

Electrical System Compliance for Building Function Worthiness Certificate (SLF): A Case Study of Pasar Semeru Mojokerto

Kelaikan Sistem Elektrikal dalam Pemeriksaan Sertifikat Laik Fungsi (SLF): Studi Kasus Pasar Semeru Mojokerto

Ahmad Zidan Farrel Alfaiz¹, Izza Anshory²
izzaanshory@umsida.ac.id, a.zidan.farrel@gmail.com

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *This study assesses the compliance of the electrical system as part of the Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) inspection required for a Building Function Worthiness Certificate (Sertifikat Laik Fungsi/SLF), using Pasar Semeru Mojokerto, managed by PT. Panen Surya Kencana, as a case study. A descriptive-evaluative case study approach was applied to field inspection data covering the 555 kVA PLN medium-voltage supply, a 630 kVA step-down transformer, low- and sub-distribution panels, cable-breaker coordination, capacitor bank, generator set, grounding system, and lightning protection. Results show that the 555/630 ratio (88.10%) represents the contracted supply capacity relative to the transformer rating, not the actual loading percentage, since full-load testing had not been conducted due to the unavailability of test loads. Grounding resistance values at all measured points met the recommended thresholds, and cable-breaker coordination at all distribution points, including the pump sub-panel, was found adequate. The electrical system is assessed as function-worthy (laik fungsi), with recommendations limited to adding grounding bonding to panel doors and conducting periodic inspection of the electrical installation.*

Keywords - Electrical System; Grounding; MEP Inspection; SLF; Transformer

Abstrak. *Penelitian ini mengkaji kelaikan sistem elektrikal sebagai bagian dari pemeriksaan Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) yang menjadi salah satu prasyarat Sertifikat Laik Fungsi (SLF), dengan studi kasus Pasar Semeru Mojokerto yang dikelola oleh PT. Panen Surya Kencana. Pendekatan deskriptif-evaluatif berbasis studi kasus diterapkan pada data pemeriksaan lapangan yang mencakup sumber PLN tegangan menengah 555 kVA, transformator step-down 630 kVA, panel distribusi utama dan sub-distribusi, koordinasi kabel-pengaman, capacitor bank, generator set, sistem grounding, dan sistem penyalur petir. Hasil kajian menunjukkan rasio 555/630 (88,10%) merupakan perbandingan kapasitas suplai kontraktual terhadap kapasitas nominal transformator, bukan persentase pembebanan aktual, karena pengujian beban penuh belum dapat dilakukan akibat belum tersedianya beban uji. Nilai resistansi grounding pada seluruh titik pengukuran memenuhi ambang yang direkomendasikan, dan koordinasi kabel-pengaman pada seluruh titik distribusi, termasuk SDP Distribusi Pompa, dinyatakan telah memadai. Sistem elektrikal dinyatakan laik fungsi, dengan rekomendasi terbatas pada penambahan grounding pada pintu panel dan pelaksanaan pengecekan berkala terhadap instalasi listrik.*

Kata Kunci - Sistem Elektrikal; Grounding; Pemeriksaan MEP; SLF; Transformator.

I. PENDAHULUAN

Bangunan gedung dengan fungsi komersial berskala besar bergantung pada keandalan sistem Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) untuk menjamin keselamatan penggunaannya. Di antara ketiga subsistem tersebut, sistem elektrikal menempati posisi paling kritis dari sisi risiko, karena kegagalannya dapat memicu kebakaran maupun sengatan listrik. Data yang dihimpun media nasional menunjukkan korsleting listrik sebagai salah satu penyebab dominan kebakaran gedung di Indonesia [1], sehingga pemeriksaan kelaikan sistem elektrikal secara berkala menjadi kebutuhan yang tidak dapat ditunda.

Sertifikat Laik Fungsi (SLF) adalah dokumen resmi yang menyatakan bahwa suatu bangunan gedung telah memenuhi persyaratan keandalan sebelum dapat dimanfaatkan, sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 [2]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa parameter teknis kelistrikan-instalasi listrik, panel, genset, dan penyalur petir-merupakan bagian dari pemeriksaan berkala yang menjadi prasyarat penerbitan SLF [3], [4]. Studi mengenai kriteria laik fungsi sistem kelistrikan pada bangunan bertingkat telah dilakukan pada objek gedung asrama [4], namun kajian yang secara eksplisit membedakan kapasitas kontraktual suplai PLN dari kapasitas nominal transformator terpasang-dan menegaskan bahwa rasio keduanya bukan representasi pembebanan aktual-masih jarang ditemukan pada literatur sejenis.

Studi kasus penelitian ini adalah Pasar Semeru Mojokerto yang dikelola oleh PT. Panen Surya Kencana, dengan data pemeriksaan MEP lapangan yang mendokumentasikan kondisi sumber PLN, transformator, panel distribusi, genset, grounding, dan penyalur petir. Kesenjangan (gap) penelitian terletak pada kebutuhan analisis kuantitatif yang

membedakan tegas kapasitas kontraktual, kapasitas peralatan, dan pembebanan aktual, mengingat laporan pemeriksaan menyatakan eksplisit bahwa pengujian beban penuh belum dapat dilakukan karena belum tersedianya beban uji. Penelitian ini bertujuan menganalisis kelaikan sistem elektrik objek studi berdasarkan data pemeriksaan lapangan, dibandingkan terhadap standar dan regulasi yang berlaku, serta merumuskan temuan dan rekomendasi teknis. Kontribusi penelitian ini adalah kerangka analisis kuantitatif yang dapat direplikasi untuk kajian kelaikan elektrik bangunan gedung sejenis.

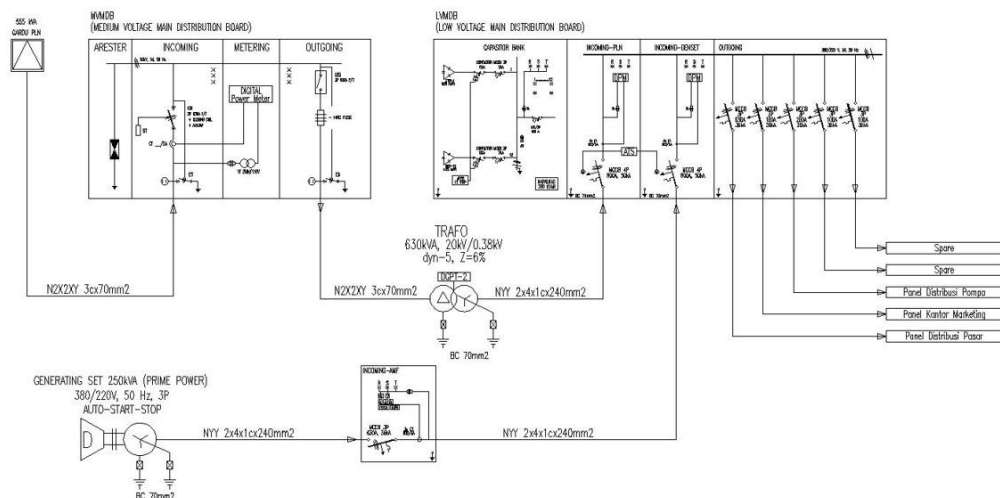
II. METODE

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-evaluatif berbasis studi kasus pada Pasar Semeru Mojokerto, Jl. Semeru 101-121, Kelurahan Balongsari, Kecamatan Magersari, Kota Mojokerto. Data primer berupa hasil pemeriksaan lapangan (pengukuran resistansi grounding, thermography, arus dan tegangan panel, observasi visual) dan data sekunder berupa gambar Single Line Diagram (SLD) as-built serta spesifikasi teknis peralatan, keduanya bersumber dari dokumen "Hasil Pemeriksaan MEP - PT. Panen Surya Kencana - Pasar Semeru Mojokerto" [5]. Penelitian ini tidak melakukan pengukuran ulang independen, melainkan menganalisis data yang telah tersedia. Analisis data dilakukan melalui: (a) ekstraksi dan tabulasi data kuantitatif; (b) perhitungan teknis menggunakan persamaan arus tiga fasa, rasio kapasitas, dan persentase ketidakseimbangan beban; (c) perbandingan hasil terhadap standar dan regulasi (PUIL 2020, IEC 60076-2, IEEE, SPLN, NFPA); dan (d) penentuan status kelaikan tiap komponen berdasarkan kesesuaiannya terhadap standar acuan tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Profil dan Kapasitas Sistem Kelistrikan

Arsitektur distribusi tenaga listrik mengikuti pola: PLN 20 kV → kubikel tegangan menengah (Schneider Electric, incoming IM-IAC12.5, outgoing DM1-A-IAC12.5) → transformator step-down 630 kVA (20 kV/0,38 kV) → LVMDP (dilengkapi capacitor bank dan incoming genset melalui ATS) → SDP Distribusi Pasar, SDP Kantor, dan SDP Distribusi Pompa, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pasar Semeru Mojokerto tercatat sebagai pelanggan PLN tegangan menengah dengan daya terpasang 555 kVA. Berdasarkan persamaan arus tiga fasa:



Gambar 1. Single Line Diagram (SLD) sistem kelistrikan Pasar Semeru Mojokerto

$$I = S / (\sqrt{3} \times V) \quad (1)$$

Arus sisi primer 20 kV yang berkorespondensi dengan daya terpasang PLN dihitung sebesar $I_{PLN} = 555.000 / (\sqrt{3} \times 20.000) \approx 16,02$ A. Nilai ini merepresentasikan batas arus kontraktual, bukan arus beban aktual, karena laporan menyatakan eksplisit bahwa "untuk beban penuh saat ini belum bisa diketahui, dikarenakan masih belum ada beban uji".

B. Kapasitas Transformator dan Rasio Suplai PLN

Transformator distribusi berkapasitas nominal 630 kVA, tegangan primer 20.000 V (Delta) dan sekunder 400 V (Star), pendingin ONAN, konfigurasi dyn-5 dengan impedansi hubung singkat $Z=6\%$. Perlu dicatat inkonsistensi dokumentasi: tabel spesifikasi mencantumkan "2000 KVA", berbeda dari 630 kVA yang konsisten muncul pada SLD dan tabel pemeriksaan; sesuai prinsip kehati-hatian, inkonsistensi ini diidentifikasi-bukan dihapus-dan direkomendasikan diverifikasi terhadap nameplate fisik. Analisis berikut menggunakan 630 kVA karena konsisten dengan hasil pengukuran arus.

Menggunakan Persamaan (1), arus nominal primer $I = 630.000/(\sqrt{3} \times 20.000) \approx 18,19$ A, sesuai hasil pengukuran lapangan (18,19 A). Arus nominal sekunder $I = 630.000/(\sqrt{3} \times 400) \approx 909,66$ A, mendekati hasil lapangan 909,32 A (selisih <0,1%). Kesesuaian ini memperkuat keyakinan bahwa 630 kVA adalah kapasitas transformator yang benar. Persentase kapasitas suplai PLN terhadap kapasitas transformator:

$$\text{Persentase} = (555 / 630) \times 100\% = 88,10\% \quad (2)$$

Angka 88,10% menunjukkan margin kapasitas fisik transformator di atas daya kontrak PLN, BUKAN persentase pembebanan aktual, karena pembilangnya adalah batas kontraktual suplai, bukan daya yang diserap beban pada waktu tertentu. Pengukuran termal (thermography) menunjukkan suhu maksimum 44,4°C, jauh di bawah batas titik panas maksimum 98°C untuk transformator ONAN menurut IEC 60076-2 [6]. Grounding transformator (skema TN-C-S) terukur 1,48 Ω, kondisi fisik dan minyak isolasi dinyatakan baik. Dokumentasi kondisi fisik transformator, hasil thermography, dan hasil pengukuran grounding ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Kondisi fisik transformator, hasil thermography (44,4°C), dan hasil pengukuran grounding transformator (1,48 Ω)

C. Panel Distribusi dan Koordinasi Proteksi Kabel-Pengaman

Prinsip koordinasi proteksi mensyaratkan rating alat pengaman lebih kecil atau sama dengan Kemampuan Hantar Arus (KHA) kabel yang diamankan, sesuai SNI IEC 0225 (PUIL) 2020 [7]. Tabel I merangkum data kabel-pengaman pada titik-titik distribusi utama.

Tabel 1. Data Kabel dan Koordinasi Proteksi

Titik	Kabel	KHA (A)	Pengaman	Status
LVMDP	YYY 2x4x1x240mm ²	4.896	MCCB 800A	Margin lebar
SDP Distribusi	YYY 1x300mm ²	707	MCCB 500A	Memadai
SDP Kantor	YYY 4x16mm ²	105	MCB 32A	Memadai
SDP Pompa	YYY 4x50mm ²	159	MCB 160A	Memadai
Genset	YYY 4x240mm ²	2.448	MCCB 800A	Margin lebar

Pada SDP Distribusi Pompa, rating pengaman (MCB 160 A) berada pada rentang yang sesuai terhadap KHA kabel yang dilaporkan (159 A), dan hasil pemeriksaan lapangan menyatakan kondisi ini "layak dan sesuai", sejalan dengan hasil pemeriksaan pada seluruh titik distribusi lainnya yang juga menunjukkan margin proteksi memadai hingga lebar. Dengan demikian, seluruh titik kabel dan pengaman pada sistem distribusi dinyatakan memenuhi ketentuan koordinasi proteksi sesuai PUIL 2020 [7]. Catatan yang perlu ditindaklanjuti adalah ketiadaan grounding pada pintu panel LVMDP dan SDP Distribusi, yang bersifat administratif-preventif dan direkomendasikan untuk dilengkapi guna memastikan kontinuitas potensial bumi pada bagian yang dapat tersentuh operator saat panel dibuka. Dokumentasi kabel dan pengaman SDP Distribusi Pompa, unit generator set, serta hasil pengukuran grounding LVMDP (0,28 Ω) dan SDP Distribusi (0,028 Ω) ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kabel dan pengaman SDP Distribusi Pompa, unit generator set, hasil pengukuran grounding LVMDP (0,28 Ω), dan grounding SDP Distribusi (0,028 Ω)

Sebagai bagian dari panel LVMDP, terpasang satu unit capacitor bank berkapasitas total 300 kVAR dengan konfigurasi 12 tingkat (step) @25 kVAR, berfungsi untuk kompensasi daya reaktif secara otomatis (automatic

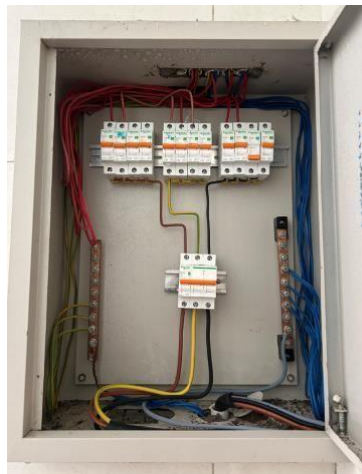
power factor correction) sesuai kebutuhan beban. Instalasi panel capacitor bank dinyatakan cukup rapi, dan kondisi indikator power factor (PF) dinyatakan baik, meskipun hasil pembacaannya belum dapat ditampilkan pada saat pemeriksaan karena kondisi beban yang belum representatif. Standar SPLN 70-1 menetapkan ambang faktor daya minimum sebesar $>0,85$ sebagai acuan bagi pelanggan PLN tegangan menengah [13]. Dokumentasi fisik panel capacitor bank dan indikator PF ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Panel capacitor bank 300 kVAR (12 step @25 kVAR) dan indikator power factor (PF) pada LVMDP

D. Ketidakseimbangan Beban pada SDP Panel Kantor

Hasil pengukuran arus pada Panel Kantor menggunakan clamp ampere: R=1,93 A, S=1,44 A, T=1,17 A. Kondisi panel SDP Panel Kantor tempat dilakukan pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4. Ketidakseimbangan dihitung dengan metode deviasi maksimum terhadap rata-rata:



Gambar 4. Kondisi panel SDP Panel Kantor tempat dilakukan pengukuran arus dan tegangan

$$\% \text{ Ketidakseimbangan} = (\text{Deviasi maks.} / \text{Rata-rata}) \times 100\% \quad (3)$$

Rata-rata arus = 1,513 A; deviasi maksimum pada fasa R = 0,417 A, sehingga persentase ketidakseimbangan arus $\approx 27,5\%$, melampaui ambang 20% yang diacu pada pemeriksaan LVMDP (IEEE No. 446/1980) [8]. Namun demikian, nilai absolut arus sangat kecil (<2 A per fasa) membuat persentase sangat sensitif terhadap selisih absolut yang kecil, dan data hanya berasal dari satu titik ukur pada kondisi beban ringan yang belum representatif. Ketidakseimbangan tegangan antar fasa dihitung dengan metode yang sama menghasilkan $\approx 1,6\%$, jauh di bawah ambang umum $\pm 2-5\%$. Kajian ini secara tegas tidak menggeneralisasi kondisi satu titik ukur ini sebagai representasi ketidakseimbangan beban pada skala sistem gedung, sejalan dengan kehati-hatian yang direkomendasikan pada studi ketidakseimbangan beban transformator distribusi [9], [10].

E. Sistem Grounding dan Penyalur Petir

Rekapitulasi resistansi grounding: transformator 1,48 Ω , LVMDP 0,28 Ω , SDP Distribusi 0,028 Ω , dan penyalur petir 0,58 Ω serta 0,50 Ω pada dua titik. Seluruh nilai berada di bawah ambang yang umum diacu untuk sistem pentanahan peralatan maupun penyalur petir [11]. Sistem penyalur petir bertipe elektrostatis, 2 titik, radius masing-masing 150 m, sesuai ketentuan Permenaker No. PER.02/MEN/1989 jo. Permenaker No. 31 Tahun 2015

[12]. Dokumentasi terminal penyalur petir elektrostatik dan hasil pengukuran resistansi pentanahan pada kedua titik ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai resistansi rendah merupakan syarat perlu, namun efektivitas proteksi turut bergantung pada kontinuitas jalur grounding hingga ke bagian konduktif terbuka peralatan, termasuk pintu panel yang pada beberapa titik belum di-bonding secara eksplisit.



Gambar 5. Terminal penyalur petir elektrostatik dan hasil pengukuran resistansi pentanahan pada titik 1 (0,58 Ω) dan titik 2 (0,50 Ω)

F. Evaluasi Kelaikan dan Rekomendasi

Berdasarkan Tabel I dan hasil pembahasan pada Bagian A hingga E, seluruh parameter kapasitas dasar, kondisi fisik peralatan, koordinasi kabel-pengaman, dan resistansi grounding pada sistem elektrikal Pasar Semeru Mojokerto memenuhi standar dan regulasi acuan. Tabel II merangkum rekomendasi tindak lanjut yang bersifat administratif-preventif.

Tabel 2. Rekomendasi Tindak Lanjut

Rekomendasi	Keterangan
Penambahan grounding pada pintu panel	LVMDP dan SDP Distribusi, guna memastikan kontinuitas potensial bumi pada bagian yang dapat tersentuh operator
Pengecekan berkala instalasi listrik	Pemeriksaan rutin secara menyeluruh untuk menjaga keandalan sistem kelistrikan

Berdasarkan Tabel I dan II, sistem elektrikal Pasar Semeru Mojokerto dinyatakan laik fungsi: parameter kapasitas dasar, kondisi fisik peralatan, koordinasi kabel-pengaman pada seluruh titik distribusi termasuk SDP Distribusi Pompa, dan resistansi grounding seluruhnya memenuhi standar acuan. Rekomendasi tindak lanjut yang diperlukan bersifat administratif-preventif, yaitu penambahan grounding pada pintu panel dan pengecekan berkala terhadap instalasi listrik.

IV. KESIMPULAN

Kajian ini menyimpulkan bahwa kapasitas suplai PLN (555 kVA) dan kapasitas nominal transformator (630 kVA) merupakan besaran yang berbeda secara definitif; rasio 88,10% di antara keduanya adalah perbandingan kapasitas kontraktual terhadap kapasitas terpasang, bukan indikator pembebanan aktual, karena pengujian beban penuh belum dapat dilakukan akibat belum tersedianya beban uji. Sistem elektrikal Pasar Semeru Mojokerto dinyatakan laik fungsi: seluruh aspek kapasitas dasar, kondisi fisik peralatan, koordinasi kabel-pengaman pada seluruh titik distribusi termasuk SDP Distribusi Pompa, dan resistansi grounding di seluruh titik pemeriksaan memenuhi standar acuan. Rekomendasi tindak lanjut yang diperlukan bersifat administratif-preventif dan terbatas pada dua hal, yaitu penambahan grounding pada pintu panel dan pelaksanaan pengecekan berkala terhadap instalasi listrik, guna mendukung penerbitan SLF oleh Pemerintah Daerah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Panen Surya Kencana atas ketersediaan data hasil pemeriksaan MEP Pasar Semeru Mojokerto yang digunakan sebagai studi kasus dalam penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing lapangan, teknisi, serta seluruh pihak di CV. Utama Mandala Konsultan yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan bantuan selama pelaksanaan PKL serta proses pengumpulan data. Selain itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, khususnya dosen pembimbing PKL, atas arahan, masukan, dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan hingga penyusunan artikel ini.

Penulis berharap artikel ini dapat memberikan manfaat serta menjadi tambahan referensi dalam memahami proses kelaikan fungsi sistem instalasi kelistrikan bangunan gedung, khususnya terkait persyaratan untuk mendukung penerbitan SLF oleh pemerintah.

REFERENSI

- [1] CNN Indonesia, "17.768 Kebakaran di 2021, 5.274 di Antaranya Akibat Korsleting," CNN Indonesia, 1 Maret 2022.
- [2] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung.
- [3] M. S. Arifin, D. A. Mulyana, Rasiwan, dan Rizal, "Analisa Pelaksanaan Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung Rusunawa Politeknik Negeri Pontianak," *Retensi: Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, 2022.
- [4] A. R. Tinofa dan A. Goeritno, "Kriteria Laik Fungsi Sistem Kelistrikan untuk Bangunan Bertingkat pada Gedung Asrama Sekolah Tinggi Transportasi Darat," *Jurnal Teknik Elektro (JUTEKS)*, Universitas Ibn Khaldun Bogor.
- [5] PT. Panen Surya Kencana, "Dokumen Hasil Pemeriksaan MEP - Pasar Semeru Mojokerto," dokumen internal perusahaan, tidak dipublikasikan.
- [6] International Electrotechnical Commission, IEC 60076-2: Power Transformers - Part 2: Temperature Rise for Liquid-Immersed Transformers, Geneva: IEC.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, SNI IEC 0225 (seri): 2020, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020, Jakarta: BSN, 2020.
- [8] Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Std 446 (Orange Book): Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications.
- [9] Z. Syaroni dan T. Rijanto, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi 20 kV dan Solusinya pada Jaringan Tegangan Rendah," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, doi: 10.26740/jte.v8n1, 2018.
- [10] A. Tanjung, "Analisis Sistem Pentanahan Transformator Distribusi di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri (SITEKIN)*, vol. 12, no. 2, hlm. 292-299, doi: 10.24014/sitekin.v12i2.920, 2015.
- [11] Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Std 142: Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (Green Book).
- [12] Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor PER.02/MEN/1989 tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir, sebagaimana diubah dengan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 31 Tahun 2015.
- [13] PT PLN (Persero), SPLN 70-1: Spesifikasi Kapasitor Daya Tegangan Rendah dan Menengah.
- [14] J. Fangrat, K. Kaczorek-Chrobak, and B. K. Papis, "Fire behavior of electrical installations in buildings," *Energies*, vol. 13, no. 23, Art. no. 6433, 2020, doi: 10.3390/en13236433.
- [15] K. R. A. Setyawan, I. G. N. Janardana, and N. P. S. Utama, "Analisis sistem pembumian untuk mengamankan instalasi listrik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana Jimbaran Bali," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 2, 2018, doi: 10.24843/MITE.2018.v17i02.P05.