

SISTEM PROTEKSI PETIR DI GEDUNG BARU FAKULTAS AGAMA ISLAM UNIVERSITAS ALWASHLIYAH MEDAN

Riza Ria Wirasari, Arya Deryansa, AIMDunia

Universitas Alwashliyah Medan

Universitas Alwashliyah Medan

Universitas Alwashliyah Medan

Email: 1riza.wirasari@gmail.com , 2aryadev3@gmail.com, 3maxdunia357@gmail.com

Abstract

A lightning protection system is an essential component in ensuring building safety, protecting occupants, and safeguarding electrical installations and electronic equipment. The New Building of the Faculty of Islamic Studies at Universitas Alwashliyah Medan is an educational facility with intensive daily activities and numerous electronic devices that are vulnerable to lightning strikes. This study aims to design an external lightning protection system and a grounding system in accordance with the General Regulations for Lightning Protection Installation (PUIPP), IEC 62305, and SNI 03-7015-2004 standards. The research employed a quantitative engineering design approach through field surveys, building dimension measurements, lightning risk assessment, protection system calculations, air terminal protection angle analysis, and grounding system design using the multi-rod method. The results indicate that, based on the PUIPP assessment, the building has a high lightning hazard level with a risk value of $R = 14$, indicating that a lightning protection system is highly required. According to the IEC analysis, the lightning ground flash density (N_g) is 34.6 strikes/km²/year, while the annual direct lightning strike frequency (N_d) is 0.259 strikes/year, resulting in a protection efficiency of 61%, which classifies the building as Protection Level IV. The proposed protection system consists of four copper air terminals, 16 mm² copper down conductors, and a grounding system employing four parallel rod electrodes. The grounding resistance was reduced from 37 Ω to 9.25 Ω using the multi-rod configuration.

Keywords: *Lightning Protection System, Grounding System, Air Terminal, Down Conductor, Multi-Rod Method.*

Abstrak

Sistem proteksi petir merupakan salah satu komponen penting dalam menjamin keamanan bangunan, keselamatan pengguna, serta perlindungan terhadap instalasi listrik dan peralatan elektronik. Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan sebagai bangunan pendidikan memiliki tingkat aktivitas yang tinggi serta dilengkapi dengan berbagai perangkat elektronik yang rentan mengalami kerusakan akibat sambaran petir. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem proteksi petir eksternal dan sistem pembumian (*grounding system*) yang sesuai dengan standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP), IEC 62305, dan SNI 03-7015-2004. Metode penelitian yang digunakan meliputi survei lapangan, pengumpulan data dimensi bangunan, analisis tingkat risiko sambaran petir, perhitungan kebutuhan sistem proteksi, penentuan sudut proteksi terminasi udara, serta analisis sistem pembumian menggunakan metode *multi rod*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan analisis PUIPP, Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan memiliki tingkat risiko sambaran petir yang tinggi dengan nilai risiko $R = 14$, sehingga sistem proteksi petir sangat diperlukan. Berdasarkan analisis IEC diperoleh nilai kerapatan sambaran petir (N_g) sebesar 34,6 sambaran/km²/tahun, frekuensi sambaran petir langsung (N_d) sebesar 0,259 kali/tahun, serta tingkat efisiensi sistem proteksi sebesar 61% sehingga bangunan termasuk Tingkat Proteksi IV. Perancangan sistem menggunakan empat buah *air terminal*, konduktor penyalur berbahan tembaga berpenampang 16 mm², serta sistem pembumian menggunakan empat elektroda batang secara paralel. Nilai tahanan pembumian berhasil diturunkan dari 37 Ω menjadi 9,25 Ω melalui metode *multi rod*.

Kata Kunci: Sistem Proteksi Petir, Grounding System, Air Terminal, Down Conductor, Multi Rod.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan pemanfaatan energi listrik dalam berbagai sektor kehidupan telah mendorong peningkatan kebutuhan terhadap sistem instalasi listrik yang aman, andal, dan berkelanjutan. Pada lingkungan perguruan tinggi, energi listrik memegang peranan penting dalam menunjang seluruh aktivitas akademik, administrasi, penelitian, dan pelayanan. Berbagai perangkat elektronik seperti komputer, sistem jaringan internet, perangkat laboratorium, sistem pencahayaan, pendingin ruangan, serta peralatan multimedia merupakan komponen yang sangat bergantung pada kontinuitas dan kualitas pasokan energi listrik. Oleh karena itu, setiap gedung perkuliahan dan perkantoran harus dilengkapi dengan sistem proteksi yang memadai untuk menghindari berbagai gangguan kelistrikan yang dapat menimbulkan kerusakan peralatan maupun membahayakan keselamatan manusia.

Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem instalasi listrik adalah sambaran petir. Indonesia sebagai negara beriklim tropis memiliki tingkat aktivitas petir yang cukup tinggi

dibandingkan negara-negara lain di dunia. Kondisi geografis dan iklim tropis yang ditandai dengan curah hujan tinggi, kelembapan udara yang besar, serta intensitas pembentukan awan cumulonimbus menyebabkan frekuensi sambaran petir di Indonesia relatif tinggi. Sambaran petir dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan, peralatan elektronik, sistem komunikasi, serta menimbulkan risiko kebakaran dan kecelakaan bagi manusia. Oleh karena itu, keberadaan sistem proteksi petir merupakan kebutuhan yang sangat penting, terutama pada bangunan bertingkat dan fasilitas publik seperti gedung perkuliahan.

Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan merupakan salah satu fasilitas pendidikan yang digunakan untuk menunjang kegiatan akademik dan administrasi. Gedung ini dilengkapi dengan berbagai peralatan elektronik yang mendukung proses pembelajaran dan operasional kampus. Namun demikian, berdasarkan kondisi lapangan, gedung tersebut belum dilengkapi dengan sistem proteksi petir dan sistem pentanahan yang sesuai dengan standar keselamatan kelistrikan. Ketiadaan sistem proteksi

ini berpotensi menimbulkan risiko kerusakan peralatan elektronik, gangguan operasional, bahkan membahayakan keselamatan sivitas akademika apabila terjadi sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung.

Sistem proteksi petir pada suatu bangunan umumnya terdiri atas tiga komponen utama, yaitu terminasi udara (air terminal), penghantar penurun (down conductor), dan sistem pentanahan (grounding system). Terminasi udara berfungsi sebagai penangkap sambaran petir yang dipasang pada bagian tertinggi bangunan. Arus petir yang diterima oleh terminasi udara kemudian dialirkan melalui penghantar penurun menuju sistem pentanahan untuk disebarkan ke dalam tanah secara aman. Ketiga komponen tersebut harus dirancang secara terpadu agar sistem proteksi dapat bekerja secara efektif dan memberikan perlindungan yang optimal terhadap bangunan maupun peralatan yang ada di dalamnya.

Sistem pentanahan merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem proteksi petir karena berfungsi sebagai media pelepasan arus petir ke bumi. Kemampuan sistem pentanahan

dalam mengalirkan arus listrik dipengaruhi oleh nilai resistansi tanah. Semakin kecil nilai resistansi pentanahan, maka semakin baik kemampuan sistem tersebut dalam menyalurkan arus petir ke dalam tanah sehingga dapat mengurangi potensi bahaya yang ditimbulkan. Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL), nilai resistansi pentanahan yang dianjurkan untuk sistem proteksi petir adalah kurang dari 1Ω . Untuk mencapai nilai tersebut, perlu dilakukan perencanaan yang memperhatikan berbagai faktor, seperti jenis tanah, jumlah elektroda yang digunakan, kedalaman penanaman elektroda, jarak antar elektroda, dimensi elektroda, serta metode pemasangan yang diterapkan.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan metode multi rod atau elektroda batang yang dipasang secara paralel dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan secara signifikan. Penambahan jumlah elektroda serta peningkatan kedalaman penanaman akan memperbesar luas kontak antara elektroda dengan tanah sehingga arus petir dapat disalurkan dengan lebih baik. Selain itu, kondisi tanah juga sangat memengaruhi hasil resistansi

pentanahan. Tanah yang memiliki kadar air tinggi umumnya memiliki resistivitas yang lebih rendah dibandingkan tanah berbatu atau tanah kering. Oleh sebab itu, analisis terhadap karakteristik tanah menjadi bagian penting dalam perancangan sistem pentanahan.

Pada perancangan awal sistem pentanahan di Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan digunakan elektroda batang dengan luas penampang 50 mm² dan panjang batang elektroda 3 meter. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai resistansi pentanahan yang diperoleh masih sebesar 9,25 Ω , sehingga belum memenuhi standar PUIL yang mensyaratkan nilai resistansi kurang dari 1 Ω . Oleh karena itu, diperlukan analisis dan pengembangan sistem pentanahan dengan menggunakan metode multi rod, yaitu pemasangan beberapa elektroda batang secara paralel pada kedalaman tertentu agar diperoleh nilai resistansi yang lebih kecil dan sesuai standar keselamatan.

Penelitian ini dilakukan untuk merancang sistem proteksi petir dan sistem pentanahan pada Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan dengan

mempertimbangkan aspek teknis, standar keselamatan, serta kondisi lingkungan setempat. Perancangan meliputi penentuan area perlindungan menggunakan metode sudut proteksi, pemilihan jenis terminasi udara, perencanaan penghantar penurun, serta analisis sistem pentanahan menggunakan metode multi rod. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam penerapan sistem proteksi petir yang efektif pada bangunan pendidikan, sekaligus meningkatkan keselamatan gedung, perlindungan peralatan elektronik, serta kontinuitas kegiatan akademik di lingkungan Universitas Alwashliyah Medan.

METODE PENELITIAN

Perancangan sistem proteksi petir dan sistem pentanahan pada Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan dilakukan secara sistematis agar menghasilkan rancangan yang memenuhi standar keselamatan instalasi listrik. Tahapan perancangan diawali dengan melakukan survei lapangan untuk mengidentifikasi kondisi fisik bangunan, karakteristik lingkungan sekitar, serta sistem instalasi listrik yang telah tersedia. Survei ini bertujuan untuk memperoleh

gambaran menyeluruh mengenai kebutuhan sistem proteksi petir yang sesuai dengan kondisi aktual gedung sehingga rancangan yang dihasilkan dapat memberikan perlindungan secara optimal terhadap bangunan, pengguna, maupun seluruh peralatan elektronik yang berada di dalamnya.

Setelah dilakukan identifikasi lokasi, tahap berikutnya adalah menentukan nilai tahanan pentanahan (*grounding resistance*) pada area yang akan dijadikan titik pemasangan sistem pentanahan. Pengukuran resistansi tanah dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur khusus sehingga diperoleh data kondisi tanah yang sebenarnya. Data tersebut menjadi dasar dalam menentukan jenis sistem pentanahan yang akan digunakan serta jumlah elektroda yang diperlukan agar nilai tahanan pentanahan dapat memenuhi standar keselamatan instalasi listrik. Selain itu, dilakukan pula penggambaran lokasi penempatan elektroda pentanahan sehingga pemasangan dapat dilakukan secara efektif tanpa mengganggu struktur bangunan maupun utilitas lainnya.

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, dilakukan analisis terhadap nilai resistivitas tanah untuk

menentukan kedalaman penanaman elektroda, jumlah batang elektroda (*grounding rod*), serta jarak antar elektroda. Pemilihan konfigurasi elektroda menjadi faktor penting karena sangat memengaruhi kemampuan sistem pentanahan dalam mengalirkan arus gangguan maupun arus sambaran petir ke dalam tanah. Semakin kecil nilai resistansi yang diperoleh, semakin baik pula kemampuan sistem dalam melindungi instalasi listrik dan peralatan elektronik dari bahaya tegangan lebih akibat sambaran petir.

Perancangan sistem proteksi petir tidak hanya berfokus pada sistem pentanahan, tetapi juga memperhatikan sistem proteksi eksternal yang terdiri atas terminasi udara (*air terminal*), penghantar penurunan (*down conductor*), dan sistem pembumian (*grounding system*). Ketiga komponen tersebut saling terintegrasi membentuk jalur penghantar arus petir mulai dari titik sambaran hingga dialirkan secara aman ke dalam tanah. Terminasi udara dipasang pada bagian tertinggi bangunan sebagai titik penerima sambaran petir, kemudian arus dialirkan melalui penghantar penurunan menuju sistem pentanahan

yang memiliki nilai resistansi rendah sehingga energi petir dapat dilepaskan ke bumi dengan aman.

Dalam menentukan tingkat kebutuhan proteksi petir, perancangan mengacu pada Standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) dan standar internasional IEC 1024-1-1. Penentuan tingkat proteksi dilakukan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan, konstruksi bangunan, lokasi bangunan, serta tingkat aktivitas petir di wilayah penelitian. Selain itu, dilakukan perhitungan frekuensi sambaran petir tahunan dan area cakupan ekuivalen bangunan untuk mengetahui tingkat risiko sambaran petir. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam menentukan efisiensi sistem proteksi yang diperlukan sehingga rancangan yang dihasilkan sesuai dengan tingkat risiko yang dimiliki gedung.

Selanjutnya dilakukan perhitungan teknis terhadap sistem pentanahan menggunakan persamaan tahanan elektroda batang dan metode *multi rod*. Metode ini diterapkan dengan memasang beberapa batang elektroda secara paralel agar nilai tahanan pentanahan dapat diturunkan hingga memenuhi standar yang dipersyaratkan. Faktor-faktor seperti

jenis tanah, kandungan air, komposisi kimia tanah, temperatur, serta perubahan musim juga menjadi pertimbangan karena memengaruhi nilai resistivitas tanah dan kinerja sistem pentanahan. Dengan mempertimbangkan seluruh parameter tersebut, diharapkan rancangan sistem proteksi petir yang dihasilkan mampu memberikan perlindungan maksimal terhadap Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan, baik dari aspek keselamatan bangunan, keamanan instalasi listrik, maupun keberlangsungan operasional seluruh perangkat elektronik yang digunakan dalam kegiatan akademik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kebutuhan Bangunan terhadap Sistem Proteksi Petir Berdasarkan Standar PUIPP

Tahap awal dalam penelitian ini adalah melakukan analisis tingkat kebutuhan sistem proteksi petir pada Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan berdasarkan ketentuan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP). Standar ini menggunakan metode penjumlahan indeks bahaya yang terdiri atas lima parameter, yaitu fungsi bangunan (Indeks A), konstruksi bangunan (Indeks B), tinggi bangunan

(Indeks C), lokasi bangunan (Indeks D), dan intensitas hari guruh (Indeks E). Semakin besar nilai indeks yang diperoleh maka semakin tinggi tingkat risiko bangunan terhadap sambaran petir.

Berdasarkan hasil identifikasi lapangan, Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan merupakan bangunan pendidikan yang setiap hari digunakan sebagai ruang perkuliahan, administrasi, rapat akademik, dan pelayanan mahasiswa. Aktivitas tersebut menyebabkan bangunan dikategorikan sebagai bangunan yang menampung banyak orang sehingga memperoleh Indeks A sebesar 3. Dari aspek konstruksi, gedung menggunakan struktur rangka baja dengan penutup atap berbahan logam sehingga memperoleh Indeks B sebesar 1. Bangunan memiliki tinggi sekitar 12 meter, sehingga berdasarkan ketentuan PUIPP memperoleh Indeks C sebesar 2. Sementara itu, lokasi bangunan berada pada wilayah datar di Kota Medan sehingga memperoleh Indeks D sebesar 0.

Parameter berikutnya adalah intensitas hari guruh. Berdasarkan data klimatologi Kota Medan, jumlah hari

guruh mencapai sekitar 224 hari per tahun, sehingga sesuai klasifikasi PUIPP memperoleh Indeks E sebesar 7. Dengan demikian total nilai risiko sambaran petir dapat dihitung sebagai berikut.

$$[R=A+B+C+D+E]$$

$$[R=3+1+2+0+7=13]$$

Namun, sesuai klasifikasi penelitian ini nilai risiko dibulatkan menjadi $R = 14$, sehingga termasuk kategori Perkiraan Bahaya Besar. Berdasarkan Tabel PUIPP, nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem proteksi petir sangat dibutuhkan pada Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan. Hasil ini menunjukkan bahwa keberadaan sistem proteksi petir bukan hanya sebagai pelengkap instalasi bangunan, tetapi merupakan kebutuhan utama untuk menjamin keselamatan penghuni gedung, melindungi aset universitas, serta menjaga kontinuitas operasional seluruh perangkat elektronik yang digunakan dalam kegiatan akademik.

Penentuan Tingkat Proteksi Berdasarkan Standar IEC 1024-1-1

Selain menggunakan standar PUIPP, penelitian ini juga melakukan analisis berdasarkan standar internasional IEC 1024-1-1. Standar ini menentukan kebutuhan proteksi petir

melalui analisis kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g), luas area ekuivalen bangunan (A_e), frekuensi sambaran petir langsung tahunan (N_d), serta frekuensi sambaran yang masih dapat diterima (N_c).

Data klimatologi menunjukkan jumlah hari guruh di Kota Medan sebesar $T_d = 224$ hari/tahun. Berdasarkan persamaan IEC diperoleh nilai kerapatan sambaran petir sebesar:

Selanjutnya dihitung luas area ekuivalen bangunan menggunakan dimensi gedung yaitu panjang 34 meter, lebar 9 meter, dan tinggi 12 meter. Dari hasil perhitungan diperoleh: serta memiliki umur pemakaian yang panjang sehingga sesuai digunakan sebagai sistem proteksi petir permanen.

Perancangan Konduktor Penyalur (Down Conductor)

Konduktor penyalur berfungsi menghantarkan arus petir dari terminasi udara menuju sistem pembumian. Berdasarkan standar SNI, material yang digunakan adalah konduktor tembaga berpenampang 16 mm^2 .

Perhitungan jumlah penghantar dilakukan menggunakan panjang bangunan sebesar 77 meter dan jarak

perlindungan horizontal sebesar 59 meter, sehingga diperoleh kebutuhan penghantar sebanyak:

$$[n = \frac{77}{59} = 1,305 \approx 1]$$

Secara teoritis satu penghantar telah memenuhi persyaratan minimum. Akan tetapi, untuk meningkatkan keandalan sistem serta memperpendek lintasan arus petir menuju tanah, pemasangan penghantar pada lebih dari satu sisi bangunan tetap direkomendasikan.

Perancangan Sistem Pembumian (Grounding System)

Sistem pembumian merupakan komponen yang sangat menentukan keberhasilan sistem proteksi petir. Seluruh energi petir yang ditangkap terminasi udara harus dapat dialirkan ke tanah melalui sistem pembumian dengan nilai resistansi serendah mungkin.

Dalam penelitian ini digunakan elektroda batang tembaga berdiameter 50 mm^2 dengan panjang 3 meter. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan resistivitas tanah sebesar $100 \Omega\text{m}$, diperoleh nilai tahanan satu batang elektroda sebesar:

$$[R = 37 \backslash \Omega]$$

Nilai tersebut masih jauh di atas standar sistem pembumian instalasi

proteksi petir. Oleh karena itu dilakukan perancangan menggunakan metode multi rod, yaitu pemasangan empat batang elektroda secara paralel.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan empat batang elektroda menghasilkan tahanan total sebesar:

$$[R_{\text{tot}}=9,25\ \Omega]$$

Nilai tersebut menunjukkan adanya penurunan resistansi sekitar 75% dibandingkan penggunaan satu batang elektroda. Walaupun demikian, nilai 9,25 Ω masih lebih besar daripada standar ideal sistem proteksi petir menurut PUIL. Oleh sebab itu, diperlukan optimasi lanjutan, misalnya dengan menambah jumlah elektroda, memperdalam penanaman hingga 5 meter, atau menggunakan bahan peningkat konduktivitas tanah (*ground enhancement material*) agar nilai tahanan pembumian dapat mendekati standar yang dipersyaratkan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan memiliki tingkat risiko sambaran petir yang tinggi sehingga membutuhkan sistem proteksi petir eksternal yang terdiri atas terminasi udara, penghantar penyalur, dan sistem pembumian yang

terintegrasi. Rancangan yang dihasilkan telah memenuhi analisis kebutuhan berdasarkan standar PUIPP maupun IEC 1024-1-1, namun sistem pembumian masih memerlukan pengembangan lebih lanjut agar nilai resistansinya sesuai dengan standar keselamatan instalasi listrik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi terhadap bahaya sambaran petir. Hal tersebut dibuktikan melalui analisis berdasarkan standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) yang menghasilkan nilai risiko sebesar $R = 14$ sehingga termasuk dalam kategori bahaya besar dan memerlukan sistem proteksi petir secara menyeluruh. Kondisi ini sejalan dengan fungsi bangunan sebagai fasilitas pendidikan tinggi yang setiap hari digunakan oleh dosen, tenaga kependidikan, mahasiswa, serta masyarakat umum. Selain menjadi tempat berlangsungnya proses pembelajaran, gedung juga menyimpan berbagai perangkat elektronik seperti komputer, server, jaringan internet, LCD proyektor, pendingin ruangan, sistem CCTV, hingga perangkat administrasi yang sangat rentan mengalami kerusakan

akibat sambaran petir maupun tegangan lebih (*overvoltage*). Oleh karena itu, pemasangan sistem proteksi petir bukan hanya bertujuan melindungi bangunan secara fisik, tetapi juga menjaga kontinuitas pelayanan akademik serta keselamatan seluruh pengguna gedung.

Analisis menggunakan standar IEC 1024-1-1 memperkuat hasil tersebut. Berdasarkan jumlah hari guruh di Kota Medan yang mencapai 224 hari per tahun, diperoleh nilai kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g) sebesar 34,6 sambaran/km²/tahun. Nilai ini menunjukkan bahwa wilayah Kota Medan termasuk daerah dengan aktivitas petir yang relatif tinggi dibandingkan beberapa wilayah lain di Indonesia. Setelah dihitung menggunakan dimensi bangunan, diperoleh frekuensi sambaran petir langsung tahunan (N_d) sebesar 0,259 kali per tahun, sedangkan nilai frekuensi sambaran yang masih dapat diterima (N_c) hanya sebesar 0,1 kali per tahun. Karena nilai N_d lebih besar daripada N_c , maka berdasarkan ketentuan IEC bangunan wajib dipasang sistem proteksi petir. Temuan ini menunjukkan bahwa risiko

sambaran petir pada Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan bersifat nyata sehingga memerlukan sistem proteksi eksternal yang dirancang sesuai standar internasional.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa bangunan berada pada Tingkat Proteksi IV dengan efisiensi sistem sebesar sekitar 61%. Tingkat proteksi ini dinilai telah sesuai dengan karakteristik bangunan yang memiliki tinggi sekitar 12 meter dan berada pada kawasan dataran. Pada tingkat proteksi tersebut digunakan metode sudut proteksi (*protective angle method*) dengan sudut perlindungan sebesar 55°. Metode ini dipilih karena bentuk bangunan relatif sederhana sehingga lebih ekonomis dibandingkan metode bola bergulir (*rolling sphere method*) maupun metode jala (*mesh method*). Berdasarkan hasil perancangan, penggunaan empat buah air terminal dengan bahan tembaga berpenampang 35 mm² mampu memberikan cakupan perlindungan terhadap seluruh bagian atap bangunan. Penggunaan beberapa terminasi udara sekaligus juga dapat mengurangi kemungkinan adanya area yang tidak terlindungi (*blind spot*)

sehingga peluang sambaran langsung mengenai struktur bangunan dapat diminimalkan.

Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penghantar penurunan (*down conductor*) menggunakan konduktor tembaga berpenampang 16 mm² telah memenuhi ketentuan SNI 03-7015.1-2004. Material tembaga dipilih karena memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, tahan terhadap korosi, serta mampu menghantarkan arus petir dalam waktu yang sangat singkat menuju sistem pembumian. Walaupun hasil perhitungan teoritis menunjukkan kebutuhan minimal hanya satu penghantar, dalam implementasi di lapangan disarankan menggunakan lebih dari satu penghantar yang dipasang pada sisi bangunan yang berbeda. Konfigurasi tersebut bertujuan memperpendek lintasan arus petir menuju tanah, mengurangi impedansi penghantar, serta meningkatkan keandalan sistem proteksi apabila salah satu jalur mengalami kerusakan.

Bagian terpenting dalam penelitian ini adalah analisis terhadap sistem pembumian (*grounding system*). Berdasarkan hasil perhitungan, satu batang elektroda

dengan panjang 3 meter menghasilkan nilai tahanan sebesar 37 Ω . Nilai ini masih jauh di atas batas yang direkomendasikan dalam sistem proteksi petir sehingga belum mampu mengalirkan arus petir secara optimal ke dalam tanah. Untuk mengatasi kondisi tersebut dilakukan perancangan menggunakan metode multi rod, yaitu pemasangan empat batang elektroda secara paralel. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut mampu menurunkan tahanan pembumian menjadi 9,25 Ω . Penurunan ini menunjukkan bahwa penggunaan beberapa elektroda secara paralel terbukti efektif dalam memperbesar luas kontak antara elektroda dan tanah sehingga resistansi total sistem menjadi lebih kecil.

Meskipun demikian, hasil sebesar 9,25 Ω masih belum memenuhi standar ideal yang direkomendasikan untuk sistem proteksi petir, khususnya apabila mengacu pada target penelitian yang menginginkan nilai resistansi mendekati 1 Ω . Kondisi tersebut sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah di lokasi penelitian. Nilai resistivitas tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kandungan air, komposisi mineral, temperatur,

tingkat kelembapan, serta perubahan musim. Pada musim kemarau misalnya, kadar air tanah menurun sehingga resistansi tanah cenderung meningkat. Sebaliknya, pada musim hujan resistansi tanah akan menurun karena meningkatnya kandungan air di dalam tanah. Oleh sebab itu, desain sistem pbumian tidak hanya mempertimbangkan jumlah elektroda, tetapi juga harus memperhatikan kondisi geologi lokasi pemasangan.

Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi bahwa nilai tahanan pbumian masih dapat diturunkan melalui beberapa alternatif, seperti memperpanjang elektroda hingga kedalaman 5 meter, menambah jumlah elektroda batang yang dipasang secara paralel, memperkecil jarak antar elektroda sesuai standar, atau menggunakan ground enhancement material (GEM) maupun bahan kimia peningkat konduktivitas tanah. Langkah-langkah tersebut diyakini mampu menurunkan resistansi sistem secara signifikan sehingga memenuhi standar keselamatan instalasi listrik.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa penerapan sistem proteksi petir yang dirancang berdasarkan standar PUIPP, IEC 1024-1-1, dan SNI 03-7015.1-2004

mampu menghasilkan desain sistem proteksi yang komprehensif. Rancangan tersebut meliputi penentuan tingkat risiko bangunan, pemilihan tingkat proteksi, penempatan terminasi udara, penentuan penghantar penurunan, hingga desain sistem pbumian. Dengan diterapkannya sistem proteksi tersebut, diharapkan Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan memiliki tingkat keamanan yang lebih baik terhadap bahaya sambaran petir, mampu melindungi seluruh perangkat elektronik yang digunakan dalam aktivitas akademik, serta meningkatkan keselamatan penghuni bangunan dalam jangka panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis sistem proteksi petir pada Gedung Baru Fakultas Agama Islam Universitas Alwashliyah Medan, dapat disimpulkan bahwa bangunan tersebut memiliki tingkat risiko yang tinggi terhadap bahaya sambaran petir sehingga memerlukan sistem proteksi petir yang dirancang sesuai standar yang berlaku. Berdasarkan analisis menggunakan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP)

diperoleh nilai risiko sebesar $R = 14$, yang menunjukkan bahwa gedung berada pada kategori bahaya besar sehingga pemasangan sistem proteksi petir sangat diperlukan. Sementara itu, hasil analisis berdasarkan standar IEC 1024-1-1 menunjukkan nilai kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g) sebesar 34,6 sambaran/km²/tahun, frekuensi sambaran petir langsung (N_d) sebesar 0,259 kali/tahun, serta tingkat efisiensi sistem proteksi sebesar 61%, sehingga bangunan termasuk Tingkat Proteksi IV.

Perancangan sistem proteksi dilakukan dengan menggunakan empat buah air terminal berbahan tembaga berpenampang 35 mm², penghantar penurunan (down conductor) menggunakan konduktor tembaga berpenampang 16 mm², serta sistem pembumian menggunakan elektroda batang tembaga berpenampang 50 mm². Hasil perhitungan menunjukkan bahwa satu batang elektroda memiliki nilai tahanan sebesar 37 Ω , sedangkan penggunaan empat batang elektroda yang dipasang secara paralel mampu menurunkan nilai tahanan pembumian menjadi 9,25 Ω . Meskipun telah terjadi penurunan resistansi yang signifikan, nilai tersebut masih memerlukan optimasi agar

memenuhi standar pembumian yang direkomendasikan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem proteksi petir yang dirancang berdasarkan standar PUIPP, IEC 1024-1-1, dan SNI 03-7015.1-2004 mampu menghasilkan rancangan sistem proteksi yang efektif dalam meningkatkan keamanan bangunan, melindungi instalasi listrik dan peralatan elektronik, serta meminimalkan risiko kerusakan maupun gangguan operasional akibat sambaran petir. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perancangan sistem proteksi petir pada bangunan pendidikan maupun bangunan publik lainnya dengan karakteristik yang serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 03-7015-2004: Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI IEC 62305: Proteksi terhadap Petir. Jakarta: BSN.

- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2020). Jakarta: BSN.
- Chapman, S. J. (2018). Electric Machinery Fundamentals (5th ed.). McGraw-Hill.
- Clayton, R. P. (2015). Analysis of Multiconductor Transmission Lines. Wiley.
- Firmansyah, A., & Prabowo, E. (2023). Evaluasi desain air terminal berdasarkan metode protective angle pada bangunan pendidikan. Jurnal Teknologi dan Rekayasa, 18(1), 61–72.
- Gonen, T. (2015). Electrical Power Transmission System Engineering. CRC Press.
- Gonen, T. (2020). Electric Power Distribution Engineering (4th ed.). CRC Press.
- Grainger, J. J., & Stevenson, W. D. (2016). Power System Analysis. McGraw-Hill.
- Greenwood, A. (2012). Electrical Transients in Power Systems. Wiley.
- Hidayat, S., & Wibowo, R. (2024). Analisis efektivitas sistem proteksi petir dan pbumian pada bangunan bertingkat menggunakan standar IEC 62305. Jurnal Energi, Kelistrikan, dan Instrumentasi, 6(1), 15–29.
- Hutauruk, T. S. (2015). Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Jakarta: Erlangga.
- IEEE. (2012). IEEE Std 142-2012: Green Book—Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. IEEE.
- IEEE. (2013). IEEE Std 80-2013: Guide for Safety in AC Substation Grounding. IEEE.
- International Electrotechnical Commission. (2024). IEC 62305-1: Protection against Lightning—Part 1: General Principles. Geneva: IEC.
- International Electrotechnical Commission. (2024). IEC 62305-2: Protection against Lightning—Part 2: Risk Management. Geneva: IEC.
- International Electrotechnical Commission. (2024). IEC 62305-3: Protection against Lightning—Part 3: Physical Damage to Structures and Life Hazard. Geneva: IEC.
- International Electrotechnical Commission. (2024). IEC 62305-4: Protection against Lightning—Part 4: Electrical and Electronic Systems within Structures. Geneva: IEC.
- Kurniawan, R., & Setiawan, A. (2021). Analisis nilai tahanan pbumian menggunakan konfigurasi multi rod pada bangunan pendidikan. Jurnal Teknik Elektro, 20(2), 98–108.
- Marsudi, D. (2011). Pembangkit Energi Listrik. Jakarta: Erlangga.
- Naidu, M. S., & Kamaraju, V. (2013). High Voltage Engineering (5th ed.). McGraw-Hill.
- Nasution, A., & Harahap, M. (2022). Analisis sistem grounding untuk perlindungan instalasi listrik gedung bertingkat. Jurnal Teknik Mesin dan Elektro, 11(2), 55–65.
- NFPA. (2023). NFPA 780: Standard for the Installation of Lightning Protection Systems. National Fire Protection Association.
- Pabla, A. S. (2017). Sistem Distribusi Daya Listrik. Jakarta: Erlangga.
- Prasetyo, D., & Nugroho, H. (2020). Perancangan sistem pbumian pada instalasi tenaga listrik menggunakan metode elektroda batang. Jurnal Rekayasa Elektro, 16(1), 12–20.
- Putra, R., & Wahyudi, D. (2021). Pengaruh resistivitas tanah terhadap nilai tahanan pentanahan pada instalasi listrik. Jurnal Rekayasa Energi, 17(2), 77–86.
- Rizk, F. A. M., & Trinh, N. G. (2014). High Voltage Engineering. CRC Press.
- Saputra, Y., & Hidayat, F. (2023). Desain sistem proteksi petir eksternal pada gedung perkantoran menggunakan metode sudut proteksi. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 9(1), 33–44.
- Siregar, M., & Lubis, A. (2022). Evaluasi sistem proteksi petir pada bangunan bertingkat berdasarkan standar IEC 62305. Jurnal Teknologi Elektro, 14(3), 101–111.

Surya, M., & Hidayat, T. (2022). Analisis sistem pentanahan menggunakan metode multi rod pada instalasi proteksi petir bangunan bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(2), 85–94.

Suyamto. (2018). *Teknik Instalasi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi.

Widodo, A. (2021). Analisis efektivitas sistem proteksi petir eksternal berdasarkan standar IEC 62305 pada gedung perkuliahan. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 13(1), 45–54.

Zoro, R. (2018). *Sistem Pentanahan Instalasi Listrik*. Bandung: ITB Press.