

## PENDAMPINGAN PENERAPAN SISTEM PENANGKAL PETIR FRANKLIN ROD PADA GEDUNG KOPERASI DESA MERAH PUTIH CICALENGKA

Erman Al Hakim<sup>1</sup>, Wijaya<sup>2</sup>, Rio Mubarak<sup>3</sup>, Wawan Gunawan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Listrik, Konsentrasi Teknik Elektro, Akademi Teknologi Bogor; [ermanalhakim@yahoo.com](mailto:ermanalhakim@yahoo.com)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Listrik, Konsentrasi Teknik Elektro, Akademi Teknologi Bogor; [wijayastmm3@gmail.com](mailto:wijayastmm3@gmail.com)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Listrik, Konsentrasi Teknik Elektro, Akademi Teknologi Bogor; [riomubarak07@gmail.com](mailto:riomubarak07@gmail.com)

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Listrik, Konsentrasi Teknik Elektro, Akademi Teknologi Bogor  
[wawan.11maret2018@gmail.com](mailto:wawan.11maret2018@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 2026-07-23

Revised 2026-08-05

Accepted 2026-08-12

### ABSTRAK

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan untuk menjawab kebutuhan mitra, yaitu Gedung Koperasi Desa Merah Putih di Cicalengka, yang digunakan sebagai pusat kegiatan usaha dan administrasi masyarakat namun belum memiliki sistem proteksi petir yang terencana. Kegiatan bertujuan menerapkan sistem penangkal petir tipe Franklin Rod sekaligus meningkatkan pemahaman pengelola mengenai pemeriksaan dan pemeliharaan dasar sistem. Pelaksanaan meliputi survei kondisi bangunan, analisis risiko, perancangan menggunakan metode rolling sphere dengan jari-jari 45 m pada Lightning Protection Level III (LPL III), pemasangan tiga terminal udara, pemasangan dua elektroda pembumian secara paralel dengan bentonit, pengujian tahanan pembumian, serta sosialisasi dan serah terima kepada pengelola. Hasil pengukuran menunjukkan tahanan elektroda sebesar 2,19  $\Omega$  dan 1,15  $\Omega$ , sedangkan tahanan total sistem mencapai 0,754  $\Omega$ . Nilai tersebut berada di bawah batas 5  $\Omega$  yang digunakan sebagai acuan teknis. Pada tahap pendampingan, mitra diperkenalkan pada fungsi terminal udara, down conductor, test joint box, tanda gangguan fisik, serta kebutuhan pemeriksaan berkala. Evaluasi formatif melalui tanya jawab dan konfirmasi ulang menunjukkan bahwa pengelola dapat menjelaskan kembali komponen utama dan tindakan pemeriksaan dasar. Berdasarkan pengujian awal, sistem menunjukkan kesesuaian dengan parameter teknis perancangan dan memberikan dasar proteksi petir yang lebih terencana bagi bangunan koperasi. Keberlanjutan kegiatan diarahkan melalui pemeriksaan visual dan pengukuran pembumian secara berkala.

**Kata Kunci:** Franklin Rod, rolling sphere, tahanan pembumian, keselamatan bangunan, pendampingan mitra

### ABSTRACT

*This community service activity addressed the partner's need at the Koperasi Desa Merah Putih Building in Cicalengka, which functions as a center for community business and administrative activities but did not yet have a planned lightning protection system. The activity aimed to implement a Franklin Rod lightning protection system while improving the managers' understanding of basic inspection and maintenance. The program included a building survey, risk analysis, system design using the rolling sphere method with a 45 m radius at Lightning Protection Level III (LPL III), installation of three air terminals, installation of two parallel grounding electrodes with bentonite, grounding resistance testing, and brief education and handover to the building managers. The measured electrode resistances were 2.19  $\Omega$  and 1.15  $\Omega$ , while the interconnected system resistance*

reached  $0.754 \Omega$ . This value was below the  $5 \Omega$  limit used as the technical reference. During the mentoring stage, the partner was introduced to the functions of the air terminals, down conductors, test joint boxes, visible signs of physical disturbance, and the need for periodic inspection. A formative evaluation through guided questions and a simple teach-back process indicated that the managers could restate the main components and basic inspection actions. Based on the initial testing, the installed system met the technical parameters used in the design and provided a more structured basis for lightning protection at the cooperative building. Program sustainability is supported through periodic visual inspection and grounding resistance measurement.

**Keyword:** Franklin Rod, rolling sphere, grounding resistance, building safety, partner mentoring

This is an open access article under the [CC BY](#) license.




---

**Corresponding Author:**

Erman Al Hakim

Akademi Teknologi Bogor; [ermanalhakim@yahoo.com](mailto:ermanalhakim@yahoo.com)

---

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis dengan aktivitas petir yang tinggi. Kelembapan udara, curah hujan, dan pembentukan awan konvektif meningkatkan peluang terjadinya sambaran petir, terutama pada musim penghujan. Kondisi tersebut menjadikan keselamatan bangunan dan keandalan instalasi listrik sebagai bagian penting dalam perencanaan infrastruktur. Bangunan publik memerlukan sistem proteksi petir yang dirancang berdasarkan tingkat risiko, dimensi bangunan, fungsi bangunan, serta karakteristik lingkungan di sekitarnya (Firnando, Tessel, & Manab, 2024; Mahira, Widyanto, Husnayain, & Fitri, 2024). Data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika menunjukkan bahwa beberapa wilayah di Jawa Barat memiliki rata-rata hari guruh yang tinggi sehingga berpotensi menghadapi risiko sambaran petir yang lebih besar (Husni, 2006).

Cicalengka merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Bandung, Jawa Barat, yang memiliki topografi perbukitan dan curah hujan cukup tinggi sepanjang tahun (Septianto, 2019). Kondisi geografis tersebut meningkatkan keterpaparan bangunan terhadap sambaran petir, khususnya bangunan yang berada di area terbuka atau memiliki posisi lebih tinggi dibandingkan objek di sekitarnya. Penentuan kebutuhan proteksi petir karena itu tidak dapat hanya didasarkan pada tinggi bangunan. Perancang juga perlu mempertimbangkan bentuk dan luas atap, material konstruksi, kondisi lingkungan, fungsi bangunan, serta karakteristik tanah pada lokasi pemasangan. Setiap bangunan memerlukan analisis khusus karena perbedaan geometri dan lingkungan dapat menghasilkan kebutuhan terminal udara dan zona perlindungan yang berbeda (Arief Wahyuadji, Purwasih, Permata, & Sinaga, 2024).

Berdasarkan observasi awal dan diskusi dengan pengelola, kebutuhan mitra tidak hanya berkaitan dengan ketiadaan sistem proteksi petir eksternal yang terencana, tetapi juga dengan belum adanya acuan sederhana untuk mengenali komponen sistem, memeriksa

kondisi jalur penyalur, dan melakukan tindak lanjut apabila ditemukan gangguan fisik pada instalasi. Kondisi tersebut penting karena keberlanjutan fungsi proteksi sangat bergantung pada kondisi terminal udara, konduktor penyalur, sambungan, test joint box, dan sistem pembumian. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian dirancang tidak berhenti pada pemasangan perangkat, tetapi juga mencakup pendampingan kepada pengelola agar mitra dapat melakukan pemeriksaan dasar dan mengetahui kapan diperlukan pengujian teknis lanjutan.

Gedung Koperasi Desa Merah Putih di Kampung Paoyanan, Desa Panenjoan, Kecamatan Cicalengka, digunakan sebagai pusat kegiatan usaha, administrasi, dan pelayanan koperasi. Bangunan tersebut menjadi tempat berlangsungnya kegiatan pengelola, anggota koperasi, dan masyarakat. Gedung juga menampung instalasi listrik serta perangkat elektronik yang mendukung pelayanan administrasi. Sambaran petir langsung dapat merusak atap dan struktur bangunan, sedangkan surja petir dapat mengganggu instalasi listrik dan merusak peralatan elektronik. Dampak tersebut dapat menimbulkan kerugian material, menghentikan kegiatan pelayanan, dan membahayakan orang yang berada di dalam gedung. Oleh sebab itu, Gedung Koperasi Desa Merah Putih memerlukan sistem proteksi petir yang dirancang melalui perhitungan teknis dan disesuaikan dengan kondisi lapangan.

Sistem penangkal petir tipe *Franklin Rod* merupakan salah satu bentuk proteksi petir eksternal yang banyak diterapkan pada bangunan. Sistem ini menggunakan terminal udara untuk menerima sambaran petir dan menyalurkan arusnya menuju tanah melalui konduktor penyalur yang telah ditentukan (Uman, 1987). Jalur tersebut dapat mengurangi kemungkinan arus petir mengalir melalui struktur bangunan, instalasi listrik, atau bagian lain yang tidak dirancang untuk menerima arus berintensitas tinggi (Golde, 1977). Meskipun prinsip *Franklin Rod* telah lama digunakan, efektivitasnya tetap ditentukan oleh ketepatan posisi terminal udara, kontinuitas konduktor, kualitas sambungan, dan kinerja sistem pembumian. Kajian terbaru menunjukkan bahwa penerapan sistem proteksi petir perlu mengintegrasikan analisis zona perlindungan dengan pemilihan material dan evaluasi kondisi bangunan (Mulyadi, Usrah, & Andang, 2023; Tóth, Kiss, & Németh, 2021).

Penentuan zona proteksi dalam kegiatan ini menggunakan metode *rolling sphere*. Metode tersebut menerapkan bola imajiner dengan radius tertentu yang digerakkan pada bagian atas dan sisi bangunan. Bagian bangunan yang dapat tersentuh oleh bola diperlakukan sebagai titik rawan sambaran petir. Radius bola ditentukan berdasarkan tingkat proteksi petir yang dipilih. Metode ini memberikan dasar geometris untuk menentukan jumlah dan posisi terminal udara sehingga cakupan perlindungan tidak hanya diperkirakan melalui sudut perlindungan. Penempatan terminal yang tepat perlu memastikan seluruh permukaan atap berada dalam zona terlindungi serta tidak terdapat bagian kritis yang terbuka terhadap sambaran langsung. Selain itu, jalur konduktor penyalur perlu dibuat sesingkat dan seaman mungkin untuk mengurangi risiko loncatan listrik dan pemanasan pada sambungan.

Sistem pembumian menjadi komponen penting karena berfungsi menyebarkan arus petir ke dalam tanah. Nilai tahanan pembumian dipengaruhi oleh resistivitas dan kelembapan tanah, panjang elektroda, diameter elektroda, jumlah elektroda, jarak antarelektroda, serta kualitas sambungan konduktor. Resistivitas tanah dan konfigurasi elektroda juga memengaruhi kenaikan potensial tanah saat sistem menerima arus petir (Gouda, El Dein, Yassin, Lehtonen, & Darwish, 2024). Oleh karena itu, perhitungan teoritis perlu dilengkapi dengan pengukuran langsung setelah instalasi selesai. Penggunaan beberapa elektroda secara paralel dan penambahan material bentonit dapat membantu memperbaiki kontak antara elektroda dan tanah. Material peningkat pembumian juga dapat mempertahankan kelembapan di sekitar elektroda dan menurunkan nilai tahanan pembumian, meskipun efektivitasnya tetap dipengaruhi oleh kondisi tanah dan perubahan musim (Kang, Lim, Muhammad, Aman, & Mohamad Nor, 2024; Mohd Nasir et al., 2021).

Sejumlah penelitian telah membahas proteksi petir pada gedung pendidikan, pusat pelayanan, bangunan bertingkat, dan fasilitas publik. Penelitian tersebut umumnya berfokus pada analisis risiko, penentuan tingkat proteksi, penempatan terminal udara, dan pengujian pembumian. Namun, kajian mengenai penerapan sistem proteksi petir pada gedung koperasi desa masih terbatas. Bangunan ini memiliki fungsi pelayanan ekonomi masyarakat, karakteristik atap tertentu, kondisi tanah lempung, serta keterbatasan ruang pemasangan yang berbeda dari bangunan bertingkat. Perbedaan tersebut menuntut rancangan yang sesuai dengan kondisi nyata bangunan dan tidak sekadar menyalin konfigurasi sistem dari objek lain.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan menerapkan dan mengevaluasi sistem penangkal petir tipe Franklin Rod pada Gedung Koperasi Desa Merah Putih di Cicalengka sekaligus memberikan pendampingan dasar kepada pengelola mengenai fungsi komponen, pemeriksaan visual, dan pemeliharaan sistem. Perancangan menggunakan metode rolling sphere untuk menentukan posisi terminal udara dan cakupan zona proteksi. Kegiatan juga mencakup pemasangan konduktor penyalur, perancangan elektroda pembumian, penggunaan bentonit, pengukuran nilai tahanan pembumian, sosialisasi, serta serah terima sistem kepada mitra. Hasil pengujian dibandingkan dengan parameter teknis SNI 03-7015-2004 dan IEC 62305 yang digunakan dalam perancangan. Melalui pendekatan tersebut, kegiatan diharapkan menghasilkan instalasi yang lebih terencana sekaligus meningkatkan kesiapan mitra dalam menjaga keberlanjutan fungsi sistem proteksi petir.

## **2. METODE**

### **1. Pendekatan Kegiatan**

Kegiatan ini menggunakan pendekatan pengabdian berbasis penerapan teknologi dengan dukungan analisis deskriptif-kuantitatif. Pendekatan tersebut dipilih karena kegiatan berfokus pada penyelesaian kebutuhan teknis mitra melalui penerapan konsep dan standar proteksi petir secara langsung pada bangunan koperasi. Pelaksanaan menggabungkan tahapan teknis berupa studi literatur, survei lapangan, analisis kebutuhan proteksi,

perancangan, implementasi, dan pengujian dengan pendekatan partisipatif melalui koordinasi, sosialisasi, dan serah terima kepada pengelola. Data kuantitatif diperoleh dari pengukuran dimensi bangunan, karakteristik lokasi, konfigurasi terminal udara, panjang konduktor penyalur, dan tahanan pembumian. Selain itu, informasi kualitatif mengenai pemahaman mitra diperoleh melalui tanya jawab dan konfirmasi ulang setelah kegiatan sosialisasi.

## **2. Waktu dan Lokasi Pengabdian**

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Gedung Koperasi Desa Merah Putih yang berlokasi di Kp. Paoyanan RT 02 RW 02, Desa Panenjoan, Kecamatan Cicalengka, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Lokasi dipilih karena gedung digunakan sebagai pusat kegiatan usaha dan administrasi koperasi serta membutuhkan sistem proteksi petir yang lebih terencana. Pelaksanaan berlangsung selama kurang lebih tiga hari. Hari pertama digunakan untuk koordinasi dengan pengelola, survei lokasi, pengukuran dimensi bangunan, identifikasi kondisi atap, dan penentuan titik pemasangan. Hari kedua difokuskan pada pemasangan terminal udara, konduktor penyalur, dan sistem pembumian. Hari ketiga digunakan untuk pemeriksaan sambungan, pengukuran tahanan pembumian menggunakan earth tester, evaluasi kesesuaian sistem, sosialisasi fungsi komponen dan pemeliharaan dasar, serta serah terima hasil pemasangan kepada mitra.

## **3. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan**

Kegiatan pengabdian dilaksanakan melalui tahapan yang disusun secara sistematis agar aspek teknis dan kebutuhan mitra dapat ditangani secara terpadu, sebagai berikut:

### **a. Studi Literatur**

Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi yang relevan, meliputi buku teks, jurnal ilmiah, standar nasional (SNI 03-7015-2004), standar internasional (IEC 62305), serta regulasi pemerintah terkait instalasi penangkal petir. Studi literatur bertujuan untuk membangun landasan teori yang kuat sebelum melakukan perancangan sistem.

### **b. Survei Lapangan dan Identifikasi Kebutuhan Mitra**

Survei lapangan dilakukan bersama pengelola untuk memperoleh data primer yang dibutuhkan dalam perancangan sekaligus mengidentifikasi kebutuhan mitra. Observasi mencakup kondisi fisik gedung, area yang digunakan untuk aktivitas koperasi, jalur yang aman untuk penempatan konduktor, lokasi pembumian, serta kondisi instalasi listrik eksisting. Data teknis yang dikumpulkan meliputi:

- Dimensi bangunan: panjang, lebar, dan tinggi total gedung
- Kondisi lingkungan sekitar: topografi, objek-objek berdekatan, dan vegetasi
- Data isokeraunik wilayah Cicalengka dari BMKG
- Jenis tanah dan estimasi nilai resistivitas tanah
- Kondisi instalasi listrik eksisting di Gedung

### c. Analisis Risiko

Analisis risiko dilakukan berdasarkan metodologi IEC 62305-2 untuk menentukan tingkat proteksi petir (LPL) yang diperlukan. Perhitungan mencakup frekuensi sambaran petir tahunan ( $N_D$ ), frekuensi sambaran petir yang dapat ditoleransi ( $N_c$ ), dan perhitungan risiko (R). Gedung koperasi dikategorikan sebagai bangunan dengan tingkat proteksi yang memerlukan LPL III dengan menggunakan jari-jari rolling sphere 45 m, mempertimbangkan fungsi dan jumlah pengguna bangunan tersebut.

### d. Perancangan Sistem

Perancangan sistem penangkal petir dilakukan berdasarkan hasil analisis risiko dan data survei lapangan. Tahapan perancangan meliputi:

1. Penentuan jumlah dan posisi terminal udara (*Franklin Rod*) menggunakan metode rolling sphere
2. Perhitungan panjang dan jalur konduktor penyalur (*down conductor*)
3. Perancangan sistem pembumian meliputi jenis, jumlah, dan kedalaman elektroda

### e. Implementasi dan Pendampingan Mitra

Implementasi dilaksanakan berdasarkan gambar teknik yang telah disusun pada tahap perancangan. Proses pemasangan dilakukan oleh tenaga teknis dengan memperhatikan prosedur kerja yang aman, sedangkan pengelola dilibatkan dalam koordinasi lokasi pemasangan dan pengenalan fungsi komponen. Tahapan implementasi meliputi pemasangan terminal udara pada titik yang direncanakan, instalasi konduktor penyalur di sepanjang dinding eksterior gedung, penanaman elektroda pembumian, penyambungan seluruh komponen, serta pemeriksaan visual awal bersama mitra.

### f. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan setelah seluruh komponen sistem terpasang. Parameter utama yang diuji adalah tahanan pembumian menggunakan Earth Tester Kyoritsu 4105A dengan metode tiga titik (*three-point method/Fall-of-Potential Method*). Pengukuran dilakukan pada masing-masing elektroda dan pada sistem yang telah terinterkoneksi. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan batas teknis yang digunakan dalam perancangan, yaitu  $R \leq 5 \Omega$ , serta dilengkapi dengan pemeriksaan kontinuitas jalur, kondisi sambungan, dan kesesuaian posisi komponen.

### g. Sosialisasi, Serah Terima, dan Evaluasi Pemahaman Mitra

Setelah pengujian teknis selesai, tim melakukan sosialisasi singkat kepada pengelola koperasi mengenai fungsi terminal udara, down conductor, sistem pembumian, test joint box, serta pentingnya menjaga jalur konduktor dari perubahan atau kerusakan fisik. Tim juga menjelaskan tanda-tanda yang perlu diperhatikan, seperti sambungan longgar, korosi, konduktor terlepas, atau perubahan kondisi area pembumian. Evaluasi pemahaman dilakukan secara formatif melalui tanya jawab terarah dan teknik teach-back sederhana. Mitra diminta menjelaskan kembali fungsi komponen utama, langkah pemeriksaan visual, serta kondisi yang memerlukan pemeriksaan teknis lebih lanjut. Evaluasi ini tidak digunakan sebagai tes akademik, tetapi sebagai konfirmasi bahwa informasi dasar pemeliharaan dapat dipahami sebelum sistem diserahkan.

### h. Alur Pelaksanaan Kegiatan

Alur teknis perancangan dan implementasi sistem ditunjukkan pada Gambar 1. Tahapan dimulai dari identifikasi masalah dan studi literatur, dilanjutkan dengan pengumpulan data gedung, analisis kebutuhan proteksi, perhitungan zona perlindungan, perancangan sistem, pemilihan material, pemasangan, pengujian, dan evaluasi kinerja. Setelah sistem memenuhi parameter pengujian, kegiatan dilanjutkan dengan sosialisasi, serah terima, dan evaluasi pemahaman mitra sebagaimana dijelaskan pada tahap sebelumnya.



Gambar 1. Alur Teknis Perancangan dan Implementasi Sistem

### 4. Teknik Analisis dan Evaluasi

Data teknis hasil pengukuran dianalisis secara deskriptif-kuantitatif dengan membandingkannya terhadap parameter yang digunakan dalam SNI 03-7015-2004 dan IEC 62305. Analisis mencakup verifikasi tahanan pembumian, evaluasi cakupan zona proteksi berdasarkan posisi terminal udara, serta penilaian kesesuaian material dan dimensi komponen. Evaluasi kegiatan pengabdian juga mencakup aspek keterlibatan mitra dan pemahaman dasar setelah sosialisasi. Hasil tanya jawab dan teach-back dianalisis secara deskriptif untuk melihat kemampuan pengelola dalam mengenali komponen utama,

menjelaskan fungsi pemeriksaan visual, dan menyebutkan kondisi yang memerlukan tindak lanjut teknis. Kedua jenis hasil tersebut digunakan secara bersama untuk menilai kelayakan teknis awal dan kesiapan mitra dalam menjaga keberlanjutan sistem.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi:

Tabel 1. Alat dan Bahan

| No | Nama                        | Jenis | Jumlah   |
|----|-----------------------------|-------|----------|
| 1  | Lightning Rod               | Bahan | 3 Unit   |
| 2  | Lightning Rod Mounting Base | Bahan | 3 Unit   |
| 3  | Isolator ring               | Bahan | 3 Unit   |
| 4  | Copper cable                | Bahan | 50 Meter |
| 5  | Copper cable strap          | Bahan | 5 Unit   |
| 6  | Grounding Rod Clamp         | Bahan | 1 Unit   |
| 7  | Ground Rod                  | Bahan | 1 Unit   |
| 8  | Bor listrik                 | Bahan | 1 Unit   |
| 9  | Earth Tester                | Bahan | 1 Unit   |
| 10 | Cable Protector             | Bahan | 50 Meter |
| 11 | Sekrup                      | Bahan | 50 Pcs   |
| 12 | Semen Bentonite Grounding   | Bahan | 40 kg    |
| 13 | Sendok tembok               | Bahan | 1 Buah   |
| 14 | Ember                       | Bahan | 1 Buah   |
| 15 | Tang                        | Bahan | 1 Buah   |
| 16 | Obeng                       | Bahan | 1 Buah   |

#### 2. Data Hasil Survei Lapangan

Gedung Koperasi Desa Merah Putih di Desa Panenjoan Kec. Cicalengka merupakan bangunan satu lantai dengan konstruksi beton dan seng galvalium. Hasil pengukuran dimensi bangunan dan kondisi lingkungan sekitar ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Survei Lapangan Gedung Koperasi Desa Merah Putih

| Parameter                     | Data                       |
|-------------------------------|----------------------------|
| Panjang bangunan              | 30 m                       |
| Lebar bangunan                | 20 m                       |
| Tinggi atap (titik tertinggi) | 8,4 m dari permukaan tanah |
| Luas bangunan                 | 600 m <sup>2</sup>         |
| Jenis konstruksi              | Beton bertulang            |
| Jenis atap                    | Material galvalum          |
| Jumlah lantai                 | 1 lantai                   |



| Parameter                              | Data                |
|----------------------------------------|---------------------|
| Jenis tanah                            | Tanah clay          |
| Estimasi resistivitas tanah ( $\rho$ ) | 30 $\Omega$ .m      |
| Tingkat isokeraunik (Td)               | 82 hari guruh/tahun |

Berdasarkan data tersebut, gedung berada di wilayah dengan tingkat isokeraunik yang tergolong tinggi. Nilai isokeraunik (Td) sebesar 82 hari guruh/tahun menunjukkan bahwa risiko sambaran petir di lokasi ini cukup signifikan dan memerlukan sistem proteksi yang andal. Jenis tanah clay dengan resistivitas 30  $\Omega$ m memiliki karakteristik yang cukup baik untuk sistem pembumian dibandingkan tanah pasir atau berbatu.

### 3. Hasil Analisis Risiko Petir

Analisis risiko dilakukan mengikuti prosedur IEC 62305-2 untuk menentukan apakah bangunan memerlukan sistem proteksi petir dan pada tingkat perlindungan berapa. Frekuensi sambaran petir langsung ke bangunan per tahun (ND) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$ND = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} \text{ (sambaran/tahun)}$$

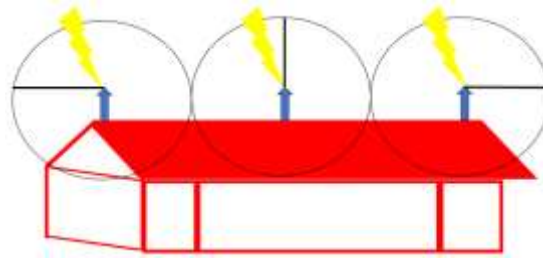
di mana  $N_g$  adalah kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/km<sup>2</sup>/tahun),  $A_e$  adalah luas area ekivalen (m<sup>2</sup>), dan  $C_1$  adalah faktor lokasi. Nilai  $N_g$  diperoleh dari hubungan  $N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}$ ,  $N_g = 0,04 \times 82^{1,25} = 9,57$  sambaran/km<sup>2</sup>/tahun.

Berdasarkan perhitungan, frekuensi sambaran petir tahunan ke gedung (ND) adalah 0,027 sambaran/tahun, sedangkan frekuensi yang dapat ditoleransi (NC) untuk bangunan dengan fungsi publik dan peralatan elektronik adalah 0,001 sambaran/tahun. Karena  $ND > NC$ , maka instalasi sistem proteksi petir adalah wajib. Tingkat proteksi petir (LPL) yang dipilih adalah LPL III dengan efisiensi proteksi 90%, sesuai fungsi bangunan sebagai gedung komersial-publik.

### 4. Hasil Perancangan Sistem Penangkal Petir

#### 4.1. Penentuan Zona Proteksi (Metode Rolling Sphere)

Zona proteksi ditentukan menggunakan metode *rolling sphere* dengan jari-jari  $R = 45$  m sesuai LPL III. Simulasi geometris dilakukan dengan memproyeksikan bola fiktif berjari-jari 45 m yang menggelinding di atas dan di sekitar kontur bangunan. Titik-titik pada bangunan yang dapat disentuh bola tersebut merupakan titik rawan sambaran yang membutuhkan terminal udara.



Gambar 2. Skema Proteksi Rolling Sphere

Dari hasil analisis *rolling sphere* terhadap geometri gedung, ditetapkan terdapat 3 (tiga) unit terminal udara *Franklin Rod* yang dipasang pada titik-titik tertentu sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Penempatan ini memastikan seluruh permukaan atap dan dinding atas gedung berada dalam zona terlindungi.

Tabel 3. Posisi Pemasangan Terminal Udara Franklin Rod

| No | Lokasi Pemasangan | Ketinggian Tiang (m) | Ketinggian Total dari Tanah (m) |
|----|-------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1  | Ujung ridge Timur | 1                    | 10.4                            |
| 2  | Tengah ridge      | 1                    | 10.4                            |
| 3  | Ujung ridge Barat | 1                    | 10.4                            |

#### 4.1.1. Spesifikasi Material dan Komponen

Pemilihan material mengacu pada persyaratan minimum yang ditetapkan SNI 03-7015-2004. Spesifikasi teknis seluruh komponen sistem penangkal petir yang dirancang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Material Komponen Sistem Penangkal Petir

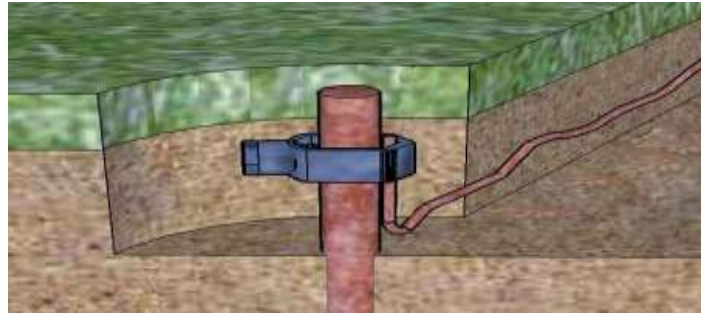
| No. | Komponen                            | Spesifikasi Terpasang                                                      | Persyaratan SNI                          |
|-----|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1   | Terminal Udara (Franklin Rod)       | Tembaga berlapis galvanis, Ø 16 mm, panjang 50 cm                          | Min. Ø 16 mm, baja galvanis              |
| 2   | Konduktor Penyalur (Down Conductor) | Kabel BC 50 mm <sup>2</sup> , total panjang ±52 m                          | Min. 50 mm <sup>2</sup> (tembaga)        |
| 3   | Elektroda Pembumian                 | Copper clad steel Ø 5/8", dua batang dipasang paralel, kedalamannya ±2,5 m | Min. panjang 1,5 m, kedalamannya ≥ 0,5 m |
| 4   | Klem dan Konektor                   | Klem tembaga baut stainless, waterproof                                    | Konduktivitas setara kabel utama         |
| 5   | Test Joint Box                      | Terpasang di setiap down conductor, tinggi ±0,5 m dari tanah               | Wajib untuk pengujian berkala            |

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa seluruh material yang digunakan telah memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan SNI 03-7015-2004.

#### 4.2. Perancangan Sistem Pembumian

Sistem pembumian dirancang menggunakan dua elektroda *copper clad steel* yang dihubungkan secara paralel melalui konduktor tembaga berpenampang 50 mm<sup>2</sup>. Konfigurasi tersebut digunakan untuk memperluas jalur penyebaran arus ke tanah dan menurunkan

tahanan pembumian total. Bentonit ditempatkan di sekitar elektroda untuk meningkatkan kontak antara permukaan elektroda dan tanah. Rancangan sistem pembumian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Rangkaian Grounding Rod

Dua elektroda copper clad steel dipasang secara vertikal pada kedalaman sekitar 2,5 m untuk menyediakan jalur penyebaran arus menuju tanah. Bentonit ditempatkan di sekitar elektroda untuk meningkatkan kontak dengan tanah dan mendukung penurunan tahanan pembumian. Konfigurasi ini dipilih untuk menurunkan nilai tahanan pembumian total sesuai persamaan:

$$R_{Total} = \frac{R_{Batang}}{n}$$

Nilai tahanan satu batang elektroda dihitung menggunakan rumus Dwight :

$$R = \left( \frac{\rho}{2\pi L} \right) \times \left[ \ln \left( \frac{4L}{d} \right) - 1 \right]$$

Pada perhitungan teoritis menggunakan persamaan Dwight, parameter panjang efektif elektroda yang digunakan adalah  $L = 2$  m, dengan  $\rho = 30 \, \Omega\text{m}$  dan  $d = 0,02$  m. Berdasarkan parameter tersebut, diperoleh tahanan teoritis satu elektroda sebesar  $11,91 \, \Omega$  dan estimasi tahanan dua elektroda pada pendekatan paralel ideal sebesar  $5,95 \, \Omega$ . Nilai teoritis tersebut digunakan sebagai dasar awal dalam perancangan sistem pembumian. Setelah pemasangan dua elektroda paralel pada kedalaman sekitar 2,5 m dan penambahan bentonit, dilakukan pengukuran lapangan menggunakan *earth tester*. Hasil pengukuran menunjukkan tahanan sebesar  $2,19 \, \Omega$  pada elektroda pertama dan  $1,15 \, \Omega$  pada elektroda kedua.



Gambar 4. Hasil Pengukuran Tahanan Pembumian

## 5. Hasil Implementasi di Lapangan

Implementasi sistem penangkal petir dilaksanakan selama 3 (tiga) hari kerja oleh tim teknis. Seluruh tahapan pemasangan mengikuti gambar kerja yang telah disusun. Dokumentasi proses implementasi disajikan sebagai berikut :

1. Pemasangan 3 unit terminal udara *Franklin Rod* pada ketiga posisi di atap gedung menggunakan tiang pipa besi galvanis sebagai penyangga. Seluruh terminal udara berhasil dipasang tegak lurus dengan deviasi kemiringan  $< 2^\circ$ .
2. Instalasi konduktor penyalur (*down conductor*) sepanjang total  $\pm 52$  m menggunakan kabel BC 50 mm<sup>2</sup> yang diklem pada dinding eksterior bangunan dengan jarak antar klem tidak lebih dari 1 m, sesuai rekomendasi IEC 62305-3.
3. Penanaman dua batang elektroda pembumian dilakukan secara paralel di samping bangunan dengan panjang efektif elektroda 2,5 m. Material bentonit ditambahkan di sekitar elektroda untuk meningkatkan kontak antara elektroda dan tanah serta membantu menurunkan resistivitas lokal
4. Pemasangan *test joint box* pada setiap jalur *down conductor* di ketinggian  $\pm 0,5$  m dari permukaan tanah untuk memudahkan pengujian berkala.
5. Penyambungan seluruh komponen menggunakan klem tembaga baut stainless yang tahan korosi, dengan sambungan dilapisi material antikorosi untuk menjamin keandalan jangka panjang.

## 6. Hasil Pengujian Nilai Tahanan Pembumian

Pengujian tahanan pembumian dilakukan menggunakan alat *Earth Tester* Kyoritsu 4105A dengan metode tiga titik (*three-point method* / *Fall-of-Potential Method*) sesuai IEEE Std. 81-2012. Pengujian dilakukan pada masing-masing titik elektroda pembumian di kedua sudut bangunan, serta pada nilai total sistem yang terinterkoneksi. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Pengujian Nilai Tahanan Pembumian**

| No. | Titik Pengukuran       | Kondisi Tanah               | Hasil Ukur ( $\Omega$ ) | Keterangan |
|-----|------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------|
| 1   | Elektroda ke-1         | clay + bentonite            | 2.19                    | Memenuhi   |
| 2   | Elektroda ke-2         | clay + bentonite            | 1.15                    | Memenuhi   |
| 3   | Total Sistem (Paralel) | Semua titik terinterkoneksi | 0.754                   | Memenuhi   |

Berdasarkan Tabel 5, nilai tahanan pembumian pada elektroda pertama sebesar 2,19  $\Omega$  dan pada elektroda kedua sebesar 1,15  $\Omega$ . Setelah kedua elektroda dihubungkan secara paralel, nilai tahanan total sistem mencapai 0,754  $\Omega$ . Nilai tersebut berada di bawah batas 5  $\Omega$  yang digunakan sebagai acuan teknis dalam perancangan sehingga hasil pengujian awal menunjukkan bahwa sistem pembumian telah memenuhi parameter yang digunakan.

Nilai tahanan total sistem sebesar 0,754  $\Omega$  lebih rendah dibandingkan hasil pengukuran masing-masing elektroda secara individual dan menunjukkan kinerja awal konfigurasi

paralel setelah pemasangan. Namun, pengukuran dilakukan pada kondisi lapangan saat kegiatan berlangsung sehingga perubahan tahanan akibat variasi kadar air tanah dan kondisi musim masih memerlukan evaluasi secara berkala.

## 7. Evaluasi Cakupan Zona Proteksi

Evaluasi cakupan zona proteksi dilakukan dengan memverifikasi bahwa seluruh area atap dan bangunan berada dalam zona terlindungi ketiga terminal udara yang terpasang. Berdasarkan perhitungan geometris metode *rolling sphere* dengan  $R = 45$  m dan posisi terminal udara pada ketinggian 10 m dari permukaan tanah, radius zona proteksi efektif pada bidang atap (ketinggian 9,5 m) dapat dihitung sebagai berikut:

$$r = \sqrt{(R^2 - (R - h)^2)} = \sqrt{(45^2 - (45 - 0,5)^2)} \approx 6,7 \text{ m}$$

di mana  $h$  adalah selisih tinggi antara ujung terminal udara (10 m) dan titik yang paling kritis pada atap (9,5 m), yaitu 0,5 m. Dengan radius proteksi efektif 6,7 m per terminal dan jarak antar terminal (horisontal atap  $24 \text{ m} \times 18 \text{ m} = 30 \text{ m}$  dibagi  $2 = \pm 15 \text{ m}$ ), terdapat tumpang tindih zona proteksi yang memastikan tidak ada titik atap yang luput dari perlindungan.

**Tabel 6. Hasil Evaluasi Cakupan Zona Proteksi**

| Aspek Evaluasi                | Hasil                           | Status                 |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Jumlah terminal udara         | 3 unit (sepanjang ridge atap)   | Sesuai rancangan       |
| Cakupan area atap             | 600 m <sup>2</sup> (100%)       | Area rawan terlindungi |
| Tumpang tindih zona proteksi  | Ada di seluruh area tengah atap | Optimal                |
| Titik rawan tidak terlindungi | Tidak ada                       | Aman                   |
| Jumlah down conductor         | 2 jalur                         | Sesuai IEC 62305-3     |
| Jarak antar klem konduktor    | $\leq 2 \text{ m}$              | Sesuai standar         |

## 8. Penilaian Kesesuaian Material dan Dimensi Komponen

Penilaian kesesuaian material dilakukan dengan membandingkan spesifikasi komponen yang terpasang terhadap persyaratan minimum yang ditetapkan dalam SNI 03-7015-2004 dan IEC 62305-3. Rekapitulasi hasil penilaian disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Rekapitulasi Penilaian Kesesuaian Material terhadap Standar**

| No. | Komponen          | Spesifikasi Terpasang             | Persyaratan Standar          | Status      |
|-----|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------|
| 1   | Terminal udara    | Cu galvanis Ø 16 mm               | Min. Ø 16 mm                 | ✓ Sesuai    |
| 2   | Down conductor    | BC Cu 50 mm <sup>2</sup>          | Min. 50 mm <sup>2</sup> (Cu) | ✓ Sesuai    |
| 3   | Elektroda batang  | CCS Ø 5/8", L= 2 m                | Min. L=1,5 m                 | ✓ Sesuai    |
| 4   | Konduktor ring    | BC Cu 50 mm <sup>2</sup>          | Min. 50 mm <sup>2</sup>      | ✓ Sesuai    |
| 5   | Tahanan pembumian | 0,754 Ω (total sistem)            | Maks. 5 Ω                    | ✓ Sesuai    |
| 6   | Test joint box    | Terpasang, tinggi 0,5 m           | Wajib ada                    | ✓ Sesuai    |
| 7   | Proteksi korosi   | Lapisan antikorosi pada sambungan | Disarankan                   | ✓ Terpenuhi |

Berdasarkan Tabel 7, seluruh komponen sistem penangkal petir yang terpasang pada Gedung Koperasi Desa Merah Putih telah memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan dalam SNI 03-7015-2004 dan IEC 62305-3. Tidak ditemukan komponen yang berada di bawah spesifikasi minimum standar.

## 9. Pendampingan Mitra dan Evaluasi Pemahaman

Setelah sistem selesai diuji, dilakukan sosialisasi dan serah terima kepada pengelola koperasi. Materi pendampingan difokuskan pada pengenalan tiga bagian utama sistem, yaitu terminal udara, konduktor penyalur, dan pembumian, serta fungsi test joint box sebagai titik yang mendukung pemeriksaan sistem. Pengelola juga diberi penjelasan mengenai pemeriksaan visual sederhana, antara lain memastikan terminal tetap tegak, konduktor tidak terlepas atau terpotong, sambungan tidak mengalami kerusakan yang terlihat, dan area pembumian tidak terganggu oleh pekerjaan lain di sekitar gedung.

Evaluasi pemahaman dilakukan secara formatif melalui tanya jawab dan konfirmasi ulang setelah sosialisasi. Berdasarkan proses tersebut, pengelola dapat mengenali fungsi komponen utama, menunjukkan lokasi test joint box dan jalur down conductor, serta menjelaskan bahwa pemeriksaan teknis perlu dilakukan kembali apabila ditemukan kerusakan fisik atau perubahan pada sistem. Hasil ini menunjukkan bahwa kegiatan tidak hanya menghasilkan instalasi fisik, tetapi juga memberikan pengetahuan operasional dasar yang diperlukan mitra untuk mendukung pemeliharaan. Karena evaluasi bersifat praktis dan tidak menggunakan skor kuantitatif, hasilnya diposisikan sebagai indikator awal pemahaman mitra, bukan sebagai ukuran kompetensi formal.

## PEMBAHASAN

Hasil perancangan dan implementasi menunjukkan bahwa sistem penangkal petir tipe *Franklin Rod* pada Gedung Koperasi Desa Merah Putih telah mencakup tiga komponen utama proteksi petir eksternal, yaitu terminal udara, konduktor penyalur, dan sistem pembumian. Ketiga komponen tersebut membentuk jalur terencana untuk menerima sambaran, menyalurkan arus petir, dan menyebarkannya ke dalam tanah. Kesesuaian antarbagian menjadi penting karena keberhasilan proteksi tidak hanya ditentukan oleh keberadaan terminal udara, tetapi juga oleh kontinuitas konduktor dan kemampuan sistem pembumian melepaskan arus secara aman. Data teknis, konfigurasi komponen, dan hasil pengukuran pada pembahasan ini mengikuti hasil implementasi dalam manuskrip.

Penentuan zona proteksi menggunakan metode rolling sphere dengan radius 45 meter sesuai dengan Lightning Protection Level III. Tiga terminal udara ditempatkan pada ujung ridge timur, bagian tengah ridge, dan ujung ridge barat. Konfigurasi tersebut menghasilkan cakupan perlindungan pada seluruh permukaan atap serta membentuk zona yang saling tumpang tindih di bagian tengah bangunan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Almaazmi (2023), yang menunjukkan bahwa metode rolling sphere dapat digunakan untuk mengoptimalkan posisi terminal udara sekaligus mengurangi penggunaan komponen yang tidak diperlukan. Namun, penelitian Almaazmi dilakukan pada instalasi gardu dengan geometri dan tingkat risiko yang berbeda. Kegiatan ini memperluas penerapan metode

tersebut pada bangunan koperasi satu lantai dengan bentuk atap memanjang dan luas 600 m<sup>2</sup>.

Temuan tersebut juga dapat dibandingkan dengan penelitian Sunardi, Triwijaya, Raharjo, & Reinaningtyas (2024) pada Gedung PPKA Stasiun Depok. Penelitian tersebut menggunakan metode rolling sphere dengan radius 60 meter dan melakukan perubahan posisi serta ketinggian terminal agar seluruh bagian bangunan terlindungi. Sementara itu, kegiatan ini menggunakan jari-jari rolling sphere 45 m dan tiga terminal udara yang ditempatkan pada ujung ridge timur, bagian tengah ridge, dan ujung ridge barat. Perbedaan radius dan konfigurasi pemasangan menunjukkan bahwa jumlah serta posisi terminal perlu disesuaikan dengan geometri atap, tingkat proteksi, dimensi bangunan, dan kondisi lingkungan sekitar. Perbedaan radius, tinggi terminal, dan konfigurasi pemasangan menunjukkan bahwa jumlah terminal tidak dapat ditentukan secara seragam untuk semua bangunan. Geometri atap, kelas proteksi, dimensi bangunan, dan objek di sekitar lokasi harus menjadi dasar penempatan terminal udara (Almaazmi, 2023; Sunardi et al., 2024).

Penggunaan tiga terminal pada gedung sepanjang 30 meter memberikan cakupan yang lebih merata dibandingkan penggunaan satu terminal pada titik tengah. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh area atap berada dalam zona perlindungan dan tidak ditemukan titik kritis yang terbuka. Temuan ini mendukung hasil Sunardi, Triwijaya, Raharjo, & Reinaningtyas (2024), yang menemukan bahwa perubahan posisi terminal secara diagonal dan penyesuaian tinggi terminal dapat memperluas cakupan proteksi. Meskipun demikian, kegiatan ini menggunakan sistem Franklin Rod konvensional tanpa terminal tipe early streamer emission. Sistem yang lebih sederhana tersebut tetap mampu memenuhi kebutuhan proteksi karena penempatannya disesuaikan dengan dimensi dan bentuk atap bangunan.

Konduktor penyalur menggunakan kabel tembaga BC berpenampang 50 mm<sup>2</sup> dengan panjang total sekitar 52 meter. Konduktor dipasang pada dinding luar bangunan dengan jalur yang relatif langsung dan jarak antarklem tidak lebih dari satu meter. Penggunaan jalur yang pendek, sambungan yang kuat, serta material tahan korosi membantu menjaga kontinuitas listrik ketika arus petir mengalir menuju sistem pembumian. Pemasangan *test joint box* pada ketinggian sekitar 0,5 meter dari permukaan tanah juga memudahkan pemeriksaan dan pengukuran berkala. Konfigurasi tersebut menegaskan bahwa kualitas sistem tidak hanya bergantung pada ukuran konduktor, tetapi juga pada pemasangan mekanis, kualitas sambungan, dan kemudahan pemeliharaan.

Hasil pengukuran menunjukkan nilai tahanan sebesar 2,19  $\Omega$  pada elektroda pertama dan 1,15  $\Omega$  pada elektroda kedua. Setelah kedua elektroda dihubungkan secara paralel, nilai tahanan total turun menjadi 0,754  $\Omega$ . Temuan ini sejalan dengan Clark, Mousa, Harid, Griffiths, & Haddad (2021), yang menemukan bahwa penambahan dan pengembangan konfigurasi elektroda dapat mengurangi resistansi efektif karena memperluas jalur penyebaran arus di dalam tanah. Hardi, Taufiq, Putri, & Nasution (2023) juga menunjukkan bahwa kedalaman elektroda dan kondisi kelembapan tanah memengaruhi nilai tahanan

pembumian. Meskipun konfigurasi elektroda pada penelitian terdahulu berbeda, kedua penelitian tersebut mendukung prinsip bahwa luas kontak, susunan elektroda, dan kondisi tanah menentukan kinerja pembumian (Clark et al., 2021; Hardi et al., 2023).

Penurunan nilai tahanan melalui konfigurasi paralel juga konsisten dengan penelitian (Karmiathi & Puja Yoga, 2023). Penelitian tersebut menurunkan tahanan pembumian gardu distribusi dari 8,1  $\Omega$  menjadi 1,9  $\Omega$  melalui penambahan elektroda batang dan penggunaan arang kayu sebagai bahan perlakuan tanah. Kegiatan ini menghasilkan nilai total yang lebih rendah, yaitu 0,754  $\Omega$ , dengan menggunakan dua elektroda paralel dan bentonit pada tanah lempung. Akan tetapi, kedua nilai tersebut tidak dapat dibandingkan secara langsung karena terdapat perbedaan jenis tanah, jumlah elektroda, kedalaman pemasangan, kondisi kelembapan, dan bahan peningkat pembumian. Kesamaan utama kedua penelitian terletak pada efektivitas penggabungan elektroda dan perlakuan tanah untuk menurunkan tahanan pembumian.

Penggunaan bentonit membantu memperbaiki kontak antara permukaan elektroda dan tanah. Material tersebut mengisi rongga di sekitar batang pembumian serta membantu mempertahankan kelembapan lokal. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wan Ahmad, Mohamad Roslan, Jasni, & Ab-Kadir (2023), yang mengevaluasi campuran bentonit dan kenaf sebagai bahan peningkat pembumian. Kajian Wahba, Abdel-Salam, Nayel, & Ziedan (2023) juga menjelaskan bahwa bahan peningkat tanah dapat digunakan untuk menurunkan resistivitas di sekitar elektroda dan memperbaiki kinerja sistem pada tanah yang kurang mendukung. Berbeda dari penelitian tersebut, kegiatan ini menggunakan bentonit tanpa campuran bahan organik lain. Karena itu, hasil kegiatan ini menunjukkan efektivitas bentonit dalam kondisi lapangan tertentu, tetapi belum membuktikan bahwa bentonit merupakan bahan yang paling efektif dibandingkan material peningkat lainnya.

Nilai tahanan total sebesar 0,754  $\Omega$  juga dapat dibandingkan dengan hasil penelitian Sunardi, Triwijaya, Raharjo, & Reinaningtyas (2024), yang memperoleh nilai pembumian antara 0,10  $\Omega$  dan 0,57  $\Omega$  pada empat titik elektroda Gedung PPKA. Kedua penelitian sama-sama menghasilkan tahanan di bawah 1  $\Omega$ , tetapi penelitian Sunardi et al. menggunakan empat elektroda, sedangkan kegiatan ini menggunakan dua elektroda yang dipasang secara paralel. Perbedaan hasil tersebut memperlihatkan bahwa penambahan elektroda dapat memperluas penyebaran arus, tetapi nilai akhir tetap dipengaruhi oleh kondisi tanah, jarak antarelektroda, kedalaman pemasangan, dan material di sekitar elektroda. Dengan demikian, jumlah elektroda tidak dapat menjadi satu-satunya indikator kualitas sistem pembumian.

Dari perspektif pengabdian kepada masyarakat, manfaat kegiatan bagi mitra tidak terbatas pada tercapainya nilai tahanan pembumian yang rendah. Gedung koperasi kini memiliki jalur proteksi petir eksternal yang terdokumentasi, lokasi komponen utama yang dapat dikenali oleh pengelola, serta acuan pemeriksaan dasar setelah instalasi. Pendampingan juga menempatkan pengelola sebagai pihak yang ikut menjaga keberlanjutan sistem, bukan hanya sebagai penerima hasil pemasangan. Pemahaman mengenai fungsi test



joint box, kondisi sambungan, jalur down conductor, dan area pembumian membantu mitra mengenali perubahan fisik yang perlu segera ditindaklanjuti oleh tenaga teknis.

Keberlanjutan kegiatan diarahkan pada pemeliharaan berbasis pemeriksaan rutin dan pengujian ulang saat diperlukan. Pengelola disarankan melakukan pemeriksaan visual secara berkala dan setelah terjadi cuaca ekstrem atau pekerjaan bangunan yang berpotensi mengganggu jalur sistem. Pengukuran tahanan pembumian perlu dilakukan kembali secara periodik untuk mengetahui perubahan akibat kadar air tanah, kondisi sambungan, korosi, atau perubahan lingkungan di sekitar elektroda. Dengan pola tersebut, manfaat program tidak berhenti pada tahap instalasi, tetapi dilanjutkan melalui keterlibatan mitra dalam menjaga kesiapan sistem.

Secara keseluruhan, hasil kegiatan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa metode rolling sphere, konfigurasi elektroda paralel, dan perlakuan tanah dapat mendukung kinerja sistem proteksi petir. Perbedaan kegiatan ini terletak pada penerapannya pada gedung koperasi desa dengan bentuk atap memanjang, tingkat proteksi LPL III, tiga terminal udara, dua elektroda pembumian yang diperkuat bentonit, serta adanya pendampingan dasar kepada pengelola. Pengujian awal menunjukkan cakupan perlindungan sesuai rancangan dan tahanan pembumian di bawah batas 5  $\Omega$ . Meskipun demikian, pengujian dilakukan dalam periode pelaksanaan yang singkat sehingga belum dapat digunakan untuk menyimpulkan performa jangka panjang. Pemantauan pada musim yang berbeda tetap diperlukan untuk menilai kestabilan tahanan pembumian, kondisi sambungan, korosi komponen, dan kondisi material di sekitar elektroda.

#### 4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian menghasilkan penerapan sistem penangkal petir tipe Franklin Rod pada Gedung Koperasi Desa Merah Putih di Cicalengka yang, berdasarkan pengujian awal, memenuhi parameter teknis perancangan pada aspek zona proteksi, sistem pembumian, dan kesesuaian komponen. Penerapan metode rolling sphere dengan radius 45 m pada LPL III menghasilkan penempatan tiga terminal udara pada bagian ridge atap dan membentuk cakupan proteksi sesuai rancangan.

Hasil pengujian pembumian menunjukkan tahanan 2,19  $\Omega$  pada elektroda pertama dan 1,15  $\Omega$  pada elektroda kedua. Setelah kedua elektroda dihubungkan secara paralel, tahanan total sistem mencapai 0,754  $\Omega$ , berada di bawah batas 5  $\Omega$  yang digunakan sebagai acuan teknis. Selain hasil teknis, kegiatan juga mencakup sosialisasi dan serah terima kepada pengelola mengenai fungsi komponen, pemeriksaan visual, dan kebutuhan tindak lanjut apabila ditemukan gangguan pada sistem. Evaluasi formatif menunjukkan adanya pemahaman awal mitra terhadap komponen utama dan langkah pemeriksaan dasar.

Dengan demikian, hasil kegiatan menunjukkan bahwa gedung telah memiliki sistem proteksi petir eksternal yang lebih terencana dan mitra memperoleh pengetahuan dasar untuk mendukung pemeliharaannya. Temuan ini masih didasarkan pada kondisi dan pengujian saat instalasi sehingga efektivitas sistem dalam jangka panjang belum dapat disimpulkan. Pemeriksaan kondisi sambungan, pengukuran tahanan pembumian, dan

evaluasi pada musim yang berbeda diperlukan untuk memastikan kinerja sistem tetap sesuai dengan kebutuhan bangunan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana menyampaikan terima kasih kepada pengelola dan peserta kegiatan di Desa Panenjoan, Kecamatan Cicalengka, atas partisipasi dan dukungannya selama proses survei, pemasangan, pengujian, serta sosialisasi. Terima kasih juga disampaikan kepada pengelola Gedung Koperasi Desa Merah Putih yang telah menyediakan lokasi dan mendukung pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini.

#### REFERENSI

- Almaazmi, M. A. (2023). Optimized design of lightning protection using rolling sphere method. *International Journal of Science and Research*, 12(9), 1017–1019. <https://doi.org/10.21275/SR23907110409>
- Arief Wahyuadji, M. M., Purwasih, N., Permata, D., & Sinaga, H. H. (2024). Desain sistem proteksi eksternal gedung terhadap surja petir di Museum Negeri Lampung. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 26(2), 95–104. <https://doi.org/10.14710/transmisi.26.2.95-104>
- Clark, D., Mousa, S., Harid, N., Griffiths, H., & Haddad, A. (2021). Lightning current performance of conventional and enhanced rod ground electrodes. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 63(4), 1179–1188. <https://doi.org/10.1109/TEMC.2021.3059277>
- Firmando, H., Tessal, D., & Manab, A. (2024). Perancangan sistem proteksi petir eksternal di Gedung B Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3), 2295–2303. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4735>
- Golde, R. H. (1977). *Lightning, volume 1: Physics of lightning*. London: Academic Press.
- Gouda, O. E., El Dein, A. Z., Yassin, S., Lehtonen, M., & Darwish, M. M. F. (2024). Investigation of soil resistivity impacts on the electrodes of grounding system subjected to lightning strikes. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 18(21), 3392–3406. <https://doi.org/10.1049/gtd2.13287>
- Hardi, G. U., Taufiq, Putri, R., & Nasution, F. A. (2023). Ground type resistance earthing system using bar electrodes. *Jurnal Mandiri IT*, 11(3), 116–125. <https://doi.org/10.35335/mandiri.v11i3.191>
- Husni, M. (2006). *Workshop penanggulangan bencana alam, gempa bumi, cuaca dan iklim*. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Kang, L. Z., Lim, S. C., Muhammad, U., Aman, F., & Mohamad Nor, N. (2024). Comparative field assessment of grounding enhancement material for electrical earthing system. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 13(5), 3013–3020. <https://doi.org/10.11591/eei.v13i5.7303>
- Karmiathi, N. M., & Puja Yoga, P. M. (2023). The grounding resistance improvement of distribution substation using multiple rods and wood charcoal as soil treatment. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 13(1), 33–41. <https://doi.org/10.31940/matrix.v13i1.33-41>

- Mahira, A., Widyanto, A. N., Husnayain, F., & Fitri, I. R. (2024). Evaluasi sistem proteksi petir eksternal pada bangunan pusat perbelanjaan: Studi kasus Gedung XYZ. *CYCLOTRON*, 7(2), 60–67. <https://doi.org/10.30651/cl.v7i02.23283>
- Mohd Nasir, N. A. F., Ab Kadir, M. Z. A., Osman, M., Abd Rahman, M. S., Ungku Amirulddin, U. A., Mohd Nasir, M. S., ... Nik Ali, N. H. (2021). Effect of earthing enhancing compound (EEC) on improving tower footing resistance of a 500 kV tower in a rocky area. *Applied Sciences*, 11(12), 5623. <https://doi.org/10.3390/app11125623>
- Mulyadi, Z., Usrah, I., & Andang, A. (2023). Perencanaan sistem proteksi penangkal petir di Stadion Sakti Lodaya Kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 4(2), 95–103. <https://doi.org/10.37058/jeee.v4i2.6118>
- Septianto, R. (2019). *Evaluasi kesesuaian lahan pertanian untuk tanaman tembakau di Kecamatan Cicalengka Kabupaten Bandung*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Sunardi, Triwijaya, S., Raharjo, E. P., & Reinaningtyas, E. (2024). Analysis for lightning system on PPKA Building Depok Station. *Sainstech Nusantara*, 1(3). <https://doi.org/10.71225/jstn.v1i3.68>
- Tóth, Z., Kiss, I., & Németh, B. (2021). Relation between the material of roof and the risk of lightning caused damage: The rolling sphere method in the use. *Electric Power Systems Research*, 196, 107286. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107286>
- Uman, M. A. (1987). *The lightning discharge*. Orlando, FL: Academic Press.
- Wahba, M., Abdel-Salam, M., Nayel, M., & Ziedan, H. A. (2023). A comprehensive review on soil-enhancement materials additive to grounding system. 2023 24th International Middle East Power System Conference (MEPCON), 1–8. IEEE. <https://doi.org/10.1109/MEPCON58725.2023.10462409>
- Wan Ahmad, W. F., Mohamad Roslan, M. H., Jasni, J., & Ab-Kadir, M. Z. A. (2023). Performance of bentonite and kenaf mixtures as grounding enhancement materials. 2023 12th Asia-Pacific International Conference on Lightning (APL), 1–5. IEEE. <https://doi.org/10.1109/APL57308.2023.10181500>