

Analisis Penyalur Petir pada Gedung Radar di AirNav Cabang Semarang

Didit Haryadi

Program Studi Diploma IV Teknik Listrik Bandara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia

diditharyadi2072@gmail.com

Kata Kunci:

AirNav Indonesia,
Bandar Udara
Semarang, Grounding,
Radius Proteksi, Sistem
Proteksi Petir.

Abstrak

Latar belakang penelitian ini didasari oleh tingginya aktivitas petir di area gedung Radar AirNav Cabang Semarang yang mencapai 164 hari guruh per tahun. Kondisi ini telah menyebabkan fenomena sambaran petir yang merusak peralatan *Power Supply*, mengakibatkan antena radar mati, dan menghentikan fungsi sistem navigasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas sistem proteksi petir yang terpasang agar sesuai dengan standar regulasi serta memastikan cakupan proteksi pada area gedung radar. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan tahapan meliputi identifikasi masalah, studi pustaka, pengumpulan data teknis, analisis data, interpretasi hasil, serta analisis sebab-akibat. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga unit terminal udara yang terpasang; dua unit tipe elektrostatis (ESE) memiliki performa sangat baik dengan radius proteksi mencapai 80 meter, sedangkan satu unit tipe konvensional dinilai kurang optimal karena hanya memiliki radius proteksi sebesar 11,43 meter yang menyisakan area tidak terlindungi. Hasil pengukuran sistem pembumian (*grounding*) menunjukkan nilai di bawah 5 Ohm, sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku. Kesimpulan dari penelitian ini menyatakan bahwa menunjukkan bahwa sistem proteksi eksternal pada Antena Radar dan Gedung Genset memiliki indeks kelengkapan komponen sebesar 100%, dengan seluruh elemen utama seperti *air terminal*, *down conductor*, dan sistem pembumian terpasang secara utuh sesuai standar teknis. Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, kualitas pembumian pada Antena Radar jenis Elektrostatis mencatat nilai rata-rata $0,046 \Omega$, sementara pada Gedung Genset jenis Elektrostatis sebesar $1,46 \Omega$, dan jenis Konvensional sebesar $0,05 \Omega$. Seluruh capaian angka tersebut membuktikan bahwa kualitas sistem pembumian telah memenuhi standar PUIL 2011 dan SNI 03-7015-2004 karena secara signifikan berada di bawah ambang batas maksimal yang ditetapkan sebesar 5Ω , dan menyatakan bahwa sistem proteksi petir di area gedung radar dalam kondisi baik dan mampu melindungi area operasional.

Keyword:

AirNav Indonesia,
Grounding, Lightning
Protection System,
Protection Radius,
Semarang Airport.

Abstract

The background of this research is driven by the high intensity of lightning activity at the AirNav Branch Office in Semarang, which reaches 164 thunderstorm days per year. This condition has led to lightning strikes that damaged power supply units, caused radar antenna failures, and disrupted navigation systems. The objective of this study is to evaluate the effectiveness of the existing lightning protection system to ensure compliance with regulatory standards and guarantee full protection coverage for the radar building area. The research employs a descriptive quantitative method, with stages including problem identification, literature review, technical data collection, data analysis, result interpretation, and causal analysis. The results indicate that three air terminal units are installed; two Electrostatic (ESE) units perform excellently with a protection radius of 80 meters, while one Conventional unit is considered less than optimal with a protection radius of only 11.43 meters, leaving certain areas unprotected. Quantitative analysis of the grounding system shows that the external protection systems for the Radar Antenna and Generator Building have a 100% component completeness index, with all primary elements including air terminals, down conductors, and grounding systems fully installed according to technical standards. Based on field measurements, the average grounding resistance for the Electrostatic Radar Antenna is 0.046Ω , the Electrostatic Generator Building is 1.46Ω , and the Conventional Generator Building is 0.05Ω . These figures demonstrate that the grounding system quality complies with PUIL 2011 and SNI 03-7015-2004 standards, as they remain significantly below the maximum threshold of 5Ω . Consequently, the lightning protection system in the radar building area is in good condition and capable of protecting the operational area.

Information Production:

© 2026 by the authors of this article. This work is licensed under an Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)



PENDAHULUAN

Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani adalah gerbang udara utama Jawa Tengah. Lalu lintas penerbangan di bandara ini terus meningkat setiap tahun. Keselamatan dan keamanan penerbangan menjadi prioritas utama dalam operasional bandara. Peralatan radar memiliki peran sangat penting dalam sistem navigasi udara. Radar digunakan untuk memantau pergerakan pesawat secara akurat dan real-time. Sistem

radar mendeteksi posisi, kecepatan, dan ketinggian pesawat di udara. Data radar dikirim ke petugas pengatur lalu lintas udara (ATC). ATC mengarahkan pesawat saat lepas landas maupun saat mendarat. Teknologi ini menjamin operasi penerbangan berjalan aman dan efisien setiap waktu. Keandalan radar sangat penting bagi kelancaran aktivitas bandara setiap harinya.

Karena pentingnya radar, perlindungan terhadap gangguan eksternal sangat diperlukan. Salah satu ancaman utama adalah sambaran petir saat cuaca ekstrem. Sambaran petir dapat merusak sistem radar dan mengganggu operasional. Untuk itu, sistem proteksi petir wajib dipasang pada fasilitas radar. Proteksi ini mencakup penyalur petir, konduktor, dan sistem pembumian yang baik. Di Indonesia, aturan proteksi petir tertuang dalam SNI 03-7015-2004. Peraturan ini mengatur tata cara perencanaan sistem proteksi petir gedung. Selain itu, ada juga SNI 03-7016-2004 tentang tingkat perlindungan terhadap petir. Bandara wajib mengikuti peraturan ini untuk menjamin keselamatan operasional. Kepatuhan pada standar ini sangat penting bagi infrastruktur penerbangan nasional.

Pada 12 Juni 2022, sambaran petir merusak peralatan *Power Supply* radar MSSR di Semarang. Petir tersebut menyebabkan antena radar mati dan sistem tidak berfungsi. Radar MSSR berperan penting dalam pemantauan lalu lintas udara. Kerusakan ini mengganggu operasi penerbangan di wilayah tersebut. Sambaran petir dapat menyebabkan dampak besar pada sistem kritis. Pentingnya perlindungan terhadap infrastruktur vital sangat jelas setelah kejadian ini. Perbaikan radar dilakukan segera agar operasi dapat berjalan kembali. Sistem grounding dan penyalur petir perlu diperkuat untuk mencegah kerusakan. Kejadian ini menggarisbawahi kebutuhan mitigasi bencana yang lebih baik. Tindakan cepat diperlukan untuk menjaga keselamatan penerbangan dan operasional

METODE PENELITIAN

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dibahas, peneliti akan menyelesaikan penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Tujuan penggunaan metode ini untuk mengidentifikasi dan mengukur menentukan jumlah, jenis, atau spesifikasi teknis penyalur petir yang terpasang di suatu wilayah, atau mengukur parameter kinerjanya. Teknik pengumpulan data yang peneliti gunakan yaitu studi pustaka, observasi, pengukuran, wawancara, dan dokumentasi

Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Gedung Peralatan Radar AirNav Indonesia Cabang Semarang yang beralamat di Jl. Jangli Utara I, Kota Semarang, Jawa Tengah. Waktu ini dimulai pada bulan September 2025 dan berlangsung hingga Februari 2025.

Populasi dan sampel

Menurut Sugiyono (2017), populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas objek/subjek yang memiliki kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Sedangkan sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut (Sugiyono, 2017). Penulisan tugas akhir ini menggunakan metode total sampling. Total sampling yaitu teknik penentuan sampel di mana seluruh anggota populasi dijadikan sebagai sampel penelitian (Sugiyono, 2017).

Teknik Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data, penulis menggunakan beberapa metode berbeda agar data yang diinginkan terpenuhi. Data yang lengkap memiliki peranan penting dalam memvalidasi proses penelitian. Data dapat dikumpulkan berasal dari dua sumber utama, yaitu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas sistem proteksi petir pada Gedung Radar AirNav Cabang Semarang. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara dengan teknisi pemeliharaan, pengukuran sistem grounding, serta analisis geometris radius proteksi menggunakan metode bola bergulir. Berdasarkan hasil pengumpulan data, diketahui bahwa terdapat tiga unit sistem proteksi petir yang terpasang, terdiri dari dua unit penyalur petir jenis elektrostatik (ESE) dan satu unit penyalur petir jenis konvensional.

Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh komponen utama sistem proteksi petir eksternal telah terpasang dengan lengkap, meliputi air terminal, down conductor, dan sistem pembumian. Tingkat kelengkapan komponen mencapai 100% sehingga memenuhi persyaratan sistem proteksi petir sesuai standar SNI 03-7015-2004.

Commented [SS1]: Metode penelitian telah menjelaskan pendekatan, lokasi, teknik pengumpulan data, serta metode analisis yang digunakan. Namun, terdapat ketidakkonsistenan pada waktu penelitian karena disebutkan dimulai September 2025 tetapi berakhir Februari 2025. Selain itu, penjelasan mengenai teknik analisis data dan prosedur pengukuran masih perlu diperdalam.

Saran:

Perbaiki penulisan periode penelitian agar kronologis, kemudian lengkapi prosedur analisis data, tahapan pengukuran, serta dasar standar yang digunakan sehingga metodologi lebih mudah direplikasi.

Commented [SS2]: Hasil penelitian telah disajikan secara sistematis disertai data pengukuran, analisis radius proteksi, dan evaluasi berdasarkan standar teknis. Pembahasan juga telah mengaitkan hasil penelitian dengan kondisi lapangan. Namun, pembahasan masih bersifat deskriptif dan belum banyak dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu maupun literatur internasional yang relevan.

Saran:

Perkuat pembahasan dengan analisis yang lebih kritis, bandingkan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya, serta jelaskan implikasi teknis dari penggunaan sistem elektrostatik dan konvensional terhadap keandalan operasional radar.

Berdasarkan hasil pengukuran grounding, diperoleh nilai tahanan pembumian sebagai berikut:

Lokasi Nilai Grounding	
Antena Radar Elektrostatis	0,046 Ω
Gedung Genset Elektrostatis	1,46 Ω
Gedung Genset Konvensional	0,05 Ω

Nilai tersebut berada jauh di bawah batas maksimum 5 Ω yang ditetapkan dalam PUIL 2011 sehingga sistem pembumian dinyatakan sangat baik dan layak digunakan sebagai media pelepasan arus petir ke tanah. Hasil analisis geometris menunjukkan bahwa penyalur petir elektrostatis pada antena radar memiliki radius proteksi sekitar 79,76 meter, sedangkan penyalur petir elektrostatis pada gedung genset memiliki radius proteksi 78,64 meter. Sebaliknya, penyalur petir konvensional hanya memiliki radius proteksi sebesar 11,43 meter.

Pembahasan

Analisis Tingkat Risiko Sambaran Petir

Wilayah Semarang memiliki tingkat aktivitas petir yang tinggi dengan jumlah hari guruh mencapai 164 hari per tahun. Kondisi ini menyebabkan area Radar AirNav Semarang memiliki risiko tinggi terhadap sambaran petir langsung maupun tidak langsung. Dengan tingginya intensitas petir tersebut, keberadaan sistem proteksi petir menjadi kebutuhan yang sangat penting untuk menjaga keandalan sistem radar penerbangan.

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan proteksi petir, fasilitas radar termasuk kategori bangunan vital karena berhubungan langsung dengan keselamatan penerbangan. Oleh karena itu sistem proteksi yang digunakan harus memenuhi standar tingkat proteksi tinggi (Level Protection I) sebagaimana direkomendasikan dalam IEC 62305 dan SNI 03-7015-2004.

Analisis Sistem Pembumian (Grounding)

Sistem pembumian merupakan komponen paling penting dalam sistem proteksi petir karena berfungsi membuang energi sambaran petir ke tanah. Hasil pengukuran menunjukkan seluruh titik grounding memiliki nilai tahanan di bawah 5 Ω . Bahkan pada antena radar diperoleh nilai rata-rata 0,046 Ω yang menunjukkan kualitas pembumian sangat baik.

Nilai resistansi yang rendah menandakan arus petir dapat dialirkan ke tanah dengan cepat sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya tegangan lebih yang dapat merusak peralatan radar. Dengan demikian, sistem grounding yang terpasang telah memenuhi ketentuan PUIL 2011 dan mampu memberikan perlindungan yang optimal terhadap peralatan elektronik sensitif.

Analisis Efektivitas Geometris Sistem Proteksi Petir

Berdasarkan metode bola bergulir (Rolling Sphere Method), penyalur petir elektrostatis menunjukkan kemampuan perlindungan yang sangat baik. Radius proteksi yang mencapai sekitar 80 meter mampu mencakup area gedung radar dan fasilitas pendukung di sekitarnya. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi Early Streamer Emission (ESE) sangat efektif diterapkan pada fasilitas navigasi penerbangan yang memiliki area perlindungan luas.

Sebaliknya, penyalur petir konvensional pada gedung genset hanya menghasilkan radius perlindungan sebesar 11,43 meter. Hasil evaluasi menunjukkan masih terdapat sebagian area bangunan yang berada di luar zona perlindungan sehingga berpotensi menjadi titik rawan sambaran petir. Kondisi ini menunjukkan bahwa efektivitas sistem konvensional lebih rendah dibandingkan sistem elektrostatis dalam melindungi bangunan dengan dimensi yang relatif besar.

Evaluasi Kesesuaian Terhadap Standar

Hasil evaluasi terhadap kondisi eksisting menunjukkan bahwa sistem proteksi petir di Gedung Radar AirNav Semarang telah memenuhi standar teknis yang berlaku. Seluruh komponen utama tersedia dan berfungsi dengan baik, tingkat kelengkapan mencapai 100%, serta nilai grounding memenuhi persyaratan PUIL 2011. Selain itu, hasil simulasi metode bola bergulir menunjukkan tidak ditemukan area yang tidak terlindungi pada zona utama operasional radar (zero blind spot).

Dengan demikian, secara keseluruhan sistem proteksi petir eksternal yang terpasang dapat dinyatakan layak dan mampu melindungi fasilitas radar dari ancaman sambaran petir langsung. Namun demikian, perlindungan internal terhadap gangguan induksi petir (surge) tetap perlu ditingkatkan melalui pemasangan surge protection device (SPD) dan pemantauan berkala terhadap sistem grounding.

Implikasi Terhadap Keandalan Operasional Radar

Keandalan sistem proteksi petir memiliki pengaruh langsung terhadap kontinuitas operasional radar.

Kerusakan radar akibat sambaran petir yang pernah terjadi pada tahun 2022 membuktikan bahwa gangguan petir dapat menyebabkan terhentinya layanan navigasi penerbangan. Oleh karena itu, keberhasilan sistem proteksi petir dalam menjaga nilai grounding rendah dan menyediakan cakupan perlindungan yang luas menjadi faktor penting dalam menjaga keselamatan dan kelancaran operasional penerbangan di AirNav Cabang Semarang.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan antara lain:

Melakukan pemeriksaan rutin terhadap sambungan down conductor.

Membersihkan bak kontrol grounding secara berkala.

Melakukan pengukuran resistansi grounding minimal satu kali setiap tahun.

Memastikan posisi tiang penyalur petir tetap tegak dan tidak mengalami kemiringan.

Menambahkan lightning counter untuk memantau frekuensi sambaran petir yang diterima sistem.

Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem proteksi petir pada Gedung Radar AirNav Cabang Semarang secara umum berada dalam kondisi baik, memenuhi standar teknis yang berlaku, dan mampu memberikan perlindungan terhadap fasilitas operasional radar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data, perhitungan teknis, dan evaluasi riwayat gangguan pada area Radar Jangli AirNav Semarang, dapat disimpulkan sebagai berikut: 1) Jadi cara menganalisis sistem penyalur petir pada Gedung Radar AirNav Semarang Adalah: a) Menggunakan Indeks Kelengkapan. Jika ketiga komponen ada dan berfungsi baik, maka nilai indeksnya adalah 100%. Dalam kasus Anda, baik Antena Radar maupun Gedung Genset memiliki indeks 100%; b) Membandingkan nilai rata-rata hasil pengukuran lapangan dengan standar PUIL 2011 dan SNI 03-7015-2004; c) Bandingkan radius proteksi terminal yang terpasang dengan dimensi Gedung; d) Menggunakan perhitungan tingkat kerapatan sambaran petir ke tanah (Ng). Dengan angka 164, area Semarang masuk kategori intensitas petir sangat tinggi, sehingga meskipun grounding bagus, risiko induksi tetap besar. 2) Berdasarkan hasil analisis, sistem penyalur petir di Gedung Radar AirNav Semarang secara umum telah memenuhi standar operasional dengan indeks kelengkapan komponen mencapai 100%. Secara kuantitatif, kualitas sistem pembumian dinyatakan sangat aman karena memiliki nilai resistansi jauh di bawah ambang batas maksimal 5Ω (PUIL 2011), yaitu sebesar $0,046 \Omega$ pada Antena Radar, serta $1,46 \Omega$ dan $0,05 \Omega$ pada Gedung Genset. Meskipun demikian, cakupan proteksi unit konvensional dengan radius 11,43 meter dinilai belum optimal dibandingkan unit elektrostatis (80 meter) dalam memitigasi risiko sambaran pada wilayah dengan aktivitas hari guruh tinggi (164 hari/tahun)

DAFTAR REFERENSI

- Abriyanto, H. Y., & Batih, H. (2021). Analisis Efektifitas Pemasangan Proteksi Petir Berdasarkan Tingkat Ancaman Sambaran Petir Cloud to Ground di Titik Tower Transmisi Air Anyir – Pangkalpinang, 17(3).
- Aggarwal, S. (2016). Various Aspects and Analysis of Earthing / Grounding System for Protective and Functional Applications, 6(10), 26–35.
- Agung Nugroho, A. S. (2005). Penentuan lokasi pemasangan, 31–36.
- Agusthinus S. Sampeallo1), Evtaleny R. Mauboy2) , Yermias M. Moron3) 1. (2020). Metode Sangkar Faraday Pada Gedung Keuangan Negara, IX(2).
- Arfianto, T., Anwari, S., Okzadika, R., & Pratama, F. (2018). Simulasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Dengan Metode Pembalik Muatan Menggunakan Matlab, 2(1), 72–79.
- Article, O. (2024). Impact And Mitigation Of Lightning On Structures And, 5, 1162–1171. <https://doi.org/10.29121/shodhkossh.v5.i4.2024.387>
- Atmaja Tarigan, D., Kartika W, R. B. B., & Kgs, I. (2025). Rancangan Desain Instalasi Penyalur Petir di Gedung Substation 8 Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 24(1), 29–42. <https://doi.org/10.31358/techn.v24i1.498>
- Bandri, S. (2014). Sistem Proteksi Petir Internal Dan Eksternal. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 3(1), 6.
- Cooray, V., Jayasinghe, H., & Rubinstein, M. (2022). The Geometry and Charge of the Streamer Bursts Generated by Lightning Rods under the Influence of High Electric Fields, 1–10.
- Dinda rahmalia. (2025). No Title.
- Elektro, J. T., Teknik, F., & Tarakan, U. B. (2024). Jurusan teknik elektro fakultas teknik uniersitas borneo

- tarakan 2024.
- Emeraldi, P. (2018). Pengukuran Radiasi Elektromagnetik Frekuensi Sangat Tinggi (VHF) Petir Compact Intracloud Discharges, 7(2).
- Fauzi1, R. (2021). Peran tahanan pentanahan pada peralatan listrik, 18(1), 28–33.
- Firnando, H., Tessal, D., Manab, A., Studi, P., Elektro, T., Jambi, U., & Jambi, K. M. (2024). 3 1,2,3, 12(3), 2295–2303.
- Gedung, D. I., Polsri, P., Alternative, P., & Atp, T. (2014). Kata kunci :, 15, 1–11.
- Goh, H. H., Sim, S., Shaari, J., Azali, N. A., & Ling, C. W. (2017). A Review of Lightning Protection System - Risk Assessment and Application, 8(1), 221–229. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v8.i1.pp221-229>
- Harahap, R., & Sinambela, I. E. (n.d.). Evaluasi Penyalur petir Eksternal Dengan Membandingkan Metode Sudut Proteksi , Metode Jala-Jala Dan Bola Bergulir (Studi Kasus Gedung Biro Rektor USU), 1099, 112–118.
- Indonesia, S. N. (2004). Sistem proteksi petir pada bangunan gedung.
- Isa, M. (2021). Analisa Sistem Proteksi Internal Dan Eksternal Perangkat Scada Di Gedung Mcs Medan Terhadap Arus, 1.
- Janardana, I. G. N., Wijaya, W. A., Gede, C., Partha, I., & Budiastra, N. (2017). Analysis Grounding System as Building Equipment Security Udayana University Denpasar, 1(2), 3–6.
- Java, W. O. F., Septiadi, D., & Hadi, S. (2009). Di Wilayah Bandung , Jawa Barat. *Weather*, 163–170.
- Johan, Y. (2017). *Meteorologi Indonesia Volume 1* (Vol. 1).
- Jurnal, M., Mesin, T., Komputer, I., Nomor, V., Alamsyah, M. R., Rajagukguk, M., ... Barat, P. K. (2025). Studi Perencanaan Proteksi Tegangan Lebih Eksternal Petir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura Proteksi Petir Eksternal Pada Apartemen Saumata Suites Tangerang ” menemukan bahwa hasil, 3(April).
- Mahira, A., Widyanto, A. N., Husnayain, F., Elektro, D. T., Teknik, F., Indonesia, U., ... Perbelanjaan, P. (2024). Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal pada Bangunan Pusat Perbelanjaan Studi Kasus Gedung, 7(02).
- Nurhabibah Naibaho, A. I. S. (2021). No Title, 9(2).
- Prasetijo, H., Elektro, T., Teknik, F., & Soedirman, U. J. (2023). Literasi Dasar Sistem Proteksi Petir Untuk, 1(1), 1–5.
- Prasetyo, B. E., Kusuma, W., Harijanto, P. S., & Hermawan, A. (n.d.). Terhadap Sambaran Petir Menggunakan Simulasi Alternative Transient Program (ATP).
- Putra, D. E., & Udi, J. (2018). Grounding Panel Distribusi Instalasi Rekam Medis Rsup Dr . Mohammad Hoesin Palembang, 3(1), 128–139.
- Rekayasa, T., Telekomunikasi, J., Teknik, J., Tembilahan, P. C., Sukri, M., Daulay, H., ... Sitopu, M. W. (2023). T R e k R i T e l, 3(April).
- Ruler, R. Van, Eikendal, T., Kooij, F. O., & Tan, E. C. T. H. (2022). pitfalls and a treatment protocol, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.08.024>
- Rusdin, A. A., Palloan, P., & Prasetyo, A. (2023). Uji Akurasi Ambang Batas Indeks Stabilitas Atmosfer terhadap Pembentukan Thunderstorm dan Awan Cumulonimbus di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, 12(2), 269–275.
- Service, N. W. (n.d.). Severe Weather Safety Guide.
- Si, M., Hendrastuti, N., & Si, S. (2025). Monitoring Dan Analisis Sambaran Petir Di Stasiun Geofisika Kelas Ii Pasuruan Tahun 2024, 1–9.
- Sugiharto, A. (2019). Pentanahan untuk Perlindungan Peralatan dan Bangunan Gedung.
- Sugiyono. (2017). No Title.
- Sugiyono. (2019). *No Title*.
- Suprijono, G. (2013). Sistem Proteksi Petir Dan Sistem Grounding Pada Instalasi Vital Di PT . Telkom Tegal Abstrak Pendahuluan, 50–53.
- Suryadi, A. (2017). Perancangan instalasi penyalur petir eksternal metoda franklin pada politeknik enjinereng indorama, 21(3), 219–230.
- Suryadi, A., Elektro, T., Indorama, P. E., Kuning, K., & Purwakarta, K. (2017). Perancangan instalasi penyalur petir eksternal metoda franklin pada politeknik enjinereng indorama, 21(3), 219–230.
- Suryana. (2015). *No Title*.
- Teknik, S., & Bandung, I. T. (2009). Pada Jaringan Tegangan Rendah, 13(1), 25–32.
- Tongkukut, S. H. J., & Utara, B. M. (2008). Identification of the Potential for Lightning Occurrence in North Sulawesi.

Trunojoyo, B. (2023). No Title.

Utami Faizatin, T., Rohmawati, L., & Madlazim. (2014). Pemetaan Daerah Rawan Petir Cloud To Ground Positif Wilayah Pasuruan Tahun 2012 Menggunakan Metode Inverse Distance Weighted. *Jurnal Fisika*, 03(03), 6–10.

Widiarto, I., Sinambela, P., & Sinambela, R. (2024). Perencanaan Sistem Penyalur Petir Pada Gedung - a Universitas Mpu Tantular Cipinang. *Bhinneka Multidisiplin Journal*, 1(2), 85–100. <https://doi.org/10.53067/bmj.v1i2.10>

Wungow, M. I., Mangindaan, G. M. C., & Patras, L. S. (n.d.). Analysis of Disturbances 70 kV Transmission Network and Their Mitigation, 1–10.