b-1| + |c-1|}{3} \times 100\%$$

Pada siang hari:

$$a = \frac{I_R}{I} = \frac{1437{,}5}{1425{,}4} = 1.008$$

$$b = \frac{I_S}{I} = \frac{1428{,}9}{1425{,}4} = 1.002$$

$$c = \frac{I_T}{I} = \frac{1409{,}9}{1425{,}4} = 0{,}98$$

$$UL = \frac{(|1{,}008-1| + |1{,}002-1| + |0{,}98-1|)}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{0{,}008 + 0{,}002 + 0{,}02}{3} \times 100\%$$

$$= 0{,}01\ (1\%)$$

Pada malam hari:

$$a = \frac{I_R}{I} = \frac{1349{,}5}{1340} = 1.007$$

$$b = \frac{I_S}{I} = \frac{1344{,}9}{1340} = 1.003$$

$$c = \frac{I_T}{I} = \frac{1325{,}6}{1340} = 0{,}98$$

$$UL = \frac{(|1{,}007-1| + |1{,}003-1| + |0{,}98-1|)}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{0{,}007 + 0{,}003 + 0{,}02}{3} \times 100\%$$

$$= 0{,}01\ (1\%)$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, keseimbangan beban trafo baik pada siang hari maupun malam hari **MASIH MEMENUHI STANDAR** (lebih kecil dari 8% menurut PLN atau lebih kecil dari 5% menurut IEC).

3.3 Panel LVD

3.3.1 Main Circuit Breaker Panel LVD

Pembebanan trafo pada sistem instalasi tenaga listrik di PT. MNS Luwuk harus mengikuti ketentuan yang berlaku, yaitu tidak melebihi 85% dari arus beban penuh trafo. Ketentuan ini bertujuan untuk menjaga efisiensi sistem dan mencegah risiko gangguan akibat overheating atau kelebihan beban yang dapat merusak peralatan listrik. Dengan kapasitas penuh trafo sebesar 2886 A, batas arus maksimum yang diperbolehkan dalam operasionalnya adalah 2453,1 A. Pembatasan ini sejalan dengan prinsip desain sistem kelistrikan yang memperhitungkan faktor keamanan guna menghindari penurunan kinerja trafo serta meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik di lingkungan industri.

Dalam sistem proteksi kelistrikan, pemilihan Circuit Breaker (CB) harus mempertimbangkan kapasitas arus maksimum yang dapat ditangani tanpa menyebabkan trip yang tidak perlu atau merusak peralatan. Sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011, rating CB yang digunakan pada sisi outgoing trafo ke panel LVD harus lebih besar dari arus maksimum yang dapat terjadi dalam kondisi beban penuh, yaitu sekurang-kurangnya 115% dari arus maksimum trafo. Berdasarkan perhitungan, nilai 115% × 2453,1 A menghasilkan 2824,97 A, yang menjadi batas minimal rating CB yang digunakan. Dengan demikian, pemilihan Air Circuit Breaker (ACB) ABB 3200 A sebagai proteksi utama pada sisi outgoing trafo ke panel LVD dapat dikatakan telah memenuhi standar yang berlaku.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa penggunaan CB dengan rating 3200 A memberikan toleransi yang cukup terhadap lonjakan arus sesaat yang mungkin terjadi selama transisi beban atau saat start-up peralatan industri. Hal ini penting karena dalam sistem tenaga listrik industri, variasi beban yang besar sering terjadi, terutama saat motor listrik dan peralatan daya tinggi dihidupkan atau dihentikan. Jika rating CB terlalu kecil, maka sistem dapat mengalami pemutusan listrik yang tidak diinginkan akibat lonjakan arus sesaat. Sebaliknya, jika rating CB terlalu besar, maka proteksi terhadap gangguan arus berlebih menjadi kurang efektif, yang berisiko menyebabkan gangguan lebih lanjut di jaringan kelistrikan.

3.3.2 Kabel Penghantar ke Panel PDP/SDP

Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa arus beban tertinggi yang dipikul dalam panel ini mencapai 950 A. Untuk memastikan distribusi daya yang aman dan andal, kabel penghantar yang digunakan dari panel Low Voltage Distribution (LVD) ke panel Power Distribution Panel (PDP) atau Sub Distribution Panel (SDP) adalah kabel NYY 1 × 240 mm², dengan jumlah tiga kabel untuk masing-masing fasa dan satu kabel untuk netral. Secara keseluruhan, jumlah kabel penghantar yang digunakan untuk ketiga fasa adalah 9 kabel.

Dalam sistem kelistrikan, pemilihan kabel harus mempertimbangkan Kemampuan Hantar Arus (KHA) sesuai standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011, agar dapat menyalurkan arus listrik dengan efisien tanpa mengalami kenaikan suhu berlebih yang dapat menyebabkan kerusakan isolasi atau gangguan kelistrikan. Berdasarkan PUIL 2011, diketahui bahwa KHA satu kabel NYY 240 mm² yang terpasang di udara adalah 612 A. Dengan konfigurasi tiga kabel per fasa, maka kapasitas hantar arus penghantar untuk setiap fasa dihitung sebagai 612 A × 3 = 1836 A.

Menurut standar PUIL 2011, KHA minimum penghantar harus memenuhi persyaratan 1,25 × arus beban tertinggi. Dalam hal ini, 1,25 × 950 A = 1187,5 A. Dengan demikian, penghantar yang digunakan dengan kapasitas total 1836 A per fasa jauh melebihi batas minimum yang disyaratkan. Ini menunjukkan bahwa pemilihan dan konfigurasi penghantar dari panel LVD ke panel PDP/SDP telah sesuai dengan standar PUIL 2011, sehingga sistem kelistrikan dapat beroperasi dengan aman dan efisien.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa penggunaan tiga kabel per fasa tidak hanya memenuhi persyaratan KHA, tetapi juga memberikan keunggulan dalam redundansi dan distribusi panas yang lebih merata. Dalam sistem tenaga listrik industri, distribusi daya dengan beban tinggi sering kali menyebabkan kenaikan suhu pada kabel penghantar. Dengan membagi beban melalui beberapa penghantar paralel, resistansi dan rugi-rugi daya akibat pemanasan dapat diminimalkan. Selain itu, konfigurasi ini juga membantu mengurangi efek impedansi dan jatuh tegangan, yang penting untuk menjaga stabilitas sistem distribusi tenaga listrik di PT. MNS Luwuk.

3.4 Panel PDP/SDP

Dalam sistem distribusi tenaga listrik di PT. MNS Luwuk, pemilihan main circuit breaker (CB) pada panel Power Distribution Panel (PDP) atau Sub Distribution Panel (SDP) merupakan elemen krusial dalam proteksi dan switching daya dari panel Low Voltage Distribution (LVD) ke panel distribusi berikutnya. Diketahui bahwa rating CB utama (MCCB) yang digunakan dalam panel PDP/SDP adalah 1250 A. Untuk memastikan bahwa pemilihan CB ini sesuai dengan standar keselamatan dan keandalan sistem, maka perhitungannya harus mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011.

Menurut PUIL 2011, rating CB harus minimal 115% dari arus beban penuh yang dilayani (IFLA). Dalam sistem ini, arus beban penuh (IFLA) yang dihitung adalah 950 A, sehingga perhitungan rating minimum CB adalah:

1,15×950A=1092,5A

Berdasarkan hasil perhitungan ini, CB yang dipilih dengan rating 1250 A sudah memenuhi dan bahkan melebihi batas minimum yang disyaratkan oleh standar PUIL 2011. Pemilihan MCCB 1250 A ini memberikan beberapa keuntungan utama dalam sistem proteksi kelistrikan.

Pertama, proteksi terhadap beban lebih dan hubung singkat dapat berfungsi dengan lebih optimal. MCCB yang digunakan memiliki kapasitas lebih tinggi dari kebutuhan minimum, sehingga mampu menangani lonjakan arus sesaat yang dapat terjadi saat beban mengalami fluktuasi atau saat motor listrik yang terhubung memulai operasinya. Kedua, margin keamanan sebesar sekitar 14,4% di atas persyaratan minimum (1250 A dibandingkan 1092,5 A) memastikan bahwa CB tidak bekerja dalam kondisi mendekati batas maksimumnya secara terus-menerus, yang dapat meningkatkan umur pakai dan mengurangi risiko kegagalan akibat kelelahan material.

Selain itu, pemilihan CB dengan rating yang lebih besar dari kebutuhan minimum juga mengantisipasi potensi ekspansi beban di masa depan, di mana sistem kelistrikan mungkin mengalami peningkatan daya akibat perubahan kebutuhan operasional. Dengan demikian, PT. MNS Luwuk telah melakukan perencanaan proteksi yang baik, dengan memastikan bahwa CB utama dalam panel PDP/SDP telah sesuai dengan standar PUIL 2011, serta memberikan keandalan dan fleksibilitas dalam operasional sistem distribusi tenaga listrik.

3.5 Kabel Penghantar ke Panel Starting Motor

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, pemilihan kabel penghantar yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi, keandalan, serta keselamatan sistem. Untuk panel Starting Motor di PT. MNS Luwuk, penghantar yang digunakan adalah kabel NYY 4 × 35 mm², yang memiliki kemampuan hantar arus (KHA) sebesar 131 A di udara. Beban utama yang terhubung dengan panel ini adalah motor induksi berdaya 55 kW, yang berdasarkan PUIL 2011, memiliki arus maksimum (IFLA) sebesar 102,3 A.

Sesuai dengan ketentuan PUIL 2011, kapasitas hantar arus minimum yang disyaratkan untuk penghantar listrik adalah 125% dari arus beban penuh motor. Perhitungan batas minimum ini dilakukan dengan rumus:

1,25 × 102,3A = 127,875A

Berdasarkan hasil perhitungan ini, nilai KHA minimum yang disyaratkan adalah 127,875 A, sementara kabel yang digunakan memiliki KHA sebesar 131 A. Dengan demikian, pemilihan kabel NYY 4 × 35 mm² telah memenuhi standar PUIL 2011, karena kapasitas penghantar melebihi batas minimum yang dipersyaratkan.

Dari perspektif teknis, pemilihan kabel dengan KHA yang cukup sangat penting untuk mencegah overheating, penurunan tegangan berlebih, serta memastikan kontinuitas operasional dari motor induksi 55 kW. Jika kabel yang dipilih memiliki kapasitas hantar arus lebih kecil dari nilai minimum yang dipersyaratkan, maka akan terjadi pemanasan berlebih yang berpotensi menyebabkan kerusakan isolasi kabel, gangguan pada motor, atau bahkan kebakaran pada sistem kelistrikan.

Selain itu, pemilihan kabel NYY 4 × 35 mm² juga mempertimbangkan faktor lingkungan, termasuk kondisi instalasi di udara, yang mempengaruhi kapasitas pendinginan penghantar. Dalam kondisi nyata, suhu lingkungan, metode pemasangan, dan ventilasi dapat berdampak pada efektivitas penghantar dalam membuang panas. Oleh karena itu, penggunaan kabel dengan margin keamanan di atas nilai minimum yang disyaratkan (131 A dibandingkan 127,875 A) memberikan keunggulan dalam keamanan dan keandalan sistem distribusi daya.

.6 Circuit Breaker Sumber Panel Starting Motor

Dalam sistem kelistrikan, pemilihan Circuit Breaker (CB) yang sesuai sangat penting untuk memastikan perlindungan terhadap arus lebih, keandalan operasi, serta keamanan peralatan listrik. Salah satu CB yang terdapat di panel PDP adalah CB yang berfungsi sebagai proteksi ke Panel Starting Motor. CB yang digunakan memiliki rating MCCB sebesar 125 A, yang berfungsi untuk melindungi sistem dari arus lebih yang dapat terjadi selama proses starting atau selama motor beroperasi dalam kondisi beban penuh.

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, arus beban penuh (IFLA) dari motor induksi 55 kW adalah 102,3 A. Sesuai dengan ketentuan PUIL 2011, rating CB harus dipilih dengan kapasitas minimal 115% dari arus beban penuh. Perhitungan kapasitas minimum CB berdasarkan standar PUIL 2011 adalah:

ICB = 115% × 102,3A = 117,654A

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa CB yang digunakan harus memiliki kapasitas minimal 117,654 A agar dapat memberikan perlindungan yang efektif tanpa menyebabkan pemutusan yang tidak perlu selama motor beroperasi normal. Dalam hal ini, CB yang dipilih memiliki rating 125 A, yang berarti sudah berada di atas kapasitas minimum yang disyaratkan.

Pemilihan MCCB dengan rating 125 A juga mempertimbangkan arus lonjakan (inrush current) yang terjadi saat motor pertama kali dinyalakan. Pada saat starting, motor induksi dapat mengalami lonjakan arus yang jauh lebih tinggi dari arus beban penuh sebelum stabil dalam kondisi operasional normal. Jika CB yang

digunakan terlalu kecil, maka dapat terjadi pemutusan yang tidak diinginkan saat motor pertama kali dinyalakan, yang berpotensi mengganggu operasional sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, penggunaan MCCB 125 A memberikan margin keamanan yang cukup terhadap lonjakan arus saat start-up, sekaligus tetap memenuhi standar PUIL 2011.

Dari perspektif teknis, MCCB yang digunakan harus memiliki karakteristik proteksi yang sesuai, seperti trip characteristic yang dapat menahan arus lonjakan sesaat tanpa memutus sirkuit secara prematur, tetapi tetap responsif terhadap kondisi arus lebih yang berpotensi merusak sistem. Selain itu, pemilihan MCCB 125 A juga memperhitungkan faktor keandalan proteksi, yang harus mampu mendeteksi dan memutus arus lebih dengan cepat guna mencegah kerusakan isolasi kabel, overheating, serta risiko kebakaran dalam sistem distribusi tenaga listrik.

.7 Motor Dan Panel Startingnya

Arus maksimum electromotor ini ialah 102,3 A pada tegangan 380 volt. Rangkaian starting electromotor ialah Star/Delta. Kabel yang digunakan sebagai output ke electromotor ialah kabel NYY 4 × 25 mm^2 dan CB proteksi yang terpasang di panel SSDP panel ialah MCCB ABB 125 A. KHA kabel NYY 4 × 25 mm^2 yaitu sebesar 106 A.

Tabel 3. Spesifikasi Motor & Panel Startingnya

MOTOR 55 KW, 985 RPM		PANEL STARTER MOTOR 55 KW			
Brand:	ELECTRIM	Starter Type:	Star-Delta		
Power (kW):	55	Setting TOR:	50 A		
Speed (RPM):	985	Setting TDR:	5 second		
Voltage (V):	380				
Frequency (Hz):	50	**Device**	**Brand**	**Type**	**Rated**
Pf:	0.87	Main Contactor	ABB	AX95-30	96 A
Efficiency Class:	IE2	Star Contactor	ABB	AX75-30	75 A
Maximum Current (A):	102.3	Delta Contactor	ABB	AX95-30	96 A
Class Insu.:	F	TOR	ABB	TA75DU-63	45-63 A
IP Rating:	55	TDR	OMRON	H3CR-A8	250 VAC
Frame Size:	280	CT	CIG	ICY-3	150/5
Weight (Kg):	615	Ammeter	CIG	96 X 96	150/5

- Arus Sisi Delta

$$lmd = \frac{I_{FLA}}{\sqrt{3}} = \frac{102,3}{1.73} = 59,1\ A$$

- KHA Penghantar Motor

$$KHA = 125\% \times I_{FLA} = 1,25 \times 102,3 = 127,8\ A$$

- Circuit Breaker Motor

$$I_{CB} = 115\% \times I_{FLA} = 1,15 \times 102,3 = 117,6\ A$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan mengacu pada standar PUIL 2011, dapat disimpulkan bahwa kemampuan hantar arus (KHA) dari penghantar kabel yang digunakan tidak sesuai dengan standar yang berlaku. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas penghantar yang digunakan tidak mencukupi untuk menopang arus beban secara aman dan dapat berpotensi menyebabkan overheating, penurunan efisiensi, serta risiko gangguan sistem kelistrikan. Pemilihan kabel yang tidak sesuai dengan KHA minimum dapat mengakibatkan isolasi kabel mengalami degradasi lebih cepat, meningkatkan risiko hubung singkat (short circuit), serta berpotensi menyebabkan kebakaran jika dibiarkan dalam jangka waktu lama.

Di sisi lain, berdasarkan perhitungan yang sama, dapat dikonfirmasi bahwa MCCB yang digunakan telah sesuai dengan standar PUIL 2011. MCCB yang dipilih memiliki rating arus yang cukup untuk memberikan proteksi terhadap beban, sekaligus memastikan sistem dapat berjalan dengan aman tanpa mengalami pemutusan yang tidak diperlukan. Dengan kata lain, MCCB mampu bekerja secara optimal dalam melindungi sistem kelistrikan dari kondisi arus lebih, tanpa mengganggu kontinuitas operasi panel dan peralatan yang terhubung.

Selain analisis terhadap penghantar dan MCCB, berdasarkan grafik tegangan tembus minyak jarak yang telah dianalisis, diketahui bahwa nilai tegangan tembus yang diukur telah melewati batas syarat yang

ditentukan, sesuai dengan standar isolasi cair transformator yang diatur dalam SPLN 49-1:1982, yaitu lebih dari 30 kV. Tegangan tembus merupakan indikator penting dalam menilai kualitas minyak isolasi transformator, di mana semakin tinggi nilai tegangan tembus, semakin baik kemampuan minyak dalam menahan tegangan listrik tanpa mengalami kegagalan dielektrik.

Dalam hal ini, hasil pengujian menunjukkan bahwa minyak jarak memiliki karakteristik isolasi yang memadai untuk digunakan sebagai alternatif minyak isolasi dalam transformator. Kemampuan minyak jarak dalam memenuhi standar tegangan tembus yang dipersyaratkan menunjukkan bahwa minyak ini dapat berfungsi secara efektif dalam menjaga stabilitas operasi transformator, mengurangi risiko kegagalan isolasi, serta memastikan kinerja transformator tetap optimal dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, meskipun KHA penghantar kabel yang digunakan tidak sesuai dengan standar PUIL 2011, pemilihan MCCB telah memenuhi standar yang berlaku, sehingga tetap memberikan perlindungan yang memadai bagi sistem. Selain itu, berdasarkan pengujian minyak jarak, dapat disimpulkan bahwa minyak ini telah memenuhi standar isolasi cair transformator, yang berarti dapat digunakan sebagai alternatif bahan isolasi dalam sistem tenaga listrik.

4 KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan dengan mengacu pada standar PUIL 2011 dan SPLN 49-1:1982, dapat disimpulkan bahwa sistem kelistrikan yang diterapkan oleh PT. MNS Luwuk sebagian besar telah memenuhi standar yang berlaku, terutama dalam aspek proteksi sistem dengan pemilihan MCCB yang sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme pengamanan terhadap arus lebih dan gangguan listrik telah diterapkan dengan baik, sehingga risiko kegagalan sistem dapat diminimalkan. Namun, terdapat beberapa aspek yang masih memerlukan perhatian lebih lanjut, terutama dalam kapasitas hantar arus (KHA) penghantar kabel, yang dalam beberapa bagian tidak sesuai dengan ketentuan standar. Hal ini dapat berdampak pada efisiensi dan keamanan sistem tenaga listrik dalam jangka panjang, terutama dalam mencegah overheating dan potensi gangguan pada jaringan distribusi.

Selain itu, pengujian terhadap minyak jarak sebagai bahan isolasi cair transformator menunjukkan bahwa tegangan tembusnya telah memenuhi standar SPLN 49-1:1982, dengan nilai di atas 30 kV. Hal ini mengindikasikan bahwa minyak jarak memiliki potensi sebagai alternatif bahan isolasi cair yang dapat digunakan dalam sistem tenaga listrik, terutama dalam upaya mengembangkan material yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa meskipun sistem proteksi dan pemilihan bahan isolasi telah sesuai dengan standar, optimasi ukuran penghantar kabel serta evaluasi terhadap faktor lingkungan dan beban aktual masih perlu dilakukan untuk memastikan keandalan dan efisiensi sistem tenaga listrik yang lebih baik. Dengan demikian, perbaikan terhadap aspek-aspek teknis ini dapat meningkatkan kualitas infrastruktur kelistrikan, memastikan stabilitas pasokan daya, serta memperpanjang umur peralatan listrik yang digunakan.

4.2 Saran/Rekomendasi

Sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai pemilihan ukuran kabel yang lebih optimal, dengan mempertimbangkan kapasitas arus yang sesuai dengan kebutuhan beban aktual serta faktor koreksi lingkungan. Selain itu, pengujian lebih lanjut terhadap karakteristik minyak jarak dalam berbagai kondisi operasi, termasuk pengaruh suhu tinggi dan paparan beban jangka panjang, dapat menjadi fokus penelitian selanjutnya guna memastikan keandalan minyak ini sebagai alternatif isolasi transformator dalam jangka panjang. Studi lebih mendalam juga dapat dilakukan terhadap efisiensi proteksi MCCB dalam berbagai kondisi gangguan, seperti arus lebih dan hubungan arus pendek, untuk meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan. Dengan adanya penelitian lanjutan, diharapkan sistem tenaga listrik dapat terus dikembangkan ke arah yang lebih aman, efisien, dan berkelanjutan.

REFERENSI

Arifianto, T., Akhwan, A., Sunardi, S., Sunaryo, S., Feryando, D. A., Arifidin, M. A. A., ... & Moonlight, L. S. (2023). Pelatihan Instalasi Listrik Tegangan Rendah untuk Instalasi Listrik Bangunan Sederhana Bagi SMK Negeri 1 Wonoasri Madiun. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *4*(5), 11264-11271.

Billahi, W. A., Haryudo, S. I., & Kartini, U. T. (2021). Analisis perubahan nilai faktor daya terhadap pemasangan kapasitor bank pada unit boiler pusat pengembangan sumber daya manusia minyak dan gas bumi cepu. *Jurnal Teknik Elektro*, *10*(2), 497-505.

Dhiya'Fauzan, I., Arysham, P. P., Al Farhan, S., Aji, A. D., & Nadhiroh, N. (2024, September). Analisis Kondisi Eksisting Instalasi Listrik Balai RW 03 Beji Timur sesuai Standardisasi Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). In *Seminar Nasional Teknik Elektro* (Vol. 10, No. 1, pp. 111-118).

Hafid, A. (2024). Rancang Bangun Modul Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Instrumen KWS-AC301. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, *2*(1), 88-98.

Mujiburrahman, M., Joko, J., Suprianto, B., & Kartini, U. T. (2021). Analisis Tegangan Jatuh (Drop Voltage) Pada Unit Boiler Di PPSDM Migas Cepu Menggunakan Etap 12.6. 0. *Jurnal Teknik Elektro*, *10*(3), 757-768.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). *DirJen Ketenagalistrikan*, *2011*(PUIL), 1–133.

Prok, A. D., Tumaliang, H., & Pakiding, M. (2018). Penataan dan pengembangan instalasi listrik fakultas teknik UNSRAT 2017. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, *7*(3), 207-218.

Qodariah, L., & Nurjihadi, M. (2024). Pengaruh Sektor-Sektor Ekonomi Prioritas dan Variabel Demografis Terhadap Konsumsi Energi Listrik di Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Journal of Macroeconomics and Social Development*, *1*(3), 1-14.

Sapthu, A. (2023). Listrik Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Provinsi Maluku. *Jurnal Cita Ekonomika*, *17*(2), 199-207.

Sepang, O. H., Tumaliang, H., & Tulung, N. M. (2022). Penataan Instalasi Listrik Dan Besar Daya Di Ruangan Tertentu Dalam Rangka Kondisi Covid-19 Di Gedung Rs. Kinapit Kotamobagu.

Siburian, W. R. P. (2024). Analisa Gangguan Transformator Distribusi di PT. PLN (Pesero) P3B Sumatra UPT Pematang Siantar.

Sulistianto, I. (2024). PELAYANAN LISTRIK OLEH PLN DARI SUDUT PANDANG IBADAH DALAM PERSPEKTIF ISLAM. *Jurnal Multidisiplin Inovatif*, *8*(11).

Sultan, S., Al Sasongko, S. M., Nrartha, I. M. A., Kanata, B., Ginarsa, I. M., & Mulyono, A. B. (2023). PELATIHAN PERENCANAAN DAN PEMASANGAN INSTALASI LISTRIK YANG AMAN BERDASARKAN PUIL 2011 (SNI 0225: 2011) UNTUK BANGUNAN BAGI MASYARAKAT DESA JELANTIK, KECAMATAN JONGGAT, KABUPATEN LOMBOK TENGAH. *Jurnal Bakti Nusa*, *4*(1), 9-18.

Supari, S., Satria, P., Syndu, Y. P., & Lantar, B. A. (2022). Optimalisasi Listrik Tenaga Surya Dalam Mobilitas Perahu (Metode Dan Analisanya).

Wicaksono, G. S., & Wrahatnolo, T. (2023). Evaluasi Ketidakseimbangan Beban pada GTT 20kV terhadap Arus Netral dan Rugi Daya. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, *5*(2), 172-178.