

PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI PETIR KONVENSIONAL PADA BANGUNAN KOMERSIAL

Maulana Idris Kamal¹, Usman Nursusanto²

^{1,2}Sarjana Terapan Teknik Elektro, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Yogyakarta; Jl. Colombo No.1, Yogyakarta, 55281

Keywords:

Sistem Proteksi Petir;
Penangkal Petir
Konvensional; Sistem
Pentanahan

Correspondent Email:

maulanaidris.2022@student.uny.ac.id

Abstrak. Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas petir yang tinggi sehingga bangunan komersial membutuhkan sistem proteksi petir yang andal guna menjaga keselamatan manusia serta keandalan instalasi listrik. Penelitian ini bertujuan merancang, memasang, dan mengevaluasi sistem proteksi petir konvensional pada bangunan Klinik Supit Wates di Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Metode penelitian meliputi survei teknis bangunan, perancangan sistem penerima petir, penghantar penurunan, sistem pembumian, serta pengujian instalasi sesuai standar keselamatan kerja. Sistem proteksi menggunakan empat air terminal konvensional tipe Spitzen dengan sudut proteksi 112° , dua penghantar penurunan berbahan tembaga BC 50 mm^2 , dan dua elektroda pembumian batang dengan kedalaman $\pm 10 \text{ m}$. Hasil pengujian menunjukkan nilai tahanan pembumian sebesar $1,49 \Omega$, $2,33 \Omega$ dan $2,34 \Omega$ yang memenuhi standar $\leq 5 \Omega$. Analisis cakupan proteksi menunjukkan seluruh bangunan berukuran $9 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 9 \text{ m}$ terlindungi secara optimal. Berdasarkan hasil inspeksi dan pengujian, instalasi proteksi petir dinyatakan memenuhi persyaratan keselamatan kerja dan layak dioperasikan. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem proteksi petir konvensional masih efektif dan ekonomis untuk bangunan komersial skala kecil hingga menengah.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Indonesia has high lightning activity, requiring reliable lightning protection systems for commercial buildings. This study aims to design, install, and evaluate a conventional lightning protection system at Klinik Supit Wates, Kulon Progo, Yogyakarta. The research methodology includes site survey, air terminal design, down conductor installation, grounding system implementation, and installation testing based on safety standards. The system utilizes four Spitzen conventional air terminals with a 112° protection angle, two BC 50 mm^2 copper down conductors, and dual grounding rod electrodes installed at approximately 10 m depth. Grounding resistance measurements show values of 1.49Ω , 2.33Ω and 2.34Ω , complying with safety requirements ($< 5 \Omega$). Protection coverage analysis confirms complete protection of the building measuring $9 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 9 \text{ m}$. Inspection results indicate that the installation meets occupational safety standards. The study demonstrates that conventional lightning protection systems remain effective and economically feasible for small-to-medium commercial buildings.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas petir tertinggi di dunia akibat letak geografis di wilayah khatulistiwa yang memiliki karakteristik iklim tropis,

temperatur tinggi, serta kelembaban atmosfer yang besar. Kondisi meteorologis tersebut menyebabkan frekuensi badai konvektif meningkat sehingga intensitas sambaran petir menjadi relatif tinggi sepanjang tahun.

Tingginya aktivitas petir berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem kelistrikan, kerusakan peralatan elektronik, hingga kebakaran pada bangunan apabila tidak dilengkapi sistem proteksi yang memadai [1].

Bangunan komersial memiliki tingkat kerentanan yang signifikan terhadap dampak sambaran petir karena umumnya dilengkapi instalasi listrik kompleks serta perangkat elektronik sensitif. Fasilitas pelayanan kesehatan seperti klinik termasuk kategori bangunan dengan tingkat kritikalitas tinggi karena keberlangsungan operasional layanan medis sangat bergantung pada kontinuitas suplai energi listrik. Gangguan akibat sambaran petir dapat menyebabkan kegagalan sistem peralatan medis, kehilangan data elektronik, serta potensi risiko keselamatan bagi pasien dan tenaga kesehatan [2].

Sistem proteksi petir berfungsi sebagai media pengendali energi petir dengan menyediakan jalur pelepasan arus listrik menuju tanah secara aman dan terkendali. Sistem ini dirancang untuk menangkap sambaran petir melalui air terminal, menyalurkan arus melalui konduktor penurunan (*down conductor*), serta mendispersikan energi ke tanah melalui sistem *pembumian* (*grounding system*) dengan impedansi rendah. Standar internasional IEC 62305 menegaskan bahwa sistem proteksi petir harus dirancang secara terpadu berdasarkan analisis risiko bangunan, tingkat perlindungan yang diinginkan, serta karakteristik lingkungan instalasi [3].

Perkembangan teknologi proteksi petir menunjukkan adanya berbagai metode perlindungan, mulai dari sistem konvensional tipe Franklin hingga teknologi *Early Streamer Emission* (ESE) atau elektrostatis yang memiliki jangkauan perlindungan lebih luas. Beberapa penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada evaluasi sistem proteksi petir pada gedung bertingkat tinggi atau bangunan skala besar seperti pusat perbelanjaan dan gedung perkantoran [4]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa efektivitas sistem proteksi sangat dipengaruhi oleh penempatan air terminal, kualitas konduktor penyalur, serta nilai tahanan sistem pentanahan.

Namun demikian, penelitian terkait implementasi teknis sistem proteksi petir pada bangunan komersial skala kecil masih relatif terbatas, padahal jenis bangunan ini

mendominasi fasilitas pelayanan masyarakat di Indonesia. Banyak bangunan klinik dan layanan publik skala menengah belum memiliki desain proteksi petir yang didasarkan pada analisis teknis yang komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan kajian perancangan dan evaluasi sistem proteksi petir yang sesuai dengan kondisi bangunan aktual guna meningkatkan keselamatan instalasi listrik dan keandalan operasional bangunan [5].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang serta menganalisis implementasi sistem proteksi petir elektrostatis pada bangunan Klinik Supit Wates dengan mempertimbangkan aspek teknis instalasi, konfigurasi penempatan air terminal, serta sistem pembumian sebagai jalur pelepasan arus petir secara aman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fenomena Sambaran Petir

Petir merupakan fenomena alam berupa pelepasan muatan listrik berenergi tinggi yang terjadi akibat perbedaan potensial listrik antara awan dengan awan ataupun antara awan dengan permukaan bumi. Proses pembentukan petir diawali oleh akumulasi muatan listrik pada awan cumulonimbus akibat gesekan partikel es dan uap air di atmosfer. Ketika beda potensial listrik mencapai nilai kritis, terjadi proses ionisasi udara yang menghasilkan kanal konduktif sehingga arus listrik dapat mengalir dalam bentuk sambaran petir [6].

Arus petir memiliki karakteristik impuls dengan amplitudo yang sangat besar, dimana arus puncak dapat mencapai puluhan hingga ratusan kiloampere dengan waktu naik gelombang sangat cepat dalam orde mikrodetik. Energi impuls tersebut mampu menimbulkan kerusakan mekanis, termal, maupun elektromagnetik terhadap bangunan dan sistem kelistrikan. Dampak sambaran petir tidak hanya berasal dari sambaran langsung (*direct strike*), tetapi juga dari induksi elektromagnetik yang menyebabkan tegangan lebih pada instalasi listrik dan perangkat elektronik sensitif [7].

Wilayah Indonesia termasuk daerah dengan kepadatan sambaran petir tinggi karena berada pada zona tropis dengan kelembaban udara dan aktivitas konveksi atmosfer yang besar. Kondisi tersebut menyebabkan bangunan komersial, fasilitas publik, serta instalasi pelayanan kesehatan memiliki tingkat risiko tinggi

terhadap gangguan akibat petir sehingga memerlukan sistem proteksi yang dirancang secara sistematis [8].

2.2 Sistem Proteksi Konvensional

Sistem proteksi petir konvensional merupakan metode perlindungan bangunan yang menggunakan prinsip penangkapan sambaran petir secara langsung melalui batang penangkap (*Franklin rod*) yang ditempatkan pada titik tertinggi bangunan. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Benjamin Franklin dan hingga saat ini masih banyak digunakan karena konstruksinya sederhana, ekonomis, serta memiliki tingkat keandalan tinggi untuk bangunan skala kecil hingga menengah [9].

Sistem proteksi konvensional terdiri dari tiga komponen utama, yaitu air terminal sebagai penangkap sambaran, penghantar penurunan (*down conductor*) sebagai jalur aliran arus petir, dan sistem pembumian sebagai media pelepasan energi ke tanah. Prinsip kerja sistem ini adalah menyediakan jalur impedansi rendah sehingga arus petir tidak melewati struktur bangunan maupun instalasi listrik internal [2].

Zona perlindungan sistem konvensional biasanya ditentukan menggunakan metode sudut proteksi (*protection angle method*) atau metode bola bergulir (*rolling sphere method*). Penempatan air terminal secara berjejer pada puncak bangunan bertujuan memperluas area perlindungan sehingga seluruh bagian struktur berada dalam zona aman terhadap sambaran langsung [3].

2.3 Sistem Proteksi Petir Elektrostatis

Sistem proteksi petir elektrostatis atau dikenal sebagai *Early Streamer Emission* (ESE) merupakan teknologi proteksi petir yang bekerja dengan prinsip pelepasan ionisasi awal sebelum terjadinya sambaran petir. Perangkat ESE dirancang untuk menghasilkan streamer lebih awal dibanding objek di sekitarnya sehingga mampu menarik sambaran petir menuju titik proteksi yang telah ditentukan [2].

Berbeda dengan sistem konvensional yang mengandalkan metode proteksi geometris, sistem elektrostatis memiliki radius perlindungan lebih luas karena mampu mempercepat proses pembentukan kanal ionisasi di udara. Hal ini memungkinkan penggunaan jumlah air terminal lebih sedikit

untuk melindungi area bangunan yang lebih besar. Namun demikian, efektivitas sistem ESE tetap bergantung pada kualitas instalasi grounding dan jalur konduktor penyalur arus petir [4].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem elektrostatis banyak diterapkan pada bangunan komersial dan fasilitas publik karena efisiensi instalasi dan fleksibilitas desain perlindungan. Meskipun demikian, pemilihan jenis sistem proteksi harus tetap mempertimbangkan analisis risiko, kondisi lingkungan, serta standar teknis yang berlaku [1].

2.4 Sistem Pembumian

Sistem pembumian (*grounding system*) merupakan bagian paling krusial dalam sistem proteksi petir karena berfungsi sebagai media disipasi energi arus petir ke dalam tanah secara aman. Tujuan utama sistem pembumian adalah menurunkan tegangan sentuh, mencegah lonjakan tegangan berbahaya, serta menjaga stabilitas sistem kelistrikan bangunan [10].

Kinerja sistem *grounding* ditentukan oleh nilai tahanan pembumian yang dipengaruhi oleh resistivitas tanah, kadar kelembaban, temperatur, serta kedalaman penanaman elektroda. Standar instalasi kelistrikan umumnya merekomendasikan nilai tahanan pembumian kurang dari 5Ω agar arus petir dapat disalurkan secara efektif tanpa menimbulkan beda potensial berbahaya pada struktur bangunan [11].

Jenis elektroda pembumian yang umum digunakan meliputi batang tembaga (*ground rod*), pelat tanah, dan sistem *mesh grounding*. Penggunaan elektroda batang yang ditanam secara vertikal menjadi metode paling praktis pada bangunan komersial karena instalasinya sederhana serta mampu menghasilkan resistansi tanah yang relatif rendah [12].

2.5 Standar Perancangan Proteksi Petir

Perancangan sistem proteksi petir harus mengacu pada standar nasional maupun internasional guna menjamin keselamatan bangunan dan keandalan sistem instalasi listrik. Standar internasional IEC 62305 merupakan pedoman utama dalam perencanaan proteksi petir yang mencakup analisis risiko, penentuan tingkat perlindungan, desain sistem eksternal,

serta proteksi internal terhadap tegangan lebih [13].

Selain IEC, standar NFPA 780 dan IEEE *Grounding Standard* memberikan panduan teknis mengenai instalasi komponen proteksi, konfigurasi konduktor, serta sistem pembumian pada bangunan industri maupun komersial. Di Indonesia, penerapan sistem proteksi petir juga mengacu pada SNI 03-7015-2004 yang mengatur persyaratan teknis pemasangan penangkal petir pada bangunan gedung [14].

Penerapan standar tersebut bertujuan memastikan bahwa energi sambaran petir dapat dikendalikan secara aman, mengurangi risiko kerusakan struktur bangunan, serta menjaga kontinuitas operasional fasilitas penting seperti layanan kesehatan dan bangunan komersial [15].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa teknik (*engineering design research*) yang bertujuan melakukan perancangan, evaluasi, serta pengujian sistem proteksi petir pada bangunan komersial. Pendekatan penelitian dilakukan secara kuantitatif-deskriptif melalui pengamatan langsung di lapangan, pengukuran parameter kelistrikan, serta analisis kesesuaian sistem terhadap standar proteksi petir yang berlaku.

Metode rekayasa dipilih karena penelitian tidak hanya membahas konsep teoritis, tetapi juga melibatkan implementasi nyata berupa pemasangan sistem proteksi petir konvensional dan pengujian performa instalasi secara langsung. Proses penelitian meliputi identifikasi kondisi bangunan, perancangan sistem proteksi petir, pemasangan komponen, pengukuran sistem pembumian, serta evaluasi teknis terhadap tingkat keamanan instalasi. Hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk menentukan apakah sistem proteksi petir yang dipasang telah memenuhi standar keselamatan instalasi listrik bangunan komersial.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bangunan Klinik Supit Wates yang berlokasi di Jl. Jambu I, Wador, Wonosidi Lor, Kecamatan Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Berikut ini merupakan tampilan bangunan Klinik Supit Wates.



Gambar 1. Tampilan Bangunan Klinik Supit

3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Berdasarkan Gambar 2, tahapan penelitian dilakukan secara sistematis untuk memastikan proses perancangan dan evaluasi berjalan sesuai prosedur teknik proteksi petir. Penelitian diawali dengan studi literatur terhadap teori fenomena petir, sistem proteksi petir konvensional, serta standar internasional dan nasional yang berkaitan dengan instalasi proteksi petir.

Tahap selanjutnya adalah survei lapangan untuk mengidentifikasi kondisi fisik bangunan, struktur atap, serta potensi risiko sambaran petir. Berdasarkan hasil survei, dilakukan perancangan sistem proteksi petir yang meliputi penentuan jumlah air terminal, jalur penghantar penurunan, dan titik pembumian.

Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan proses pemasangan sistem proteksi petir pada bangunan klinik. Sistem yang telah

terpasang kemudian diuji melalui pengukuran tahanan pembumian dan pengujian kontinuitas penghantar. Data hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan nilai pengukuran terhadap standar proteksi petir sehingga diperoleh evaluasi kinerja sistem secara menyeluruh.

3.4 Metode Pengukuran Sistem Pembumian

Pengukuran sistem pembumian dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan tanah sebagai parameter utama keberhasilan sistem proteksi petir. Nilai tahanan pembumian yang rendah sangat penting karena menentukan kemampuan sistem dalam mengalirkan arus petir secara aman ke dalam tanah.

Pengujian dilakukan menggunakan alat *Earth Ground Resistance Tester* dengan metode tiga titik (*fall of potential method*). Metode ini dilakukan dengan menanam elektroda bantu pada jarak tertentu dari elektroda utama, kemudian dilakukan pengukuran resistansi tanah melalui injeksi arus uji.

Pengukuran dilakukan beberapa kali untuk memperoleh nilai rata-rata yang representatif terhadap kondisi tanah di lokasi penelitian. Faktor lingkungan seperti kelembaban tanah dan kondisi cuaca turut diperhatikan karena mempengaruhi nilai resistansi pembumian. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan standar proteksi petir yang mensyaratkan nilai tahanan pembumian berada di bawah batas maksimum yang diizinkan.

3.5 Metode Pengujian Sistem Proteksi Petir

Setelah sistem proteksi petir terpasang, dilakukan pengujian untuk memastikan seluruh komponen bekerja dengan baik. Pengujian meliputi uji kontinuitas penghantar penurunan guna memastikan jalur konduktor dari air terminal hingga sistem grounding tidak terputus dan memiliki resistansi rendah.

Selanjutnya dilakukan evaluasi zona perlindungan berdasarkan tinggi pemasangan air terminal menggunakan metode sudut proteksi untuk memastikan seluruh area bangunan berada dalam cakupan perlindungan. Pengujian terakhir dilakukan pada sistem pembumian melalui pengukuran nilai resistansi tanah sebagai indikator efektivitas penyaluran arus petir ke tanah secara aman.

3.6 Metode Analisis Data

Data hasil pengukuran dan pengujian dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif teknis. Setiap parameter hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan dibandingkan dengan nilai standar proteksi petir yang berlaku. Analisis dilakukan untuk menentukan tingkat kesesuaian sistem terhadap standar keselamatan instalasi.

Hasil analisis kemudian digunakan untuk mengevaluasi performa sistem proteksi petir secara keseluruhan, mengidentifikasi kelebihan instalasi, serta memberikan rekomendasi teknis apabila diperlukan perbaikan sistem. Melalui metode analisis ini diharapkan dapat diperoleh gambaran objektif mengenai efektivitas sistem proteksi petir konvensional yang diterapkan pada bangunan komersial Klinik Supit Wates.

3.7 Metode Perhitungan Radius Perlindungan Sistem Proteksi Petir

Perancangan sistem proteksi petir konvensional dilakukan dengan menentukan radius perlindungan (R_p) berdasarkan tinggi terminal penangkap petir dan tinggi bangunan. Perhitungan radius proteksi bertujuan untuk memastikan seluruh area bangunan berada dalam zona perlindungan sambaran petir.

Metode yang digunakan adalah metode sudut proteksi (*Protection Angle Method*) dengan sudut perlindungan sebesar 56° sesuai standar perancangan proteksi petir.

3.7.1 Radius Perlindungan pada Permukaan Tanah

Radius perlindungan hingga permukaan tanah dihitung dengan mempertimbangkan tinggi total sistem proteksi petir terhadap tanah.

Persamaan yang digunakan:

$$R_p = (h_1 + h_2) \times \tan(56^\circ) \quad (1)$$

Keterangan:

h_1 = Tinggi penerima petir

h_2 = Tinggi bangunan

3.7.2 Radius Perlindungan pada Atap Bangunan

Radius perlindungan pada area atap dihitung menggunakan persamaan:

$$R_p = h_1 \times \tan(56^\circ) \quad (2)$$

Keterangan:

R_p = Radius proteksi pada atap (m)

h_1 = Tinggi air terminal (mm)

$$\tan (56^{\circ}) = 1,482$$

3.7.3 Perhitungan Jumlah Air Terminal

Jumlah terminal penangkap petir yang diperlukan ditentukan berdasarkan panjang atap bangunan dibandingkan dengan radius perlindungan pada atap.

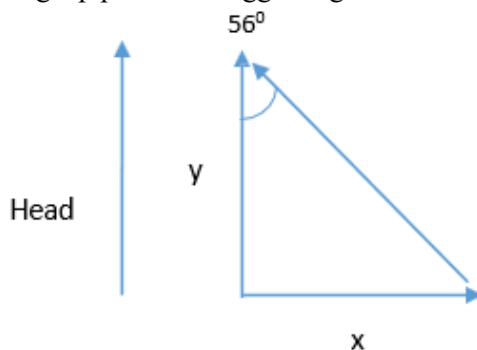
Persamaan:

$$x = \frac{\text{Panjang Atap}}{\text{Radius Perlindungan Atap}} \quad (3)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Sistem Proteksi Petir

Perancangan sistem proteksi petir dilakukan menggunakan metode sudut proteksi (*Protection Angle Method*) dengan sudut perlindungan sebesar 56° . Parameter utama perancangan meliputi tinggi terminal penangkap petir dan tinggi bangunan.



Gambar 3. Ilustrasi Metode Sudut Proteksi (*Protection Angle Method*)

4.1.1 Radius Perlindungan pada Permukaan Tanah

Radius perlindungan hingga permukaan tanah dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$Rp = (h_1 + h_2)x \tan (56^{\circ})$$

Dengan:

- $h_1 = 1.500\text{mm}$
 - $h_2 = 9.000\text{mm}$
- $$Rp = (1.500 + 9.000) x 1,482$$
- $$Rp = 10.500 x 1,482$$
- $$Rp = 15.561 \text{ mm} \approx 15,5 \text{ m}$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem proteksi petir mampu memberikan

perlindungan hingga area sekitar bangunan secara menyeluruh.

4.1.2 Radius Perlindungan pada Atap Bangunan

Radius perlindungan pada atap dihitung menggunakan Persamaan (2):

$$Rp = h_1 x \tan (56^{\circ})$$

Dengan:

- $h_1 = 1.500\text{mm}$
 - $\tan (56^{\circ}) = 1,482$
- $$Rp = 1500 x 1,482$$
- $$Rp = 2.223 \text{ mm}$$

Karena perlindungan bekerja ke dua arah:

$$Rp_{total} = 2 \times 2.223 = 4.446 \text{ mm} \approx 4,4 \text{ m}$$

Hasil ini menunjukkan bahwa setiap air terminal mampu melindungi area atap dengan radius efektif $\pm 4,4$ meter.

4.1.3 Analisis Kebutuhan Jumlah Air Terminal

Jumlah terminal penangkap petir dihitung menggunakan Persamaan (3):

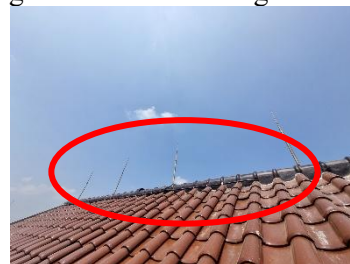
$$x = \frac{\text{Panjang Atap}}{\text{Radius Perlindungan Atap}}$$

$$x = \frac{9}{4,4} = 2,04$$

Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan minimal sebanyak 2 unit air terminal. Namun berdasarkan hasil pemasangan di lapangan, jumlah terminal yang terpasang adalah 4 unit. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat redundansi perlindungan yang lebih tinggi sehingga meningkatkan probabilitas penangkapan sambaran petir.

4.2 Hasil Pemasangan Air Terminal

Pemasangan air terminal pada Gedung Klinik Supit Wates dimulai dengan pemasangan air terminal sebagai berikut.



Gambar 4. Tampilan Air Terminal ketika Sudah Terpasang

Berdasarkan Gambar 3, pemasangan air terminal dilakukan pada titik tertinggi struktur bangunan sehingga air terminal berfungsi sebagai titik preferensial penerima sambaran petir sesuai prinsip dasar sistem proteksi petir konvensional.

Air terminal dipasang secara vertikal dan terdistribusi pada beberapa titik sepanjang area atap. Penempatan ini bertujuan untuk memperluas cakupan zona perlindungan sehingga seluruh permukaan bangunan berada dalam area proteksi. Posisi terminal yang lebih tinggi memungkinkan terbentuknya sudut perlindungan yang optimal, di mana sambaran petir akan lebih dahulu mengenai terminal dibandingkan langsung mengenai struktur bangunan atau instalasi listrik di bawahnya.

Berikut ini tampilan bangunan Klinik Supit Wates yang telah dilengkapi dengan sistem proteksi petir konvensional.



Gambar 5. Tampilan Bangunan Klinik Supit Wates dengan Instalasi Proteksi Petir

4.3 Hasil Pengukuran Sistem Pembumian (*Grounding*)

Pengukuran tahanan pembumian dilakukan menggunakan *Earth Ground Resistance Tester* dengan metode tiga titik (*fall of potential method*). Pengukuran dilakukan beberapa kali untuk memperoleh nilai rata-rata resistansi tanah. Berikut ini merupakan hasil dari pengukuran sistem pembumian.



Gambar 6. Hasil Pengukuran Titik *Grounding* ke 1

Gambar 6 merupakan hasil pengukuran tahanan pembumian pada titik *grounding* pertama menggunakan alat *Digital Earth Tester* DY4100. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh nilai tahanan tanah sebesar 1,49 Ω. Nilai ini menunjukkan kualitas sistem pembumian yang sangat baik karena berada jauh di bawah batas maksimum yang direkomendasikan standar proteksi petir, yaitu kurang dari 5 Ω. Nilai resistansi yang rendah menandakan bahwa arus sambaran petir dapat dialirkan menuju tanah dengan hambatan kecil sehingga mampu meminimalkan terjadinya tegangan lebih berbahaya pada struktur bangunan maupun instalasi listrik.



Gambar 7. Hasil Pengukuran Titik *Grounding* ke 2

Berdasarkan Gambar 7, pengukuran pada titik *grounding* kedua diperoleh nilai tahanan pembumian sebesar 2,33 Ω. Hasil ini masih memenuhi persyaratan sistem proteksi petir konvensional. Perbedaan nilai resistansi dibandingkan titik pertama dipengaruhi oleh kondisi karakteristik tanah lokal seperti kelembaban, kepadatan tanah, serta kandungan mineral di sekitar elektroda pembumian. Meskipun terdapat variasi nilai, resistansi yang diperoleh tetap berada pada kategori aman untuk sistem proteksi petir bangunan komersial.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Titik *Grounding* ke 3

Selanjutnya pada Gambar 8, hasil pengukuran *grounding* ketiga diperoleh nilai tahanan pembumian sebesar 2,34 Ω. Nilai ini relatif konsisten dengan hasil pengukuran pada titik kedua, yang menandakan sistem pembumian terpasang secara merata dan memiliki performa yang stabil. Konsistensi nilai resistansi antar titik *grounding* menunjukkan bahwa instalasi elektroda tanah telah dilakukan dengan baik serta mampu menyediakan jalur pelepasan arus petir secara efektif.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran pada ketiga titik pembumian menunjukkan rentang nilai 1,49 Ω – 2,34 Ω, yang telah memenuhi standar keselamatan instalasi proteksi petir. Sistem proteksi petir pada bangunan Klinik Supit Wates dinyatakan mampu menyalurkan arus impuls petir ke tanah secara aman sehingga risiko kerusakan peralatan listrik, gangguan operasional, maupun bahaya kebakaran dapat diminimalkan.

4.4 Hasil Pemeriksaan dan Pengujian

Hasil pemeriksaan dan pengujian disajikan dalam bentuk Tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan dan Pengujian

No	Obyek	Hasil	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1.	Penerima		
	Jenis penerima	√	
	Jarak / radius proteksi	√	
	Tinggi air terminal	√	
	Jumlah dan jarak	√	
	Terminal	√	
	Gambar bentuk atap dan ukurannya	√	
2.	Penghantar Penurunan		
	Jumlah <i>down conductor</i>	√	
	Luas penampang	√	
	Tebal penampang	√	
	Jarak penghantar penurunan dengan lain	√	
	Tinggi bangunan	√	
	Luas Bangunan	√	

No	Obyek	Hasil	
		Sesuai	Tidak Sesuai
3.	Pembumian		
	Jenis eletroda bumi (batang / rod, pita, mesh)	√	
	Diameter penampang	√	
	Kedalaman elektroda	√	
	Luas penampang	√	
	Jarak elektroda Bumi satu dengan lain	√	
4.	Kondisi Material		
	Air terminal Klem, baut & penyangga	√	
	Penghantar daerah atap Klem. Baut & penyangga	√	
	Penghantar turun ketanah, Klem, Baut & penyangga	√	
	Kotak hubung / Bak control, Klem, Baut	√	
	Akar / batang pembumian Klem, baut	√	
	Penghantar akar keakar	√	
5.	Kondisi Pemasangan Sambungan		
	Sambungan kepala Air Terminal	√	
	Klem, baut & penyangga	√	
	Sambungan hantaran penurunan ke kepala penangkal	√	
	Sambungan hantaran penurunan kehantaran	√	
	Sambungan hantaran	√	

No	Obyek	Hasil	
		Sesuai	Tidak Sesuai
	penurunan kekotak hubung		
	Sambungan hantaran penurunan ke pbumian	√	
6.	Tahanan Pbumian		
	Pengujian Tahanan Pbumian. Menggunakan alat : <i>Kyoritsu Digital Earth Tester Model 4200A</i>	√	
7.	Hasil Perhitungan		
	Ruang Lingkup Perlindungan	√	

4.5 Hasil Analisa Pemeriksaan dan Pengujian

Berdasarkan hasil pemeriksaan instalasi sistem proteksi petir pada bangunan Klinik Supit Wates, diketahui bahwa pemasangan air terminal memiliki ketinggian sekitar $\pm 1,5$ m di atas permukaan atap bangunan. Ketinggian tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan struktur bangunan di sekitarnya sehingga mampu berfungsi sebagai titik tangkap utama sambaran petir. Dengan posisi pemasangan yang lebih dominan secara elevasi, air terminal dapat membentuk zona perlindungan yang mencakup seluruh area bangunan sesuai prinsip metode sudut proteksi. Hal ini menunjukkan bahwa perancangan tinggi terminal penangkap petir telah memenuhi aspek teknis dalam menciptakan wilayah perlindungan yang efektif terhadap sambaran petir langsung.

Pada bagian sistem penghantar penurunan, instalasi menggunakan kabel BC berpenampang 50 mm^2 yang berfungsi sebagai jalur konduktor untuk menyalurkan arus petir dari air terminal menuju sistem pbumian. Penggunaan konduktor dengan luas penampang tersebut dinilai telah memenuhi persyaratan teknis proteksi petir karena mampu menghantarkan arus impuls petir yang sangat besar tanpa menimbulkan kenaikan suhu berlebih maupun kerusakan konduktor. Selain

itu, kontinuitas penghantar yang baik memastikan energi petir dapat dialirkan secara cepat dan aman menuju tanah sehingga risiko lonjakan tegangan pada struktur bangunan dapat diminimalkan.

Hasil pengujian sistem pbumian diperoleh nilai tahanan tanah sebesar $1,49 \Omega$, $2,33 \Omega$ dan $2,34 \Omega$. Nilai ini berada di bawah batas maksimum yang direkomendasikan dalam standar instalasi proteksi petir, yaitu kurang dari 5Ω . Rendahnya nilai tahanan pbumian menandakan bahwa sistem grounding memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menyalurkan arus petir ke dalam tanah serta menetralkan tegangan lebih yang muncul akibat sambaran petir. Dengan demikian, sistem pbumian yang terpasang dapat dikategorikan memenuhi persyaratan keselamatan dan efektif dalam menjaga perlindungan bangunan serta peralatan listrik di dalamnya dari dampak energi petir.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pemasangan, dan pengujian sistem proteksi petir konvensional pada bangunan Klinik Supit Wates, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Sistem proteksi petir berhasil dirancang menggunakan metode sudut proteksi (*Protection Angle Method*) dengan sudut 56° , di mana kebutuhan minimum dua air terminal telah terpenuhi dan pemasangan empat terminal memberikan perlindungan yang lebih optimal.
- Air terminal dengan ketinggian $\pm 1,5$ m di atas atap bangunan efektif berfungsi sebagai titik tangkap sambaran petir dan mampu memperluas zona perlindungan bangunan.
- Penghantar penurunan menggunakan konduktor BC 50 mm^2 telah memenuhi persyaratan teknis karena mampu menyalurkan arus petir secara aman menuju sistem pbumian.
- Hasil pengukuran pbumian sebesar $1,49 \Omega$, $2,33 \Omega$, dan $2,34 \Omega$ berada di bawah standar $\leq 5 \Omega$, sehingga sistem *grounding* dinyatakan sangat baik dan aman.
- Secara keseluruhan, sistem proteksi petir konvensional yang dipasang telah memenuhi standar keselamatan instalasi dan layak diterapkan pada bangunan komersial skala kecil hingga menengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada pihak Klinik Supit Wates yang telah memberikan izin lokasi penelitian serta fasilitas selama proses perancangan, pemasangan, dan pengujian sistem proteksi petir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Darmawan, A. Setiawan, and R. Nugroho, "Analisis Tingkat Risiko Sambaran Petir pada Bangunan Gedung di Wilayah Tropis," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 112–125, 2023.
- [2] A. Mahira, A. N. Widyanto, F. Husnayain, and I. R. Fitri, "Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal pada Bangunan Pusat Perbelanjaan Studi Kasus Gedung XYZ," *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 56–63, 2024.
- [3] "International Electrotechnical Commission, IEC 62305," 2010.
- [4] Nurhadi, Firmansyah, and Kuriawan, "Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal pada Bangunan Komersial," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, 2023.
- [5] A. Saputra and Y. Ramadhan, "Perancangan Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Pelayanan Publik," *J. Tek. Energi Elektr.*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [6] K. Karsun, O. A. Rozak, and M. Z. Ramadhan Nurhadi, "Penggunaan Elektrostatis Sebagai Proteksi Petir Plts on-Grid Pada Gedung B Universitas Pamulang," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, pp. 1087–1092, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3s1.3497.
- [7] H. Firnando *et al.*, "Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Di Gedung B Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 2295–2303, 2024.
- [8] "Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Statistik Sambaran Petir Indonesia," Jakarta, 2022.
- [9] "Standard for the Installation of Lightning Protection Systems," *Natl. Fire Prot. Assoc.*, 2020.
- [10] IEEE Std 142-2007, IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.
- [11] SNI 03-7015-2004, Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, BSN, Indonesia.
- [12] R. Kurniawan, "Perancangan sistem grounding instalasi listrik bangunan," *Jurnal Rekayasa Elektro*, vol. 8, no. 2, 2022.
- [13] IEC 62305-3, Physical Damage to Structures and Life Hazard, IEC, 2010.
- [14] NFPA 780, Lightning Protection Code

Handbook, NFPA, 2020.

- [15] A. Saputra dan Y. Ramadhan, "Perancangan sistem proteksi petir pada bangunan pelayanan publik," *Jurnal Teknik Energi Elektrik*, vol. 8, no. 1, 2022.