



Analisis Kebutuhan Sistem Penyalur Petir pada Gedung Pertolongan Kecelakaan Pesawat di Bandar Udara Nusawiru

Mario Claudio Steven Ohoitumur¹ Ahmad Kosasih² Rafi Maulana Prasetyawan³

Program Studi D.IV Teknik Listrik Bandara, Jurusan Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Banten, Indonesia^{1,2,3}

Email: marioclaudio273@gmail.com¹ kosasih.curug@gmail.com²
rafiprasetyawan@ppicurug.ac.id³

Abstrak

Gedung Pertolongan Kecelakaan Pesawat dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK) yang baru dibangun di Bandar Udara Nusawiru hingga saat ini belum dilengkapi dengan sistem penyalur petir eksternal maupun sistem pembumian khusus, sehingga berpotensi mengalami kerusakan struktur dan gangguan operasional layanan gawat darurat akibat sambaran petir. Penelitian ini dilakukan untuk menguji kelayakan teknis serta memastikan apakah Gedung PKP-PK sudah ternaungi oleh zona proteksi penangkal petir bangunan di sekitarnya (Tower ATC dan Gedung EOC) atau membutuhkan instalasi penyalur petir mandiri. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis risiko sambaran petir, memetakan cakupan zona proteksi eksisting, serta menentukan kebutuhan kelas proteksi petir pada Gedung PKP-PK. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif-komparatif melalui pengumpulan data dimensi bangunan, pencatatan data hari guruh BMKG, pengukuran nilai resistansi pembumian menggunakan *earth tester*, serta perhitungan numerik berbasis standar. Pemilihan metode ini didasarkan pada kebutuhan analisis teknis yang presisi melalui kalkulasi matematis serta komparasi langsung kondisi lapangan terhadap standar PUIPP, SNI 03-7015-2004, IEC 62305, NF C 17-102, dan PUIL 2020. Hasil penelitian menunjukkan frekuensi sambaran petir langsung tahunan pada Gedung PKP-PK ($N_d = 0,15/\text{tahun}$) melampaui batas toleransi ($N_c = 0,005/\text{tahun}$) dengan efisiensi proteksi $E = 0,97\%$. Evaluasi jangkauan proteksi menunjukkan radius Tower ATC (31,17 m) dan Gedung EOC (10,1 m) tidak mencakup seluruh dimensi Gedung PKP-PK (15 m $\times$ 14 m). Kesimpulannya, Gedung PKP-PK berada dalam *unprotected zone* dan secara teknis wajib dipasang sistem penyalur petir eksternal mandiri pada Tingkat Proteksi I. Rekomendasi penelitian lanjutan mencakup perancangan sistem proteksi internal (*Surge Protective Device*) untuk melindungi perangkat elektronik sensitif di dalam gedung serta simulasi Tiga dimensi berbasis *rolling sphere method*.

Kata Kunci: Sistem Penyalur Petir



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Bandar Udara Nusawiru yang terletak di Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat, merupakan infrastruktur transportasi udara strategis yang mendukung konektivitas pariwisata, kegiatan sekolah penerbangan, serta distribusi logistik kawasan selatan Jawa Barat. Guna meningkatkan keandalan operasional dan tanggap darurat penerbangan, pada tahun 2025 telah dibangun fasilitas baru yaitu Gedung Pertolongan Kecelakaan Pesawat dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK). Namun, hasil observasi di lapangan menunjukkan bahwa Gedung PKP-PK tersebut belum dilengkapi dengan sistem penyalur petir eksternal maupun sistem pembumian khusus. Kondisi ini sangat riskan mengingat gedung tersebut menyimpan sarana gawat darurat vital seperti kendaraan pemadam, peralatan medis, dan sistem komunikasi darurat yang rentan terhadap bahaya kerusakan fisik maupun induksi impuls petir.

Kajian ilmiah mengenai proteksi petir pada fasilitas bangunan gedung penerbangan dan industri telah banyak dilakukan sebelumnya. Suharto et al. (2023) dalam penelitiannya di Gedung MATSC Makassar menemukan bahwa sistem penyalur petir konvensional pada menara

antena di sekitarnya dengan sudut proteksi 35° dan radius 16,58 m belum mampu memberikan perlindungan menyeluruh terhadap Gedung PAI di dekatnya. Yuniarti (2017) saat mengevaluasi Gedung Rektorat UNY menegaskan bahwa sistem penangkal petir elektrostatis (ESE) mampu memberikan efisiensi radius proteksi hingga 100 m dibandingkan sistem konvensional yang membutuhkan penambahan hingga 27 batang penangkal. Penelitian oleh Pratiwi & Humena (2023) pada Gedung Pascasarjana Universitas Ichsan Gorontalo menunjukkan pentingnya kalkulasi indeks risiko untuk menentukan tingkat proteksi gedung yang menghasilkan kriteria Tingkat Proteksi IV. Sementara itu, Putra et al. (2024) pada evaluasi Gedung PT Infineon Batam-3 menemukan bahwa meskipun sistem penyalur petir eksisting memiliki efisiensi tinggi (89,6%), luas radius proteksi yang terbentuk di lapangan tetap belum tentu mencakup seluruh luasan area bangunan kritis.

Gap analysis dari berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa belum ada studi kuantitatif yang mengevaluasi secara spesifik integrasi zona perlindungan gabungan antara terminal elektrostatis (ESE) dan konvensional (Franklin Rod) dari bangunan tetangga terhadap gedung baru penerbangan di area pesisir yang memiliki kriteria operasional gawat darurat. Kebaruan (*novelty*) dari artikel ini terletak pada pemetaan komparatif jangkauan zona proteksi eksisting Tower ATC (terminal ESE Orion 60) dan Gedung EOC (terminal konvensional) terhadap Gedung PKP-PK secara numerik dan geometris, yang diselaraskan dengan regulasi kelistrikan nasional terbaru PUIL 2020 (SNI 0225:2020) Bagian 4-44 Ayat 443 dan 444.5 serta standar internasional IEC 62305 dan NF C 17-102. Urgensi penelitian ini sangat tinggi karena Gedung PKP-PK berfungsi sebagai pusat penanganan tanggap darurat yang tidak boleh mengalami gangguan operasional (*zero downtime*) akibat sambaran petir. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besarnya risiko sambaran petir pada Gedung PKP-PK, memetakan cakupan zona proteksi penyalur petir eksisting di sekitarnya, serta memberikan rekomendasi teknis kebutuhan sistem penyalur petir eksternal mandiri guna menjamin keselamatan personel, peralatan, dan kelancaran operasional di Bandar Udara Nusawiru.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis/ Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan Relevansi
1	Teguh Imam Suharto, Ade Irfansyah, & Yuyun Suprpto (2023)	Sistem Penangkal Petir di Gedung Makassar Air Traffic Service Center (MATSC)	Mengevaluasi sistem proteksi petir eksisting serta menganalisis tingkat perlindungan terhadap Gedung PAI di dekat menara antenna.	Kuantitatif berbasis SNI 03-7015-2004 dan PUIPP (sudut proteksi, radius perlindungan, jenis konstruksi, data hari guruh).	Sistem konvensional memiliki sudut proteksi 35° dengan radius 16,58 m. Zona proteksi belum mampu melindungi Gedung PAI secara menyeluruh.	Menjadi acuan evaluasi kemampuan zona proteksi penangkal petir pada menara/gedung eksisting terhadap bangunan di sekitarnya.
2	Rohani & Nuryake Yuniarti (2017)	Evaluasi Sistem Penangkal Petir Eksternal di Gedung Rektorat Universitas Negeri Yogyakarta	Menganalisis kebutuhan proteksi petir, menghitung radius perlindungan, mengevaluasi konduktor, dan	Evaluasi kuantitatif berbasis SNI 03-7015-2004 menggunakan metode sudut proteksi dan pengujian sistem eksisting.	Sistem konvensional belum optimal (perlu penambahan 27 batang). Penangkal petir elektrostatis menghasilkan	Menjadi rujukan komparatif mengenai efektivitas serta perbedaan jangkauan radius proteksi antara sistem



			menilai sistem pentanahan.		radius 100 m yang mencakup seluruh gedung dan sekitarnya.	konvensional dan elektrostatis.
3	Amelya Indah Pratiwi, Steven Humena, & Hendrawan (2023)	Analisa Kebutuhan Sistem Proteksi Petir Pada Gedung Pascasarjana Universitas Ichsan Gorontalo	Menganalisis kebutuhan sistem proteksi petir dan merancang zona perlindungan gedung menggunakan metode sudut lindung.	Analisis kuantitatif berbasis PUIPP dan IEC 1024-1-1 melalui observasi dimensi, konstruksi, dan perhitungan indeks risiko.	Indeks kebutuhan diperoleh $R = 14$ (memerlukan tingkat proteksi IV). Sudut proteksi yang digunakan 55° dengan terminal tembaga 35 mm^2 .	Menjadi pedoman langkah kalkulasi numerik indeks risiko bahaya sambaran petir dan penentuan efisiensi tingkat proteksi gedung.
4	Irwanto Zarna Putra, Awe Aerlend Putra Anas, Hasnira, & Fitriyanti Nakul (2024)	Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Konvensional Pada Gedung PT Infineon Batam-3	Mengevaluasi efektivitas komponen sistem penyalur petir eksisting pada bangunan industri berbasis standar nasional.	Kuantitatif berbasis PUIPP dan SNI 03-7015-2004 (pengukuran resistansi pembumian, efisiensi, dan radius proteksi).	Nilai indeks $R = 14$ (sangat perlu proteksi), efisiensi 89,6% (Tingkat Proteksi III), namun radius proteksi terminasi belum mencakup seluruh area bangunan.	Menjadi acuan pentingnya analisis pembuktian <i>unprotected zone</i> meskipun nilai efisiensi sistem proteksi gedung tergolong tinggi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah Penelitian Kuantitatif dengan jenis studi deskriptif evaluatif. Penelitian ini dilaksanakan secara komprehensif di Bandar Udara Nusawiru, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat. Objek penelitian difokuskan pada fasilitas baru berupa Gedung Pertolongan Kecelakaan Pesawat dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK), serta bangunan di sekitarnya yang telah memiliki sistem penyalur petir yaitu Tower *Air Traffic Control* (ATC) dan Gedung *Emergency Operation Center* (EOC). Teknik pengumpulan data diuraikan melalui tiga tahapan utama: observasi lapangan, pengukuran langsung, dan dokumentasi. Observasi lapangan dilakukan untuk memetakan tata letak dan karakteristik konstruksi bangunan. Peralatan utama yang digunakan dalam tahap pengukuran meliputi *Laser Distance Meter* untuk mengukur dimensi (panjang, lebar, tinggi) serta jarak horizontal antar gedung secara presisi, dan instrumen *Digital Earth Resistance Tester* (Kyoritsu KEW 4015A) untuk menguji nilai tahanan pembumian (*grounding*) eksisting dengan metode 3-titik. Sementara itu, teknik dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan *as-built drawing* instalasi kelistrikan bandara dan data kejadian hari guruh (isokeraunic level) tahun 2025 yang diperoleh secara resmi dari BMKG Stasiun Meteorologi Cilacap. Alat-alat ukur yang digunakan telah dipastikan kalibrasi dan keakuratannya agar hasil yang didapatkan valid secara teknis.

Tata cara pengolahan data diawali dengan perhitungan risiko sambaran petir pada Gedung PKP-PK. Data hari guruh dan dimensi gedung diolah untuk menghitung kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g) dan luasan area cakupan ekuivalen (A_e). Hasil dari parameter tersebut digunakan untuk menentukan frekuensi perkiraan sambaran petir langsung (N_d), yang kemudian dikomparasikan terhadap frekuensi toleransi (N_c). Analisis kebutuhan dan efisiensi sistem proteksi mengacu pada perhitungan standar SNI 03-7015-2004 dan IEC 61024-1-1. Untuk mengevaluasi jangkauan perlindungan dari gedung sekitar, radius proteksi terminal elektrostatis Orion ESE 60 pada Tower ATC dihitung menggunakan standar NF C 17-102, sedangkan radius proteksi terminal konvensional Franklin Rod pada Gedung EOC dievaluasi menggunakan metode sudut proteksi berdasarkan standar IEC 62305. Seluruh hasil kalkulasi radius tersebut dipetakan (di-overlay) pada denah kawasan untuk mengidentifikasi ada tidaknya *unprotected zone* pada area Gedung PKP-PK. Sebagai tolok ukur kinerja teknis di

lapangan, hasil ukur nilai tahanan pembumian dievaluasi kelayakannya dengan merujuk pada standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020 (SNI 0225:2020) yang menetapkan batas aman maksimal sebesar 5 Ohm.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandar Udara Nusawiru, Pangandaran, Jawa Barat. Berdasarkan hasil observasi fisik di lapangan, pengujian hambatan pembumian, pencatatan data meteorologi, serta perhitungan numerik parameter risiko petir, seluruh data kuantitatif penelitian dirangkum dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Ringkasan Parameter Fisik, Pengujian Kelistrikan, dan Kalkulasi Risiko Proteksi Petir

No	Parameter Penelitian	Objek / Lokasi	Nilai Kuantitatif	Satuan / Keterangan
1	Dimensi Fisik Bangunan	Tower ATC	Tinggi: 20 Luas: 25	m m ²
		Gedung EOC	Tinggi: 10 Luas: 240	m m ²
		Gedung PKP-PK	Tinggi: 10 Luas: 225 (15 × 15)	m m ²
2	Hambatan Pembumian (R_g)	Tower ATC (Titik 1 & 2)	3,0 dan 1,0	Ω (Maks. 5,0 Ω)
		Gedung EOC	4,0	Ω (Maks. 5,0 Ω)
3	Meteorologi Hari Guruh (T_d)	Kawasan Bandara	81	Hari / tahun (BMKG Cilacap)
4	Risiko Sambaran (PKP-PK)	Sambaran Langsung (N_d)	0,15	Sambaran / tahun
		Sambaran Toleransi (N_c)	0,005	Sambaran / tahun
		Indeks Risiko (R) & Efisiensi	$R = 11$ Efisiensi: 0,9 (97%)	Tingkat Proteksi Level I
5	Zona Proteksi Eksisting	Radius Orion ESE 60 (ATC)	31,17 (Jarak ke PKP-PK: 17 m)	m (Metode NF C 17-102)
		Radius Franklin Rod (EOC)	10,10 (Jarak ke PKP-PK: 12 m)	m (Metode IEC 62305)
		Status Proteksi Gedung PKP-PK	<i>Unprotected Zone</i>	Luasan gedung tidak tertutupi

Berdasarkan narasi data pada Tabel 1, pengujian lapangan memperlihatkan bahwa Tower ATC memiliki tinggi 20 m dan luas 25 m² yang dilengkapi penangkal petir elektrostatik jenis Orion ESE 60, dengan nilai hambatan pembumian terukur sebesar 3,0 Ω dan 1,0 Ω . Gedung EOC memiliki tinggi 10 m dan luas 240 m² yang dilindungi tiga penangkal petir konvensional Franklin Rod, dengan nilai hambatan pembumian sebesar 4,0 Ω . Sementara itu, Gedung PKP-PK yang memiliki tinggi 10 m dan luas 225 m² (15 m × 14 m) belum memiliki instalasi penangkal petir maupun sistem pembumian mandiri. Seluruh nilai hambatan pembumian eksisting yang terukur telah memenuhi syarat batas maksimum PUIL 2020 yaitu di bawah 5,0 Ω . Dari sisi meteorologi, data BMKG menunjukkan frekuensi hari guruh di area penelitian mencapai 81 hari per tahun, yang menghasilkan kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g) sebesar 9,7 sambaran/km²/tahun. Hasil kalkulasi risiko pada Gedung PKP-PK menunjukkan perkiraan frekuensi sambaran petir langsung ($N_d = 0,15$ /tahun) jauh melampaui nilai

frekuensi toleransi ($N_c = 0,005/\text{tahun}$). Dengan nilai indeks kebutuhan $R = 11$ dan efisiensi proteksi $E = 0,97$ (97%), Gedung PKP-PK secara teknis membutuhkan instalasi penyalur petir dengan kualifikasi **Tingkat Proteksi Level I**. Evaluasi spasial geometri menunjukkan bahwa penangkal petir Orion ESE 60 pada Tower ATC menghasilkan radius proteksi sebesar 31,17 m dengan jarak horizontal 17 m ke Gedung PKP-PK. Adapun penangkal petir konvensional pada Gedung EOC menghasilkan radius proteksi 10,10 m dengan jarak horizontal 12 m ke Gedung PKP-PK. Meskipun kedua penyalur petir eksisting tersebut berada berdekatan, gabungan radius jangkauannya tidak mampu menutup keseluruhan luasan fisik atap Gedung PKP-PK, sehingga seluruh struktur Gedung PKP-PK secara teknis berada dalam wilayah tanpa perlindungan (*unprotected zone*).

Pembahasan

Data kuantitatif yang diperoleh dari lapangan telah melalui proses pengolahan matematis dan disajikan secara sistematis dalam bentuk tabel deskriptif-naratif tunggal pada bagian hasil penelitian. Temuan utama penelitian ini menegaskan dua hal krusial: pertama, Gedung PKP-PK memiliki frekuensi sambaran petir langsung ($N_d = 0,15/\text{tahun}$) yang jauh melampaui batas toleransi bahaya ($N_c = 0,005/\text{tahun}$) dengan efisiensi proteksi mencapai 97% (Tingkat Proteksi I); kedua, analisis pemetaan geometri membuktikan bahwa cakupan radius penyalur petir eksisting Tower ATC (31,17 m) dan Gedung EOC (10,10 m) tidak menjangkau fisik Gedung PKP-PK (15 m $\times$ 14 m), sehingga bangunan tersebut secara teknis berada pada *unprotected zone*. Secara teoritis dan teknis (*unsur why*), tingginya frekuensi perkiraan sambaran langsung (N_d) pada Gedung PKP-PK dipengaruhi oleh tingginya hari guruh tahunan di wilayah pesisir Bandar Udara Nusawiru ($T_d = 81$ hari/tahun) yang menghasilkan kerapatan sambaran ke tanah ($N_{ng} = 9,7$ sambaran/ km^2/tahun), serta besarnya luasan cakupan ekuivalen struktur ($A_e = 15.672 \text{ m}^2$). Sesuai dengan konsep dasar keselamatan elektrostatis dalam IEC 61024-1-1 dan SNI 03-7015-2004, apabila kondisi $N_d > N_c$ terpenuhi, maka instalasi sistem penangkal petir eksternal bersifat wajib (*mandatory*). Selain itu, berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP), indeks risiko Gedung PKP-PK bernilai $R = 11$, yang mengklasifikasikannya ke dalam kategori bangunan yang sangat perlu dilindungi.

Alasan teknis mengapa penyalur petir eksisting Tower ATC dan Gedung EOC tidak mampu melindungi Gedung PKP-PK terletak pada aspek elevasi dan jarak spasial. Walaupun Tower ATC dipasang terminal elektrostatis Orion ESE 60 yang memiliki waktu pemicu impuls cepat ($\Delta T = 60 \mu\text{s}$), perbedaan tinggi efektif terminal terhadap atap Gedung PKP-PK serta jarak horizontal sejauh 17 m membuat kurva proteksi parabola ESE tidak menyentuh seluruh sudut atap Gedung PKP-PK. Demikian pula dengan tiga batang *Franklin Rod* konvensional pada Gedung EOC yang memiliki kerucut proteksi terbatas ($45,2^\circ$), yang hanya mampu melingkupi struktur Gedung EOC sendiri. Mengenai kondisi pembumian, nilai hambatan terukur di Tower ATC (1,0 Ω –3,0 Ω) dan Gedung EOC (4,0 Ω) telah memenuhi batas aman umum PUIL 2020 Bagian 4-44 Ayat 443 ($< 5,0 \Omega$). Namun, untuk menjamin keamanan peralatan komunikasi navigasi dan pemadam kebakaran yang amat sensitif terhadap lonjakan tegangan transien (*surge*), integrasi dan paralelisasi sistem pembumian antar gedung sangat direkomendasikan guna menurunkan nilai impedansi impuls mendekati 0 Ω .

Dalam konteks komparasi dengan penelitian terdahulu (*unsur what else*), hasil temuan ini sejalan dan memperkuat penelitian yang dilakukan oleh Suharto et al. (2023) serta Putra et al. (2024). Suharto et al. (2023) membuktikan bahwa penangkal petir pada struktur tinggi (menara antenna MATSC) tidak otomatis memproteksi bangunan di dekatnya (Gedung PAI) karena keterbatasan sudut proteksi. Begitu pula dengan temuan Putra et al. (2024) di PT Infineon Batam-3 yang menunjukkan bahwa meski efisiensi proteksi gedung tinggi (89,6%), kelalaian dalam memperhitungkan titik terluar atap tetap memicu munculnya *unprotected*

zone. Sebaliknya, hasil penelitian ini memberikan perspektif baru yang berbeda dari kajian Yuniarti (2017). Jika Yuniarti (2017) menemukan bahwa penyalur petir elektrostatis tunggal sanggup memproteksi seluruh kompleks Gedung Rektorat UNY hingga radius 100 m, pada kasus Bandara Nusawiru terminal ESE Orion 60 tidak dapat memproteksi Gedung PKP-PK karena faktor penempatan ketinggian (*installation height*) dan beda elevasi antar gedung penerbangan yang berbeda signifikan. Kebaruan (*novelty*) dan kontribusi praktis dari penelitian ini adalah dihasilkannya rekomendasi desain proteksi petir eksternal mandiri berbasis **Tingkat Proteksi Level I** khusus untuk Gedung PKP-PK di fasilitas bandar udara. Rekomendasi ini mewajibkan pemasangan terminasi udara mandiri (baik konvensional dengan *mesh* rapat maupun ESE tambahan) yang terhubung langsung dengan sistem pembumian terintegrasi, guna menjamin prinsip *zero downtime* pada operasional keselamatan gawat darurat penerbangan sesuai standar regulasi PUIL 2020.

KESIMPULAN

Gedung PKP-PK di Bandar Udara Nusawiru secara teknis membutuhkan instalasi sistem penyalur petir eksternal mandiri berbasis Tingkat Proteksi Level I. Perhitungan risiko menunjukkan bahwa frekuensi perkiraan sambaran petir langsung pada Gedung PKP-PK ($N_d = 0,15/\text{tahun}$) telah melampaui batas frekuensi toleransi ($N_c = 0,005/\text{tahun}$) dengan tingkat efisiensi proteksi sebesar 97%. Evaluasi spasial geometri membuktikan bahwa penyalur petir eksisting pada Tower ATC (Orion ESE 60 dengan radius 31,17 m) dan Gedung EOC (Franklin Rod dengan radius 10,10 m) tidak mampu menjangkau keseluruhan dimensi Gedung PKP-PK ($15 \text{ m} \times 14 \text{ m}$), sehingga bangunan keselamatan penerbangan tersebut berada dalam wilayah tanpa perlindungan (*unprotected zone*). Meskipun nilai hambatan pembumian eksisting di kawasan bandara telah memenuhi ambang batas PUIL 2020 ($< 5,0 \Omega$), ketiadaan instalasi proteksi eksternal pada Gedung PKP-PK berpotensi tinggi memicu bahaya kerusakan fisik bangunan maupun gangguan pada armada penanggulangan kecelakaan pesawat.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada cakupan pemodelan geometri zona proteksi yang masih berbasis dua dimensi, serta belum mengevaluasi performa proteksi surja internal (*Surge Protective Device*) untuk jaringan daya dan komunikasi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan simulasi tiga dimensi menggunakan metode bola bergulir (*Rolling Sphere Method*) guna memetakan titik sambaran kritis secara lebih presisi, serta merancang konfigurasi *Surge Protective Device* (SPD) dan *equipotential bonding* internal untuk menjamin perlindungan menyeluruh pada peralatan elektronik sensitif di dalam Gedung PKP-PK.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 03-7015-2004: Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 0225:2020 / PUIL 2020: Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2020*. BSN.
- International Electrotechnical Commission. (2010). *IEC 62305-3: Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard*. IEC.
- Pratiwi, A. I., Humena, S., & Hendrawan. (2023). Analisa kebutuhan sistem proteksi petir pada Gedung Pascasarjana Universitas Ichsan Gorontalo. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(2), 278–285. <https://doi.org/10.32487/jtt.v11i2.1861>
- Putra, I. Z., Anas, A. A. P., Hasnira, & Nakul, F. (2024). Evaluasi sistem proteksi petir eksternal konvensional pada Gedung PT Infineon Batam-3. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 8(1), 63–69. <https://doi.org/10.30871/jaee.v8i1.7550>



- Rohani, R. (2017). Evaluasi sistem penangkal petir eksternal di Gedung Rektorat Universitas Negeri Yogyakarta. *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(2), 122–130.
- Suharto, T. I., Irfansyah, A., & Suprpto, Y. (2023). Sistem penangkal petir di Gedung Makassar Air Traffic Service Center (MATSC). *Jurnal Penerbangan dan Teknologi Terkait*, 3(2), 85–94.
- Union Technique de l'Électricité. (2011). *NF C 17-102: Protection of structures and open areas against lightning using early streamer emission air terminals*. UTE.