

ANALISIS AREA PERLINDUNGAN SISTEM PROTEKSI PETIR PADA GEDUNG DENGAN SIMULASI PENEMPATAN DAN JUMLAH FINIAL

*Analysis Of The Lightning Protection System Coverage On Buildings Through Finial
Placement And Quantity Simulation*

Ni Made Seniari^{1*}, Supriyatna¹, Abdul Natsir¹, Ida Ayu Sri Adnyani¹, I Made Ginarsa¹,
Farhan Adha¹, Made Octa Eduarsa¹, Wais Al Karni¹, Bagus Widhi Dharma S²

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram, ²Jurusan Teknik Sipil, Universitas
Qamarul Huda Badaruddin Bagu Lombok Tengah

Jl. Majapahit 62, Mataram 83125, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

*Alamat Korespondensi: seniari_nimade@unram.ac.id

(Tanggal Submission: 10 November 2023, Tanggal Accepted : 2 April 2024)



Kata Kunci :

Area
Perlindungan
Gedung,
Sambaran Petir

Abstrak :

Teori dan aplikasi tentang sistem proteksi petir eksternal pada gedung tidak terdapat dalam kurikulum jurusan Teknik Elektro. Sebagai alternatif, materi ini diperkenalkan kepada mahasiswa melalui pelatihan keterampilan di luar jadwal kuliah, dengan fokus pada komponen - komponen sistem proteksi eksternal seperti *finial*, *down conductor*, dan *grounding*. Kewajiban untuk memasang sistem proteksi petir pada gedung telah diatur dalam Undang-undang No.28 Tahun 2002 dan Peraturan Pemerintah No.36 Tahun 2005. Pelatihan bertujuan agar mahasiswa memiliki keterampilan perencanaan dan pemasangan instalasi sistem proteksi petir. Mahasiswa bisa berkoordinasi dengan disain instalasi listrik dan bangunan sehingga diperoleh perlindungan yang efektif dan optimal. Pelatihan diawali dengan pemaparan konsep terjadinya sambaran petir dan potensi bahaya serta kerusakan yang dapat ditimbulkan pada gedung, makhluk hidup, serta peralatan elektronik dan konsep perlindungan menggunakan bola bergulir dan sudut perlindungan. Simulasi perencanaan pada setiap kelompok dengan gambar gedung bervariasi bentuk dan luas atap yang berbeda - beda. Pelatihan ini dapat memberikan pemahaman konsep terjadinya sambaran petir beserta dampak kerugian yang ditimbulkannya. Lima dari delapan kelompok berhasil melakukan simulasi pemasangan *finial*, penempatan *down conductor* dan lokasi *grounding*, untuk mencapai tingkat perlindungan gedung yang efektif terhadap sambaran petir. Tiga kelompok lainnya hanya dapat menentukan luas area perlindungan tanpa mampu melakukan perencanaan yang efisien. Tiga kelompok akan mendapatkan tuntunan dari kelompok lainnya diluar jadwal pelatihan. Pelatihan ini memberikan manfaat dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa. Antusiasme mahasiswa tercermin dalam aktif berdiskusi saat

simulasi perencanaan, dan aktif pada sesi tanya jawab yang berkontribusi pada penyelesaian permasalahan.

Key word :

*Building
Protection Area,
Lightning Strikes*

Abstract :

The theory and application of external lightning protection systems for buildings are not included in the curriculum of the Electrical Engineering Department. Instead, this material is introduced to students through skill training outside regular class schedules, with a focus on components of external lightning protection systems such as finials, down conductors, and grounding. The obligation to install lightning protection systems on buildings is mandated by Law No. 28 of 2002 and Government Regulation No. 36 of 2005. Protection from lightning requires precise planning to be effective in safeguarding buildings. Analysis of lightning strike phenomena and their consequences can be conducted by applying theoretical principles, such as electric fields, magnetic fields, induction voltage, and various theorems related to lightning strike phenomena. Students are provided with an understanding of the concept of lightning strikes, the potential dangers, and the damage they can cause to buildings, living beings, and electronic equipment both inside and outside the building that is affected by lightning strikes. In this simulation, each group is given images of buildings with varying roof shapes and sizes. The buildings are equipped with external lightning protection systems, including the number and placement of finials on the roof, which are then simulated. The effectiveness of the finials placed in these locations is tested to analyze the extent of protection, to ensure that the building is protected from the dangers of lightning strikes. A total of 40 students participated in this activity, divided into 8 groups. Five groups successfully simulated the installation of finials to achieve an effective level of protection against lightning strikes, while the remaining three groups could only determine the extent of the protection area without being able to plan the installation efficiently. This training provides a benefit by enhancing the knowledge and skills of the students. The students' enthusiasm is reflected in active discussions and question-and-answer sessions that contribute to problem-solving.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Seniari, N. M., Supriyatna., Natsir, A., Adnyani, I. A. S., Ginarsa, I. M., Adha, F., Eduarsa, M. O., Karni, W. A., & Dharma, B. W. S. (2024). Analisis Area Perlindungan Sistem Proteksi Petir Pada Gedung Dengan Simulasi Penempatan Dan Jumlah Finial. *Jurnal Abdi Insani*, 11(2), 1573-1583. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v11i2.1213>

PENDAHULUAN

Gedung adalah bangunan permanen yang menempati suatu luasan tertentu dan merupakan tempat manusia melakukan berbagai aktifitas, baik secara individu maupun berkelompok, serta dilengkapi dengan beberapa fasilitas pendukung. Gedung umumnya memiliki tinggi melebihi rata-rata bangunan biasa, berdiri kokoh dengan konstruksi bertulang besi sehingga tulang konstruksi gedung bersifat sangat konduktif. Berbagai fasilitas gedung bertujuan agar penghuni dan pemakai gedung merasa nyaman dan aman dari segala gangguan. Gangguan pada gedung ada yang berasal dari gangguan eksternal dan internal. Salah satu gangguan eksternal pada gedung adalah adanya sambaran petir. Sambaran petir dapat membahayakan dan merusak fisik gedung, peralatan dan makhluk hidup dalam gedung dan disekitar gedung. Usaha melindungi gedung beserta isinya dan objek di sekitar gedung dari bahaya sambaran petir dengan memasang sistem proteksi petir (SPP) eksternal. Dasar hukum kewajiban memasang sistem proteksi petir eksternal diatur dalam Undang-undang No.28



Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung dan Peraturan Pemerintah No.36 Tahun 2005.

Sistem proteksi petir (*SPP*) eksternal pada gedung terdiri dari air termination atau finial, down conductor dan grounding atau elektroda pentanahan. Perencanaan dan keterampilan pemasangan sistem proteksi petir eksternal adalah ketrampilan praktis yang bisa dianalisis dengan teori dan konsep medan Listrik (E), medan magnet (H) dan tegangan induksi (V_{ind}). *Soft ware Autocad* dan *soft ware* sejenis sangat membantu proses perencanaan *SPP* eksternal. Software tersebut di gunakan untuk menampilkan disain gedung, bentuk dan luasan atap gedung, serta area gedung yang terlindungi dari posisi dan dimensi finial di pasang.

Finial merupakan bagian dari *SPP* eksternal terpasang pada atap gedung, berfungsi untuk mempertemukan muatan listrik di awan dengan muatan listrik di tanah. *Down conductor* terbuat dari bahan tembaga yang dipilin adalah penghubung finial dengan grounding yang di tanam di tanah. *grounding* atau elektroda pentanahan terbuat dari tembaga berbentuk batang, atau berbentuk grid atau bentuk plat, atau kombinasi dari ketiganya disesuaikan dengan kebutuhan. Elektroda pentanahan berfungsi menyalurkan arus petir ke dalam tanah.

Gaya Coulomb adalah teori yang menyatakan bahwa ada gaya tarik menarik antara dua buah muatan listrik tidak sejenis dan gaya tolak menolak antara muatan listrik sejenis. Teori Gaya Coulomb merumuskan bahwa besarnya gaya tarik menarik dan gaya tolak menolak berbanding lurus dengan besar muatan tersebut, berbanding terbalik dengan jarak antara kedua muatan, dan berbanding terbalik dengan permitivitas media yang memisahkan antara kedua muatan. (Hayt and Buck, 2006). Sambaran petir merupakan pertemuan antara muatan positif di awan dengan muatan negatif di tanah, atau sebaliknya. Sambaran petir juga bisa terjadi antara awan dengan awan, dan dalam awan itu sendiri.

Muatan di awan dengan muatan di tanah dipisahkan oleh udara yang memiliki permitivitas udara. Permitivitas adalah kemampuan suatu bahan dalam menghambat medan listrik. Banyaknya muatan listrik di awan akan mengumpulkan muatan listrik sama besar di permukaan tanah dengan polaritas yang berlawanan. Semakin besar atau semakin tebal udara yang memisahkan muatan listrik di tanah dengan muatan listrik di awan, maka permitivitas udara semakin besar. Muatan yang ada di tanah akan cenderung naik melalui sistem proteksi petir eksternal dan berkumpul di ujung-ujung finial. Kejadian ini memungkinkan permitivitas udara yang memisahkan muatan di awan dan di tanah akan menjadi semakin kecil, sehingga potensi terjadinya sambaran petir semakin tinggi. Apabila pada Gedung tidak terdapat sistem proteksi petir eksternal, maka tulang kerangka struktur gedung yang terbuat dari besi akan menjadi media muatan listrik di tanah naik mendekati muatan listrik yang berada di awan. Apabila kekuatan permitivitas udara dan kekuatan permitivitas bahan bangunan sudah terlampaui oleh kuat medan listrik di awan dan di tanah, maka akan terjadi sambaran petir yang merusak fisik bangunan, menimbulkan ledakan yang dahsyat, disertai dengan percikan api yang berpotensi menimbulkan kebakaran. Hal ini terjadi karena antara muatan di awan dengan di tanah masih terhalang oleh material-material bangunan yang bersifat menghambat aliran arus petir seperti beton, atap dan kosen-kosen bangunan yang terbuat dari bahan non konduktif (Hasse,1992).

SNI 03-7015-2004 adalah acuan dalam prosedur dan pemilihan material sistem proteksi eksternal. Prosedure perlindungan dengan *SPP* eksternal diawali dengan menentukan besar kerapatan sambaran petir per tahun pada lokasi tersebut, untuk menentukan tingkat perlindungannya. Selanjutnya dengan mensimulasikan finial yang terpasang diatas atap gedung, maka area perlindungan gedung bisa ditentukan. Simulasi tersebut menggunakan bantuan software *Autocad* untuk menggambar gedung dan area perlindungan lebih akurat.

Simulasi jumlah dan penempatan finial di atap gedung akan memberikan informasi area perlindungan gedung. Area perlindungan gedung dengan finial terpasang bisa di dilakukan dengan bantuan gambar dari *software Autocad*. Pemilihan jumlah, dimensi dan penempatan down conductor berpengaruh pada besar medan listrik, medan magnet dan tegangan induksi di sekitar gedung yang disambar petir. Intensitas medan listrik (E), intensitas medan magnet (H) dan tegangan induksi (V) di sekitar titik sambaran di analisis dengan teori elektromagnetik. Pemilihan tipe, bahan dan dimensi elektroda pentanahan atau grounding untuk menentukan besarnya impedansi pentanahan serta besar tegangan langkah dan tegangan sentuh di sekitar gedung di permukaan tanah. Simulasi jumlah dan

penempatan down conductor beserta jumlah, type dan bentuk grounding telah dilakukan pada penelitian-penelitian dan pelaksanaan pengabdian masyarakat berikut.

Seniari, et. all, 2019, membandingkan nilai impedansi dari sistem pentanahan dengan panjang elektroda *grounding* dengan menggunakan *three point method*. Resistivitas tanah diukur pada jenis tanah bervariasi, pada daerah berbeda dan panjang grounding rod yang bervariasi. Hasil pengukuran resistivitas tanah tersebut dikombinasikan dengan perhitungan Impedansi induktor dan impedansi kapasitor tanah, digunakan untuk melakukan perhitungan impedansi pentanahan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa impedansi pentanahan dipengaruhi oleh panjang *grounding*, jenis tanah, besarnya arus puncak petir dan frekuensi arus petir. Panjang *grounding* 100 cm dengan kondisi tanah bervariasi nilai impedansi tanah pada 153,45 Ω , tanah pasir 156,078 Ω dan tanah sawah 134,16 Ω . Impedansi pengetanahan (Z_T) pada frekuensi petir 25-200 kHz impedansi pengetanahan (Z_T) untuk jenis tanah pada 137-406 Ω , tanah pasir 140- 406 Ω dan tanah sawah 18-146 Ω .

Seniari, et. all., 2021 mensimulasikan panjang elektroda batang tunggal, dan frekuensi arus petir pada resistivitas tanah yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa penurunan impedansi pentanahan rata-rata setiap penambahan panjang 0,5 m adalah 18,65 dan 37,23 %, pada resistivitas tanah 50 dan 100 Ω/m . Semakin tinggi resistivitas tanah, impedansi pentanahan semakin besar. Semakin panjang elektroda, impedansi pentanahan semakin menurun.

Tabrani, et al., (2013) sistem pentanahan menara telekomunikasi batang tunggal vertikal dan batang horizontal dan kombinasi model vertikal-horizontal dimodelkan, kemudian di simulasi menggunakan MATLAB/SIMULINK untuk mendapatkan tegangan, arus dan nilai impedansi disekitar elektroda pentanahan.

Taher, et al., (2020) melakukan simulasi *ground grid* dan pentanahan rod pada menara yang disambar petir dengan menggunakan ATP-EMTP, untuk mengurangi tegangan induksi pada tanah. Panjang elektroda pentanahan yang meningkat dan luas elektroda grid yang meningkat dapat menurunkan tegangan induksi pada tanah.

Sistem penangkal petir (*SPP*) eksternal pada Gedung rektorat Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) di evaluasi untuk mendapatkan luas area perlindungan gedung. Finial yang terpasang di atap Gedung sebanyak 27 batang sudah mampu melindungi Gedung secara keseluruhan dengan metode sudut perlindungan (Rohani & Yuniarti, 2017)

Sukmawidjaja, et al., (2015), menganalisis luasan daerah proteksi suatu gedung yang diproteksi dengan menggunakan dua buah *Electric Field Lightning Protection System (E.F Lightning Protection System)* berjarak 38,73 m. *Down conductor* berdiameter 35 mm², dengan dua buah tahanan pentanahan masing-masing 1,72 dan 2,32 Ω . Hasil menunjukkan daerah proteksi *m e n c a k u p s e l u a s* 150.597,54 m² dan sudah memenuhi standar untuk memproteksi bangunan tinggi.

Atmam & Situmeang, (2015) menerapkan metode perlindungan bola glinding atau rolling sphere pada gedung Pustaka Universitas Lancang Kuning. Hasil menunjukkan dengan metoda rolling sphere radius perlindungan sebesar 128,15 meter dan sudut perlindungan sebesar 65⁰.

METODE KEGIATAN

Kegiatan ini dilaksanakan di Laboratorium listrik Dasar, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram. Waktu pelaksanaannya adalah di luar jadwal dan hari kuliah, selama 3 hari pada setiap hari Sabtu. Kegiatan diikuti oleh 40 orang siswa semester 1, Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram.

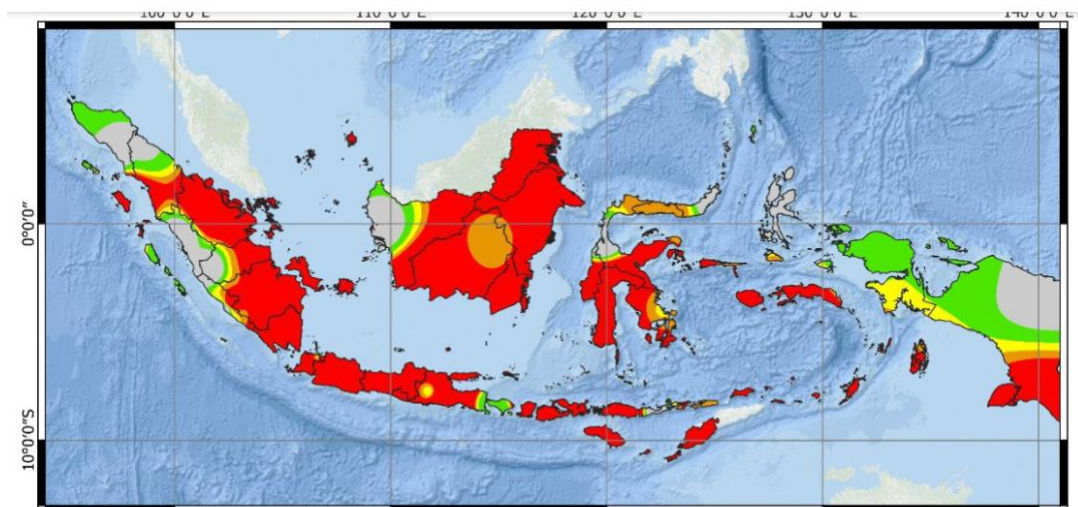
Pelaksanaan pelatihan diawali dengan memaparkan maksud dan tujuan dari pelatihan, yaitu untuk memperkenalkan lebih awal aplikasi dari berbagai teori ilmu Fisika, elektromagnetik dan ilmu-ilmu pendukung lainnya kepada mahasiswa. Pelatihan ini juga untuk memberikan pengetahuan dan keterampilan praktis yang bisa diaplikasikan langsung di masyarakat. Keterampilan ini juga mendukung Pemerintah terkait penerapan Undang-Undang No.28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung dan Peraturan Pemerintah No.36 Tahun 2005 yaitu tentang perlindungan Gedung dari bahaya sambaran petir. Peraturan Pemerintah dan undang-undang tersebut tidak menjelaskan secara rinci bagaimana sistem proteksi petir eksternal dapat melindungi Gedung secara optimal.

Mahasiswa juga diharapkan mampu membantu dan memfasilitasi serta menularkan

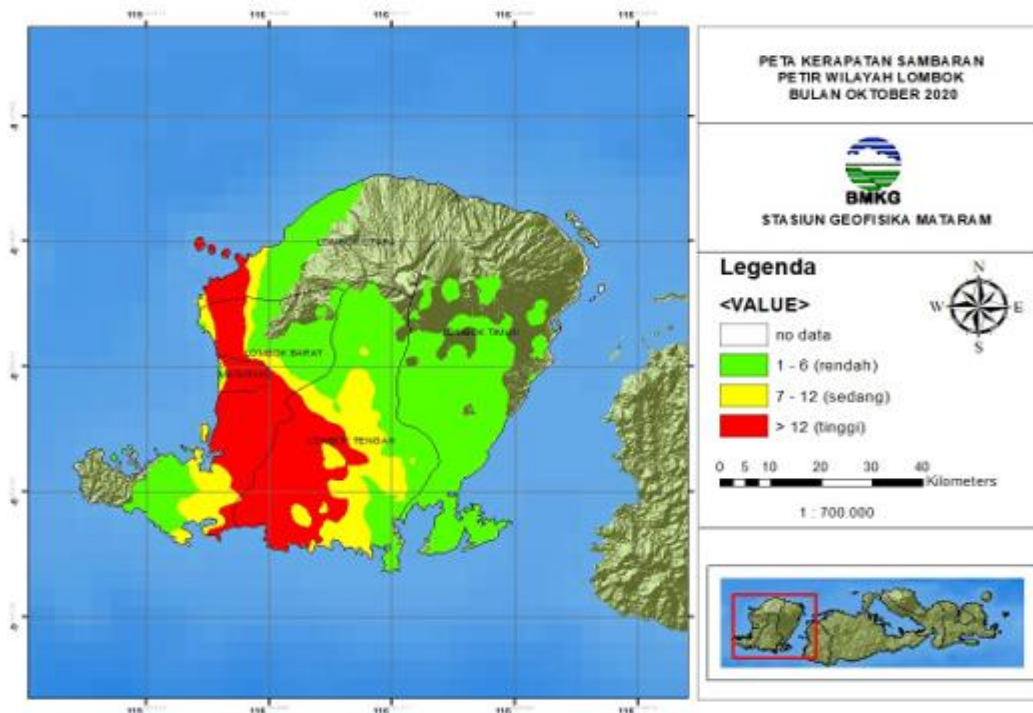
keterampilan dalam memperkenalkan konsep terjadinya petir, bahaya yang ditimbulkan oleh sambaran petir dan usaha yang bisa dilakukan untuk meminimalisir kerugian materiil dan immaterial dari sambran petir. Salah satu usaha untuk meminimalisir kerugian bahaya sambaran petir yang dapat merusak fisik Gedung adalah dengan memasang sistem proteksi petir eksternal, yang terdiri dari *finial*, *down conductor* dan *grounding*. Pemilihan jumlah, dimensi dan penempatan finial pada atap Gedung akan menentukan area gedung yang dilindungi dari sambaran petir.

Pelatihan dilanjutkan dengan memberikan materi konsep terjadinya petir, dan kerugian yang ditimbulkan oleh sambaran petir, baik kerugian pada objek yang disambar petir langsung, peralatan yang berada pada bangunan, dan objek di sekitar titik sambaran petir. Mahasiswa diberikan penjelasan bagaimana cara meminimalisir kerugian akibat sambaran petir, metode-metode yang digunakan dan berbagai type system proteksi petir eksternal, baik dari type finial, down conductor dan type-type dari grounding. Sistem proteksi petir eksternal bukanlah mengatasi dan menghilangkan semua dampak negatif dan dampak kerugian dari sambaran petir, tetapi hanya mampu meminimalisir kerusakan dan kerugian.

Data hari guruh atau banyaknya jumlah sambaran petir per tahun per kilo meter persegi atau *iso kraunic level* (IKL) di Indonesia, yang dipublish oleh BMKG diperkenalkan kepada mahasiswa, seperti gambar 1. Data tersebut merupakan data dari pemantauan oleh Satelit. Kepadatan hari guruh di Indonesia disajikan dalam bentuk warna pada masing-masing gambar pulau. Warna-warna tersebut menunjukkan kerapatan sambaran petir per tahun per kilometer². Warna merah menunjukkan kerapatan > 60.000, orange 45.000-60.000, kuning 30.000-45.000, hijau 15.000-30.000 dan warna abu-abu <= 15.000 sambaran petir per tahun per kilometer². IKL pulau Lombok yang dipublish oleh BMKG pada bulan Maret 2023, dimana kota Mataram menunjukkan warna merah, ditunjukkan gambar2.



Gambar 1. Iso Kraunic Level Indosnesia Desember 2022



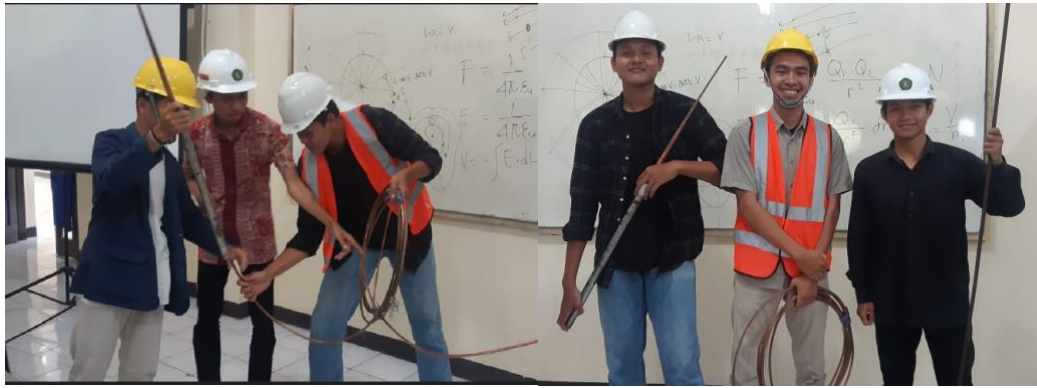
Gambar 2. Iso Kraunik Level Pulau Lombok bulan Maret 2023

Peserta pelatihan juga diberikan penjelasan tentang definisi gedung, komponen-komponen dan material dasar pembuatan gedung, fungsi gedung dan perlengkapan fasilitas gedung. Ilustrasi bagaimana petir menyambar objek bangunan gedung yang disambar langsung tanpa dan dengan sistem proteksi petir eksternal, dan pengaruh pada lingkungan disekitar titik sambaran. Selanjutnya mahasiswa diperkenalkan dengan cara pemilihan, menentukan bahan, dimensi dan perkembangan peralatan sistem proteksi.

Sebelum mensimulasikan penempatan jumlah, dimensi dan posisi *finial* pada atap gedung, mahasiswa terlebih dahulu praktek merangkai atau menghubungkan antara *finial*, *down conductor* dan elektroda pentanahan, agar tidak mengalami kegagalan perlindungan, dan tidak ada sela antara sambungan-sambungan. Praktek menyambungkan komponen-komponen SPP eksternal dilakukan masing-masing oleh tiga orang mahasiswa, yang dilengkapi dengan perlengkapan kesehatan dan keselamatan kerja (K3), seperti diperlihatkan pada Gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Mahasiswa (kelompok 1 dan 3) belajar merangkai komponen SPP Eksternal



Gambar 4. Mahasiswa (kelompok 4 dan 6) belajar merangkai komponen SPP Eksternal



Gambar 5. Mahasiswa kelompok 8 belajar merangkai komponen SPP Eksternal

Materi inti pelatihan yaitu belajar mendisain sistem proteksi petir. Mahasiswa peserta pelatihan yang berjumlah 40 orang di bagi dalam 8 kelompok. Masing-masing kelompok diberikan gambar disain Gedung dengan penskalaan yg tepat, dengan bentuk dan dimensi yang bervariasi. Gambar disain gedung meliputi gambar tampak atas, tampak samping dan tampak depan. Masing-masing kelompok mensimulasikan dimensi, jumlah dan penempatan pemasangan finialnya pada gambar disain gedung. Simulasi dilakukan beberapa kali di mulai dengan ukuran finial 1 meter di pasang pada beberapa titik-titik atap. Posisi ujung atas finial merupakan sudut acuan nol derajat (0°) dan ditarik ke kiri, ke kanan dan melingkar sebesar 60° menggunakan busur meter secara manual. Dari sudut 60° yang ditarik garis dari ujung finial, sehingga berbentuk menyerupai kerucut telungkup dengan ujung kerucut membentuk sudut 120° . Bagian gedung yang berada di dalam kerucut merupakan area gedung yang mendapat perlindungan dari sambaran petir, oleh satu buah finial. Apabila ada bagian gedung berada diluar kerucut, maka finial tersebut belum mampu melindungi gedung dari sambaran petir. Langkah berikutnya di simulasikan dengan penambahan finial ukuran 1 meter. Posisi kedua finial atau finial-finial yang lainnya diatur sedemikian rupa, agar bentuk kerucut yang dibuat dari beberapa finial mampu menutupi semua bangunan. Apabila 2 atau 3 finial belum cukup, bisa juga dicoba dengan memilih dimensi finial yang berbeda, misalnya finial yang tingginya 2 m, dan mengulangi Langkah-langkah sebelumnya, sampai seluruh gedung berada dibawah gambar kerucut-kerucut. Posisi dari finial terus diatur-aturl sedemikian rupa supaya efektif melindungi gedung dari sambaran petir.

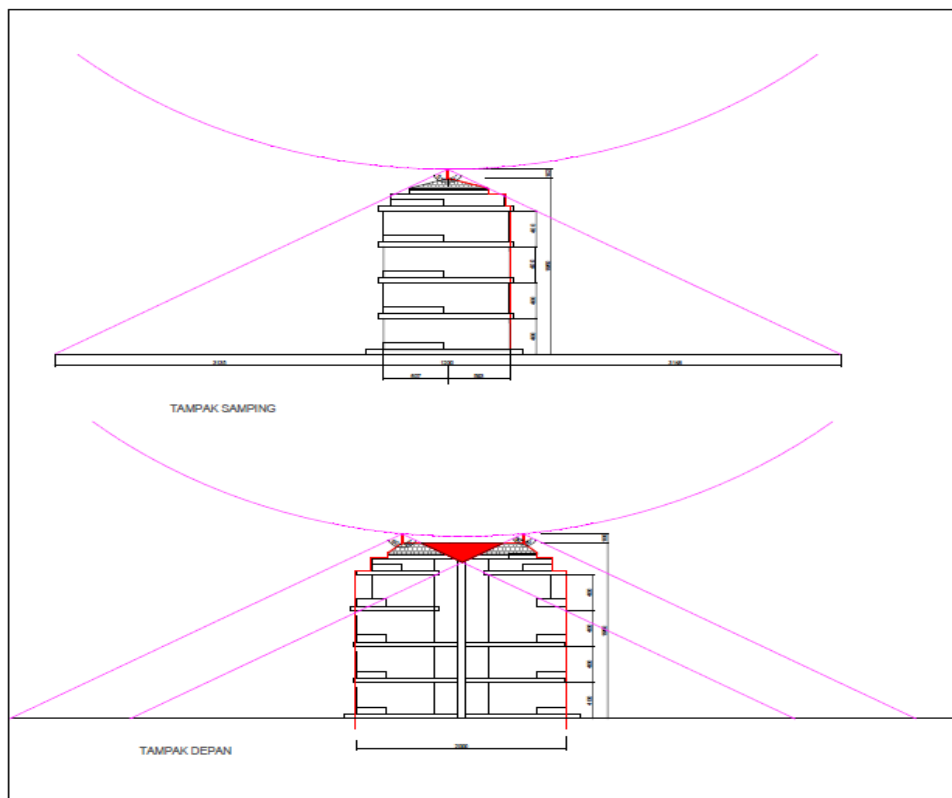
Gambar gedung yang sudah mendapat perlindungan dari bahaya sambaran petir dengan metode sudut perlindungan, selanjutnya keamanan gedung dievaluasi kembali dengan menggunakan metode bola bergulir. Metode bola bergulir adalah metode yang mengasumsikan bahwa lidah petir berada pada jari-jari bola yang bergelinding menjangkau titik ujung finial yang sudah terpasang dengan metode sudut perlindungan. Posisi jari-jari bola atau lingkaran yang menggelinding tidak sampai menyentuh atap gedung atau bagian-bagian dari bangunan. Bila lidah petir atau jari-jari bola hanya yang menggelinding tidak mengenai bangunan, maka gedung tersebut sudah aman dari bahaya sambaran petir langsung.

Metode bola bergulir ini di padukan dengan metode sudut perlindungan untuk menentukan aman tidaknya suatu gedung dengan SPP yang terpasang. Ilustrasi pemilihan penempatan finial di atas atap, cara membentangkan *down* konduktor pada rangka kap dan rangka plafon, memilih jalur lintasan *down conductor* dalam bangunan dan penentuan tempat grounding ditanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

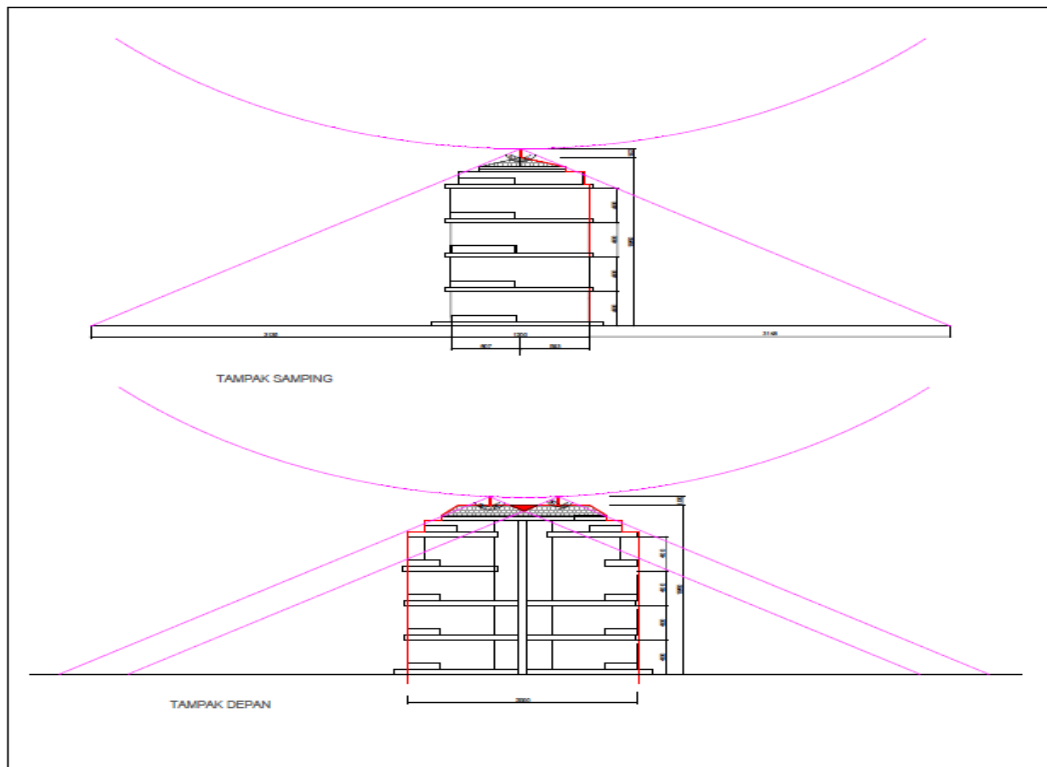
Gambar disain bangunan gedung yang digunakan untuk simulasi oleh salah satu kelompok peserta, adalah gambar bangunan tampak depan dan tampak samping. Gambar gedung ini berdimensi 20x12x19,6 m³, yang digambar dengan *software Autocad*, diperlihatkan pada Gambar 6, 7 dan 8. Gambar gedung tersebut disimulasikan dimensi, penempatan dan jumlah finial yang terpasang.

Simulasi pertama diperlihatkan pada Gambar 6, yaitu pada atap gedung dipasangkan finial 2 batang, masing-masing berukuran panjang 1 m, di pasang di sudut-sudut terluar atap-atap gedung. Dengan menggunakan metode sudut perlindungan, dari masing-masing ujung finial di tarik garis membentuk sudut 60° ke kiri, ke kanan dan melingkar sehingga berbentuk gambar kerucut telungkup. Pada gambar tampak depan, setelah gambar kerucut telungkup dipadukan dari kedua finial, terlihat ada area bagian atap gedung yang berada diluar kurucut atau di luar garis perlindungan yang ditandai dengan warna merah. Warna merah pada gambar menunjukkan final 2 batang, panjang 1 m dan di pasang pada ujung-ujung atap bangunan belum mampu melindungi gedung dari sambaran petir, sehingga perlu melakukan simulasi lebih lanjut. Simulasi berikutnya memungkinkan dengan menambah jumlah finial, dimensi finial dan posisi finial di atap gedung.



Gambar 6. Gedung dengan 2 batang finial masing-masing panjang panjang 1 m.

Gambar 7 menunjukkan simulasi ke dua yaitu dengan menggeser-geser posisi finial. Masih menggunakan dua batang *finial* masing-masing panjang 1 m dipasang 4 meter dari ujung-ujung atap. Dengan metode sudut proteksi, dari ujung finial di tarik garis membentuk sudut 60° ke kiri, ke kanan dan melingkar membentuk kerucut telungkup. Terlihat pada gambar 7 tampak depan, masih ada bagian dari atap gedung yang berada di luar cakupan 2 kerucut telungkup, yang ditandai dengan warna merah. Warna merah menunjukkan posisi dan dimensi finial belum mampu melindungi gedung.

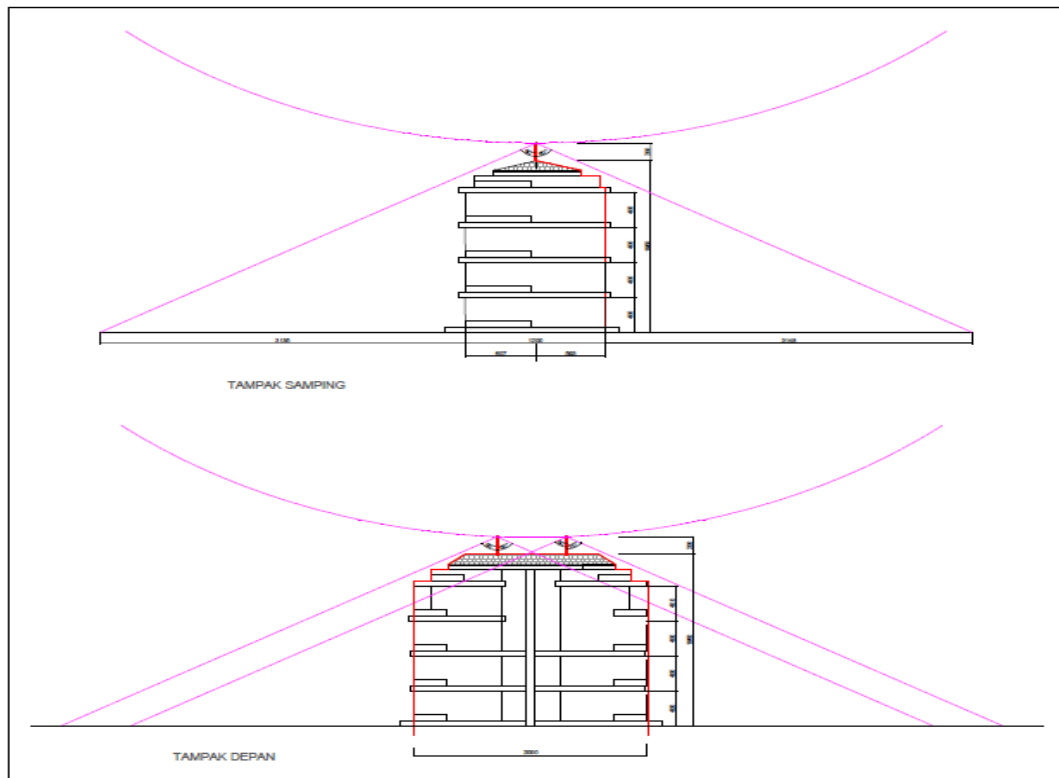


Gambar 7. Gedung dengan 2 batang finial masing-masing panjang 1 m, dipasang 4 m dari ujung-ujung atap gedung,

Langkah berikutnya memungkinkan mensimulasikan dimensi dan jumlah finial, tetapi menggeser posisi finial tidak memungkinkan, karena bagian gedung ujung kiri dan kanan, sudah tepat merupakan batas garis perlindungan. Simulasi dengan menambahkan satu batang finial panjang 1 m, merupakan salah satu alternatif, kemudian dilanjutkan dengan melakukan evaluasi menggunakan metode sudut perlindungan. Tetapi dalam disain ini, peserta pelatihan tidak menambahkan jumlah satu finial, tetapi dengan mengganti dimensi finial, dari 1 m menjadi 2 m. Finial di tempatkan seperti pada posisi simulasi ke dua, yaitu masing-masing pada jarak 4 meter dari ujung kiri dan ujung kanan atap bangunan, diperlihatkan gambar 8.

Garis sudut perlindungan di buat dengan menarik garis dari ujung finial membentuk sudut 60° ke kiri, ke kanan dan melingkar sampai membentuk kerucut telungkup. Pada gambar 8 terlihat bahwa semua bagian dari gedung berada dalam cakupan gambar kerucut telungkup, sehingga dari metode sudut perlindungan sudah aman dengan menggunakan 2 buah batang elektroda ukuran 2 m dan di pasang jarak 4 m dari ujung kiri dan kanan atap gedung. Penerapan metode sudut perlindungan dengan 2 batang finial masing-masing panjang 2 m, sudah mampu melindungi gedung dari sambaran petir. Langkah evaluasi berikutnya yaitu menggunakan perlindungan dengan metode bola bergulir.

Disain SPP eksternal tampak depan pada gambar 8, dibuatkan lingkaran dengan pusat lingkaran di titik sembarang diatas gedung. Lingkaran dibuat dengan jari-jari menyentuh salah satu ujung finial. Pada titik pusat lingkaran yang sama, gambar lingkaran terus dilanjutkan, dan dipastikan agar semua ujung-ujung finial merupakan jari-jari dari gambar lingkaran yang dibuat. Seperti namanya metode bola bergulir, maka perlu dibuat juga beberapa gambar bola lagi dengan titik pusat bola di titik-titik yang berbeda. Setiap gambar bola dengan titik pusat yang sama, perhatikan apakah jari-jari bola menyentuh ujung-ujung finial. Kalau jari-jari bola semuanya menyentuh ujung-ujung finial, pada titik pusat bola yg berbeda, maka gedung sudah aman dari sambaran petir dengan metode sudut perlindungan dan metode bola bergulir. Jadi gedung berdimensi $20 \times 12 \times 19,6 \text{ m}^3$ sudah mendapat perlindungan yang optimal dari bahaya sambaran petir. Disain SPP eksternal yang dipilih adalah 2 buah finial berukuran 2 m, di pasang pada jarak 4 meter dari ujung kiri dan ujung kanan atap bangunan, dan dievaluasi dengan metode sudut perlindungan dan metode bola bergulir.



Gambar 8. Gedung dengan 2 batang finial masing-masing 2 m, dipasang 4 meter dari ujung-ujung atap gedung dan menggunakan metode bola bergulir

KESIMPULAN DAN SARAN

Mahasiswa yang mengikuti kegiatan ini berjumlah 40 orang dan terbagi dalam 8 kelompok. Lima kelompok berhasil melakukan simulasi pemasangan *finial* untuk mencapai tingkat perlindungan gedung yang efektif terhadap sambaran petir. Tiga (3) kelompok lainnya hanya dapat menentukan luas area perlindungan tanpa mampu melakukan perencanaan penempatan finial yang efisien. Pelatihan ini memberikan manfaat dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa. Kegiatan tersebut diikuti oleh mahasiswa dengan semangat, yang tercermin dalam semangat berlatih penyambungan dan pemasangan sistem proteksi petir, aktif berdiskusi dan tanya jawab, yang berkontribusi pada penyelesaian permasalahan.

Disarankan kegiatan semacam ini lebih sering dilakukan dan di lengkapi dengan fasilitas pendukung yang lain seperti laptop dan mahasiswa sudah bisa menggunakan *software Autocad*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada mahasiswa, pengelola dan seluruh staf jurusan Teknik Elektro Unram, kepala Laboratorium Listrik Dasar dan seluruh teman-teman yang ikut membantu kelancaran pelaksanaan kegiatan ini. Terimakasih juga disampaikan kepada LPPM Universitas Mataram, Ketua Jurusan Teknik Elektro, dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Mataram, atas terselenggaranya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmam., & Situmeang, U. (2015). Perancangan Kinerja Penangkal Petir Menggunakan Metoda Bola Gelinding Pada Gedung Perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 13(1), 130-135.
- BMKG. 2023. *Peta Isokeraunik Level*. Mataram
- BMKG. 2023. *Peta Sambaran Petir*. Mataram

- Hasse, P. (1992). *Over Voltage Protection of Low Voltage Systems*. IEEE Power Series 12, Peter Pergrinus: Ltd, London.
- Hayt, W. H., & Buck, J. A. (2010). *Elektromagnetika Teknologi, Vol. -, Ed. 10*. Jakarta Indonesia. Penerbit Erlangga.
- Indonesia. 2002. *Undang-undang No. 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung*. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Indonesia. 2004. *Sistem Proteksi Petir pada Gedung, SNI 03-7015-2004*. 2004
- Indonesia. *Peraturan Pemerintah No. 36 Tahun 2005, Pasal 35 ayat (1) Setiap bangunan gedung yang berdasarkan letak, sifat geografis, bentuk, ketinggian, dan penggunaannya berisiko terkena sambaran petir harus dilengkapi dengan instalasi penangkal petir*. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Jakarta. 2006. *Peraturan Menteri PU No. 29/PRT/M/2006 tentang pedoman persyaratan teknis bangunan gedung*. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Saini, M., Yunus, A. M. S., & Pangkung, A. (2016). Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan Elektroda Rod dan Plat. *Jurnal INTEK*.
- Seniari, N.M., Rosmaliati., Supriyatna., Natsir, A., Adnyani, I. A. S., & Nababan, S. (2020). Pengenalan Pemasangan Sistem Proteksi Petir (SPP) Eksternal Pada Gedung di Kota Mataram. Prosiding Seminar Nasional Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Seniari, N.M., Ginarsa, I.M., Citarsa, I.B.F., Supriyatna., & Adnyani, I.A.S. (2021). Electric and Magnetic Fields Around the Tower Due to Lightning-Strikeus Lightning Current Simulation. Proceeding ICST (International Conference on Science and Technology), 540-251, Mataram
- Seniari, N. M., & Dharma, B.W. (2020). Penyuluhan Cara Mengurangi Bahaya Radiasi Gelombang Elektromagnetik Pada Kesehatan di Kelurahan Pagutan Barat Mataram. *Jurnal Bakti Nusa*, 1(1), 32-38.
- Seniari, N.M., & Dharma, B.W. (2020). Penyuluhan Bahaya Radiasi Gelombang Elektromagnetik pada Organ Tubuh Mahluk Hidup di Kelurahan Pagutan Barat Mataram, Prosiding PEPADU 2020, 2(-), 230-235, LPPM Universitas Mataram, Mataram.
- Seniari, N.M., Supriyatna., Natsir, A., Adnyani, I.A.S., & Nababan, S. (2021). Pengenalan Instalasi Petir pada Gedung di SMAN 8 Mataram. *Jurnal Karya Pengabdian*, 3(2).
- Sukmawidjaja, M., Abduh, S., & Nadia, S. (2015). Analisis Perancangan Sistem Proteksi Bangunan The Bellagio Residence terhadap Sambaran Petir. *JETri*, 12(2), 75-86.
- Sutrisna, I.W., Seniari, N.M., & Ginarsa, I.M. (2017). Analisis Tegangan Lebih Induksi Di Sekitar *Down Conductor* Yang Terinjeksi Arus Petir (Studi Kasus Gedung STAHN Gde Pudja Mataram dan Gardu Hubung Gomong). *Jurnal Dielektrika*, 4(1), 1-9.
- Tabani, N.M., Mvungi, N.H., & Kyaruzy, A. (2013). *Simulink Based Modelling and Simulation of the Communication Tower Grounding System*. International Symposium on Lightning Protection (XII SIPDA).
- Taher, A., Said, A., Eliyan, T., & Hafez, A. (2020). *Analysis and Mitigation of Ground Grid Lightning Potential Rise*. Transactions on Electrical and Electronic Materials.