

TUGAS AKHIR

ANALISA SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL DENGAN METODE BOLA BERGULIR PADA GEDUNG BARU FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

MUHAMMAD AGUS SETIAWAN
1907220084



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Agus Setiawan

NPM : 1907220084

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Dengan Metode Bola Bergulir Pada Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Bidang Ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Mengetahui dan Menyetujui

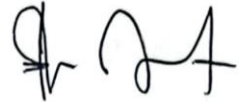
Dosen Pembimbing

Muhammad Adam, S.T., M.T.

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II


Ir Abdul Aziz Hutasuhat, M.M.


Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd.



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Agus Setiawan
Tempat/Tanggal Lahir : Negeri lama, 08 Agustus 2000
Npm : 1907220084
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul :

“Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Dengan Metode Bola Bergulir Pada Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.”

Bukan Merupakan Plagiarisme, Pencurian hasil karya orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara Orisinil dan Ontentik.

Bila Kemudian Hari diduga Kuat ada ketidak sesuaian antara Fakta dan kenyataan ini, Saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan Sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan Kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Oktober 2023

Saya yang menyatakan,



(Muhammad Agus Setiawan)

ABSTRAK

Dalam usaha melindungi bangunan dari kerusakan yang disebabkan oleh petir, ada dua sistem proteksi yang tersedia, yaitu proteksi internal dan eksternal. Sistem proteksi eksternal bertujuan untuk melindungi bangunan dari sambaran langsung yang dapat merusak secara fisik, sementara sistem proteksi internal bertujuan untuk melindungi peralatan di dalam bangunan dari kerusakan akibat sambaran petir yang tidak langsung. Karena sifat petir yang merusak, tindakan pencegahan diperlukan untuk meminimalkan atau bahkan menghilangkan risiko sambaran petir langsung atau tidak langsung. Untuk mengurangi risiko kerusakan, sistem proteksi petir yang andal dan efektif telah dipasang. Seperti adanya penangkal petir eksternal pada suatu bangunan, misalnya pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, guncangannya sangat besar, jika terkena petir langsung dapat merusak bangunan itu sendiri dan sistem itu sendiri, yang juga berakibat fatal bagi makhluk hidup di sekitar gedung, sehingga diperlukan sistem penangkal petir eksternal untuk meminimalkan gangguan di gedung baru fakultas teknik universitas muhammadiyah Sumatera Utara. Indeks R ataupun potensi resiko pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mencapai nilai 14 yaitu gedung ini merupakan kemungkinan bahaya yang besar dan sangat diperlukan untuk pemasangan proteksi petir pada gedung. Gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah setelah dilakukan perhitungan parameter arus sambaran petir dengan tingkat proteksi termasuk kedalam tingkat proteksi I dengan indeks E_c sebesar 0,98 dimana radius dan jari – jari bola bergulir sebesar 20 m. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan metode bola bergulir, penangkal petir yang ada pada gedung belum sepenuhnya melindungi bagian gedung dibuktikan ada bagian bola yang mengenai gedung. Dianjurkan untuk melakukan penambahan proteksi petir pada bagian sudut – sudut gedung agar lebih aman dari sambaran petir yang akan berdampak pada gedung

Kata Kunci : Proteksi Petir, Proteksi Gedung, Bola Bergulir.

ABSTRACT

In an effort to protect buildings from damage caused by lightning, there are two protection systems available, namely internal and external protection. The external protection system aims to protect the building from direct strikes that can cause physical damage, while the internal protection system aims to protect equipment in the building from damage due to indirect lightning strikes. Due to the destructive nature of lightning, precautions are necessary to minimize or even eliminate the risk of direct or indirect lightning strikes. To reduce the risk of damage, a reliable and effective lightning protection system has been installed. Like the presence of an external lightning rod in a building, for example in the new building of the Faculty of Engineering, Muhammadiyah University, North Sumatra, the shock is very large, if it is hit by lightning directly it can damage the building itself and the system itself, which also has fatal consequences for living things around the building, so An external lightning protection system is needed to minimize interference in the new building of the Faculty of Engineering, Muhammadiyah University, North Sumatra. The R index or potential risk in the new building of the Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of North Sumatra reached a value of 14, meaning that this building poses a large potential danger and is very necessary for installing lightning protection in the building. The new building for the Faculty of Engineering, Muhammadiyah University, after calculating the lightning strike current parameters, has a protection level included in protection level I with an E_c index of 0.98 where the radius and radius of the rolling ball is 20 m. After an analysis was carried out using the rolling ball method, the lightning rod in the building did not fully protect parts of the building as evidenced by part of the ball hitting the building. It is recommended to add lightning protection to the corners of the building to make it safer from lightning strikes which will impact the building.

Keywords: Lightning Protection, Building Protection, Rolling Ball.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayahNya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“ANALISA SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL DENGAN METODE BOLA BERGULIR PADA GEDUNG BARU FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA ”**. sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada kami semua sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Elvy Sahnur S.T., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Muhammad Adam ST.,MT., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing saya dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2019.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan

pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang akan datang. Akhirnya kami mengharapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi dan para pembaca terkhusus bagi dunia kontruksi Teknik Elektro serta kepada Allah SWT , kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya. Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan 20 Okrtober 2023

Penulis

Muhammad Agus Setiawan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA RELEVAN	5
2.1 Studi Literatur.....	5
2.2 Pengertian Petir	11
2.2.1 Karakteristik Petir	13
2.3 Kerusakan Akibat Sambaran Petir	22
2.3.1 Sambaran Petir Langsung Terhadap Bangunan.....	22
2.3.2 Sambaran Petir Melalui Jaringan Listrik	23
2.4 Kerusakan Akibat Sambaran Petir	24
2.4.1 Efek Listrik	24
2.4.2 Efek Tegangan Tembus	25
2.4.3 Efek Termal	25
2.4.4 Efek Mekanis	25
2.5 Bentuk Gelombang Petir	26
2.6 Tegangan Langkah	26

2.7 Sistem Proteksi Petir	28
2.7.1 Sistem Proteksi Internal	28
2.7.2 Sistem Proteksi Internal	29
2.8 Metode <i>Collection Volume</i>	31
2.9 Metode Zona Proteksi	33
2.10 Metode <i>Rolling Sphere</i>	34
2.10.1 Sistem Terminasi Bumi	38
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	42
3.1 Tempat.....	42
3.2 Jenis Penelitian	42
3.3 Sumber Data dan Variabel Penelitian.....	44
3.4 Metode Pengumpulan Data	44
3.5 Flowchart Penelitian.....	45
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Perkiraan Resiko	48
4.1.1 Penentuan Tingkat Resiko	48
4.2. Analisis Proteksi Menggunakan Metode Bola Bergulir.....	54
BAB 5 PENUTUP.....	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampakan Petir	12
Gambar 2.2 <i>Heat Storms</i>	16
Gambar 2.3 <i>Frontal Storms</i>	17
Gambar 2.4 Pemisahan Muatan	18
Gambar 2.5 Proses Terjadinya Petir.....	19
Gambar 2.6 Proses Terjadinya sambaran petir	20
Gambar 2.7 Sambaran Naik Ke Bumi.....	20
Gambar 2.8 Kerusakan Bangunan Akibat Sambaran Petir	23
Gambar 2.9 Sambaran Petir Kejaringan Listrik.....	24
Gambar 2.10 Osilogram bentuk gelombang petir	26
Gambar 2.11 Tegangan Langkah	27
Gambar 2.12 Metode <i>Collection Volume</i>	32
Gambar 2.13 Metode Zona Proteksi	33
Gambar 2.14 Metode <i>Rolling Sphere</i>	35
Gambar 2.15 Perkembangan Perintis Kebawah.....	36
Gambar 2.16 Perkembangan Langkah Terahir	37
Gambar 2.17 Jarak Rambatan	37
Gambar 2.18 Single Grounding	40
Gambar 2.19 Paralel Grounding	41
Gambar 3.1 Flowchar Penelitian.....	45
Gambar 4.1 Gedung G Fakultas Teknik	54
Gambar 4.2 Proteksi Petir Pada Gedung.....	55
Gambar 4.3 Tampak Depan Gedung.....	56
Gambar 4.4 Tampak Samping Gedung.....	56
Gambar 4.5 Metode Bola Bergulir Gedung F Teknik UMSU	57
Gambar 4.6 Metode Bola Bergulir pada Gedung F Teknik UMSU (Tampak Samping).....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	42
Tabel 4.1 Data Gedung	47
Tabel 4.2 Indeks A Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan.....	48
Tabel 4.3 Indeks B Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan.....	48
Tabel 4.4 Indeks C Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan	49
Tabel 4.5 Indeks D Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan	49
Tabel 4.6 Indeks E Bahaya Berdasarkan Pengaruh Kilat/Hari Guruh.....	49
Tabel 4.7 Indeks R Perkiraan Bahaya Sambaran Petir	50
Tabel 4.8 Tipe Kerugian Sambaran Petir.....	51
Tabel 4.9 Eff SPP dengan Tingkat Proteksi.....	52
Tabel 4.10 Parameter Arus Sambaran Petir dengan Tingkat Proteksi.....	52
Tabel 4.11 Penempatan Terminasi Udara Sesuai dengan Tingkat Proteksi.....	53

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia ialah negara yang dilalui oleh garis ekuator yang menyebabkan frekuensi hari guruh (*Thunderdays*) per tahunnya sangat tinggi jika dibandingkan dengan negara lain, yaitu mencapai 100 - 200 hari guruh setiap tahun. Kilat merupakan fenomena alam yang muncul karena terakumulasinya muatan negatif di awan dan muatan positif di atas permukaan bumi yang terinduksi, sehingga terciptalah kilat. Arus listrik yang terjadi antara permukaan bumi dan awan disebut medan listrik. Perbedaan potensial yang semakin tinggi antara muatan yang ada di permukaan bumi dan awan menyebabkan pelepasan muatan listrik yang dikenal sebagai petir (*Karta et al., 2020*).

Saat kilat menyambar, dampaknya bisa sangat merugikan manusia. Kilat bisa merusak konstruksi bangunan, menyebabkan kebakaran, kerusakan pada peralatan, bahkan kematian. Meskipun pada peralatan elektronik, arus yang ditimbulkan oleh kilat tidak merusak langsung, tetapi bisa memperpendek umur pakai peralatan tersebut. Saat ini, banyak peralatan yang semakin canggih dan menggunakan komponen elektronik serta mikroprosesor yang sangat sensitif terhadap impuls elektromagnetik yang dihasilkan oleh kilat secara tidak langsung. Oleh karena itu, diperlukan sistem proteksi kilat yang handal pada bangunan untuk mengurangi kemungkinan kerugian besar yang dapat terjadi (*Karta et al., 2020*).

Dalam usaha melindungi bangunan dari kerusakan yang disebabkan oleh petir, ada dua sistem proteksi yang tersedia, yaitu proteksi internal dan eksternal. Sistem proteksi eksternal bertujuan untuk melindungi bangunan dari sambaran

langsung yang dapat merusak secara fisik, sementara sistem proteksi internal bertujuan untuk melindungi peralatan di dalam bangunan dari kerusakan akibat sambaran petir yang tidak langsung.

Karena sifat petir yang merusak, tindakan pencegahan diperlukan untuk meminimalkan atau bahkan menghilangkan risiko sambaran petir langsung atau tidak langsung. Untuk mengurangi risiko kerusakan, sistem proteksi petir yang andal dan efektif telah dipasang. Seperti adanya penangkal petir eksternal pada suatu bangunan, misalnya pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, guncangannya sangat besar, jika terkena petir langsung dapat merusak bangunan itu sendiri dan sistem itu sendiri, yang juga berakibat fatal bagi makhluk hidup di sekitar gedung, sehingga diperlukan sistem penangkal petir eksternal untuk meminimalkan gangguan di gedung baru fakultas teknik universitas muhammadiyah Sumatera Utara.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan permasalahan yang melandasi penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana analisis resiko tersambar petir pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara?
2. Bagaimana analisis proteksi sambaran petir dengan menggunakan metode bola bergulir pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk :

1. Menganalisis perkiraan resiko tersambar petir pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
2. Menganalisis proteksi sambaran petir dengan menggunakan metode bola bergulir pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

1.4 Batasan Masalah

Sesuai dengan latar belakang dan rumusan masalah yang ada maka di ambil batasan masalah:

1. Tidak membahas peralatan –peralatan yang ada di dalam gedung
2. Tidak membahas kontruksi gedung bertingkat secara mendetail
3. Tahanan jenis tanah sama secara mendetail.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan, penulisan skripsi ini dibuat dalam 5 bab. Pada Bab I berisi pendahuluan, berisi latar belakang, tujuan, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan. Bab II membahas tentang fenomena petir, macam-macam sambaran petir berikut dampak- dampaknya terhadap gedung bertingkat, saluran transmisi listrik dan manusia. Bab III Membahas mengenai beberapa metode konvensional sebelumnya, metode Bola Bergulir. Selanjutnya pada BAB IV memberikan penjelasan mengenai penentuan nilai resiko bangunan bertingkat di kawasan fakultas teknik Universitas Muhammadiyah sumatera utara secara lengkap, dan selanjutnya menghitung penentuan letak sistem proteksi eksternal petir berdasarkan metode Bola Bergulir

sebagai metode dalam mendesain proposal untuk kemungkinan penerapannya. Dan terakhir Bab V Merupakan kesimpulan dari seluruh uraian dalam skripsi ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA RELEVAN

2.1 Studi Literatur

Sebelumnya fenomena petir telah diketahui jauh pada saat masa prasejarah di mana orang-orang pada masa itu mengaitkan fenomena petir dengan aktivitas supranatural. Penelitian mengenai fenomena petir diawali dengan hasil temuan Benjamin Franklin mengenai hubungan antara listrik dan petir. Franklin menemukan bahwa adanya kesamaan antara sambaran yang dihasilkan dari sambaran petir dengan percikan kecil dari listrik. Dan dari kedua percikan tersebut menghasilkan cahaya dan suara tertentu yang juga keduanya menjalar melalui jalur zig-zag. Sedangkan, definisi petir menurut (Al-Faruq, 2018), petir merupakan suatu fenomena listrik secara alamiah dalam atmosfer bumi yang tidak tahu dan tidak dapat dicegah kapan waktunya, petir terjadi akibat terlepasnya muatan listrik positif (proton) dan listrik negatif (elektron) di dalam awan. Pada umumnya, fenomena ini terjadi ketika muatan negatif terkumpul di bagian bawah dan menyebabkan muatan positif terinduksi dari atas permukaan tanah, sehingga terbentuk medan listrik antara tanah dan awan. Yang mendasari proses terjadinya petir terdapat dua teori, yaitu:

a. Proses Ionisasi

Sambaran..petir adalah suatu fenomena..alam yang terjadi akibat dari proses terlepasnya muatan listrik (*Electrical Discharge*) di awan, dikarenakan di awan ada ion-ion positif (+) dan ion-ion negatif (-) yang berkumpul, ion-ion listrik tersebut muncul akibat dari awan yang saling bergesekan dan akibat

dari proses ionisasi tersebut membuat perubahan bentuk zat cair (air) menjadi zat gas dan sebaliknya, bahkan dari bentuk zat padat (es) menjadi zat cair (air). Ion bebas yang terdapat di permukaan awan, akan bergerak mengikuti pergerakan hembusan angin. Awan-awan tersebut akan berkumpul pada suatu tempat, dan jika awan bermuatan ion tadi memiliki beda potensial yang cukup besar, maka akan terjadi sambaran petir pada permukaan bumi.

b. Gaya Gesek Awan

Bermula dari pergerakan awan akan mengikuti pergerakan arah angin yang berhembus, proses Bergeraknya awan ini akan terjadi ketika ada gesekan antara awan-awan satu dengan yang lainnya, yang mana nantinya akan memunculkan elektron-elektron bebas yang dapat mengisi penuh permukaan awan. Secara sederhana, proses ini dapat disimulasikan seperti pada sebuah potongan kertas yang tertarik oleh penggaris, akibat dari proses gesekan yang ditimbulkan antara penggaris dengan rambut. Di suatu saat, ketika awan-awan ini berkumpul di suatu tempat, pada saat inilah sambaran petir dimungkinkan akan berlangsung, karena ion-ion elektron bebas ini saling berikatan satu dengan yang lainnya. Sehingga memiliki beda potensial yang cukup besar untuk menyambar permukaan bumi. Ancaman ketika terjadi sambaran petir pada peralatan-peralatan instalasi listrik harus diwaspadai, dan usaha dalam melindungi instalasi yang terpasang, bangunan yang berisikan peralatan instalasi elektronik seperti pada bank, industri, militer, instalasi penting, bahkan kewaspadaan perorangan pun elektronik harus ditingkatkan. Untuk tempat yang jauh lebih dari 1,5 km,

sambaran petir dapat merusak berbagai peralatan elektronika dan sistem elektronika, seperti telekomunikasi kantor, instrumentasi dan peralatan lainnya.

Fadlilah (2014), telah melakukan penelitian mengenai simulasi distribusi tegangan petir di jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV penyulang Kentungan 2 Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sambaran petir pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV agar efek sambaran petir bisa diantisipasi sehingga peralatan dan komponen yang ada di distribusi tidak rusak. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sambaran petir yang terjadi di salah satu fasa menimbulkan tegangan lebih yang nilainya mencapai 2 kali tegangan puncak petir. Di fasa yang tidak tersambar muncul tegangan lebih nilainya 1% - 76 % lebih kecil dari tegangan puncak petir. Perubahan nilai tegangan puncak petir, waktu muka, dan waktu ekor gelombang impuls petir berpengaruh pada tegangan lebih yang dihasilkan.

Potapenko (2014), telah melakukan penelitian mengenai pemodelan matematis dari berbagai skema sistem proteksi petir (LPS) salah satu contohnya yaitu pada menara baja saluran transmisi tenaga. Metode dari pemodelan matematis dilakukan dengan menggunakan persamaan elliptic (Metode MMSEE) dengan memperhatikan fungsi aliran listrik yang digunakan untuk perhitungan terhadap garis garis kuat medan listrik. Keutamaan dari penerapan metode MMSEE pada prakteknya adalah sangat penting untuk dapat menghitung kuat aliran listrik dengan memperhatikan elektroda pengetanahan dekat bagian yang ditanam dari tiang beton bertulang yang direpresentasikan pada kondisi hujan. Penerapan metode MMSEE dapat menyelesaikan permasalahan tegangan langkah pada permukaan tanah,

dengan menaikkan kedalaman dari elektroda pengetanahan maka akan menghasilkan permasalahan yang berbeda beda.

Yang dkk (2017), telah melakukan sebuah penelitian untuk mengevaluasi arus saluran basis dan kecepatan sambaran balik menggunakan pengukuran “far electric fields” diatas dua lapis permukaan horizontal tanah, dimana arus petir sepanjang basis petir menggunakan pemodelan saluran transmisi yang dimodifikasi dengan arus linear yang menghilang dengan pemodelan (MTLL). Tujuan dari metode ini sudah divalidasi dengan menggunakan dua buah pengukuran medan listrik yang diperoleh dari petir yang dipacu, kecepatan digunakan sebagai variabel sepanjang basis petir dan nilai rata-rata sepanjang basis petir. Hasil menunjukkan bahwa arus basis yang dievaluasi cukup sesuai dengan arus basis yang diukur, dan nilai rata-rata kecepatan sambaran yang dievaluasi 6 adalah diantara $1/3$ sampai $2/3$ dari kecepatan cahaya pada ruang hampa. Hasil kombinasi antara model MTLL dan model dua-lapis permukaan tanah lebih cocok untuk mengevaluasi arus basis dan kecepatan sambaran.

Penelitian Hakim, dkk (2013), menjelaskan Masjid Raya Mujahidin memiliki struktur bangunan yang tinggi, dimana 4 buah tower masing-masing memiliki tinggi ± 62 meter dan kubah yang berada di tengah tinggi ± 40 meter. Mengingat hari guruh di wilayah kota Pontianak yang sangat tinggi yaitu 219 hari/tahun, maka masjid raya sangat rentan akan sambaran petir. Oleh karena itu untuk menghindari dampak dari sambaran petir, masjid raya Mujahidin sangat perlu dipasang proteksi petir eksternal. Metode yang digunakan dalam menentukan proteksi petir adalah metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*). Setelah melakukan simulasi dengan metode bola bergulir maka jumlah finial yang digunakan sebanyak 5 buah

dengan tinggi 2 meter dan penampang konduktor penyalur yang digunakan adalah kabel BC 50 mm² . Sistem pembumian yang digunakan adalah Single Rod Grounding dengan panjang batang pembumian 6 meter dengan resistansi 0,6 – 1,2 Ohm.

Penelitian Hosea,dkk (2010), menjelaskan tentang Penentuan terminasi udara menggunakan tiga metode yaitu metode jala, sudut proteksi dan bola bergulir pada gedung W Universitas Kristen Petra yang membutuhkan tambahan sistem proteksi petir berdasarkan analisis dengan metode bola bergulir. Hasil dari kesimpulan bila bahwa radius bola bergulir yang digunakan pada gedung W UK. Petra Surabaya sebesar 45 meter maka arus petir yang $\geq 160,06$ kA akan ditangkap oleh sistem proteksi petir. Bangunan gedung W Universitas Kristen Petra Surabaya masih membutuhkan tambahan penangkap petir sesuai dengan analisis menggunakan metode bola bergulir sehingga arus yang akan ditangkap oleh sistem proteksi petir adalah yang $\geq 3,39$ kA.

Penelitian Kurniasari,dkk (2015), menjelaskan bahwa gedung OP Mall yang terletak pada daerah Jakabaring merupakan gedung yang memiliki ketinggian yaitu 30 meter. Gedung ini memiliki indeks perkiraan akan bahaya petir (R) sangat besar yaitu 16 sehingga sangat perlu untuk memiliki sistem proteksi petir. Efisiensi sistem proteksi petirnya adalah 87,4 %. Dengan II-2 perhitungan berdasarkan penempatan terminasi udara yaitu dengan menggunakan metode Bola Bergulir, dari perhitungan didapat luas area proteksi (Ap) sebesar 6358,5 m² (34,355 %) dari luas area 18512 m², dan radius proteksi (Rp) 45 meter, sehingga dibutuhkan penyalur petir sebanyak 3 buah.

Penelitian Rahmadan (2016), menjelaskan bahwa gedung Fakultas Ushuluddin UIN Suska Riau memiliki atap yang berbentuk rumit yaitu berbentuk vertikal, horizontal dan kerucut. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan penempatan terminasi udara pada gedung Fakultas Ushuluddin UIN Suska Riau. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*). Hasil dari perhitungan berdasarkan penempatan terminasi udara dengan menggunakan metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*) didapat setelah dilakukan perancangan dengan menambahkan panjang terminasi udara sebesar 2 meter dan merubah tempat penempatannya, sehingga mampu melindungi 135,445% dari luas daerah bangunan. Pada sistem pembumian dilakukan penanaman batang elektroda sepanjang 55 m, sehingga didapatlah nilai tahanan pentanahan sebesar 4,58 Ohm, yang mana nilai tersebut sudah memenuhi standar sistem pembumian dibawah 5 Ohm. Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang sistem proteksi petir eksternal pada bangunan Islamic Center UIN Suska Riau juga menggunakan Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*). Bentuk bangunan yang seolah meruncing ke atas membuat bangunan ini membutuhkan satu penangkal petir di puncak bangunan. Penangkal petir pada bangunan Islamic Center UIN Suska Riau yang terpasang saat ini adalah penangkal petir konvensional berupa batang tembaga tegak dengan jumlah hanya satu buah, sehingga penangkal petir konvensional ini belum optimal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan merancang sistem terminal udara (penangkal petir) dengan Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*).

2.2 Pengertian Petir

Petir adalah suatu cahaya yang dihasilkan oleh energi listrik alami yang terjadi antara awan atau awan ke bumi. Sering terjadi pada saat cuaca mendung atau badai. Petir merupakan fenomena alam yaitu proses pelepasan arus listrik yang terjadi di atmosfer. Peristiwa pelepasan arus ini terjadi karena terbentuknya konsentrasi muatan positif dan negatif di dalam awan atau perbedaan muatan dengan permukaan bumi (*Christian & Negara, 2017*).

Perbedaan ketinggian antara permukaan atas dan permukaan bumi pada awan bisa mencapai jarak sekitar 8 km dengan suhu bagian bawah sekitar 13 C dan suhu bagian atas sekitar -65 C. Oleh karena itu, dalam awan tersebut akan terjadi pertumbukan kristal es yang kemudian terpisah menjadi muatan positif dan muatan negatif akibat gesekan. Fenomena pemisahan muatan ini menjadi penyebab utama terjadinya sambaran petir. Pelepasan muatan listrik dapat terjadi di dalam atmosfer, di antara lapisan atmosfer dan permukaan bumi, terdapat ketergantungan pada kemampuan udara untuk menahan perbedaan potensial yang terjadi (*Christian & Negara, 2017*).

Petir merupakan fenomena alam yang bersifat acak dan dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan, gangguan pada perangkat elektronik, serta kematian makhluk hidup. Menurut standar IEEE 998-1996 yang berkata Informasi desain untuk metode historis dan biasanya diterapkan oleh perancang gardu untuk meminimalkan sambaran petir langsung ke peralatan dan buswork di dalam gardu disediakan. Dua pendekatan, metode empiris klasik dan model elektrogeometrik, disajikan secara rinci. Pendekatan ketiga yang melibatkan penggunaan terminal petir aktif juga ditinjau secara singkat, petir terjadi dalam dua tahap, yaitu

perpindahan elektron dari awan ke bumi yang disebabkan oleh ionisasi di udara dan sambaran balik atau return stroke.

Proses pengionan pada awan petir akan membentuk medan listrik di antara awan dan bumi. Jika medan listrik tersebut mencapai level breakdown sekitar 100 juta volt, elektron akan dilepaskan dari awan ke bumi (downward leader) dalam bentuk lidah petir yang terjadi secara bertahap. Pembentukan downward leader dengan kecepatan tinggi menyebabkan medan listrik antara ujung step leader dan permukaan bumi meningkat. Hal ini menyebabkan terbentuknya upward leader dari objek tertinggi di permukaan bumi. Proses ini berlanjut hingga keduanya bertemu di titik tertentu di ketinggian tertentu.



Gambar 2.1 Penampakan Petir

Petir sebenarnya merupakan loncatan muatan elektrostatik, banyak terjadi pada daerah panas dan lembab sebagai akibat adanya angin ke atas yang menghasilkan awan konveksi (awan cumulonimbus) sehingga membentuk awan

bermuatan listrik. Bila muatan awan melebihi dari kritikal potensialnya maka akan terbentuk saluran sebagai akibat discharge muatan yang dapat terjadi dari awan ke awan dan awan ketanah yang disebut “Stepped Leader”. Jika Leader mendekati bumi, kenaikan medan listrik yang cepat menyebabkan loncatan muatan (upward streamer), dengan demikian saluran ionisasi antara awan dan bumi telah lengkap terbentuk dan akan memudahkan terjadinya sambaran ulang yang biasa disebut Return Stroke.

Jika pada suatu daerah terdapat udara yang lembab, terjadinya pergerakan keatas dan terdapatnya inti higroskopis maka akan terbentuk awan bermuatan. Sumber kelembaban dapat berasal dari konsentrasi air yang banyak dan luas seperti laut, dan sumber setempat seperti danau dan sungai disekitar terbentuknya awan. Sedangkan gerakan udara keatas, umumnya terjadi karena naiknya udara akibat pemanasan permukaan bumi oleh sinar matahari menyebabkan terjadinya kondensasi. Disamping itu dapat terjadi juga gerakan keatas karena angin melalui bukit dan gunung atau kontur permukaan tanah sehingga terjadi kondensasi secara orografis, atau pertemuan dua massa udara panas dan dingin menyebabkan naiknya udara sehingga terjadi kondensasi. Adanya partikel Aerosol dan kelembaban menyebabkan terbentuknya awan petir.

2.2.1 Karakteristik Petir

Sambaran petir akan menimbulkan kerusakan. Efek dari sambaran petir dapat terjadi terhadap manusia, bangunan, telekomunikasi, jaringan, instalasi listrik, terhadap peralatan elektronik dan sebagainya. Arus sambaran petir berkisar antara 2000 A sampai 200 kA, sehingga apabila suatu objek atau benda terkena sambaran

petir, maka bisa dikatakan akan berdampak buruk bagi seperti kebakaran gedung, bahkan kematian terhadap makhluk hidup (Supriadi,2016).

Pada lapisan atmosfer, terdapat berbagai macam gas penyusun udara yang ada di lapisan atmosfer, diantaranya Nitrogen (78,08%), Oksigen (20,95%), Argon (0,93%), Karbondioksida (0,0340%), Neon (0,0018%), Helium (0,00052%), Ozon (0,000006%), Hydrogen (0,00005%), Krypton (0,00011%), Metan (0,00015%) dan Xenon yang kecil sekali (Susilo Prawirowardoyo: 1996). Dari berbagai unsur yang ada di atmosfer, yang paling mendominasi adalah gas nitrogen dan oksigen. Karena ionisasi udara oleh radiasi energi tinggi dari sinar kosmik dan gas radioaktif yang dihasilkan bumi, maka setiap sentimeter kubik udara pada permukaan tanah terdapat kurang lebih 10 elektron bebas. Secara umum, udara merupakan insulator yang baik dan dapat mempertahankan sifatnya tersebut sampai pada batas nilai 3×10^6 V/m pada kondisi atmosfer standar ($T=293$ K dan $P= 1$ atm). Saat medan listrik melalui batas tersebut, udara berubah sifat menjadi media konduktor sehingga arus listrik dapat mengalir dalam bentuk percikan. (Cooray, 2010)

Dalam proses terjadinya sambaran petir, pelepasan sambaran petir diawali dengan pelepasan perintis atau stepped downward leader. Gerakan ke bawah ini bertahap sampai dekat ke permukaan tanah, sehingga muatan positif di permukaan tanah akan terinduksi oleh muatan negatif..yang..dibawa oleh stepped downward leader..tersebut, terutama untuk benda-benda yang terlihat..menonjol..dari permukaan..tanah, yang mengakibatkan beda tegangan antara dasar awan dengan tanah semakin besar. Jika tegangan awan dan tanah memiliki perbedaan tegangan yang cukup besar, maka yang terjadi adalah muatan negatif elektron dari awan akan terlepas ke permukaan tanah dan saat itulah mulai lintasan (*steamer*) pelepasan

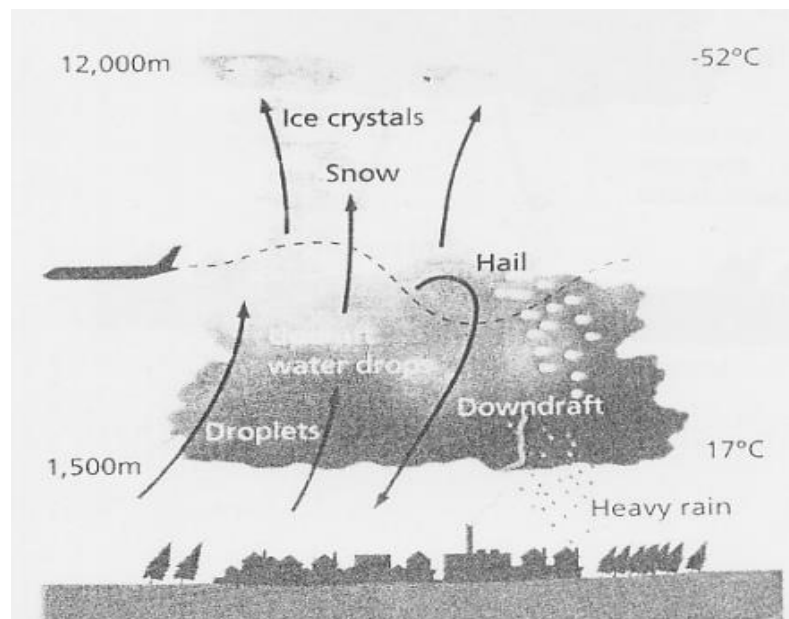
muatan yang biasanya disebut lintasan pandu (*pilot steamer*) dari awan ke permukaan tanah. Ketika kedua muatan yang terakumulasi ini saling tarik menarik, maka dalam jumlah yang besar muatan positif akan bergerak ke atas kemudian menerima gerakan *stepped downward leader* yang bergerak ke bawah, akhirnya akan terjadi kontak pertemuan antara keduanya. Muatan positif yang bergerak ke atas tersebut membentuk sebuah lintasan (*streamer*) yang menuju ke atas (*upward moving streamer*), atau yang biasa disebut sebagai sambaran balik (*return stroke*) yang bertujuan untuk menyeimbangkan beda potensial. (Dehn, 2007)

Apabila arus dari sambaran balik telah berhenti, dan ternyata di bagian lain dari awan masih ada muatan yang cukup untuk sambaran berikutnya, maka terjadilah sambaran yang kedua. Secara langsung, sambaran yang kedua ini akan mengalir dari awan ke tanah melalui lintasan (*streamer*) yang telah terbentuk dari sambaran pertama, tanpa adanya percabangan. Pada sambaran kedua ini biasanya disebut juga sebagai pelopor panah (*dart leader*), yang mana diikuti bersamaan dengan sambaran balik (*return stroke*) yang kedua. Sambaran pelopor panah (*dart leader*) dan sambaran balik (*return stroke*) yang mengikutinya disebut dengan sambaran urutan (*multiple stroke*).

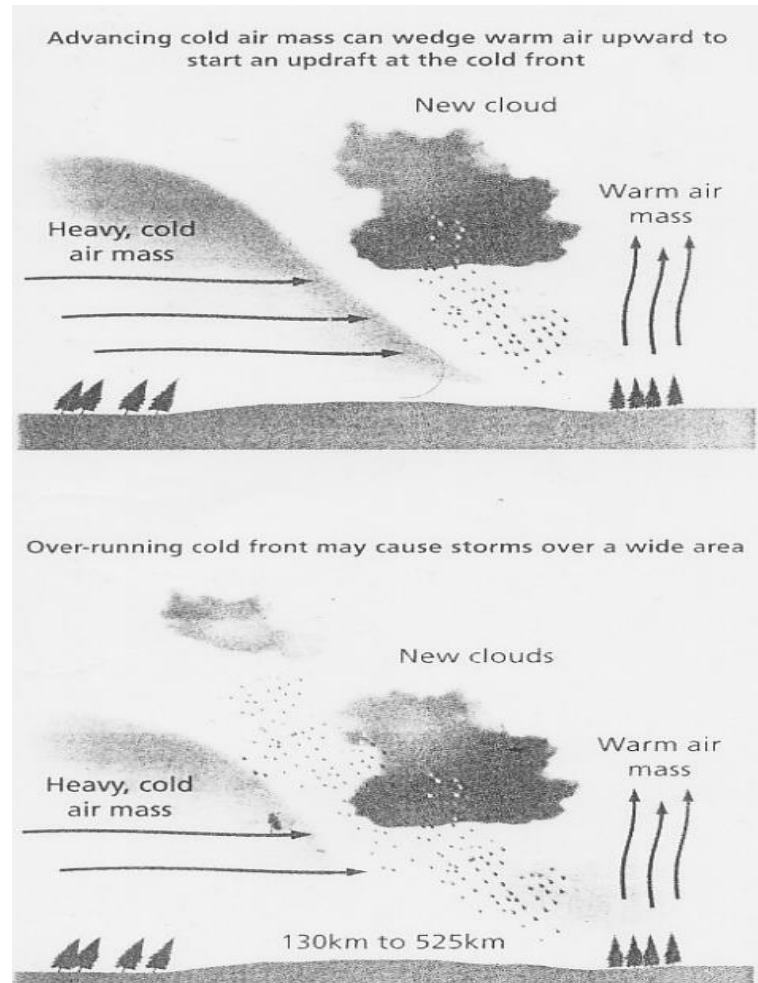
2.2.2.1 Formasi Awan Badai

Petir terbentuk akibat adanya peningkatan pemisahan muatan listrik secara alami didalam suatu awan badai. Ada 2 jenis awan badai, yang membangkitkan muatan listrik statis, Badai Panas (*Heat Storms*) dan Badai Gelombang Udara (*Frontal Storms*). Badai Panas atau badai Konvektif (*Convective Storms*) banyak terjadi di daerah tropis dan pegunungan. Pada hari dengan suhu tinggi, udara yang hangat naik keatas dari permukaan tanah yang hangat lalu digantikan oleh udara

yang lebih dingin dari atas. Proses konveksi semakin menurunkan suhu udara yang naik keatas yang kemudian membentuk awan, pada awalnya dalam bentuk tetesan air, dan pada ketinggian yang lebih tinggi sebagai kristal es. Dengan cara seperti ini, satu atau beberapa 'sel' awan terbentuk , dengan ketinggian puncaknya mencapai 12km.



Gambar 2.2 *Heat Storms*

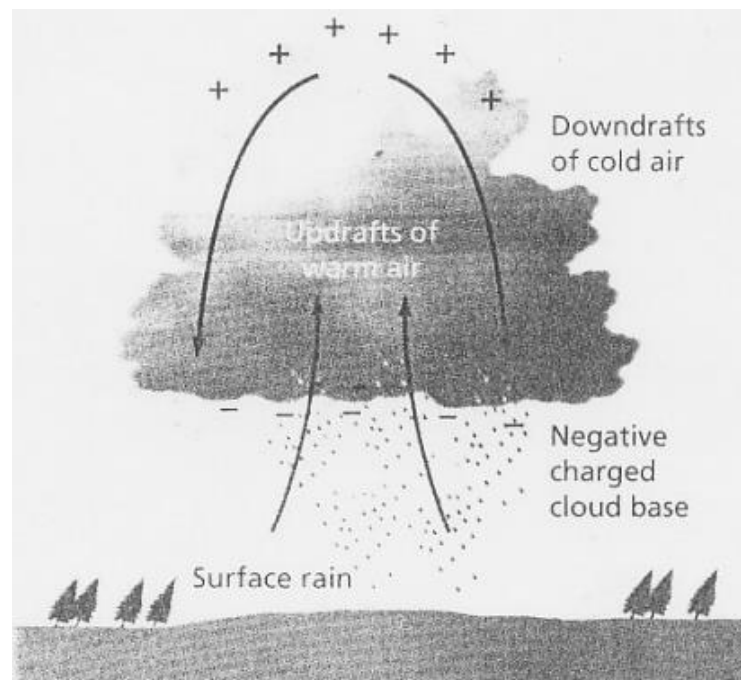


Gambar 2.3 *Frontal Storms*

Badai Gelombang Udara (*Frontal Storms*), yang banyak terbentuk di daerah dengan iklim sedang, disebabkan oleh tabrakan antara gelombang udara dingin dengan suatu massa udara hangat yang lembab, yang kemudian terangkat keatas gelombang udara dingin yang bergerak maju. Sejalan dengan udara hangat yang bergerak keatas, proses tersebut terus berulang, dan awan cumulo-nimbus yang dihasilkan dapat berukuran sangat besar, terbentang hingga puluhan kilometer dan mengandung sel-sel awan dengan ketinggian antara 7.5 hingga 18 km.

2.2.2.2 Pemisahan Muatan

Berapa banyak jenis awan telah dipahami dengan baik, tetapi bagaimana proses pemisahan muatan terjadi didalam awan tidak. Banyak teori yang diajukan untuk menjelaskan fenomena pemisahan muatan, namun tampaknya semua orang setuju bahwa didalam awan guntur (*thunder cloud*), kristal es menjadi bermuatan positif sedangkan embun membawa muatan negatif.

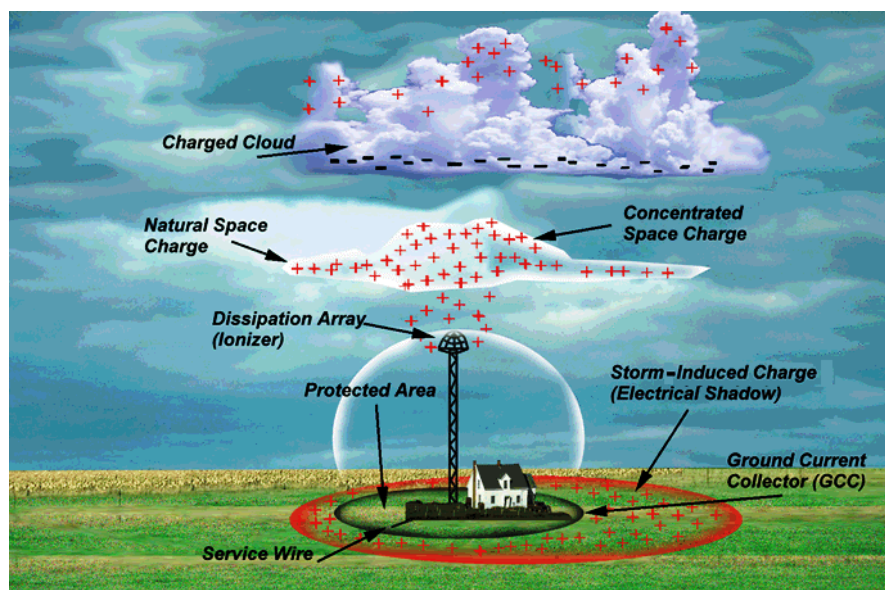


Gambar 2.4 Pemisahan Muatan

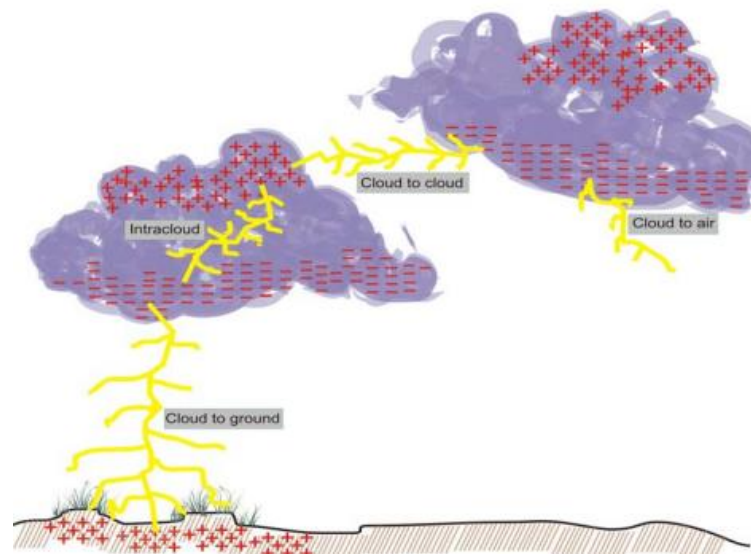
Distribusi partikel ini dalam keadaan normal meningkatkan muatan negatif di dasar awan dan kemudian meningkatkan muatan positif pada permukaan tanah. Permukaan tanah ini dapat hanya berjarak 1km saja dari dasar awan. Peningkatan muatan ini terus terjadi hingga perbedaan tegangan antara permukaan tanah dan dasar awan menjadi sangat besar, menyebabkan breakdown pada tahanan udara (*air resistance*) dan menimbulkan pelepasan muatan petir (*lightning discharge*).

2.2.2.3 Pelepasan Muatan (Peluhan) Petir

Peluhan petir yang diawali dengan pengembangan sambaran perintis (*stepped downward leader*). Gerakan ke bawah ini bertahap sampai dekat ke tanah, sehingga muatan negatif yang dibawa oleh *stepped leader* tersebut memperbesar induksi muatan positif di permukaan tanah terutama pada bendabenda yang menonjol dari permukaan tanah, akibatnya gradien tegangan antara dasar awan dengan tanah semakin besar. Apabila kedua akumulasi muatan ini saling tarik, maka muatan positif dalam jumlah yang besar akan bergerak ke atas menyambut gerakan *stepped leader* yang bergerak kebawah, akhirnya terjadi kontak pertemuan antara keduanya. Gerakan ke atas muatan positif tersebut membentuk suatu streamer yang bergerak ke atas (*upward moving streamer*), atau yang lebih populer disebut sebagai sambaran balik (*return stroke*) yang menyamakan perbedaan potensial. Sambaran balik inilah cahaya terang yang kita lihat. Peluhan petir seperti inilah yang banyak terlihat, dan diistilahkan sebagai sambaran turun negatif (*negative descending stroke*).



Gambar 2.5 Proses Terjadinya Petir



Gambar 2.6 Proses Terjadinya sambaran petir

Beberapa variasi yang lain juga dapat terjadi, seperti dari puncak gunung atau bangunan. Dalam posisi ini sambaran perintis bergerak keatas (*upward positive leader*) dari puncak gunung atau bangunan karena besarnya muatan positif ditempat tersebut.



Gambar 2.7 Sambaran Naik Ke Bumi

Mengingat letak garis geografis di Indonesia yang dilalui garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia beriklim tropis, yang mengakibatkan Indonesia memiliki hari guruh rata-rata per tahun sangat tinggi. Menurut pengertian dari *World Meteorologi Organization* (W.M.O) bahwa hari guruh adalah hari dimana terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 km atau lebih dari stasiun pengamatan. Hari guruh ini juga dapat disebut hari guntur (*thunder stormdays*).” Menurut hasil..data. pantauan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan..Geofisika (BMKG) yang menunjukkan ada beberapa wilayah di Indonesia yang mempunyai jumlah hari guruh per tahunnya yang..cukup tinggi, antara lain yaitu Palangkaraya (Kalimantan Tengah), sebagian wilayah Sumatra Utara, daerah Jawa Barat, sebagian wilayah Sulawesi Selatan yang mempunyai hari guruh lebih dari 200 hari per tahun. Menurut 12 Stasiun Geofisika, bahwa untuk Daerah Istimewa medan pada tahun 2018 jumlah dari hari guruh per tahunnya mencapai 46 per tahun. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi jumlah hari guruh yang tinggi pada suatu wilayah, yaitu curah hujan yang tinggi.

Menurut Mardi, Dedy (2009) bahwa sambaran petir dapat menyebabkan surja petir yang merupakan salah satu faktor yang menimbulkan tegangan lebih sementara pada saluran atau sistem instalasi listrik. Surja petir adalah gejala tegangan lebih sementara yang disebabkan oleh sambaran petir yang mengenai suatu sistem kelistrikan baik langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu diperlukan sistem perlindungan terhadap gangguan petir untuk Gedung Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Telah disebutkan sebelumnya bahwa proses terjadinya sambaran petir yang dipengaruhi pembentukan.dan-pengumpulan muatan di awan begitu banyak dan tak

pasti. Ditambah dengan kondisi fluktuatif di atmosfer, sehingga proses terjadinya sambaran petir bisa juga berbedabeda. Misalnya, muatan yang bergerak secara horizontal yang terjadi muatan tersebut tidak akan terpisah sehingga akan menimbulkan pelepasan muatan diantara awan dengan awan atau dalam awan itu sendiri. Atau mungkin saja proses pemisahan muatannya terjadi secara sebaliknya, sehingga arah perubahan atau petirnya juga terbalik. (Dedy, 2009)

Instalasi listrik pada bangunan yang menggunakan instalasi penangkal petir :

- A. Harus dipasang pada jarak yang cukup jauh dari instalasi penangkal petir tersebut, atau
- B. Bila ketentuan pada butir 1) tersebut di atas tidak dapat dipenuhi, instalasi listrik pada semua titik yang berdekatan dengan instalasi penangkal petir harus dihubungkan dengan instalasi penangkal petir melalui celah proteksi (perhatikan juga peraturan instalasi penangkal petir yang berlaku).

2.3 Kerusakan Akibat Sambaran Petir

Sambaran petir dapat mengakibatkan kerusakan dan mengakibatkan efek kerugian bagi objek-objek antara lain :

2.3.1 Sambaran Petir Langsung Terhadap Bangunan

Petir yang tiba-tiba mengenai struktur bangunan rumah, kantor, atau gedung, dapat sangat membahayakan bangunan dan isinya. Hal ini dapat menimbulkan kebakaran, kerusakan pada perangkat elektronik, bahkan korban jiwa. Oleh karena itu, pemasangan instalasi penangkal petir wajib dilakukan pada setiap bangunan. Penanganannya dilakukan dengan memasang terminal penerima petir dan instalasi pendukung lainnya yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Jika petir langsung mengenai manusia, hal tersebut dapat menyebabkan

luka, cacat, bahkan kematian. Banyak kejadian petir yang langsung mengenai manusia, terutama di lingkungan terbuka (*Christian & Negara, 2017*).



Gambar 2.8 Kerusakan Bangunan Akibat Sambaran Petir

2.3.2 Sambaran Petir Melalui Jaringan Listrik

Serangan petir yang membahayakan sering terjadi ketika kilat menyambar dan menimpa sesuatu di luar bangunan, tetapi berdampak pada jaringan listrik di dalamnya. Ini disebabkan oleh penggunaan kabel udara terbuka pada sistem jaringan distribusi listrik/PLN yang terletak di ketinggian yang sangat tinggi. Jika kilat menyambar pada kabel terbuka ini, arus kilat akan langsung mengalir ke pengguna. Untuk mengatasi hal ini, perangkat arrester harus dipasang sebagai pengaman tegangan yang lebih tinggi (*over voltage*). Instalasi surge arrester listrik ini harus dilengkapi dengan grounding system (*Christian & Negara, 2017*).



Gambar 2.9 Sambaran Petir Kejaringan Listrik

2.4 Kerusakan Akibat Sambaran Petir

Sambaran Petir memiliki beberapa efek yang dapat merugikan dan berbahaya bagi manusia. Efek atau fenomena sambaran petir dibagi menjadi beberapa bagian yaitu :

2.4.1 Efek Listrik

Saat aliran petir melewati kabel penghantar (konduktor) yang mengarah ke resistansi elektroda bumi pada instalasi penangkal petir, maka akan terjadi tegangan jatuh resistif. Hal ini dapat segera meningkatkan tegangan sistem proteksi hingga mencapai nilai yang tinggi dibandingkan dengan tegangan bumi. Arus petir ini juga dapat menyebabkan gradien tegangan yang tinggi di sekitar elektroda bumi, yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Sama seperti itu, induktansi sistem proteksi juga harus diperhatikan karena kemiringan muka gelombang pulsa petir. Dengan demikian, tegangan jatuh pada sistem proteksi petir terdiri dari komponen tegangan resistif dan induktif yang dijumlahkan secara aritmatik.

2.4.2 Efek Tegangan Tembus

Saat sistem pelindung petir terkena petir, ada kemungkinan titik sambaran memiliki tegangan yang lebih tinggi di sekitar unsur logam di dekatnya. Oleh karena itu, ada risiko tegangan tembus dari sistem pelindung petir yang terpasang ke struktur logam lain. Jika terjadi tegangan tembus, sebagian arus petir dapat mengalir melalui bagian internal struktur logam seperti pipa besi dan kawat. Tegangan tembus ini dapat membahayakan isi dan kerangka bangunan yang dilindungi.

2.4.3 Efek Termal

Dalam hubungannya dengan sistem perlindungan petir, efek termal pelepasan muatan petir hanya mempengaruhi kenaikan suhu konduktor yang dilalui oleh arus petir. Meskipun arusnya besar, waktu yang diperlukan sangat singkat dan pengaruhnya pada sistem perlindungan petir umumnya diabaikan. Biasanya, luas penampang konduktor instalasi penangkal petir dipilih terutama untuk memenuhi persyaratan kualitas mekanis, yang berarti sudah cukup besar untuk membatasi kenaikan suhu 1 derajat Celsius.

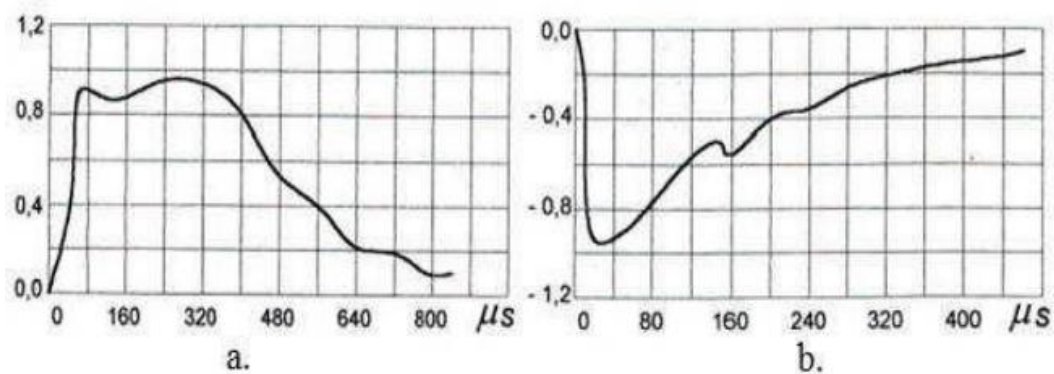
2.4.4 Efek Mekanis

Jika arus sambaran petir melewati kabel penghantar sejajar (konduktor) yang berdekatan atau pada konduktor dengan tikungan yang tajam, maka akan terjadi gaya mekanik yang besar. Oleh karena itu, dibutuhkan ikatan mekanis yang kuat. Efek mekanik lainnya terjadi karena sambaran petir menyebabkan kenaikan suhu udara secara tiba-tiba hingga mencapai 30.000 K dan mengakibatkan ledakan pemuaiannya di sekitar jalur muatan yang bergerak. Hal ini terjadi karena

konduktivitas logam digantikan oleh konduktivitas busur api listrik, yang meningkatkan energi sekitar ratusan kali lipat dan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan yang dilindungi.

2.5 Bentuk Gelombang Petir

Bentuk arus pada gelombang petir digambarkan dengan besarnya arus, kecuraman (kenaikan arus), serta lamanya kejadian (durasi gelombang), dinyatakan oleh waktu ekor. Pada kenyataannya, bentuk dari gelombang arus petir tidak sama persis antara satu dengan yang lainnya. Bukan saja antara satu kejadian dengan kejadian lainnya, akan tetapi pada satu kejadian petir dengan sambaran ganda, bentuk gelombang arus petirnya bisa berbeda yang cukup lumayan, antara sambaran pertama dengan sambaran selanjutnya. Kejadian seperti itu terjadi terutama pada petir negatif yang sebagian besar selalu ada pada sambaran selanjutnya (*subsequent stroke*).



Gambar 2.10 Osilogram bentuk gelombang petir

2.6 Tegangan Langkah

Gangguan pada sistem terjadi di gardu atau bangunan sekitarnya menimbulkan arus yang mengalir dari penangkal petir menuju sistem penyetanahan yang ditanam. Arus yang mengalir menyebabkan kenaikan beda potensial. Tegangan langkah

adalah perbedaan tegangan yang terjadi antara kaki seseorang saat berjalan di atas permukaan tanah pada jarak 1 meter tanpa menyentuh objek apapun (*Dehn-Sohne, 2014*).



Gambar 2,4 Tegangan Langkah

Muatan-muatan listrik yang bergerak akan menghasilkan sebuah arus listrik. Arus yang mengalir melewati suatu luasan material akan menghasilkan kerapatan arus listrik. Kerapatan arus (J) adalah sebuah besaran vektor yang memiliki satuan (A/m^2). Arus petir yang mengalir melewati elektroda penyetanahan akan menimbulkan arus perpindahan (I_D) dan arus konduksi (I_C).

Tubuh manusia sangat peka terhadap arus listrik karena itu arus gangguan sekecil apapun sangat berbahaya dan harus dihindari. Dua fungsi tubuh sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia yaitu pernafasan dan sirkulasi darah, bila salah satu fungsi tidak berfungsi lebih dari beberapa menit, otak akan kehabisan oksigen akibatnya menyebabkan kematian. Banyaknya gangguan tergantung dari besarnya arus, lamanya aliran arus, dan bagian yang dilalui arus. Arus yang mengalir ke otak atau sekitar dada, jantung dan paru-paru lebih berbahaya daripada

arus mengalir melalui dua ujung jari atau dari satu kaki ke kaki yang lain (IEEE std 80-2000).

Sistem pengetanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus abnormal. Sistem terminasi bumi merupakan bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang berfungsi untuk mengalirkan arus petir ke tanah. Oleh karena itu, sistem pengetanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik

2.7 Sistem Proteksi Petir

2.7.1 Sistem Proteksi Internal

Pelaksanaan konsep penangkal petir internal pada dasarnya adalah usaha untuk mencegah munculnya perbedaan potensial pada seluruh titik dalam instalasi atau peralatan yang dilindungi di dalam bangunan. Tindakan yang dapat diambil meliputi penyatuan potensial, pemasangan peredam tegangan dan arus, pelindung dan penyaring. Biaya yang diperlukan untuk memperoleh penangkal petir internal sangatlah tinggi karena berbagai faktor dapat menyebabkan perbedaan potensial pada peralatan yang dilindungi, seperti penyebaran tegangan melalui saluran telepon, antena, pasokan listrik, grounding, dan induksi elektromagnetik. Langkah untuk meminimalkan biaya dapat dilakukan dengan cara menetapkan zoning area proteksi dan mengurangi arus atau tegangan impuls petir yang masuk ke dalam bangunan dan instalasi. Tujuannya adalah untuk mengurangi risiko kerusakan internal pada peralatan listrik seperti *over voltage* dan tegangan induksi yang dapat merusak peralatan. Berdasarkan pengalaman, dengan meningkatkan penangkal

petir eksternal dan penerapan perisai yang optimal, biaya penangkal petir internal dapat ditekan.

2.7.2 Sistem Proteksi Internal

Sistem Perlindungan Petir Luar melindungi dari risiko langsung terkena sambaran petir pada perangkat-perangkat, fasilitas-fasilitas yang ditempatkan di luar gedung, menara, dan elemen-elemen eksternal bangunan. Ini juga termasuk melindungi manusia yang berada di luar gedung (*A Rakov, 2012*). Sistem Proteksi Petir Eksternal pada dasarnya terdiri dari:

- a. Terminasi udara (*Air Terminal*)
- b. Konduktor penyalur arus petir (*Down Conductor*)
- c. Pembumian (*Grounding*)

a. Terminal Udara

Proteksi petir eksternal memiliki bagian yang disebut terminasi udara yang berfungsi untuk menangkap sambaran petir. Terdiri dari elektroda logam yang dipasang secara vertikal atau horizontal, terminasi udara mempunyai daerah atau zona yang khusus untuk menangkap petir dalam jangkauan tertentu. Penempatan penangkap petir harus dilakukan dengan cermat sehingga dapat menangkap semua sambaran petir tanpa membahayakan gedung, bangunan, atau zona proteksi.

b. Terminal Udara

Penyalur arus petir yang disebut *Down Conductor* berfungsi untuk mengalirkan arus petir dari Terminasi udara (terminal udara) ke grounding. Dalam memilih posisi dan jumlah konduktor penyalur, perlu dipertimbangkan bahwa membagi arus petir ke beberapa konduktor penyalur dapat mengurangi risiko loncatan

kesamping dan gangguan elektromagnetik di dalam gedung. Sesuai dengan standar SNI 7015 tahun 2014, setiap down conductor harus dipasang pada rute yang sesingkat mungkin dan tidak menimbulkan bahaya *side-flash* pada manusia atau peralatan, serta bahaya induksi terutama pada peralatan sensitif. Pada instalasi dengan peralatan sensitif, *down conductor* harus disertai dengan perangkat pemantau jumlah petir dan perangkat perekam arus petir yang besar. Desain down conductor harus memungkinkan aliran arus petir langsung ke tanah dengan resistansi yang rendah.

Dalam *Software Alternative Transient Program (ATP)*, digunakan untuk membantu penyelesaian pada bidang transient elektromagnetik pada tenaga listrik (Wirasari et al., 2022). down conductor disusun dengan komponen pengganti berupa resistansi dan induktansi. Umumnya, model down conductor direpresentasikan dalam bentuk rangkaian seri yang menghubungkan resistansi dan induktansi. Besarnya dari nilai resistansi pada down conductor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut. Sementara untuk menghitung jari-jari penghantar menggunakan persamaan

$$r = \sqrt{\frac{a}{\pi}} \quad 2.1$$

Dimana :

r = jari-jari penghantar (m)

a = luas penampang penghantar (mm²)

Untuk menghitung resistor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Rd = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad 2.2$$

Dimana :

P = Densitas

l = Panjang penghantar

A = Luas Penampang Penghantar (mm²)

Dan untuk menghitung induktansi dengan menggunakan persamaan :

$$Ld = 0.21 \left[\ln \left(2 \times \frac{l}{r} \right) - 1 \right] \quad 2.3$$

Dimana :

= Panjang penghantar (m)

= jari-jari penghantar (m)

c. Terminal Udara

Pembumian adalah suatu bagian yang berguna untuk melindungi aliran listrik dari sambaran petir yang diterima oleh bumi atau tanah. pembumian yang memenuhi standar adalah yang memiliki resistansi kurang dari 5 ohm (semakin rendah nilainya, semakin baik).

2.8 Metode *Collection Volume*

Prinsip dasar dari metode ini adalah bahwa suatu struktur atau bangunan tertentu hanya akan menangkap sambaran petir (dalam hal ini *downward leader*) yang memasuki atau berada dalam jangkauan volume pengumpulannya. Teknik ini memanfaatkan metode elektromeometrik dengan mengatur luas area penangkap petir yang tergantung pada tinggi bangunan. Syarat untuk memperoleh volume pengumpulan adalah jarak tangkapan/ r_s (m) dan radius menarik/ Δ_{max} (m). Jarak petir adalah jarak antara ujung lidah kilat yang bergerak ke bawah (*downward leader*) bertemu dengan penghubung yang bergerak ke atas (*connecting leader*).

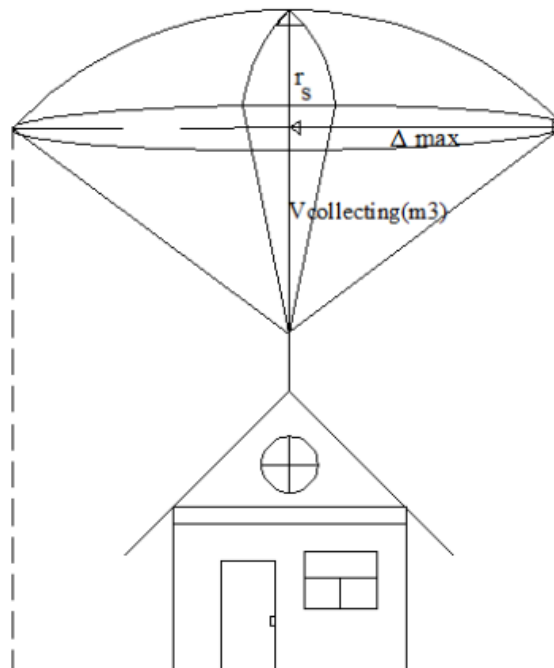
Jarak petir diukur dengan parameter antara sudut datang kilat yang bervariasi (*Christian & Negara, 2017*).

besar arus sambaran yang berbeda dan ketinggian bangunan. Persamaan umum dari jarak sambaran:

$$r_s = (i_0, h, \theta) = 0.8[(h + 15)]^{2/3} \cos \theta + 2.4 i_0^{2/3} \sin \theta \quad 2.4$$

Δ_{max} merupakan perpindahan lateral tertinggi yang dapat dicapai. Besarannya berfungsi sebagai jari-jari tarik, yang bermanfaat untuk menentukan area tangkapan dari instalasi bandar udara (*Christian & Negara, 2017*).

$$\Delta_{max} = 0.47[(h + 15)i_0]^{2/3} \quad 2.5$$



Gambar 2.12 Metode *Collection Volume*

2.9 Metode Zona Proteksi

Sesuai dengan gambar 2.4 maka akan permodelan matematis zona perlindungannya adalah sebagai berikut :

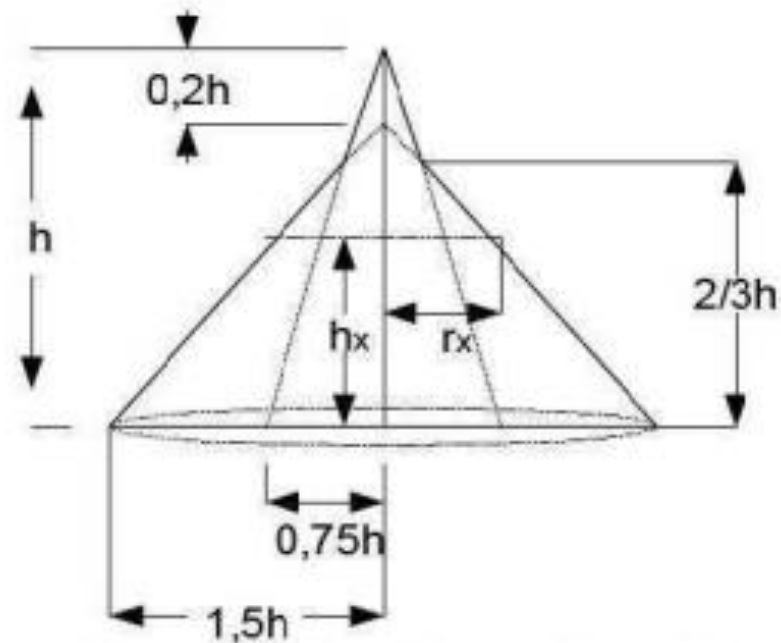
$$r_x = \frac{1,6}{1 + \frac{H_x}{H_t}} (H_t + 1) \quad 2.6$$

Dimana

r_x :Radius Proteksi

h_x :Tinggi maximum objek yang diproteksi

h_t :Tinggi total Penyalur Petir



Razevig [1972], Kerucut Spesial

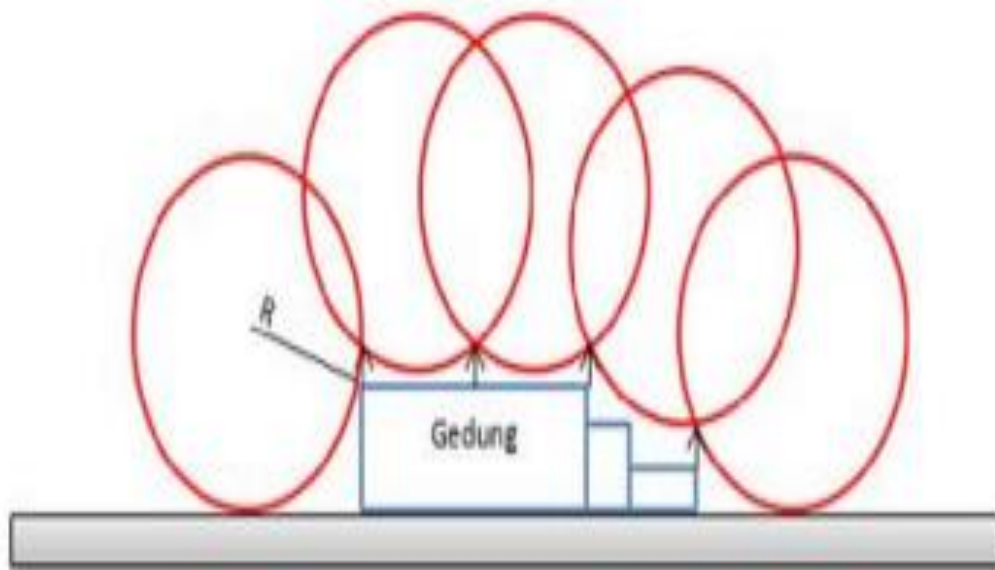
Gambar 2.13 Metode Zona Proteksi

Dari persamaan di atas, terlihat bahwa menurut Razevig jari-jari pengaman akan berubah-ubah seiring dengan perubahan ketinggian objek yang dijamin.

2.10 Metode *Rolling Sphere*

Franklin (1767) melakukan konsep daerah perlindungan dengan menggunakan geometri sederhana, dimana petir akan menyambar penangkap petir dari titik tertentu jika jarak antara titik penangkap petir dan objek yang akan disambar adalah yang terpendek. Konsep ini kemudian berkembang dengan pengertian bahwa jarak sambaran saat ini adalah jarak antara objek yang akan disambar dengan ujung lidah petir yang bergerak ke bawah, dimana medan tembus udara antara lidah petir dan bumi telah tercapai. Jarak sambaran ini menentukan besarnya daerah perlindungan yang dihasilkan (*Hakim, 2017*).

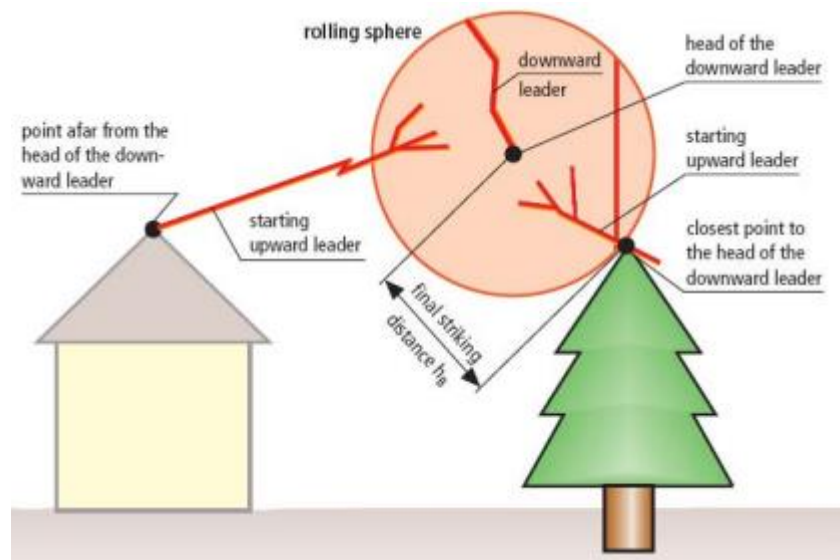
Dari ide dasar geometri di atas, ditemukan sebuah model perlindungan yang disebut bola bergulir. Metode bergulir bola dapat diibaratkan sebagai proses penangkapan, karena metode ini didasarkan pada anggapan bahwa tidak ada petir yang dapat menangkap semua titik yang berada di luar jika jaraknya lebih besar dari radius tetap dari bola tersebut (*Hakim, 2017*).



Gambar 2.14 Metode *Rolling Sphere*

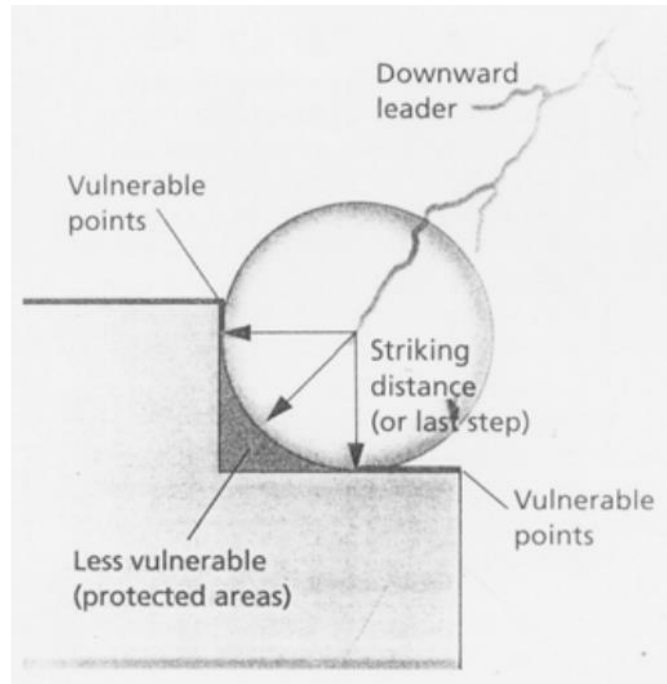
Penggunaan metode bergulir bola menjadi lebih efektif pada bangunan yang memiliki bentuk yang kompleks. Seperti pada gambar yang ditunjukkan di atas, bola dengan radius R digerakkan mengelilingi dan melintasi bangunan atau gedung menuju ke tanah atau objek yang terhubung dengan permukaan bumi yang berfungsi sebagai penghantar petir (Hakim, 2017).

Sesuai dengan teori petir yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat kita asumsikan bahwa sambaran petir mencapai tanah atau bangunan pada titik tempat suatu aliran keatas (*upward streamer*) dimulai. Aliran atau berkas (*streamer*) ini dimulai pada pada titik dengan intensitas medan terbesar dan dapat bergerak ke segala arah menuju perintis kebawah (*downward leader*). Karena hal inilah maka pada bangunan – bangunan tinggi petir dapat menyambar bagian samping bangunan daripada titik tertinggi bangunan tersebut.



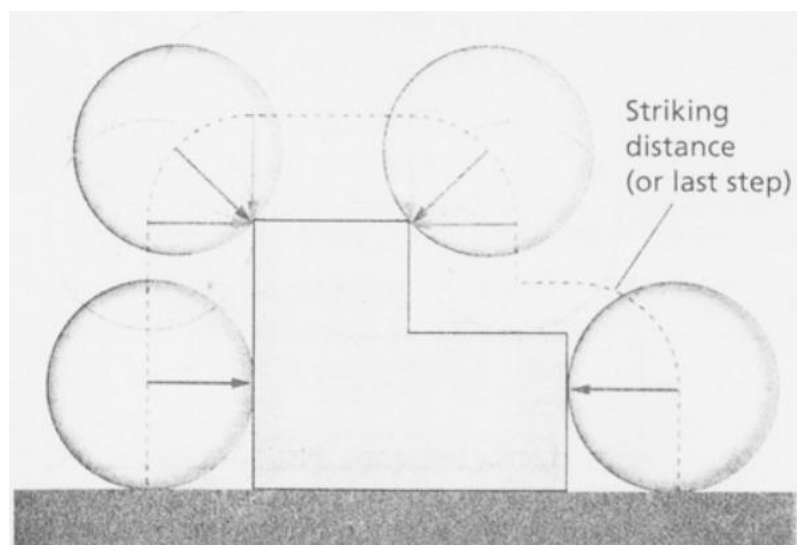
Gambar 2.15 Perkembangan Perintis Kebawah

Posisi dari intensitas medan yang terbesar akan terletak pada titik perintis kebawah sebelum langkah terakhir (*last step*). Jarak sebelum terjadinya langkah terakhir ini disebut dengan jarak sambaran (*striking distance*) dan akan ditentukan oleh besarnya (*amplitudo*) arus petir. Sebagai contoh, beberapa titik dengan jarak yang sama terhadap langkah terakhir dari perintis kebawah akan memiliki kesempatan yang sama untuk tersambar petir, sementara titik – titik yang berjarak lebih jauh akan lebih tidak mungkin tersambar. Jarak sambaran ini dapat ditunjukkan oleh suatu bola dengan jari-jari yang sama dengan jarak sambaran tersebut.



Gambar 2.16 Perkembangan Langkah Terahir

Hipotesis ini dapat dijabarkan lebih lanjut untuk menjelaskan kenapa sudut – sudut dari suatu bangunan lebih rentan terhadap sambaran petir. Gambar dibawah menunjukkan suatu bola menggelinding pada permukaan suatu bangunan.



Gambar 2.17 Jarak Rambatan

Jari-jari lingkaran adalah jarak sambaran (*striking distance*) atau langkah terakhir (*last step*) dari peluahan petir. Oleh karena itu dapat kita lihat dengan jelas bahwa bagian sudut suatu bangunan terpapar oleh seperempat dari lintasan bola. Hal ini berarti apabila langkah terakhir jatuh pada seperempat bagian tersebut maka petir akan menyambar sudut bangunan tersebut.

2.10.1 Sistem Terminasi Bumi

Sistem terminasi bumi ialah menanamkan beberapa elektroda ke dalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembumian yang diinginkan, dan berfungsi untuk mengalirkan arus petir ke tanah/bumi tanpa menyebabkan tegangan lebih yang berbahaya pada manusia maupun peralatan yang terdapat disekitar daerah yang di proteksi.

Sambaran petir akan menimbulkan kerusakan. Efek dari sambaran petir dapat terjadi terhadap manusia, bangunan, telekomunikasi, jaringan, instalasi listrik, terhadap peralatan elektronik dan sebagainya. Arus sambaran petir berkisar antara 2000 A sampai 200 kA, sehingga apabila suatu objek atau benda terkena sambaran petir, maka bisa dikatakan akan berdampak buruk bagi seperti kebakaran gedung, bahkan kematian terhadap makhluk hidup (Supriadi,2016).

Sambaran petir akan menimbulkan kerusakan. Efek dari sambaran petir dapat terjadi terhadap manusia, bangunan, telekomunikasi, jaringan, instalasi listrik, terhadap peralatan elektronik dan sebagainya. Arus sambaran petir berkisar antara 2000 A sampai 200 kA, sehingga apabila suatu objek atau benda terkena sambaran petir, maka bisa dikatakan akan berdampak buruk bagi seperti kebakaran gedung, bahkan kematian terhadap makhluk hidup (Supriadi,2016).

Sambaran petir akan menimbulkan kerusakan. Efek dari sambaran petir dapat terjadi terhadap manusia, bangunan, telekomunikasi, jaringan, instalasi listrik, terhadap peralatan elektronik dan sebagainya. Arus sambaran petir berkisar antara 2000 A sampai 200 kA, sehingga apabila suatu objek atau benda terkena sambaran petir, maka bisa dikatakan akan berdampak buruk bagi seperti kebakaran gedung, bahkan kematian terhadap makhluk hidup (Supriadi,2016).

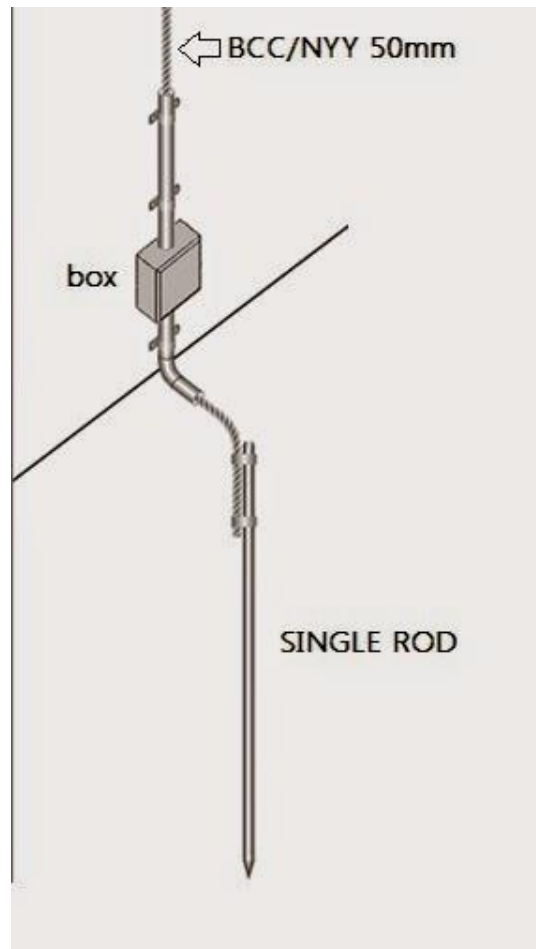
Sambaran petir akan menimbulkan kerusakan. Efek dari sambaran petir dapat terjadi terhadap manusia, bangunan, telekomunikasi, jaringan, instalasi listrik, terhadap peralatan elektronik dan sebagainya. Arus sambaran petir berkisar antara 2000 A sampai 200 kA, sehingga apabila suatu objek atau benda terkena sambaran petir, maka bisa dikatakan akan berdampak buruk bagi seperti kebakaran gedung, bahkan kematian terhadap makhluk hidup (Supriadi,2016).

Sambaran petir akan menimbulkan kerusakan. Efek dari sambaran petir dapat terjadi terhadap manusia, bangunan, telekomunikasi, jaringan, instalasi listrik, terhadap peralatan elektronik dan sebagainya. Arus sambaran petir berkisar antara 2000 A sampai 200 kA, sehingga apabila suatu objek atau benda terkena sambaran petir, maka bisa dikatakan akan berdampak buruk bagi seperti kebakaran gedung, bahkan kematian terhadap makhluk hidup (Supriadi,2016). Adapun cara instalasi pentanahan adalah sebagai berikut :

A. Single Grounding Rod

Sistem pentanahan yang hanya terdiri batang pelepas tunggal di dalam tanah dengan kedalaman tertentu (misalnya 6 meter). Untuk daerah yang memiliki karakteristik tanah yang konduktif, biasanya mudah untuk

didapatkan tahanan sebaran tanah di bawah 5 ohm dengan satu pembuang arus.

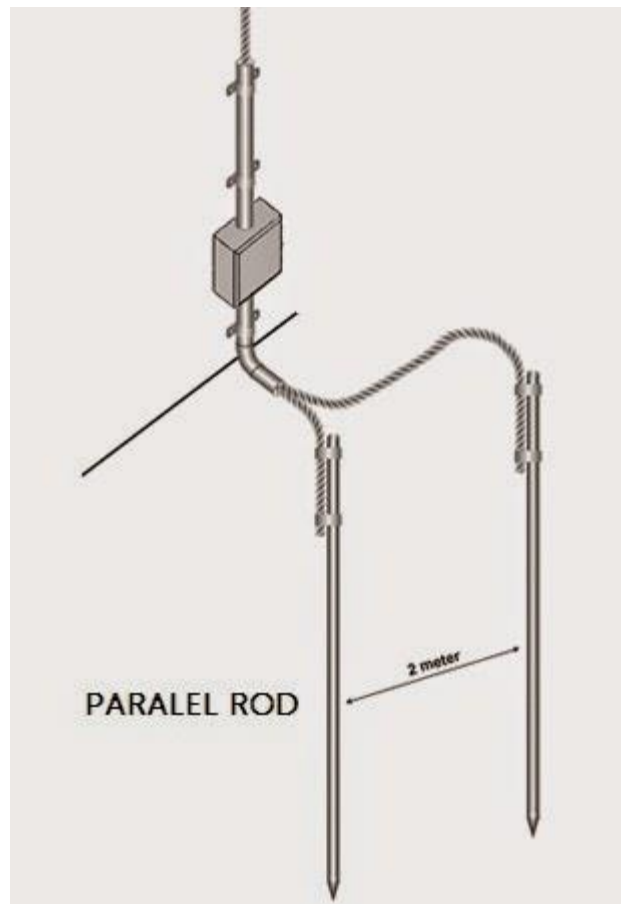


Gambar 2.18 Single Grounding

B. *Paralel Grounding Rod*

Jika sistem pelepas tunggal masih mendapatkan hasil kurang baik (nilai tahanan sebaran >5 ohm), maka perlu ditambahkan pelepas ganda ke dalam tanah yang jarak antar batang minimal 2 meter dan dihubungkan dengan kabel BC/BCC. Penambahan batang pelepas muatan dapat juga ditanam mendatar dengan kedalaman tertentu, bisa mengelilingi bangunan membentuk cincin atau cakar ayam. Kedua teknik ini bisa diterapkan secara

bersamaan dengan acuan tahanan sebaran/resistans kurang dari 5 ohm setelah pengukuran dengan earth ground tester.



Gamabr 2.19 *Paralel Grounding*

Syarat-syarat pemasangan elektroda bumi berdasarkan SNI 03-7015 tahun 2004 antara lain :

- a) Elektroda bumi harus dipasang di luar ruang terproteksi dengan kedalaman minimal 0,5 meter dan didistribusikan serata mungkin.
- b) Kedalaman dan jenis elektroda bumi yang harus ditanam sedemikian rupa sehingga mengurangi efek kerusakan seperti korosi.

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalut Petir (PUIPP) tahanan pentanahan diusahakan lebih kecil dari 5 ohm, untuk itu perhitungan dalam merancang sistem pentanahan berdasarkan persamaan standar yang sudah ada yaitu sebagai berikut (Hermawan, 2010) :

$$R_{bt} = \frac{\rho}{4\pi l} \ln\left(\frac{4(Ll)}{d \cdot h}\right) - 1 \quad 2.6$$

Keterangan :

R_{bt} = Tahanan pembedaan elektroda (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)

l = Panjang elektroda (m)

d = diameter bahan elektroda (m)

h = Kedalaman penanaman elektroda (m)

Jika tahanan pembedaan yang dihasilkan elektroda batang tunggal (*single rod*) tidak mencapai ohm standar, maka sebaiknya elektroda batang dikombinasikan (*multi rod*) dengan persamaan berikut (Hermawan, 2010) :

$$R_{bt \text{ total}} = \frac{1}{n \times \frac{1}{R_{bt}}} \quad 2.7$$

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan mei sampai dengan bulan agustus 2023. Tepatnya di Gedung Baru teknik elektro kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Glugur Darat II Medan. Waktu penelitian berlangsung selama kurang lebih 4 bulan, dimulai dari perencanaan, dan pengumpulan data, hingga pengolahan data.

3.1.1 Jadwal Penelitian

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Uraian	Bulan ke-						
		3	4	5	6	7	8	9
1	Kajian literatur	■						
2	Pengajuan judul	■						
3	Penulisan Bab 1 – Bab 3	■	■	■	■			
4	Seminar proposal		■	■	■			
5	Pengambilan Data			■	■	■		
6	Analisis dan Pembahasan				■	■	■	
7	Seminar hasil dan Sidang Tugas Akhir							■

3.2 Jenis Penelitian

Metode yang dipakai untuk studi ini adalah metode studi deskriptif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Studi deskriptif sebagai kegiatan yang

mencakup pengumpulan data untuk menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan situasi yang sedang berlangsung dari inti suatu studi. Studi deskriptif menentukan dan melaporkan situasi saat ini. Alasan penggunaan metode deskriptif adalah sebagai berikut:

1. Metode deskriptif telah digunakan secara luas dan dapat mencakup banyak aspek dibandingkan dengan metode studi yang lain.
2. Metode deskriptif banyak memberikan kontribusi kepada ilmu pengetahuan melalui pemberian informasi situasi mutakhir dan dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang berguna untuk melaksanakan eksperimen.
3. Metode deskriptif dapat digunakan untuk menggambarkan situasi-situasi yang mungkin terdapat dalam situasi tertentu

Metode studi deskriptif ini melakukan analisis hanya sampai pada tingkat deskripsi, yaitu menganalisis dan menyajikan fakta secara sistematis sehingga dapat lebih mudah untuk dipahami dan disimpulkan. Kesimpulan yang diberikan jelas berdasarkan fakta sehingga semuanya dapat dikembalikan langsung pada data yang diperoleh.

Dalam penelitian ini, akan dijelaskan tentang sistem perlindungan petir yang digunakan di Gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data fisik dan instalasi komponen di lapangan akan dianalisis dengan menggunakan rumus yang tercantum dalam panduan atau acuan, yaitu PUIPP dan Standar SNI 03-7015-2014, untuk menentukan keefektifan sistem penangkal petir tersebut (*Widharma, 2019*).

3.3 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Pada penelitian ini sumber data didapat melalui observasi dan wawancara dengan teknisi ataupun pihak yang berkaitan dan memiliki data – data tentang spesifikasi gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dimana data – data yang diperlukan adalah spesifikasi gedung seperti tinggi, lebar dan panjang gedung serta dilengkapi dengan data – data penangkal petir yang sudah terpasang pada lokasi penelitian sebagai bahan perbandingan apakah penangkal petir yang telah ada sudah layak sebagai pelindung gedung dari sambaran petir dengan menggunakan analisis metode bola bergulir.

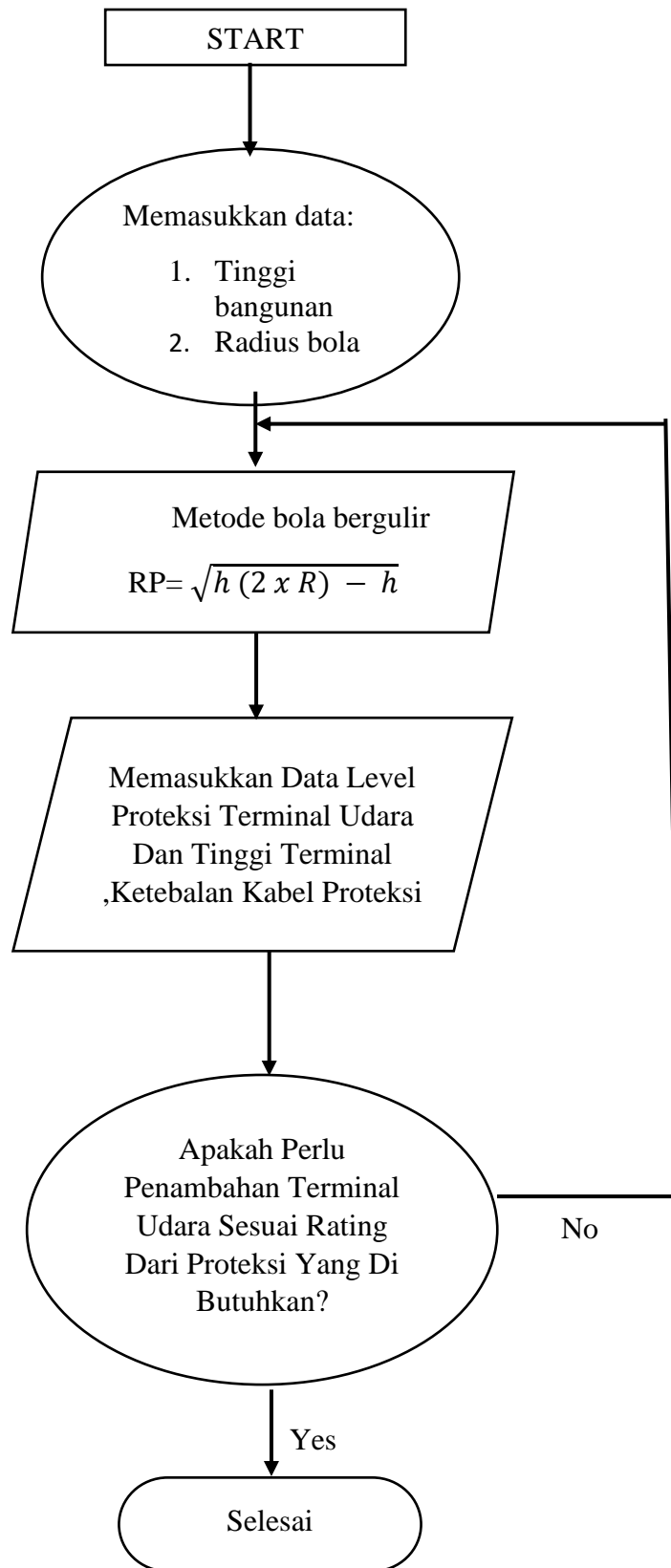
Variabel dalam penelitian ini adalah sistem penangkal petir yang digunakan, komponen-komponen yang digunakan, cara pemasangan sistem penangkal petir yang diterapkan sehingga memicu suatu perbandingan dengan standar SNI 03-7015-2004 yang sudah ditetapkan.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metode wawancara yaitu melakukan sesi tanya jawab pada teknisi gedung untuk mendapatkan data – data gedung yang diperlukan seperti spesifikasi gedung, data proteksi petir yang sudah ada pada gedung, kapasitas gedung dan data – data lain yang dibutuhkan selama proses penelitian ini berlangsung
2. Observasi yaitu melihat langsung kondisi gedung sehingga penulis dapat menggambarkan skema metode bola bergulir yang akan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

3.5 Flowchart Penelitian



BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis terhadap sistem proteksi dengan metode bola bergulir pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang terletak di Kota Medan Sumatera Utara. Akan dilakukan perkiraan resiko di gedung, kemudian akan ditentukan tingkat proteksi yang sesuai dengan efisiensi yang diinginkan menggunakan standar IEC 1024-1-1. Setelah itu, menggunakan tingkat resiko yang telah ditentukan, akan dilakukan penerapan metode Bola Bergulir. Pada bagian terakhir bab ini akan diberikan saran untuk memperbaiki posisi terminal udara yang telah ada.

4.1. Perkiraan Resiko

4.1.1 Penentuan Tingkat Resiko

a. Penentuan Klasifikasi Struktur Gedung

Menurut SNI 03-7015-2004, klasifikasi struktur gedung dilakukan dengan memperhatikan bahaya yang dapat ditimbulkan berdasarkan jenis bangunan, konstruksi bangunan, tinggi bangunan, situasi bangunan, dan pengaruh kilat atau hari guruh. Detail dari klasifikasi pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 5 tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Indeks A Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan	-10
Bangunan yang jarang dipergunakan	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari – hari seperti tempat tinggal, industry kecil atau stasiun kreta api	1
Bangunan yang isinya cukup penting seperti menara air, barang – barang berharga dan kantor pemerintah	2
Bangunan berisi banyak orang seperti bioskan, sarana ibadah, sekolah dan minumen sejarah penting	3

Instalasi gas, minyak atau bensin	5
Bangunan yang mudah meledak	15

Tabel 4.3 Indeks B Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Seluruh bangunan terbuat dari logam dan mudah menyalurkan listrik	0
Bangunan yang terbuat dari beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang kerangka besi dan atap bukan logam	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Tabel 4.4 Indeks C Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan

Tinggi Bangunan	(Meter)	Indeks A
Sampai Dengan	6	0
	12	2
	17	3
	27	4
	35	5
	50	6
	70	7
	100	8
	140	9
	200	10

Tabel 4.5 Indeks D Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan

Penggunaan dan Iisi	Indeks A
Ditanah datar pada semua ketinggian	0
Dikaki bukit sampai % tinggi bukit	1
Dipuncak gunung	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Tabel 4.6 Indeks E Bahaya Berdasarkan Pengaruh Kilat/Hari Guruh

Hari Guruh Per Tahun	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
125	6
256	7

Adapun hasil klasifikasi indeks bahaya berdasarkan kelima kriteria pada gedung baru fakultas teknik UMSU dapat dihitung penilaian resiko dan tingkat proteksi yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R &= A + B + C + D + E \\
 &= 3 + 2 + 6 + 0 + 5 \\
 &= 16
 \end{aligned}$$

Dimana bila diurut, indeks R, A, B, C, D, dan E merupakan indeks perkiraan bahaya sambaran petir, indeks bahaya berdasarkan jenis bangunan, konstruksi bangunan, tinggi bangunan, situasi bangunan, dan pengaruh kilat/hari guntur. Setelah di dapatkan nilai indeks R, nilai tersebut dicocokkan dengan Tabel 4.7 untuk menaksir nilai perkiraan bahaya dan keperluan pengaman apakah tidak perlu, agak dianjurkan, dianjurkan, atau sangat dianjurkan.

Tabel 4.7 Indeks R Perkiraan Bahaya Sambaran Petir

R		Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Dibawah	11	Diabaikan	Tidak Perlu
Sama Dengan	11	Kecil	Tidak Perlu
	12	Sedang	Agak Dianjurkan
	13	Agak Besar	Dianjurkan
	14	Besar	Sangat Dianjurkan
Lebih dari	14	Sangat Besar	Sangat Perlu

Dari hasil indeks R yang didapat, gedung baru fakultas teknik mendapatkan nilai 16 yaitu dengan klasifikasi perkiraan bahaya sangat besar dan pengamanan sangat perlu dianjurkan untuk dipasang proteksi petir pada gedung tersebut.

b. Penentuan kebutuhan bangunan akan Proteksi Petir

Penentuan tingkat proteksi berdasarkan IEC 1024-1-1 daerah proteksi (A_e) untuk gedung yang mempunyai ukuran panjang 20 m dengan lebar 1 m serta ketinggian gedung 4 m adalah :

$$\begin{aligned} A_e &= ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \\ &= 72746,24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (N_g) di daerah tempat bangunan berada berdasarkan persamaan berikut adalah :

$$\begin{aligned} N_g &= 0,04 T_a^{1.25} \\ &= 0,04 \times 100^{1.25} \\ &= 12,649 / \text{km}^2 / \text{tahun} \end{aligned}$$

Frekuensi sambaran petir langsung setempat (N_d) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi berdasarkan persamaan berikut adalah :

$$\begin{aligned} N_d &= 649 * 72746,24 * 10^{-6} \\ &= 0,942 / \text{Tahun} \end{aligned}$$

Nilai N_c dapat ditentukan dari nilai tipikal dari tolerabel risk yang telah ada ketetapan dan ketentuannya pada tabel berikut :

Tabel 4.8 Tipe Kerugian Sambaran Petir

	Tipe Kerugian	Sangat Besar
L1	Kerugian berupa kematian manusia atau cacat permanen	10^{-5}
L2	Kerugian Berupa terganggunya layanan publik	10^{-3}
L3	Kerugian berupa terganggunya kebudayaan nilai Sosial	10^{-4}

Gedung fakultas teknik merupakan layanan publik yang dipergunakan untuk proses perkuliahan. Maka nilai N_c adalah 10^{-3} . Maka nilai Effisiensi SPP (E_c) dapat ditentukan melalui persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} 1 - N_c/N_d &= 1 - 0,001/0,942 \\ &= 1 - 0,00106 \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

Dengan nilai E_c sebesar 0,98 maka dapat dilihat kebutuhan tingkat proteksi untuk melindungi gedung dari petir dari tabel berikut :

Tabel 4.9 Eff SPP dengan Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	Effisiensi SPP (E_c)
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Tabel 4.10 Parameter Arus Sambaran Petir dengan Tingkat Proteksi

Parameter Petir		Tingkat Proteksi		
		I	II	III-IV
Nilai arus puncak	I (kA)	200	150	100
Muatan total	Q_{total} (C)	300	225	150
Muatan impuls	Q_{total} (C)	100	75	50
Energi spesifik	W/R (kJ/ohm)	10.000	5.600	2.500
Kecuraman rata-rata	$Di/dt_{30/90\%}$ (kA/ μ s)	200	150	100

Penentuan SPP eksternal dilakukan menurut penempatan terminasi udara sesuai radius, tinggi gedung dan kesesuaiannya dengan tingkat proteksi dan lebar mata jala yang disajikan pada Tabel 10. Sedangkan, penentuan down conductor dapat dilakukan menurut SNI- 70152014 dengan rute pemasangan terpendek agar tidak menimbulkan bahaya dan interferensi pada manusia/peralatan. Untuk grounding plate ditentukan menurut besar tahanan

pembumian, sehingga plat pembumian nanti dapat ditanam di tanah gedung (Johnson dkk., 2021) (Ni dkk., 2020).

Tabel 4.11 Penempatan Terminasi Udara Sesuai dengan Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	Tinggi (m)	20	30	45	60	Lebar mata jala (m)
	Radius (m)	a_0	a_0	a_0	a_0	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

Dapat dilihat gedung fakultas teknik UMSU berada pada tingkat proteksi I yaitu dengan E_c 0,98. Dimana nilai arus puncak sebesar 200 KA dengan radius ataupun jari – jari bola bergulir adalah 20 m

4.2. Analisis Proteksi Menggunakan Metode Bola Bergulir

Analisis dengan menggunakan metode bola bergulir ini membutuhkan sketsa ataupun gambar dari gedung tampak depan dan tampak samping. Dimana akan kelihatan sistem proteksi petir yang sudah dimiliki pada bangunan ini sebanyak 2 unit. Dimana unit pertama yang digunakan sebagai proteksi gedung dan unit ke-2 digunakan untuk proteksi lift pada bangunan yang ada. Adapun spesifikasi kedua sistem proteksi pada gedung baru fakultas teknik yang sudah ada adalah sebagai berikut :

A. Sistem Proteksi 1

Bahan : Baja Galvanis

Diameter Batang : 1,25 Inchi

Panjang : 8 meter

Diameter Kawat : 3 mm

Diameter Cincin : 3/8 inchi

Diameter Pipa penyangga : 2,5 inchi

Sistem Proteksi 2

Bahan : Baja Galvanis

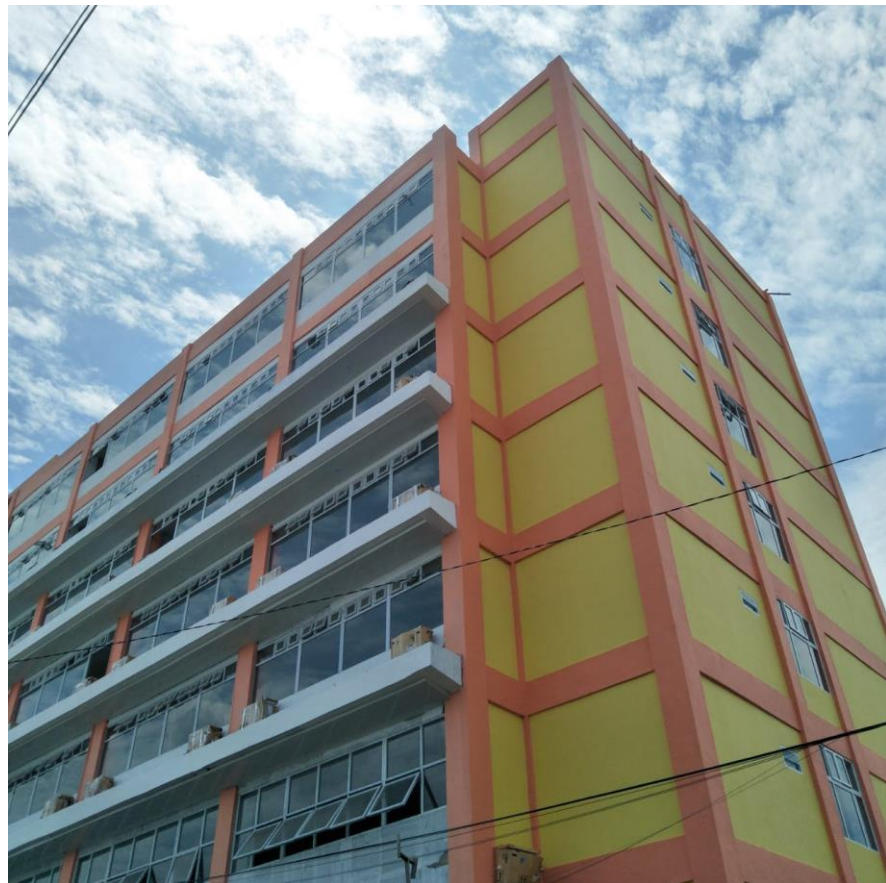
Diameter Batang : 1,25 Inchi

Panjang : 2 meter

Diameter Kawat : 3 mm

Diameter Cincin : 3/8 inchi

Diameter Pipa penyangga : 2,5 inchi

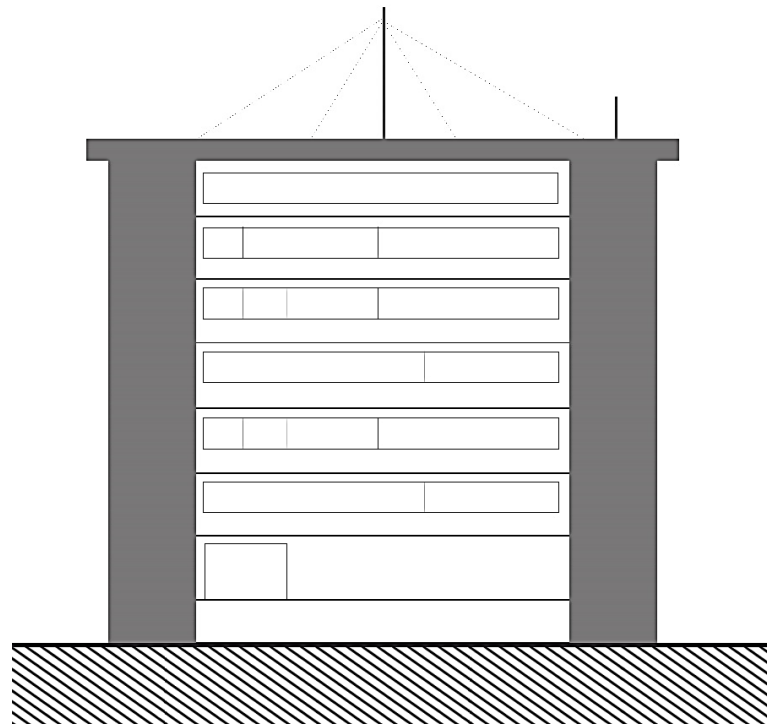


Gambar 4.1 Gedung Fakultas Teknik

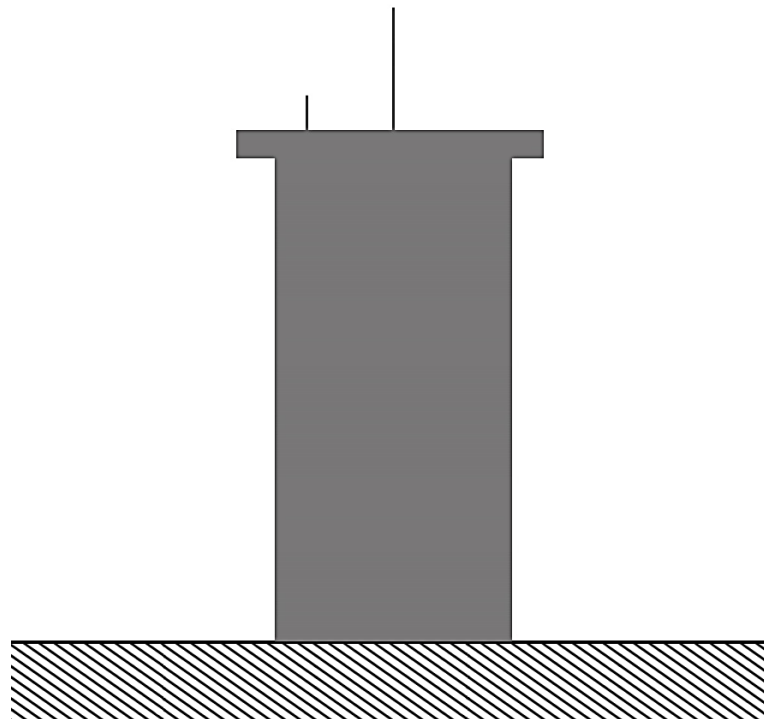


Gambar 4.2 Proteksi Petir Pada Gedung

Adapun sketsa pada baru fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara adalah sebagai berikut :

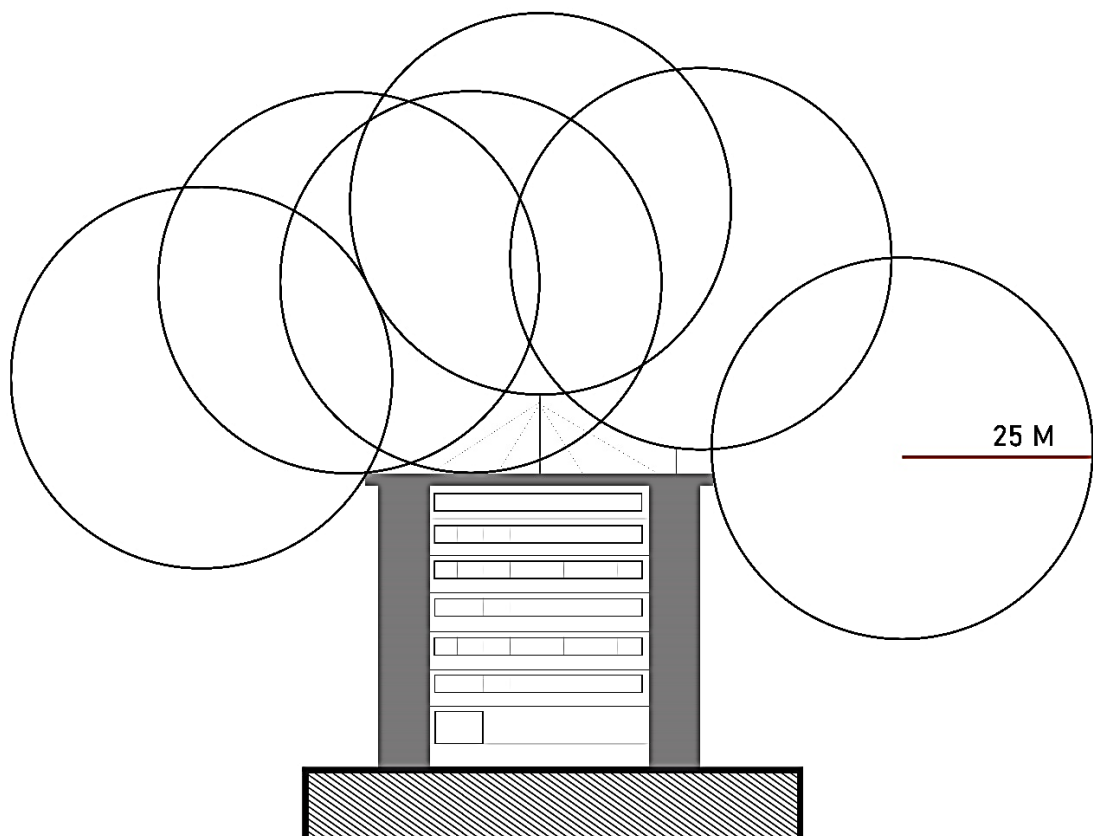


Gambar 4.3 Tampak Depan Gedung



Gambar 4.4 Tampak Samping Gedung

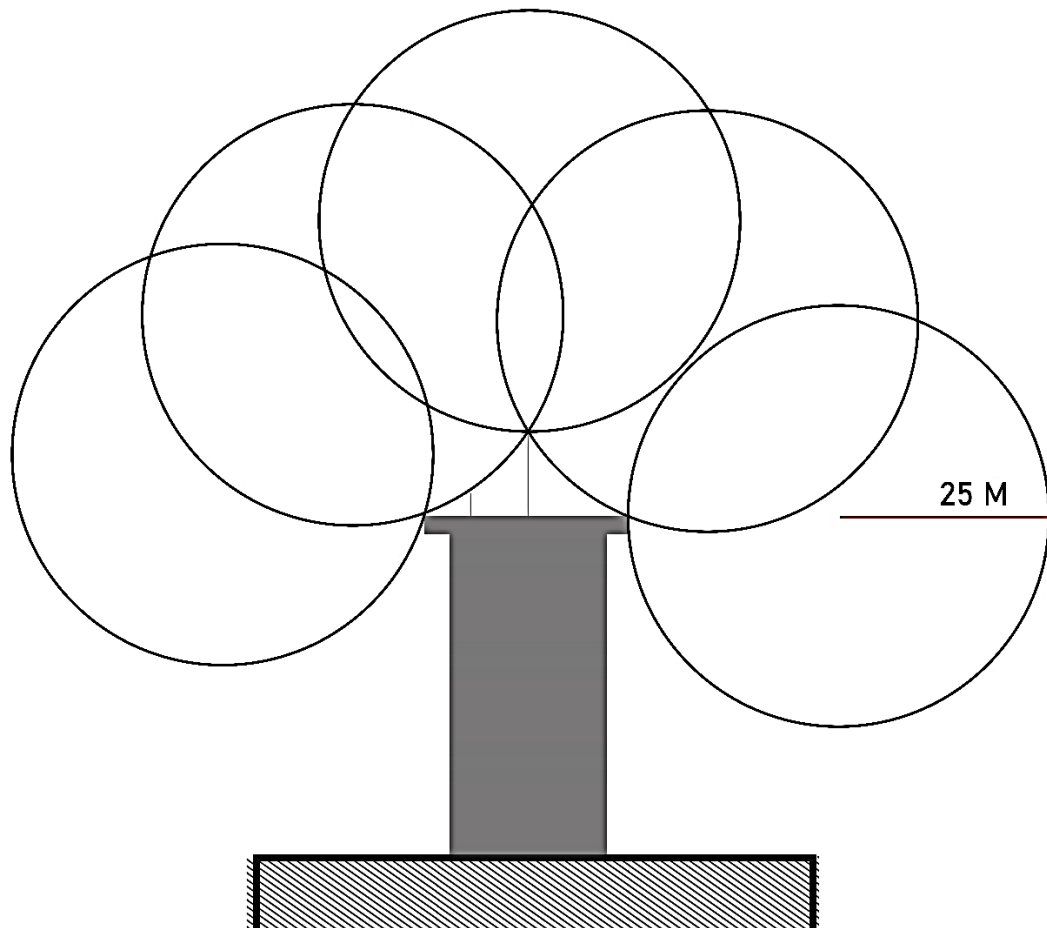
Setelah menentukan tingkat proteksi pada gedung maka kemudian dapat ditentukan radius bola dari metode bola bergulir. Kemudian Bola tersebut akan digulirkan kesekeliling gedung. Dalam studi kasus ini akan diperlihatkan penerapan metode bola bergulir terhadap dua penampang dari gedung, yaitu tampak samping dan tampak depan.



Gambar 4.5 Metode Bola Bergulir Gedung F Teknik UMSU

Pada penerapan metode bola bergulir di baru fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara dari tampak depan tersebut terlihat bahwa dengan pemasangan 2 buah finial di atap gedung, bola masih dapat menyentuh bagian gedung baru Fakultas Teknik UMSU. Ini berarti gedung masih membutuhkan perlindungan dari petir. Sedangkan untuk finial yang telah ada, hanya terdapat 1 finial utama dan 1 finial yang berfungsi untuk melindungi lift dari gedung fakultas

teknik UMSU dengan total 2 finial yang berarti menurut lengkungan bola, finial harus ditambah pada bagian gedung sebelah kiri agar bola tidak menyentuh bagian gedung.



Gambar 4.6 Metode Bola Bergulir pada Gedung F Teknik UMSU

(Tampak Samping)

Bila dilihat dari arah samping, penerapan metode bola bergulir pada gedung baru fakultas teknik UMSU ini memperlihatkan bahwa bola masih menyentuh pinggiran dari gedung, yang berarti gedung masih membutuhkan tambahan finial proteksi petir pada bagian kanan gedung tampak samping.

Dari proteksi Radius bole bergulir yang telah ditentukan yaitu 25 m makandapat ditentukan radius proteksi pada gedung adalah :

$$\begin{aligned} RP &= \sqrt{h (2 x R) - h} \\ &= \sqrt{43 (2 x 25) - 43} \\ &= 45,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada gambar 4.4 dan 4.5 dapat dilihat proteksi petir masih perlu ditambahkan pada setiap ujung dari atap bangunan untuk memperluas sudut perlindungan petir. Lokasi tersebut diperkirakan akan tersentuh oleh bola bergulir sehingga memiliki potensi terkena sambaran petir yang besar. Untuk menghindari kondisi tersebut diperlukan splitzen atau terminasi udara. Bila terminasi udara ditambahkan pada puncak atap yang ada disisi kanan dan kiri maka jarak terminasi dengan bagian luar adalah 2,5 meter sehingga diperoleh.

$$\begin{aligned} R &= 25 \text{ m, } I = \sqrt[0.75]{25} = 73,12 \text{ kA} \\ R &= 2,5 \text{ m, } I = \sqrt[0.75]{2,5} = 3,39 \text{ kA} \end{aligned}$$

Dengan tambahan proteksi petir, bangunan gedung perkuliahan ITK dapat menahan sampai 3,39 kA arus maksimal. Jika adasambaran petir dengan arus bernilai lebih dari 3,39 kA maka akan ditangkap oleh sistem proteksi petir.

BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Indeks R ataupun potensi resiko pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mencapai nilai 16 yaitu gedung ini merupakan kemungkinan bahaya yang besar dan sangat diperlukan untuk pemasangan proteksi petir pada gedung
2. Gedung baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah setelah dilakukan perhitungan parameter arus sambaran petir dengan tingkat proteksi termasuk kedalam tingkat proteksi I dengan indeks E_c sebesar 0,98 dimana radius dan jari – jari bola bergulir sebesar 20 m.
3. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan metode bola bergulir, penangkal petir yang ada pada gedung belum sepenuhnya melindungi bagian gedung dibuktikan ada bagian bola yang mengenai gedung. Dianjurkan untuk melakukan penambahan proteksi petir pada bagian sudut – sudut gedung agar lebih aman dari sambaran petir yang akan berdampak pada gedung.

5.2. Saran

1. Melakukan analisis proteksi petir dengan metode yang lain agar mendapat perbandingan dengan penelitian yang telah dilakukan dengan standart puill 2000 dan 2011.
2. Melakukan penambahan analisis pada gedung – gedung lain dengan konstruksi bangunan yang rumit yang sesuai dengan puill 2011 tentang proteksi gedung untuk instalasi listrik .

DAFTAR PUSTAKA

- Al Faruq U. A., Santoso B., dan Apribowo. C. H. B. (2018). "Perencanaan Sistem Elektrikal Pada Apartemen Menara OneSurakarta," *Mekanika*, vol. 17, no. 1, pp. 1-7
- A RAKOV, Vladimir. *Lightning discharge and fundamentals of lightning protection. Journal of Lightning Research*, 2012, 4.1.
- APRILLIA, Happy. Metode Bola Bergulir untuk Analisis Perancangan Sistem Proteksi Petir Gedung Perkuliahan Institut Teknologi Kalimantan.
- Christian, Dennis Messelinus, and Eng I. Made Yulistya Negara. "Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Pabrik PT Pupuk Sriwijaya." Institut Teknologi Sepuluh November (2017).
- Cooray, V. (2010). "*Lightning Protection*". London: *The Institution of Engineering and Technology*.
- Dehn. (2007). "*Lightning Protection Guide 2nd Edition*". Neumarkt: DEHN + SÖHNE
- <https://standards.ieee.org/ieee/998/1376/>
- https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/D8197-Buku-Puil-2011.
- <https://mulyono.staff.uns.ac.id/files/2009/10/13707100-Puil-2000>.
- Harun, Nasrul. "SISTEM PENANGKAL PETIR WAREHOUSE INDARUNG VI PT. SEMEN PADANG." *Jurnal Teknik Elektro* 4.2 (2015): 50-55.
- Johnson. M. S., Jumari, dan Hutagalung T. M. (2021). "Studi Sistem Penangkal Petir Pada Menara Lampu Penerangan Parkir Bandara Kualanamu", *Jurnal Teknologi Energi Uda, Jurnal Teknik Elektro Volume VIII, Nomor 2, September*2019:73-80.
- KARTA, Arif; AGUNG, Achmad Imam; WIDYARTONO, Mahendra. Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro*, 2020, 9.3: 773-780.
- Karta, A. (2020). "Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat". *Jurnal Teknik Elektro, Volume 09 No 03*. 773-780
- Pratama, R.B. dkk. (2016). "Analisis Sistem Proteksi Petir Eksternal pada Pabrik 1 PT. Petrokimia Gresik".

WIDHARMA, I. Gede Suputra; SUNAYA, I. Nengah. STUDI ANALISIS SISTEM PROTEKSI TERHADAP GANGGUAN PETIR PADA STASIUN PEMANCAR TV.

WIDHARMA, I. G. S. Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Petir Pada Stasiun Pemancar Tv. Matrix, 2019, 9.3.

WIRASARI, Riza Ria, et al. Analisa Sambaran Petir Terhadap Sistem Proteksi Tower Telekomunikasi Menggunakan Simulasi Software ATP Draw. Rang Teknik Journal, 2022, 5.2: 373-378.

Golde, R. H. *Lightning*. Volume 2. London : *Academic Press Inc*, 1981.

Hasse, Peter. *Overvoltage Protection of Low Voltage System*. London: Peter Peregrinus Ltd, 1987.

IEC 1662 : 1993, *Protection of Structures Against Lightning*. *International Electrotechnical Commission* 81, 1993.

NFPA 780: *Lightning Protection Code*. *National Fire Protection Association*, 1992.

Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan Di Indonesia. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : MUHAMMAD AGUS SETIAWAN
Alamat : EMPLASMENT PT DLI
Jenis kelamin : Laki – laki
Umur : 23 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat, Tgl. Lahir : Negeri Lama, 21 Agustus 2000
Tinggi/Berat Badan : 163 cm/68 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No.Hp : 082294766465
Email : muhammadagussetiawan3@gmail.com

ORANG TUA

Nama Ayah : BOIMAN
Agama : Islam
Nama Ibu : MIS AGUSTINA
Agama : Islam
Alamat : EMPLASMENT PT DLI

LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2006-2012 : SDN 116246 Bangun Sari
2012-2015 : SMP N 1 BILAH HILIR
2015-2018 : SMKS DEWI SARTIKA BILAH
2019-2023 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi
Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)





UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila mendapat surat ini agar dituliskan nomor dan tanggalnya

MAJLIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Akreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XU/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#)

**PPENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor: 331/II.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Elektro Pada Tanggal 16 Maret 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD AGUS SETIAWAN .
Npm : 1907220084
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Semester : VIII (DELAPAN)
Judul Tugas Akhir : ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL DENGAN METODE POLA BERGULIR PADA GEDUNG BARU FAKULTAS TEKNIK UMSU.

Pembimbing : MUHAMMAD ADAM ST. MT

Dengan Demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul tugas akhir kurang sesuai dapat diganti oleh dosen pembimbing setelah mendapat Dari program Studi Teknik Elektro .
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah I (Satu) Tahun dan tanggal yang telah Ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 19 Sya'ban 1444 H
16 Maret 2023 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202





UMSU

UIN Sunan Gunung Djati
Sumatera Utara

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Akreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/IAK/KP/PT/XU/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
https://umsu.ac.id rektor@umsu.ac.id umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

Nomor : 1547/IL3-AU/UMSU/F/2023
Lamp. : -
Hal : Izin Riset

25 Syawal 1444 H
16 Mei 2023 M

Kepada Yth :
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
di-
Medan.

Assalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Dengan hormat, teriring salam dan do'a semoga Saudara dan jajaran selalu berada dalam naungan Allah SWT. Dan dimudahkan dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari. Amin.

Dengan hormat, menindaklanjuti surat dari Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Nomor: 383/IL3-AU/UMSU-05/F/2023 tanggal 12 Mei 2023 perihal Izin Riset, maka bersama ini kami memberikan izin Riset di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) sebagai berikut:

Nama : **Muhammad Agus Setiawan**
NPM : 1907220084
Jurusan : Teknik Elektro
Judul : **Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Dengan Metode Bola Bergulir Pada Gedung Baru Fakultas Teknik UMSU.**

Demikian hal ini kami disampaikan, atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh



a.n. Rektor
Wakil Rektor I

Prof. Dr. Muhammad Arifin, S.H., M.Hum
NIP. 195701131987031002

- Tembusan:**
1. Bapak Rektor UMSU sebagai laporan;
 2. Yang bersangkutan
 3. Peringgal





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Muhammad Agus Setiawan
Npm : 1907220084
Judul Tugas Akhir : " Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Dengan Metode Bola Bergulir Pada Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	24/3 21	Revisi format penulisan Skripsi	f
2.	31/3 21	Pemilihan Logo harus sesuai ukuran	f
3.	6/4 23	Beri Contoh Gedung yg sdh memakai Metode Bola	f
4.	13/4 23	Pembanyal Tinjauan fuskata atau Referensi	f
5.	5/5 23	Pastikan tujuan rumus bisa anak kerjakan	f
6.	11/5 23	Daftar pustaka minimal Referensi 15. Pake	f
7.	19/5 23	Ac. untuk Skripsi. Silakan ke Kaprodi	f

Dosen Pembimbing

MUHAMMAD ADAM, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Mochtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Muhammad Agus Setiawan

Npm : 1907220084

Judul Tugas Akhir : Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Dengan Metode Bola Bergulir Pada Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	24/23	Perbaiki Keseluruhan di Skripsi	/
2.	24/23	Perbaiki Analisis & Pembahasan	/
3.	24/23	Perbaiki Perhitungan	/
4.	24/23	Standar Parameter Sambaran Petir	/
5.	1/9	Perbaiki tempat yg tidak menggunakan bola bergulir	/
6.	4/9	Ditandatangani oleh 1 cd Rn IV	/
7.	14/9	Acc. untuk Semas. Kordinasi dgn Kepradi	/

Dosen Pembimbing

Muhammad Adam, S.T., M.T