

**ANALISA PERENCANAAN SISTEM PENANGKAL PETIR
DENGAN METODE KONVENSIONAL DAN
ELEKTROSTATIS PADA GEDUNG SMK BHAKTI PRAJA
JEPARA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG



Disusun oleh :

OCTAVIAN ADI MAHENDRA

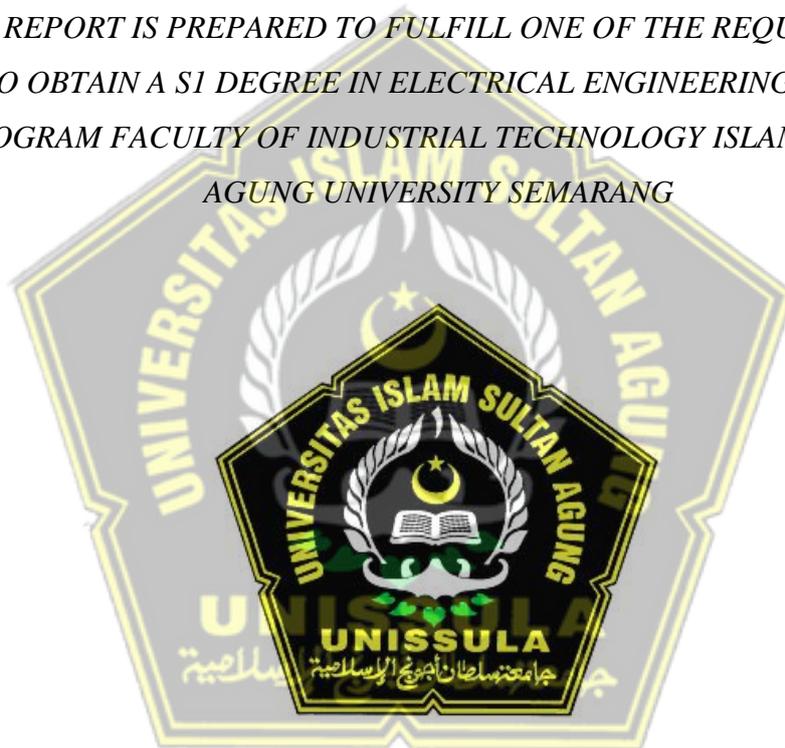
30601700029

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2022**

FINAL PROJECT

***PLANNING ANALYSIS OF LIGHTNING PROTECTION
SYSTEM USING CONVENTIONAL AND ELECTROSTATIC
METHODS IN VOCATIONAL SCHOOL OF BHAKTI PRAJA
JEPARA***

*THIS REPORT IS PREPARED TO FULFILL ONE OF THE REQUIREMENTS
TO OBTAIN A S1 DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING STUDY
PROGRAM FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY ISLAM SULTAN
AGUNG UNIVERSITY SEMARANG*



Arranged by :

OCTAVIAN ADI MAHENDRA

30601700029

**ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA PERENCANAAN SISTEM PENANGKAL PETIR DENGAN METODE KONVENSIIONAL DAN ELEKTROSTATIS PADA GEDUNG SMK BHAKTI PRAJA JEPARA” Ini disusun oleh :

Nama : Octavian Adi Mahendra
Nim : 30601700029
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Senin
Tanggal : 16 Januari 2023

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. H. Sukarno Budi Utomo, M.T.
NIDN : 0619076401


Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T.
NIDN: 0618066301

Mengetahui
Ket. Prodi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, S.T.,M.T.
NIDN:0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA PERENCANAAN SISTEM PENANGKAL PETIR DENGAN METODE KONVENSIONAL DAN ELEKTROSTATIS PADA GEDUNG SMK BHAKTI PRAJA JEPARA” Ini telah dipertahankan di depan Penguji Sidang Tugas Akhir Pada :

Hari : Jumat
Tanggal : 6 Januari 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dedi Nugroho, S.T., M.T.

NIDN:06141177101

Ketua Penguji

Ir. H. Sukarno Budi Utomo, M.T.

NIDN :0619076401

Penguji II

Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T.

NIDN:0618066301

Penguji III

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Octavian Adi Mahendra
NIM : 30601700029
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang dengan judul "Judul Tugas Akhir", adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, Senin, 26 Desember 2022

Yang Menyatakan

Nasiswa


Octavian Adi Mahendra

NIM. 30601700029

PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Octavian Adi Mahendra
Nim : 30601700029
Program studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* dengan judul :

ANALISA PERENCANAAN SISTEM PENANGKAL PETIR DENGAN METODE KONVENSIONAL DAN ELEKTROSTATIS PADA GEDUNG SMK BHAKTI PRAJA JEPARA

Dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan mana penulis sebagai Hak Cipta

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang 26 Desember 2022

Yang menyatakan



METERAI TEMPEL
10000
OF538AKX147490846

Octavian Adi Mahendra

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatuallahi Wabarakatuh

Rasa syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya sehingga masih diberikan waktu beserta kesempatan untuk menuntut ilmu setinggi-tingginya. Shalawat serta salam saya haturkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya.

Aamiin Ya Rabbaalalamin.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini, tentunya banyak orang yang membantu dan mendukung. Oleh karena itu penulis ingin

menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat, dan ridhonya serta diberikan kelapangan hati dan pikiran dalam menimba ilmu.
2. Kepada keluarga, Bapak H. Purwanto Adi dan Ibu H. Neneng Betiyana, Kakak Meidhita Gusti Wardhana, Kakak Niezar Aditya Dharma, Kakak Riezal Aditha Kurnia, dan Nurvita Kartika Sari yang selalu senantiasa memberikan kasih sayang, doa, perhatian, dan support yang tiada hentinya kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang dan selaku wali dosen Teknik Elektro 2017.
5. Bapak Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT., dan Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT., selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Dosen dan Karyawan Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya hingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Kepada teman-teman seperjuangan Teknik Elektro UNISSULA angkatan 2017 yang selalu bersama-sama menghadapi halang serta rintangan dalam meraih ilmu di UNISSULA.
8. Anang Ma'ruf Nur Romadhon yang telah meminjamkan laptop sebagai support nyata kepada penulis selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
9. Dan juga kepada semua pihak yang telah membantu, mendukung, dan mendoakan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, yang tidak bisa Saya sebutkan satu-persatu.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan, baik segi materi maupun penyajiannya. Penulis meminta maaf dan membutuhkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak, sehingga kedepannya laporan ini dapat menjadi lebih baik. Akhirnya penulis sangat berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca dan khususnya bagi para penulis juga. Wallahu'lam.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

UNISSULA

جامعته سلطان أبجوج الإسلامية

Semarang, Desember 2022

Octavian Adi Mahendra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Petir	6
2.2.2 Bahaya Sambaran Petir	7
2.2.3 Sistem Proteksi Petir Eksternal	9
2.2.4 Parameter Petir	20
2.2.5 Pembumian.....	35
2.2.6 Elektroda Pembumian	36
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Metode Penelitian.....	41
3.2 Objek Penelitian	42
3.3 Alat dan Bahan	43

3.4	Data Penelitian	43
3.4.1	Data Hari Guruh Kabupaten Jepara	43
3.4.2	Denah Lokasi Gedung SMK Bhakti Praja Jepara	44
3.5	Flow Chart.....	48
3.6	Langkah Penelitian	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Hasil Pengukuran Pentanahan	53
4.2	Aturan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)	53
4.3	Aturan Standar Nasional Fire Protection Association (NFPA).....	54
4.4	Aturan Standar IEC 1024-1-1	55
4.5	Radius Proteksi Petir Konvensional dan Elektrostatis	57
4.6	Penerapan Penangkal Petir Konvensional dan Elektrostatis	57
4.6.1	Penerapan Penangkal Petir Konvensional.....	57
4.6.2	Penerapan Penangkal Petir Elektrostatis.....	59
4.7	Pentanahan	61
4.8	Rancangan Anggaran Bangunan (RAB) Penangkal Petir Konvensional dan Elektrostatis	63
4.8.1	RAB Penangkal Petir Konvensional.....	63
4.8.2	RAB Penangkal Petir Elektrostatis.....	64
4.7	Hasil Kajian Pembahasan.....	65
BAB V PENUTUP.....		66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sambaran Petir	6
Gambar 2.2 Tahapan proses sambaran petir.....	7
Gambar 2.3 Kerusakan bangunan kaibat sambaran petir.....	8
Gambar 2.4 Jaringan listrik tersambar petir.....	9
Gambar 2.5 Bentuk sudut proteksi.....	12
Gambar 2.6 Metode bola bergulir	13
Gambar 2.7 Penangkal petir elektrostatis.....	14
Gambar 2.8 Penangkal Petir Jenis Radioaktif	15
Gambar 2.9 Terminal Udara Elektrostatis	16
Gambar 2.10 Penangkal petir konvensional	18
Gambar 2.11 Penangkal Petir Konvensional Tipe Franklin Rod.....	19
Gambar 2.12 Penangkal Petir Konvensional Tipe sangkar faraday	20
Gambar 2.13 Sistem grounding.....	35
Gambar 2.14 Satu elektroda batang	36
Gambar 2.15 Distribusi tegangan dua buah elektroda batang	36
Gambar 2.16 Elektroda Plat.....	38
Gambar 2.17 Elektroda pita	39
Gambar 3.1 Bangunan tampak depan SMK Bhakti Praja Jepara	41
Gambar 3.2 Bangunan tampak samping SMK Bhakti Praja Jepara	42
Gambar 3.3 Denah Lokasi.....	42
Gambar 4.4 Denah lokasi SMK Bhakti Praja Lantai 1.	44
Gambar 3.5 Denah lokasi SMK Bhakti Praja Lantai 2	45
Gambar 3.6 Denah lokasi SMK Bhakti Praja Lantai 3	46
Gambar 3.7 Denah lokasi SMK Bhakti Praja Lantai 4 dan 5.....	47
Gambar 3.8 Flow Chart	48
Gambar 3.9 Earth Tester Merk Kyoritsu-4105A	50
Gambar 4.1 Gedung dipasang penangkal konvensional tampak depan.	57
Gambar 4.2 Gedung dipasang penangkal konvensional tampak samping 58	

Gambar 4.3 Radius Penangkal Petir Konvensional	58
Gambar 4.4 Gedung dipasang penangkal elektrostatis tampak depan	58
Gambar 4.5 Gedung dipasang penangkal elektrostatis tampak samping.....	58
Gambar 4.6 Radius Penangkal Petir Elektrostatis	59



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi	13
Tabel 2.2 Perbandingan penangkal petir konvensional dan elektrostatik	17
Tabel 2.3 Indeks A : Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan	20
Tabel 2.4 Indeks B : Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan.	21
Tabel 2.5 Indeks C : bahaya Berdasarkan tinggi Bangunan.	22
Tabel 2.6 Indeks D : Bahaya berdasarkan Situasi Bangunan	23
Tabel 2.7 Indeks E : Bahaya berdasarkan hari Guruh.	23
Tabel 2.8 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir	24
Tabel 2.9 Indeks A : Jenis struktur.	25
Tabel 2.10 Indeks B : Jenis konstruksi.	27
Tabel 2.11 Indeks C : Lokasi bangunan	28
Tabel 2.12 Indeks D : Topografi	28
Tabel 2.13 Indeks E : Penggunaan dan isi bangunan.	29
Tabel 2.14 Indeks F : Isokeraunic level.	30
Tabel 2.15 Perkiraan bahaya sambaran petir berdasarkan NFPA 780	30
Tabel 2.16 Efisiensi Sistem Proteksi Petir	32
Tabel 2.17 Nilai Puncak Arus Berdasarkan Tingkat Proteksi.	33
Tabel 2.18 Muatan Listrik Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2003). ..	34
Tabel 2.19 Kecuraman Arus Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2003).	35
Tabel 2.20 Besar dan ukuran elektroda pembumian.	40
Tabel 3.1 Hari Guruh Jawa Tengah.	43
Tabel 4.1 Tempat titik pengukuran pentanahan.	52
Tabel 4.2 Rancangan anggaran bangunan (RAB) Konvensional.	62
Tabel 4.3 Rancangan anggaran bangunan (RAB) Elektrostatik.	63

ABSTRAK

Sistem penangkal petir umumnya dipasang dengan maksud untuk mencegah, menghindari dan mengurangi bahaya yang ditimbulkan pada sambaran petir. Pada gedung SMK Bhakti Praja Jepara yang berlokasi di Jl. Hos Cokroaminoto Demaan VIII, Demaan, Kab. Jepara. Memiliki luas bangunan ± 3.716 meter², dengan ketinggian gedung 23 meter. Gedung ini belum dilengkapi dengan sistem penangkal petir. Hal ini menimbulkan bahaya dalam gedung tersebut, akibat dari sambaran petir dapat menyebabkan kerusakan pada mekanis, kerusakan pada thermal dan kerusakan pada elektrik. Solusi terhadap permasalahan tersebut adalah perlu dilengkapi dengan sistem penangkal petir. Sistem penangkal petir yang sesuai dengan gedung SMK Bhakti Praja Jepara menjadi fokus untuk penelitian ini.

Penelitian ini membahas tentang perencanaan, mengawali penelitian tentang sistem proteksi kemudian menentukan lokasi penelitian. Setelah lokasi penelitian selanjutnya untuk mengetahui data gambar, desain gedung, data actual, luas lebar gedung dan untuk data pentanahan dilakukan dengan mengukur pentanahan. Setelah mendapatkan hasil, lalu data tersebut diolah untuk mengetahui hasil pengukuran yang sesuai dengan standar PUIPP dan SNI 03-7015-2004. Setelah itu menentukan jenis penangkal petir yang cocok untuk gedung SMK Bhakti Praja Jepara. Dan menentukan RAB nya.

Hasil dari penelitian untuk perhitungan pentanahan yaitu 3,88 Ohm, 1,39 Ohm, dan 3,77 Ohm. Hal ini sudah memenuhi Standar SNI 03-7015-2004. Untuk perbandingan pada penangkal petir konvensional membutuhkan 4 tombak petir untuk gedung SMK Bhakti Praja, dengan nilai pengeluaran rancangan anggaran biaya sebesar Rp. 7.537.774, dan untuk penangkal petir elektrostatik hanya menggunakan 1 tombak tiang petir karena elektrostatik memiliki radius yang sangat luas sebesar, untuk penggunaan gedung SMK bhakti Praja Jepara hanya membutuhkan penangkal petir elektro statis dengan radius 60 meter. Dengan pengeluaran rancangan anggaran biaya sebesar Rp 5.723.774.

Kata Kunci : Penangkal Petir, Konvensional, Elektrostatik

ABSTRACT

Lightning protection systems are generally installed with the intention of preventing, avoiding and reducing the dangers caused by lightning strikes. In the Jepara Bhakti Praja Vocational School building which is located on Jl. Hos Cokroaminoto Demaan VIII, Demaan, Kab. Jepara. It has a building area of $\pm 3,716$ meters², with a building height of 23 meters. This building has not been equipped with a lightning protection system. This poses a danger in the building, as a result of a lightning strike can cause mechanical damage, thermal damage and electrical damage. The solution to this problem is that it needs to be equipped with a lightning protection system. The lightning protection system that is suitable for the Jepara Bhakti Praja Vocational School building is the focus of this research.

This study discusses planning, initiated research on protection systems and then determined the location of the research. After the next research location to find out the image data, building design, actual data, the width of the building and for grounding data is done by measuring the ground. After getting the results, then the data is processed to find out the measurement results in accordance with PUIPP and SNI 03-7015-2004 standards. After that, determine the type of lightning rod that is suitable for the Jepara Bhakti Praja Vocational School building. And determine the RAB.

The results of the study for grounding calculations are 3.88 Ohms, 1.39 Ohms, and 3.77 Ohms. This has complied with SNI Standard 03-7015-2004. For comparison with conventional lightning rods, it requires 4 lightning spears for the Bhakti Praja Vocational High School building, with a design budget expenditure value of Rp. 7,537,774 . and for electrostatic lightning rods only use 1 lightning pole spear because electrostatic has a very wide radius of, for the use of the Bhakti Praja Jepara Vocational School building only requires an electrostatic lightning rod with a radius of 60 meters. With the issuance of a budget plan of IDR 5,723,774.

Keywords: Lightning Protection, Conventional, Electrostatic

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Dalam pembangunan gedung di Indonesia, cenderung banyak gedung bertingkat yang merupakan salah satu solusi sempinya lahan. Semakin tingginya gedung maka keamanan gedung sangat perlu diterapkan. Gangguan bisa terjadi baik secara mekanik maupun gangguan alam.

Petir merupakan salah satu gangguan alam yang terjadi di Indonesia, dikarenakan letak Indonesia berada dalam garis khatulistiwa, dimana hari guruh Indonesia terbilang tinggi. Gedung- gedung yang semakin tinggi maka semakin tinggi pula proteksi keamanan terhadap gedung tersebut.

Pada gedung SMK Bhakti Praja Jepara yang berlokasi di Jl. Hos Cokroaminoto Demaan VIII, Demaan, Kab. Jepara. Dtitik koordinat $6^{\circ}35'42.6''S$ $110^{\circ}39'52.6''E$. Memiliki luas tanah +- 4495 meter², luas bangunan +- 3.716 meter². Dengan ketinggian gedung 23 meter. yang merupakan gedung sekolahan tertinggi di Jepara. Gedung ini belum dilengkapi dengan sistem penangkal petir.

Permasalahan yang terjadi jika petir menyambar secara langsung ke gedung. Hal ini menimbulkan bahaya dalam gedung tersebut, seperti kebakaran, yang dikarenakan benda yang mudah terbakar. Kerugian dari sambaran petir bukan hanya pada gedung bisa juga makhluk hidup yang berada dalam gedung tersebut.

Akibat dari sambaran petir dapat menyebabkan kerusakan pada mekanis, kerusakan pada thermal dan kerusakan pada elektrik. Yang lebih parah sambaran petir dapat mengakibatkan korban jiwa pada manusia.

Solusi terhadap permasalahan tersebut adalah perlu dilengkapi dengan sistem penangkal petir. Sistem penangkal petir yang sesuai dengan gedung SMK Bhakti Praja Jepara menjadi fokus untuk penelitian ini dikarenakan gedung tersebut merupakan gedung sekolah tertinggi di Jepara. Berdasarkan uraian

tersebut penelitian ini memfokuskan tentang perencanaan sistem penangkal petir pada gedung SMK Bhakti Praja Jepara.

Salah satu cara untuk melindungi dari sambaran petir adalah dengan instalasi proteksi petir terhadap gedung. Pemasangan proteksi petir sudah diatur dalam Standart Nasional Indonesia 03-7015-2004 dan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP). Dalam aturan SNI 03-7015-2004 dan PUIPP keandalan sistem penangkal petir sudah diperhitungkan sedemikian rupa, supaya sambaran petir dari awan dapat disalurkan kedalam tanah.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat di ambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah perlu gedung Smk Bhakti Praja dipasang penangkal petir dengan jenis Konvensional atau Elektrostatik?
2. Bagaimana melindungi gedung SMK Bhakti Praja terhadap sambaran petir langsung?
3. Bagaimana cara merencanakan penangkal petir menurut SNI 03-7015-2014 dan PUIPP?
4. Bagaimana merancang sistem penangkal dengan metode konvensional dan elektrostatik?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus dan mendalam maka penulis memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya. Oleh sebab itu, penulis membatasi batasan masalahnya sebagai berikut :

1. Perencanaan proteksi penangkal petir hanya pada gedung tertinggi di SMK Bhakti Praja Jepara yang belum terpasang penangkal petir.
2. Perencanaan pengukuran luas gedung dan tinggi gedung SMK Bhakti Praja Jepara.
3. Perencanaan RAB hanya di komponen utama penangkal petir.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari laporan tugas akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perlunya penangkal petir di SMK Bhakti Praja Jepara.
2. Mengetahui banyaknya penangkal petir yang akan terpasang di Smk Bhakti Praja jepara.
3. Mengetahui efesiensi mana antara metode konvensional dan elektrostatik.
4. Mengetahui elektroda pembumian yang sesuai dengan penangkal petir yang akan terpasang.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari lapotan tugas akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Bagi mahasiswa, dapat dipergunakan untuk menambah wawasan dan ilmu pengetahuan terkait perencanaan sistem penangkal petir.
2. Bagi instansi, dapat mengetahui sistem mana yang terbaik buat di pasang di SMK Bhakti Praja Jepara.
3. Bagi masyarakat, dengan membaca laporan tugas akhir dapat meningkatkan wawasan dan pengetahuan terkait perencanaan sistem penangkal petir.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penyusunan laporan tugas akhir ini, maka mengacu sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Berisikan tentang tinjauan pustaka, landasan teori mengenai komponen-komponen apa saja yang digunakan, serta persamaan rumus pada perhitungan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Berisikan tentang model penelitian, objek penelitian, data penelitian, serta langkah-langkah yang dilakukan untuk penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang pembahasan data dan analisa data dari hasil penelitian didapatkan dilokasi serta pengolahan data penelitian.

BAB V : PENUTUP

Berisikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk perbaikan ke depannya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian – pemelitan yang terkait sistem proteksi petir dan sistem pentanahan telah dilakukan beberapa peneliti yang terdahulu, di antaranya :

- a) Penelitian dengan judul Studi perencanaan sistem proteksi petir pada area berbahaya mendapatkan hasil bahwa pada main gathering Station (MGS) Balongan Pertamina EP Asset 3 OGT bagian control room MGS balongan dengan nilai frekuensi petir langsung (N_d) sebesar 0,3 pertahun, untuk luas ekivalen sebesar 1082,95 m², nilai intensitas sambaran petir ke tanah 27,6 per km² sambaran petir. Instalasi mengacu pada standar NFPA 780-2017 [1].
- b) Penelitian dengan judul sistem penangkal petir pada gedung kemang gallery medan. Penelitian ini mendapatkan hasil jika frekuensi sambaran petir pertahun rata-rata 3,71 termasuk kedalam tingkat proteksi 1. Panjang minimal elektroda yaitu sepanjang 3 meter terdiri dari 1 buah elektroda. Susunan elektroda adalah dengan menggunakan susunan elektroda topologi (tipe B) di letakkan di sekeliling bangunan bahan untuk elektroda menggunakan bahan tembaga dengan luas penampang 50 mm² [2].
- c) Penelitian dengan judul penentuan kebutuhan proteksi petir pada gedung bertingkat kantor BPJS ketenagakerjaan cabang Blitar. Hasil penelitian menerangkan jika kantor BPJS ketenagakerjaan cabang Blitar dengan titik koordinat 112 14'-11228' BT dan 8 8'LS dan luas bangunan 700m² memiliki sambaran petir melebihi 30,09 kA. Dengan intensitas sambaran petir yang padat maka perlu memperbaiki pentanahan yang baik dan mengganti sistem penangkal petir [3].
- d) Judul perencanaan sistem proteksi petir eksternal pada gedung barito pacific menggunakan metoda rolling sphere merupakan penelitian dengan memfokuskan sistem proteksi petir. Hasil dari penelitian menjelaskan jika area proteksi $R_s = 45,8$ meter, sedangkan dari hasil perhitungan gedung

- e) membutuhkan 8 finial setinggi 4 meter agar gedung terproteksi secara menyeluruh [4].
- f) Penelitian dengan judul perencanaan penangkal petir di gedung sekolah tinggi teknologi pekanbaru. Penelitian ini menghasilkan bahwa gedung sekolah tinggi teknologi pekanbaru memiliki kerapatan petir sebesar $35,3602 \text{lm}^2/\text{tahun}$ luas sambaran petir $15.827,49 \text{m}^2$ jumlah sambaran petir $0,559/\text{tahun}$, maka dengan hasil tersebut diperlukan penangkal petir elektrostatik cukup menggunakan 1 finial dengan panjang 2 m [5].

2.2.Landasan Teori

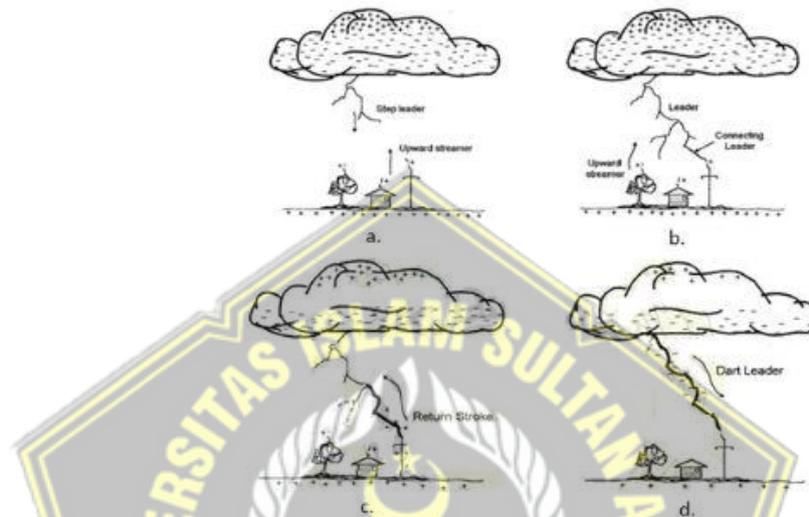
2.2.1. Petir

Peristiwa listrik berlebihan antara awan yang bermuatan dengan bumi, atau juga bisa antar awan dengan awan yang lain dengan muatan yang beda. Awan cumulonimbus atau awan guruh dengan ukuran horizontal 1,5 sampai 7,5 km dan vertical dengan ukuran kurang lebih 14 km merupakan sumber terjadinya petir dengan perbedaan suhu pada bagian atas dan bawah vertikal. Perbedaan suhu anatar bagian bawah dan atas membuat air berubah menjadi butiran es. Butiran es bergerak naik menjadi muatan negatif sedangkan butiran air menjadi muatan positif proses ini mirip dengan dipole listrik, sesuai Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sambaran petir.

Dengan adanya awan yang bermuatan dengan menginduksi pada permukaan bumi akan menimbulkan medan listrik antara bumi dan awan. Apabila medan listrik melebihi medan tembus udara, maka akan terjadi pelepasan muatan, seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tahapan proses sambaran petir.

Pada umumnya hampir setengah dari peristiwa kilat petir merupakan sambaran ganda dengan interval waktu sambaran kurang dari 50 ms.

2.2.2. Bahaya sambaran petir

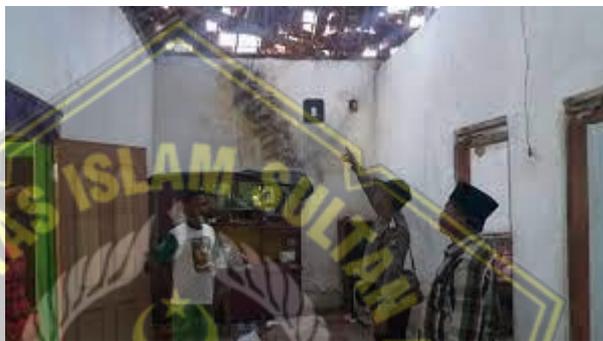
a. Bahaya terhadap manusia

Jika aliran listrik petir menyambar manusia tubuh manusia akan mengalami kejutan (shock). Arus petir yang mengalir akan membuat berhentinya jantung selain itu dapat juga melumpuhkan jaringan-jaringan otot pada manusia, bahkan juga dapat menghanguskan manusia jika energi petir besar.

1. Tegangan Sentuh
2. Sambaran tidak langsung
3. Sambaran langsung
4. Side flash
5. Tegangan langkah

b. Bahaya terhadap bangunan

Sambaran petir jika langsung menyambar bangunan langsung berakibat fatal, bisa terjadi kebakaran, kerusakan perangkat elektronik atau bahkan korban jiwa, maka dari itu setiap bangunan perlunya ada proteksi sambaran petir. Caranya yaitu dengan memasang penangkal petir di setiap bangunan yang sesuai dengan standart yang berlaku, seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kerusakan bangunan akibat sambaran petir.

c. Bahaya jaringan Listrik

Sambaran petir berbahaya juga jika terjadi di luar bangunan tetapi menyambar jaringan listrik. Dikarenakan PLN (perusahaan listrik Negara), memiliki jenis kabel udara dengan kondisi terbuka atau tanpa isolator. Jika jaringan listrik tersambar petir maka dapat tersalurkan ke pemakai secara langsung. Solusinya adalah dengan cara pemasangan perangkat arrester sebagai pengaman jika terjadi tegangan lebih (over voltage). Instalasi surge arrester listrik ini di pasang harus dilengkapi dengan grounding sistem, seperti Gambar 2.4.



bekasi_24_jam
Bekasi



Gambar 2.4 Jaringan listrik tersambar petir.

d. Bahaya sambaran petir melalui jaringan telekomunikasi

Sambaran petir yang melalui jaringan telekomunikasi akan merusak perangkat telekomunikasi misalnya telepon dan PABX. Pada PABX pemasangan arrester berbeda dengan yang lainnya. Yang dihubungkan dengan grounding.

Prinsip pengamana terhadap suatu objek dari sambaran petir adalah sarana untuk menghantarkan arus petir yang mengarah ke bangunan atau suatu objek yang kemudian dialihkan ke dalam bumi.

2.2.3. Sistem Proteksi Petir Eksternal

Berdasarkan cara kerjanya, sistem proteksi petir dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Sistem dengan penangkap petir

Prinsip kerjanya adalah harus menyediakan titik pada ujung bangunan yang diamankan untuk sasaran sambaran petir, saluran untuk menyalurkan arus petir ke tanah, dan sistem pembumian untuk mendistribusikan arus petir yang masuk ke tanah dengan merata agar tidak menimbulkan kerusakan atau bahaya [6]

2. Sistem Disipasi (Dissipation Array System)

Pada prinsipnya, DAS (Dissipation Array System) tidak bertujuan untuk mengundang arus petir agar menyambar terminasi

udara yang sudah disediakan, melainkan membuyarkan arus petir agar tidak mengalir ke daerah yang dilindungi [6].

Berdasarkan tempatnya, sistem proteksi petir dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Proteksi Eksternal

Proteksi eksternal adalah instalasi dan alat-alat diluar suatu struktur untuk menangkap dan menghantarkan arus surja petir ke sistem pembumian. Proteksi eksternal petir berfungsi sebagai proteksi terhadap tegangan lebih petir jika terjadi sambaran langsung ke sistem atau bangunan yang dilindungi [7]. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan didala merencanakan sistem proteksi petir eksternal adalah:

- Macam, fungsi, dan bagan dari bangunan, ukuran denah bangunan, bentuk, dan kemiringan atap.
- Terminasi udara (air terminal) dimana jumlahnya haruslah cukup untuk memberikan daerah proteksi yang diinginkan
- Konduktor penyalur (down conductor) haruslah mampu menyalurkan arus petir yang diterima dari terminasi udara menuju bumi.
- Pembumian (grounding) dimana resistensi pembumian

2. Proteksi Internal

Proteksi petir internal merupakan perlindungan terhadap sistem elektronika didalam bangunan / gedung akibat tegangan lebih yang ditimbulkan oleh induksi elektromagnetik akibat sambaran petir tak langsung. Walaupun bangunan sudah dilindungi terhadap sambaran petir, beberapa kerusakan pada peralatan listrik khususnya peralatan elektronika dapat disebabkan karena masuknya surja imbas petir melalui kabel listrik dan kabel komunikasi atau masuknya arus petir pada waktu terjadi sambaran langsung. Sistem

proteksi petir internal dapat terdiri dari satu jenis ataupun beberapa alat-alat proteksi petir, antara lain:

- Arrestor : alat potong tegangan lebih pada peralatan
- Shielding : konstruksi dinding dan lantai secara khusus untuk menghilangkan induksi elektromagnetik
- One point earthing system : pemasangan potensial aqualization busbar yang berfungsi sebagai terminal pembumian
- Penggunaan kabel optic sebagai pengganti kabel tembaga pada instalasi listrik. Kabel optic tidak menyebabkan percikan antar kabel dan tidak terinduksi elektromagnetik
- Penggunaan trafo isolasi untuk mentransformasikan arus besar yang terjadi akibat sambaran petir ke jala-jala menjadi arus yang sangat kecil. Oleh karena desain proteksi internal sangat bergantung pada instalasi listrik / elektronika maka arsitektur dalam bangunan serta perencanaan awal penggunaan bangunan harus diperhatikan [3].

Sistem Proteksi Petir Eksternal menghindari bahaya langsung dari sambaran petir pada bangunan, peralatan, manusia dan lainnya. Sistem Proteksi Petir Eksternal pada dasarnya terdiri dari:

1) Terminasi udara (*Air Terminal*)

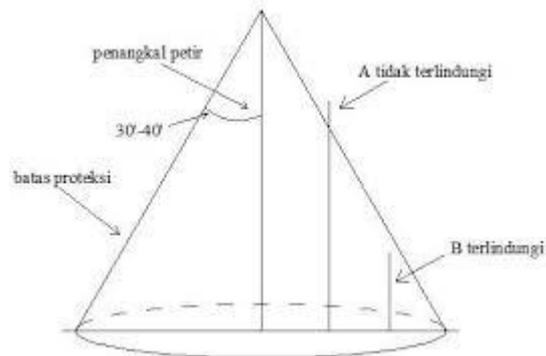
Untuk menentukan penempatan terminasi udara dan untuk mengetahui daerah proteksi, maka menggunakan metode-metode yang terdapat dalam SNI 03-7015-2004, yaitu :

- Metode sudut proteksi (*Protective Angle Method*)

Metode sudut proteksi (*protective angle method*).

Daerah di dalam

kerucut yaitu daerah yang diproteksi yaitu dengan sudut proteksi sebagaimana Gambar 2.5.



Gambar 2.1 Bentuk sudut proteksi

Berbagai benda di dalam ruang kerucut proteksi akan terlindungi dari sambaran petir. Sementara yang ada diluar kerucut proteksi tidak akan terlindungi oleh proteksi petir. Untuk menentukan radius daerah proteksi petir bisa menggunakan Persamaan (2.1).

$$r = h \times \tan \alpha \quad (2.1)$$

Dengan :

r = Radius daerah perlindungan (meter)

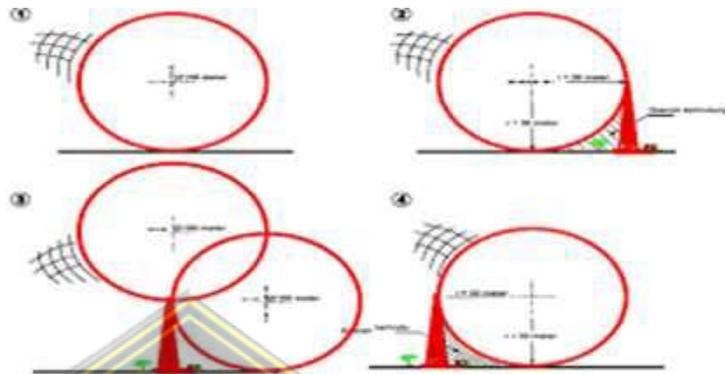
α = Besar sudut perlindungan (derajat)

h = Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah(meter)

- Metode bola bergulir (*Rolling Sphere Method*)

Metode bola bergulir (*rolling sphere method*). Penggunaan metode ini pada bangunan dengan bentuk yang rumit. Dalam metode ini, seperti terdapat sebuah bola beradius R yang mendarat di atas tanah dan berjalan di atas dan di sekeliling struktur menuju berbagai arah sampai dijumpai struktur ataupun tanah yang terkait dengan permukaan tanah yang bertindak sebagai penghantar. Bola dengan titik sentuh yang mendarat di struktur adalah titik yang tidak bisa disambar petir serta ini perlu dilaksanakan proteksi dengan konduktor terminasi udara. Seperti yang di tunjukkan pada Gambar 2.6. Seluruh petir dengan jarak R dari ujung penangkap

petir akan berkesempatan sama dalam membuat bangunan tersambar [8].



Gambar 2.2 Metode bola bergulir.

- Metode jala (*Mesh Sized Method*)

Metode jala (*mesh size method*). Penggunaan metode ini diperuntukkan dalam kepentingan guna melindungi permukaan yang datar sebab dapat memberikan perlindungan terhadap semua permukaan bangunan. Area yang diproteksi adalah seluruh wilayah di dalam jala-jala [8]. Jala berukuran menyesuaikan tingkatan proteksi yang ditentukan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi

Tingkat proteksi	h (m)	20m	30m	45m	60m	Lebar jala (m)
	R (m)	α°	α°	α°	α°	
I	20m	25°	-	-	-	5m
II	30m	35°	25°	-	-	10m
III	45m	45°	35°	25°	-	15m
IV	60m	55°	45°	35°	25°	20m

2) Konduktor penyalur (*Down Conductor*)

Down Conductor berfungsi sebagai penyalur arus petir yang menyambar terminal udara (*air terminal*) dan disalurkan ke tanah / bumi. Saat memilih lokasi dan jumlah konduktor penyalur yang dipilih hendaknya memperkirakan fakta bahwasanya apabila dibaginya arus petir ke pada sejumlah konduktor penyalur, maka gangguan elektromagnetik dan risiko loncatan ke samping di dalam gedung akan berkurang. Mengacu pada standar SNI 7015 2014 dipaparkan bahwa tiap terpasangnya *down conductor* pada rute paling pendek dan tidak memicu bahaya induksi khususnya untuk peralatan sensitif dan bahaya *side-flash* pada manusia [9].

a. Sistem Proteksi Petir Elektrostatik

Penangkal jenis ini ada karena penangkal petir jenis radioaktif sudah tidak diperbolehkan karena bahaya radioaktif tidak baik untuk kesehatan. Penangkal petir elektrostatik merupakan penangkal petir yang praktis, mudah, serta perawatan yang murah, seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Penangkal petir elektrostatik.

Proteksi petir elektrostatik bersifat magnet, ketika petir menyambar elektrostatik bekerja untuk menerima sambaran petir tersebut, elektrostatik hanya membutuhkan 1 saja, dikarenakan radiusnya yang besar

jadi bias mencangkup seluruh area, dengan bentuk seperti tombak panjang, berikut tipe proteksi petir elektrostatik:

1. Proteksi Petir Radioaktif

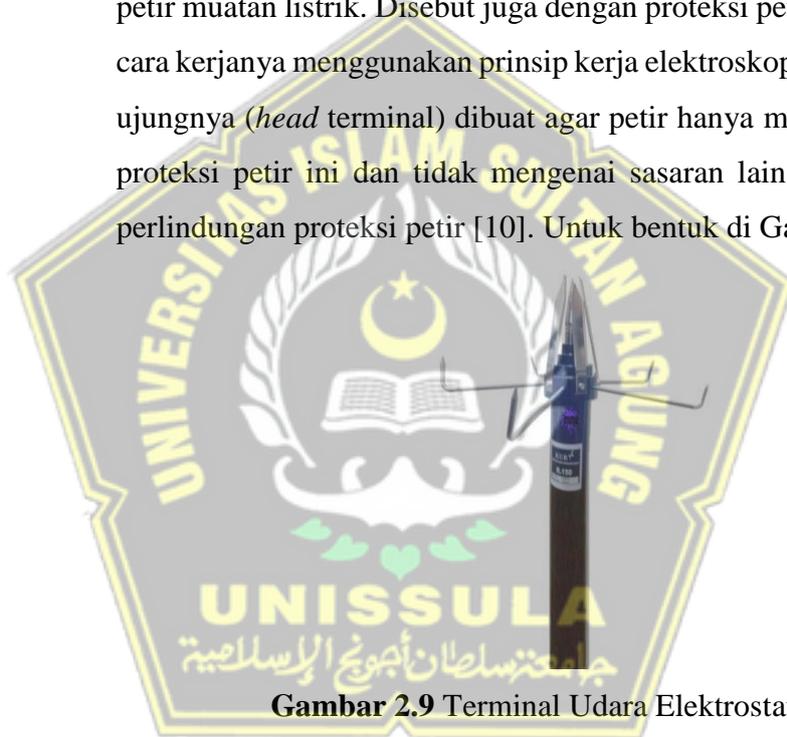
Metode ini pertama kali dipatenkan oleh Gusta P Carpart pada tahun 1931. Sebelumnya, pada tahun 1941 ilmuwan Hungaria Szilard pernah melontarkan gagasan untuk menambahkan bahan radioaktif pada Franklin rod guna meningkatkan tarikan pada sambaran petir. Metode ini terdiri atas Franklin rod dengan bahan radioaktif radium atau sumber thorium sebagai penghasil ion yang dihubungkan ke pentanahan melalui penghantar khusus. Sistem proteksi petir ESE (Early Streamer Emission) merupakan pendekatan relatif terbaru untuk memecahkan masalah kerusakan instalasi petir, yang dilengkapi dengan sistem FR. ESE adalah terminal udara radioaktif non konvensional, tetapi banyak negara telah melarang hal ini, bahwasannya sumber radioaktif yang posisinya dekat dengan bagian atas terminal membahayakan kesehatan [9]. Peralatan ESE non radioaktif yang banyak digunakan adalah Pulsar (dikembangkan oleh Helita, Perancis), Dynasphere (dikembangkan oleh Erico, Australia), Prevelectron (dikembangkan oleh Indelec, Perancis) dan EF (dikembangkan EF International, Swiss) jenis penangkal petir seperti Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Penangkal Petir Jenis Radioaktif

2. Penangkal Petir Elektrostatis

Penangkal petir elektrostatis memiliki prinsip kerja yang menggunakan beberapa sistem penangkal petir radioaktif. Artinya pada ujung splitzet/finial ditambahkan muatan supaya petir senantiasa memilih ujung ini untuk disambar. Untuk penangkal petir atau proteksi petir elektrostatis menggunakan energi listrik yang diperoleh dari listrik awan yang diinduksi oleh permukaan bumi, sedangkan untuk anti petir radio aktif ataupun penangkal petir muatan listrik. Disebut juga dengan proteksi petir radius yang cara kerjanya menggunakan prinsip kerja elektroskop, dimana pada ujungnya (*head terminal*) dibuat agar petir hanya mengenai ujung proteksi petir ini dan tidak mengenai sasaran lain dalam radius perlindungan proteksi petir [10]. Untuk bentuk di Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Terminal Udara Elektrostatis

Penangkal petir elektrostatis menggunakan sistem ESE (Early Streamer Emission). Cara kerja sistem E.S.E dengan cara melepaskan ion ke lapisan udara dalam jumlah besar. Proses ini membuat jalan petir untuk ke ujung penangkal petir elektrostatis. Dengan proses ini jangkauan penangkal petir elektrostatis dibandingkan dengan penangkal petir konvensional [10]. Berikut merupakan tipe dan radius elektro statis pada Tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Tipe dan Radius Elektrostatis.

Tipe dan Radius	Harga
Head Protection R-60m (KURN)	Rp. 1.746.000
Head Protection R-60m (THOMAS)	Rp. 3.450.000
Head Protection R-80m (KURN)	Rp. 2.807.000
Head Protection R-60m (ORION)	Rp. 1.905.000
Head Protection R-70m (CURRENT)	Rp. 2.500.000
Head Protection R-120m (CURRENT)	Rp. 3.200.000
Head Protection R-120m (BLUECRN)	Rp. 2.900.000
Head Protection R-120m (KURN)	Rp. 2.723.000
Head Protection R-125m (THOMAS)	Rp. 3.750.000
Head Protection R-150m (KURN)	Rp. 2.950.000

Berikut ini adalah perbandingan penangkal petir elektrostatis dengan penangkal petir konvensional pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Perbandingan penangkal petir konvensional dan elektrostatis.

Penangkal petir Konvensional	Penangkal petir Elektrostatis
<ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan banyak kabel • Daerah perlindungan terbatas, area perlindungan hanya sebatas air terminal yang melekat pada bangunan • Lebih mahal bila diterapkan untuk area perlindungan yang luas • Akan memiliki kecenderungan mengganggu estetika bangunan rumah. • Bentuk ujung terminal yang runcing dalam jumlah banyak akan sangat berbahaya bagi petugas pemeliharaan gedung atau pekerja yang bekerja di atap. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak membutuhkan komponen maupun kabel. • Area perlindungan lebih luas antara 50-150 m • Lebih murah untuk area perlindungan yang luas • Hanya membutuhkan 1 terminal untuk radius tertentu. • Perawatan dan pemasangan pada bangunan yang mudah merupakan pilihan yang tepat dan tidak mengganggu estetika bangunan • Lebih aman bagi pekerja yang akan melakukan perawatan.

b. Sistem Penangkal Petir Konvensional

Pemakaian penangkal petir konvensional cenderung lebih mahal karena volume kabel yang sangat banyak daerah perlindungan terbatas membutuhkan banyak splitzer diatas struktur bangunan sebagai alat penerima sambaran, seperti Gambar 2.10.



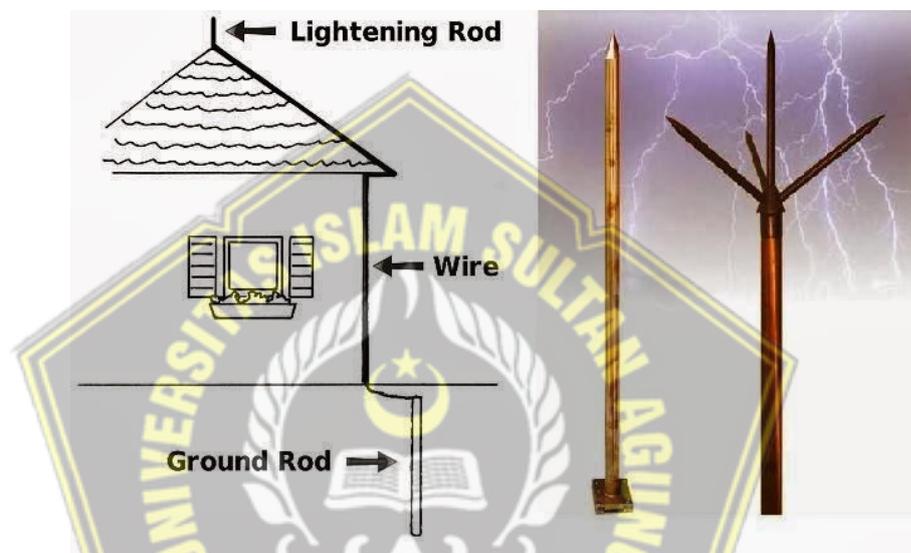
Gambar 2.10 Penangkal petir konvensional.

Pemakaian penangkal petir jenis konvensional lebih mahal dibandingkan dengan elektrostatis dikarenakan bergantung dengan luas bangunan. dan juga resiko terjadinya atap bocor di setiap titik splitzer perlu diperhitungkan.

Penangkal petir jenis ini juga cenderung pasif menunggu sambaran petir. Saat petir menyambar sekeliling rumah bisa jadi induksi petir mengakibatkan kebakaran alat listrik rusak bahkan meledak [8]. Proteksi petir konvensional bersifat pasif, menunggu sambaran petir untuk menyambar dengan mengandalkan posisinya yang lebih tinggi dari objek sekitar serta ujung runcingnya berikut tipe proteksi petir konvensional:

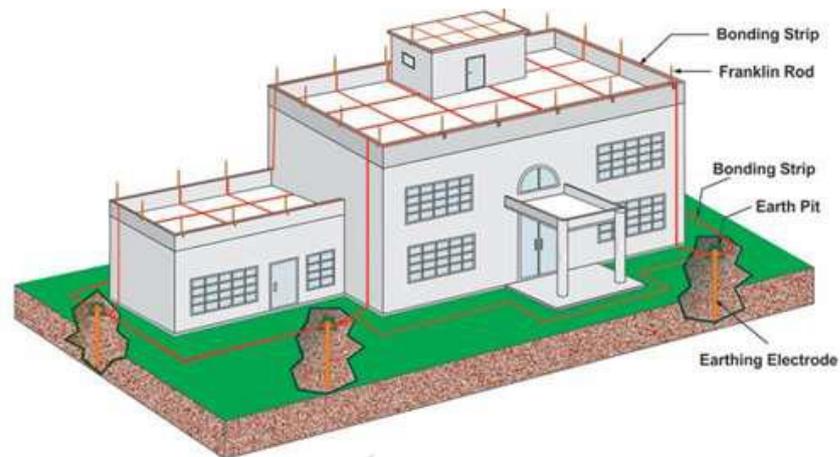
1. Tipe Franklin rod menempatkan sebuah batang proteksi petir dengan ujungnya dibuat runcing di bagian teratas dari bagian yang akan dilindungi. Ujung batang proteksi petir ini dibuat runcing dengan tujuan agar pada keadaan dimana terjadi aktivitas penumpukan

muatan di awan, maka diujung itulah akan terinduksi muatan dengan rapat muatan yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan rapat muatan dari muatan-muatan yang terdapat pada bagian-bagian lain dari bangunan, dengan demikian dapat diharapkan bahwa kilat akan menyambar ujung dari batang proteksi petir itu terlebih dahulu. Untuk contoh seperti Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Penangkal Petir Konvensional Tipe Franklin Rod

2. Jenis sistem Sangkar Faraday bisa dikatakan sama dengan sistem proteksi petir Franklin. Perbedaannya hanya pada penggunaan pelindung tepi, system penangkal petir Franklin menggunakan batang pemutus udara *vertical* sedangkan system sangkar faraday menggunakan konduktor horizontal. Sangkar penangkal petir faraday lebih efektif dengan menambahkan penangkal petir pendek di atas system penangkal petir yang ditempatkan di lokasi yang mudah dijangkau. Mereka terhubung satu sama lain oleh konduktor-konduktor berikutnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.13 Penangkal Petir Konvensional Tipe sangkar faraday

2.2.4. Parameter petir

A. Standar Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP).

Besarnya kebutuhan suatu bangunan akan suatu instalasi penangkal petir ditentukan oleh besarnya kemungkinan kerugian serta bahaya yang ditimbulkan bila bangunan tersebut tersambar petir.

Besarnya kebutuhan tersebut dapat ditentukan secara empiris berdasarkan indeks-indeks yang menyatakan faktor-faktor tertentu seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4 sampai Tabel 2.9 dibawah ini dan merupakan penjumlahan (R) dari indeks-indeks tersebut.

Tabel 2.4 Indeks A : Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan.

Penggunaan dan isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10
Bangunan dan isinya jarang digunakan, misalnya : didanau,ditengah sawah atau ladang , menara atau tiang dari metal	0

Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal. Misalnya : rumah tinggal, industri kecil dan stasiun	1
Bangunan atau isinya cukup penting. Misalnya : menara air, barang-barang berharga dan kantor pemerintahan	2
Bangunan yang banyak sekali orang. Misalnya: bioskop, sarana ibadah, sekolah dan monumen bersejarah yang penting	3
Instalasi gas, minyak atau bensin dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak terkendali bagi sekitarnya. Misalnya : instalasi nuklir	15

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) Untuk bangunan di Indonesia . Hal 17

Tabel 2.5 Indeks B : Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan.

Konstruksi Bangunan	Indeks B
Seluruh bangunan terbuat dari logam dan mudah menyalurkan listrik	0
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangkai besi dengan atap logam	1
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangkai besi dengan atap bukan logam	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Tabel 2.6 Indeks C : bahaya Berdasarkan tinggi Bangunan.

Tinggi Bangunan sampai (m)	Indeks C
6	0
12	2
17	3
25	4
35	5
50	6
70	7
100	8
140	9
200	10

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) Untuk bangunan di Indonesia . Hal 18

Tabel 2.7 Indeks D : Bahaya berdasarkan Situasi Bangunan.

Situasi Bangunan	Indeks D
Ditanah datar pada semua ketinggian	0
Dikaki bukit sampai $\frac{3}{4}$ tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter	1
Di puncak gunung atau pegunungan yang lebih dari 1000 Meter	2

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) Untuk bangunan di Indonesia . Hal 19

Tabel 2.8 Indeks E : Bahaya berdasarkan hari Guruh.

Hari Guruh per Tahun	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) Untuk bangunan di Indonesia . Hal 19

Dengan memperhatikan keadaan di tempat yang hendak di cari resikonya dan kemudian menjumlahkan indeks - indeks tersebut di peroleh suatu perkiraan bahaya yang di tanggung bangunan dan tingkat yang harus di terapkan. Di bawah ini adalah tabel Perkiraan bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP.

Berdasarkan PUIPP, perkiraan bahaya petir adalah sebagai berikut:

Tabel 2.9 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir.

R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Di bawah 11	Diabaikan	Tidak Perlu
Sama dengan 11	Kecil	Tidak Perlu
Sama dengan 12	Sedang	Dianjurkan
Sama dengan 13	Agak Besar	Dianjurkan
Sama dengan 14	Besar	Sangat Dianjurkan
Lebih dari 14	Sangat Besar	Sangat perlu

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) Untuk bangunan di Indonesia . Hal 19

Sehingga didapat perkiraan bahaya sambaran petir (R) adalah Persamaan (2.2).

$$R=A+B+C+D+E.....(2.2)$$

Dengan:

A = Bahaya berdasarkan jenis bangunan

B = Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan

C = Bahaya berdasarkan tinggi bangunan

D = Bahaya berdasarkan situasi bangunan

E = Bahaya berdasarkan hari guruh yang terjadi

Apabila menurut data-data yang ada dimasukkan ke dalam persamaan di atas, maka selanjutnya dapat diambil kesimpulan mengenai perlu atau tidaknya system proteksi petir eksternal digunakan.

$$R > 13 \dots \dots \dots (2.3)$$

Berdasarkan SNI, Jika nilai $R > 13$, maka bangunan tersebut dianjurkan menggunakan sistem proteksi petir (besar indeks dapat dilihat pada lampiran A). Jelas bahwa semakin besar nilai R, semakin besar pula bahaya serta kerusakan yang ditimbulkan oleh sambaran petir, berarti semakin besar pula kebutuhan bangunan tersebut akan adanya suatu sistem penangkal petir [3].

B. Standar NFPA 780

1. Mengacu pada standar NFPA 780 yaitu dengan melakukan penjumlahan terhadap beberapa indeks yang mewakili kondisi lokasi bangunan, selanjutnya dilakukan pembagian atas hasil tersebut dengan indeks yang mewakili isokeraunic level diarea terkait Persamaan (2.4). Berikut tabel indeks menurut *National Fire Protection Association* (NFPA) 780 pada Tabel 2.10 sampai Tabel 2.15.

Tabel 2.10 Indeks A : Jenis struktur

JENIS STRUKTUR	INDEKS A
Rumah kediaman yang kurang dari 465 m ²	1
Rumah kediaman yang lebih dari 465 m ²	2
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi kurang dari 15 meter - Melingkupi area kurang dari 2323 m ²	3

- Melingkupi area lebih dari 2323 m ²	5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 15-23 meter	4
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 23-46 meter	5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi lebih dari 46 meter	8
Kantor pelayanan milik pemerintah, misalnya pemadam kebakaran, kantor polisi, dan perusahaan air minum	7
Hangar pesawat terbang	7
Pembangkit listrik dan sentral telpon	8
Menara air dan cooling tower	8
Perpustakaan, museum, dan bangunan bersejarah	8
Bangunan pertanian	9
Tempat bernaung didaerah rekreasi	9
Bangunan yang berisi banyak orang, misalnya sekolah, tempat ibadah, bioskop, dan stadion olahraga	9
Struktur yang ramping dan tinggi, misalnya cerobong asap, menara pengawas, dan mercusuar	10
Rumah sakit, penampungan para lansia dan penyandang cacat	10
Bangunan tempat membuat dan menyimpan bahan berbahaya misalnya zat kimia	10

Tabel 2.11 Indeks B : Jenis konstruksi

KERANGKA STRUKTUR	JENIS ATAP	INDEKS B
Bukan logam	- Kayu	5
	- Campuran aspal, ter atau genteng	3
	- Logam yang tidak saling terhubung	4
	- Logam yang terhubung secara elektrik	1
Kayu	- Kayu	5
	- Campuran aspal, ter atau genteng	3
	- Logam yang tidak saling terhubung	4
	- Logam yang terhubung secara elektrik	2
Beton bertulang	- Kayu	5
	- Campuran aspal, ter atau genteng	3
	- Logam yang tidak saling terhubung	4
	- Logam yang terhubung secara elektrik	1
Kerangka baja	- Kayu	4
	- Campuran aspal, ter atau genteng	3
	- Logam yang tidak saling terhubung	3
	- Logam yang terhubung secara elektrik	1

Tabel 2.12 Indeks C : Lokasi bangunan

LOKASI BANGUNAN	INDEKS C
Bangunan dalam area gedung yang lebih tinggi	
1. Bangunan kecil, melingkupi area kurang dari 929 m ²	1
2. Bangunan besar, melingkupi area lebih dari 929 m ²	2
Bangunan dalam area gedung yang lebih rendah	
1. Bangunan kecil, melingkupi area kurang dari 929 m ²	4
2. Bangunan besar, melingkupi area lebih dari 929 m ²	5
Struktur diperpanjang sampai 15,2 m diatas permukaan tanah	7
Struktur diperpanjang sampai lebih dari 15,2 m diatas permukaan tanah	10

Tabel 2.13 Indeks D : Topografi

LOKASI	INDEKS D
Pada tanah datar	1
Pada sisi bukit	2
Diatas puncak bukit	4
Diatas puncak gunung	5

Tabel 2.14 Indeks E : Penggunaan dan isi bangunan

PENGUNAAN DAN ISI BANGUNAN	INDEKS E
Bahan yang tidak mudah terbakar	1
Perabotan rumah tangga	2
Perlengkapan atau perabotan biasa	2
Ternak peliharaan	3
Bangunan berisi sedikit orang (kurang dari 50 orang)	4
Bahan yang mudah terbakar	5
Bangunan berisi banyak orang (lebih dari 50 orang)	6
Peralatan atau barang berharga	7
Pelayanan umum seperti pemadam kebakaran dan kantor polisi	8
Gas atau cairan yang mudah meledak	8
Peralatan operasi yang sensitif	9
Benda bersejarah	10
Peledak dan bahan pembuatnya	10

Tabel 2.15 Indeks F : Isokeraunic level

ISOKERAUNIC LEVEL	INDEKS F
0-5	9
6-10	8
11-20	7
21-30	6
31-40	5
41-50	4
51-60	3
61-70	2
Lebih dari 70	1

Tabel 2.16 Perkiraan bahaya sambaran petir berdasarkan NFPA 780

R	PENGAMANAN
0-2	Tidak perlu
2-3	Dianjurkan
3-4	Dianjurkan
4-7	Sangat dianjurkan
Lebih dari 7	Sangat perlu

$$R = \frac{A+B+C+D+E}{F} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

R : Perkiraan bahaya sambaran petir atas dasar NFPA 780

A : Indeks jenis struktur

B : Indeks jenis konstruksi

C : Indeks lokasi bangunan

D : Indeks topografi

E : Indeks penggunaan dan isi bangunan

F : Indeks IKL (Isokeraunic Level)

C. Standar IEC 1024-1-1

Mengacu pada standar IEC 1024-1-1, tingkatan proteksi memadai yang dipilih bagi sebuah sistem proteksi petir yaitu sesuai dengan frekuensi sambaran petir tahunan wilayah itu yang sudah diijinkan dan frekuensi sambaran petir langsung setempat yang berdasar perkiraannya menuju stuktur yang dilindungi. Kerapatan sambaran petir atau kilat petir ke tanah rata-rata tahunannya di wilayah keberadaan sebuah struktur dinyatakan dalam Persamaan (2.5).

$$Ng = 0,04 \cdot IKL^{1,25} / km^2 / tahun \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

IKL : Isokeraunic level didaerah tempat struktur yang hendak diproteksi.

Ng : Kerapatan kilat petir ke tanah

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6} / tahun \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

Ae : Luas daerah dengan nilai sambaran petir sejumlah Nd (Km²)

Nd : Frekuensi sambaran petir langsung setempat

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

h : Tinggi bangunan (m)

a : Panjang bangunan (m)

b : Lebar bangunan (m)

Keputusan yang diambil terkait apakah pemasangan sistem proteksi petir pada bangunan diperlukan yaitu berdasarkan perhitungan N_d dan N_c dibawah ini :

1. Tidak diperlukan sistem proteksi apabila $N_d \leq N_c$
2. Perlu proteksi dengan efisien berikut apabila $N_d > N_c$:

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d} \dots \dots \dots (2.8)$$

Tabel 2.16 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Efisiensi (%)
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Keterangan :

Sistem proteksi petir tidak diperlukan apabila $E < 0\%$

Ada di tingkatan proteksi IV apabila $0\% < E \leq 80\%$

Ada di tingkatan proteksi III apabila $80\% < E \leq 90\%$

Ada di tingkatan proteksi II apabila $90\% < E \leq 95\%$

Ada di tingkatan proteksi I apabila $95\% < E \leq 98\%$

Ada di tingkatan proteksi I dengan penambahan alat proteksi apabila $E > 98\%$

Penempatan terminasi udara ditentukan sesuai tingkat proteksi suatu bangunan yang bisa ditentukan berdasarkan Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Terdapat pengaruh langsung dan tidak langsung dari sambaran petir pada bangunan. Jenis sambaran langsung bisa pula mengakibatkan korban jiwa. Maka dari itu, dibutuhkan sebuah system perlindungan petir yang mampu menangkap petir secara langsung serta mengarahkannya menuju tanah. Sehingga, resiko dan efek petir bisa diminimalisir. Ada beberapa karakteristik dan parameter petir yang dijadikan perkiraan dalam menentukan sistem proteksi petir eksternal [11].

1. Nilai Puncak Arus Petir

Pemilihan nilai puncak arus petir ataupun nilai pick-up dipengaruhi oleh tingkat proteksi bangunan yang ditetapkan. Hileman memaparkan bahwa arus puncak yaitu arus puncak serta sambaran balik. Terdapat dua kategori menurut polaritasnya yaitu positif dan negatif. Selain itu dikelompokkan pula menjadi *subsequent stroke* (sambaran susulan) dan *first stroke* (sambaran pertama). Seberapa besar nilai sambaran mempengaruhi besar tegangan jatuh pada tahanan pentanahan sebesar 10KV-100KV. SNI 03-7015-2004 menetapkan bahwa nilai arus puncak menurut tingkat proteksinya dibedakan menjadi sebagai berikut.

Tabel 2.17 Nilai Puncak Arus Berdasarkan Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	Arus Puncak (kA)
I	200kA
II	150kA
III	100kA
IV	100kA

2. Muatan Arus

Muatan arus yaitu integral arus satuan waktu atau daerah luasan terpaan petir. Muatan arus ini mengakibatkan objek yang mengalami sambaran petir meluas. Selain itu, integral waktu arus petir bagi semua sepanjang durasi sambaran petir dinamakan dengan muatan total YAHYA. Terkait hal ini, muatan listrik mempengaruhi pula terhadap titik sambaran pada batang elektroda. Sebagaimana dalam SNI 03-7015-2003, tingkat proteksi sambaran petir berikut ini mempengaruhi muatan listrik dalam Tabel 2.18.

Tabel 2.18 Muatan Listrik Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2003)

Tingkat Proteksi	Muatan Listrik Total (C)	Muatan Impuls (C)
I	300 C	100 C
II	225 C	75 C
III	150 C	50 C
IV	150 C	50 C

3. Kecuraman Arus

Laju perubahan arus pada satuan waktu dinamakan kecuraman arus. Pelaksanaan pendekatan ini dengan memperbandingkan arus puncak untuk rentang waktu sambaran petir. Caranya yaitu melakukan perhitungan terhadap perubahan laju petir Ketika arus puncaknya 30-90%. Sebagaimana dalam SNI 03-7015-2003, tingkat proteksi sambaran petir berikut ini mempengaruhi kecuraman arus pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Kecuraman Arus Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2003)

Tingkat Proteksi	Kecuraman Rata-rata (di/dt30/90%) (kA/us)
I	200kA/us
II	150kA/us
III	100kA/us
IV	100kA/us

2.2.5. Penumian

Penumian yaitu menanam batang elektroda kedalam tanah dengan tujuan mendapatkan tahanan bumi yang diinginkan. Penghantar yang tidak berisolasi yang ditanam ke dalam tanah merupakan bagian dari elektroda bumi, seperti Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Sistem grounding.

Hampir semua bahan elektroda menggunakan tembaga atau baja di galvanisasi atau dilapisi dengan tembaga.

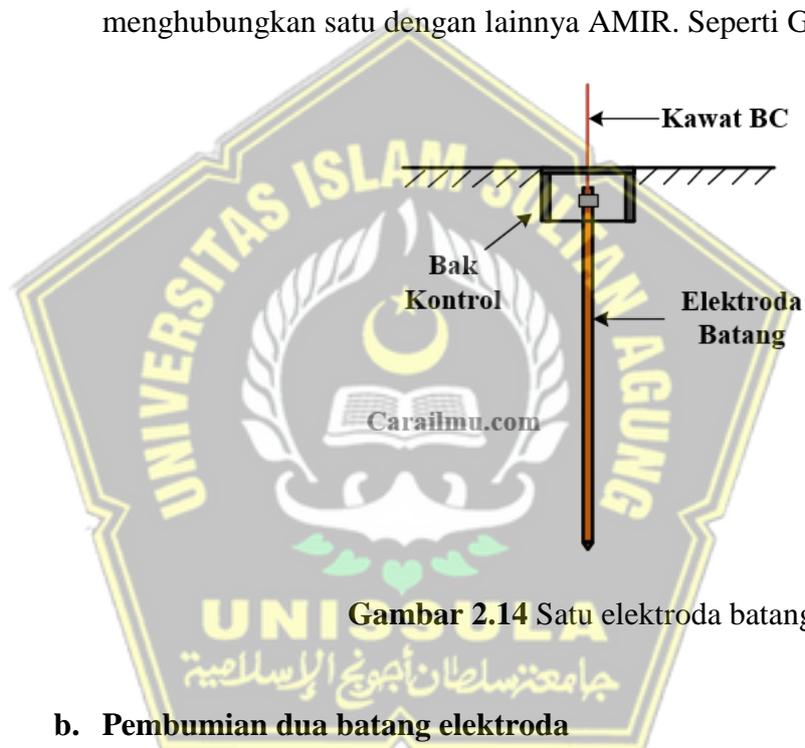
2.2.6. Elektroda Pembumian

Terdapat berbagai jenis elektroda pembumian :

1. Elektroda batang

a. Pembumian satu batang elektroda

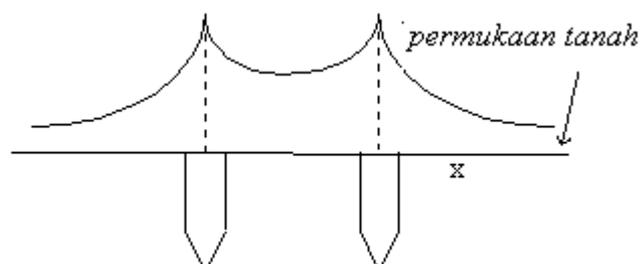
Elektroda batang dalam pemasangannya harus ditanam tegak lurus ke dalam tanah. Banyaknya batang elektroda tergantung dengan ketahanan yang diinginkan. Semakin kecil tahanan yang diinginkan maka semakin banyak batang elektroda, dengan cara menghubungkan satu dengan lainnya AMIR. Seperti Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Satu elektroda batang.

b. Pembumian dua batang elektroda

Dengan menambahkan batang elektroda dengan cara paralel maka dapat memperkecil tahanan pembumian. Seperti Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Distribusi tegangan dua buah elektroda batang.

Untuk menghitung pentanahan menggunakan dua batang elektroda menggunakan Persamaan (2.9).

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \left\{ \ln \frac{4l}{d} - 1 + \ln \left(2L + \sqrt{S^2 + 4L^2} \right) + \frac{S}{2L} - \frac{\sqrt{S^2 + 4L^2}}{2L} \right\} \quad (2.9)$$

Dengan :

S = Jarak antara kedua konduktor

Pembumian lebih dari satu batang elektroda atau disebut juga multiple rod, penanaman multiple rod secara tegak lurus ke dalam tanah yakni menggunakan Persamaan (2.10).

$$R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}} \dots (2.10)$$

Apabila tahanan pembumian pada daerah bangunan diasumsikan sama bisa menggunakan Persamaan (2.11).

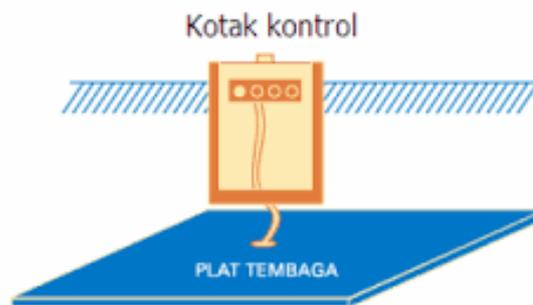
$$R_{tot} = \frac{1}{n \times \frac{1}{R_1}} \dots (2.11)$$

c. Pembumian beberapa batang elektroda

Pemasangan batang elektroda ke dalam tanah dengan tegak lurus dan menggunakan beberapa elektroda batang.(multiple rod).

2. Elektroda plat

Pada Gambar 2.16, Elektroda jenis ini biasanya di tanam ke dalam tanah. Bahan pembuatan elektroda plat menggunakan plat logam dengan lubang di tengahnya atau kawat kasa.



Gambar 2.16 Elektroda Plat

Bentuk elektroda pelat biasanya empat persegi atau persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang ditanam didalam tanah. Cara penanaman biasanya secara *vertical*, Sehingga penanaman secara *vertical* lebih praktis dan ekonomis.

$$R = \frac{\rho}{4,1 L} \cdot \frac{1+1,84 b}{t} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

R = Tahanan pentanahan pelat (Ohm)

b = Lebar pelat (m)

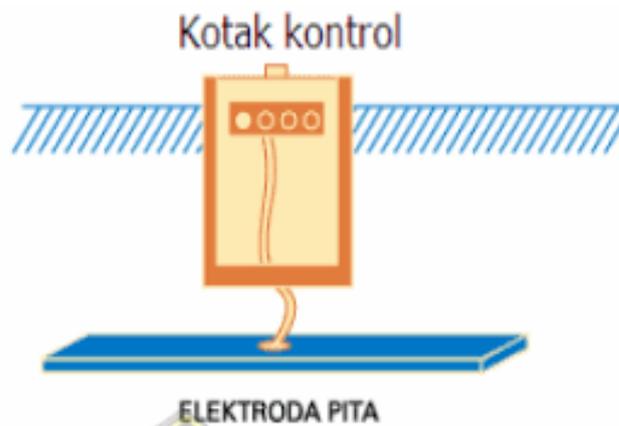
ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

t = kedalaman pelat tertanam (m)

L = Panjang pelat (m)

a. Elektroda Pita

Pada Gambar 2.17, elektroda jenis ini berpenampang bulat atau berbentuk pita. Penanaman elektroda jenis ini di tanam dangkal kurang lebih 0,5-1m.



Gambar 2.17 Elektroda pita.

Elektroda pita yaitu elektroda dari hantaran pilin ataupun hantaran berpenumpang bulat atau berbentuk pita yang biasanya ditanam secara dalam. Akan timbul masalah pada pemancangan ini jika mendapat beberapa lapisan tanah yang berbatu. Selain pemancangannya yang sulit, untuk memperoleh rendahnya nilai tahanan juga mengalami masalah [1]. Kenyataannya, selaku yang menggantikan pemancangan batang hantaran ke dalam tanah secara vertikal, bisa lewat batang hantaran yang ditanam secara dangkal dan mendatar. Selain kesederhanaan ini, nyatanya tahanan pentanahan yang diperoleh ditentukan oleh bentuknya konfigurasi elektroda yang ada semacam berbentuk radial, melingkar atau kombinasinya pada Persamaan (2.13).

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{A} - 1 \right] \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan :

R = Tahanan pentanahan (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

A = Diameter elektroda (m)

L = Panjang elektroda (m)

Tabel 2.20 Besar dan ukuran elektroda pembedaan.

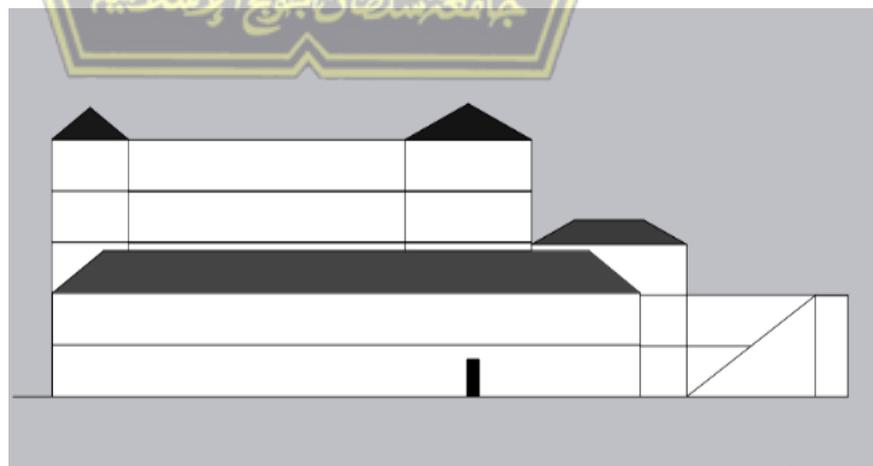
No	Bahan jenis Elektroda	Baja Galvanisasi Dengan Proses Pemanasan	Baja Berlapis Tembaga	Tembaga
1.	Elektroda Pita	Pita baja 100 mm setebal minimum 3 mm	50 mm	Pita Tembaga 50 mm tebal minimum 2 mm
		Penghantar pilin 95mm (bukan kawat halus)		Penghantatr pilin 35 mm (bukan kawat halus)
2.	Elektroda Batang	Pipa baja 25mm Baja profil (mm) L 65x65x7 U 6,5T6 x 50 x 3 Batang Profil lain yang setaraf	Baja diameter 15mm dilapisi tembaga setebal 250µm	
3.	Elektroda Plat	Plat besi tebal 3 mm luas 0,52 sampai 1 m	Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m sampai 1 m	Elektroda batang

BAB III

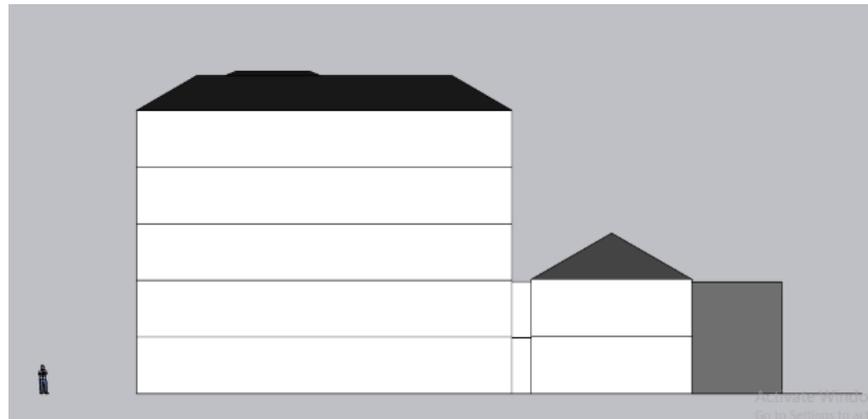
METODE PENELITIAN

3.1. Model Penelitian

Tugas akhir ini penulis mengawali penelitian tentang sistem proteksi kemudian menentukan lokasi penelitian. Setelah lokasi penelitian selanjutnya adalah mengumpulkan data data primer dengan cara langsung ke sumbernya, di penelitian kali ini sumber penelitian yaitu SMK Bhakti Praja Jepara. Setelah data primer terkumpul selanjutnya pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari buku, jurnal maupun penelitian orang lain. Setelah itu menentukan tahapan dan prosedur penelitian dan untuk data pentanahan dilakukan dengan mengukur pentanahan menggunakan alat *earth tester* untuk didapatkan hasil pengukuran pentanahan, nilai pentanahan yang bagus adalah kurang dari 5Ω dengan cara menanam batang elektroda jika sudah ada tetapi belum mencapai 5Ω maka dapat menambahkan batang elektroda. Kemudian langkah terakhir yaitu menganalisa dan menyimpulkan. Berikut Gambar 3.1 yang menunjukkan tinggi rendah bangunan gedung SMK Bhakti Praja Jepara.



Gambar 3.1 Bangunan tampak depan SMK Bhakti Praja Jepara.



Gambar 3.2 Bangunan tampak samping SMK Bhakti Praja Jepara

3.2. Objek Penelitian

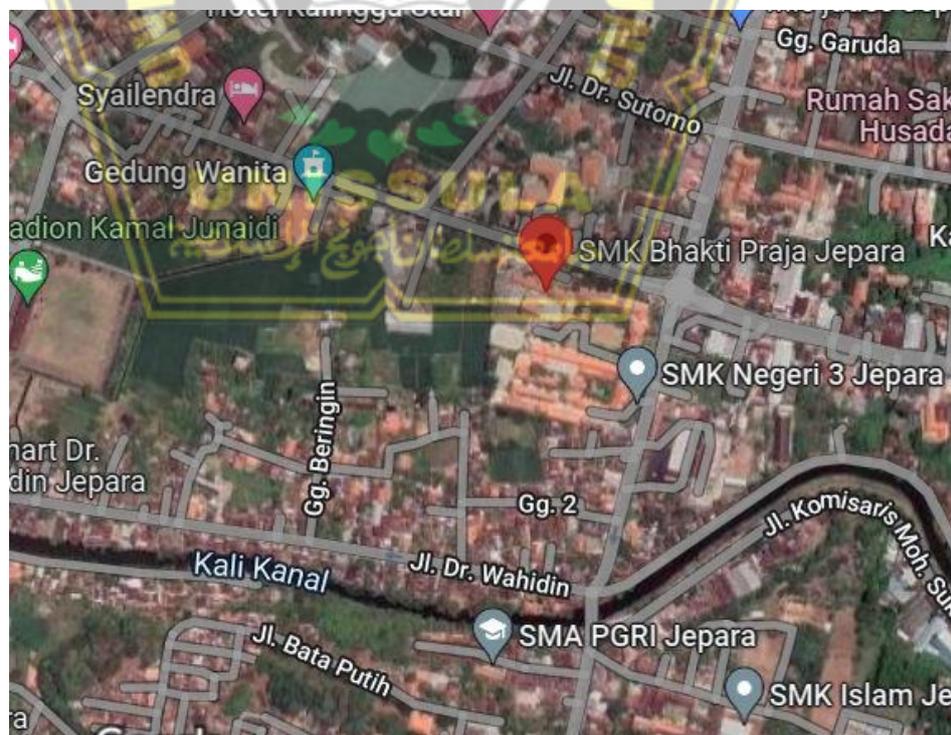
Penelitian analisa perencanaan penangkal petir berada di :

Alamat : Jl. Hos Cokroaminoto Demaan VIII, Demaan

Kecamatan : Jepara

Kabupaten : Jepara

Kode Pos : 59419



Gambar 3.3 Denah Lokasi

3.3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. Laptop untuk membuat laporan
2. Alat tulis
3. Eart Tester merk kyoritsu 4015A
4. Batang Tembaga 2 Meter

3.4. Data Penelitian

Pada penelitian analisa Perencanaan penangkal petir membutuhkan data penelitian yaitu dimensi gedung SMK Bhakti Praja jepara, Hari guruh Kabupaten Jepara Pentanahan di SMK Bhakti Praja Jepara dan luas Area bangunan.

3.4.1. Data Hari Guruh kabupaten Jepara

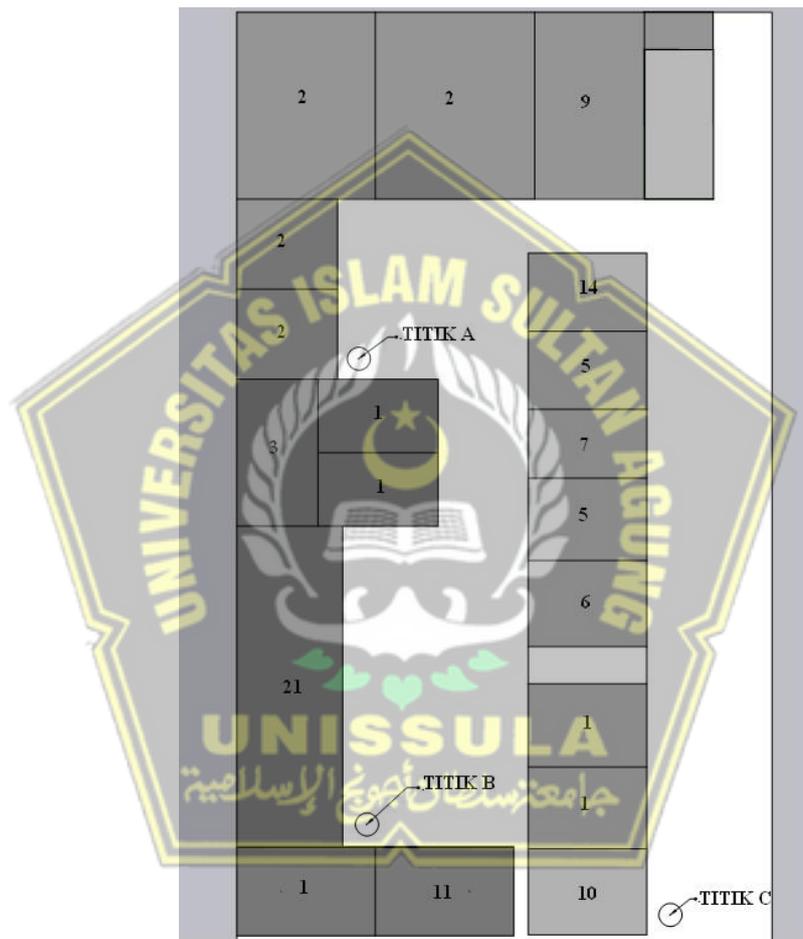
Berdasarkan BMKG Klimatologi Semarang hari guruh tahun 2021 pada provinsi jawatengah terdapat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hari Guruh Jawa Tengah

Bulan	Hari Guruh
Januari	4
Februari	2
Maret	10
April	4
Mei	4
Juni	5
Juli	1
Agustus	1
September	6
Oktober	7
November	7
Desember	6
Jumlah	58

3.4.2. Denah Lokasi Gedung SMK Bhakti Praja Jepara

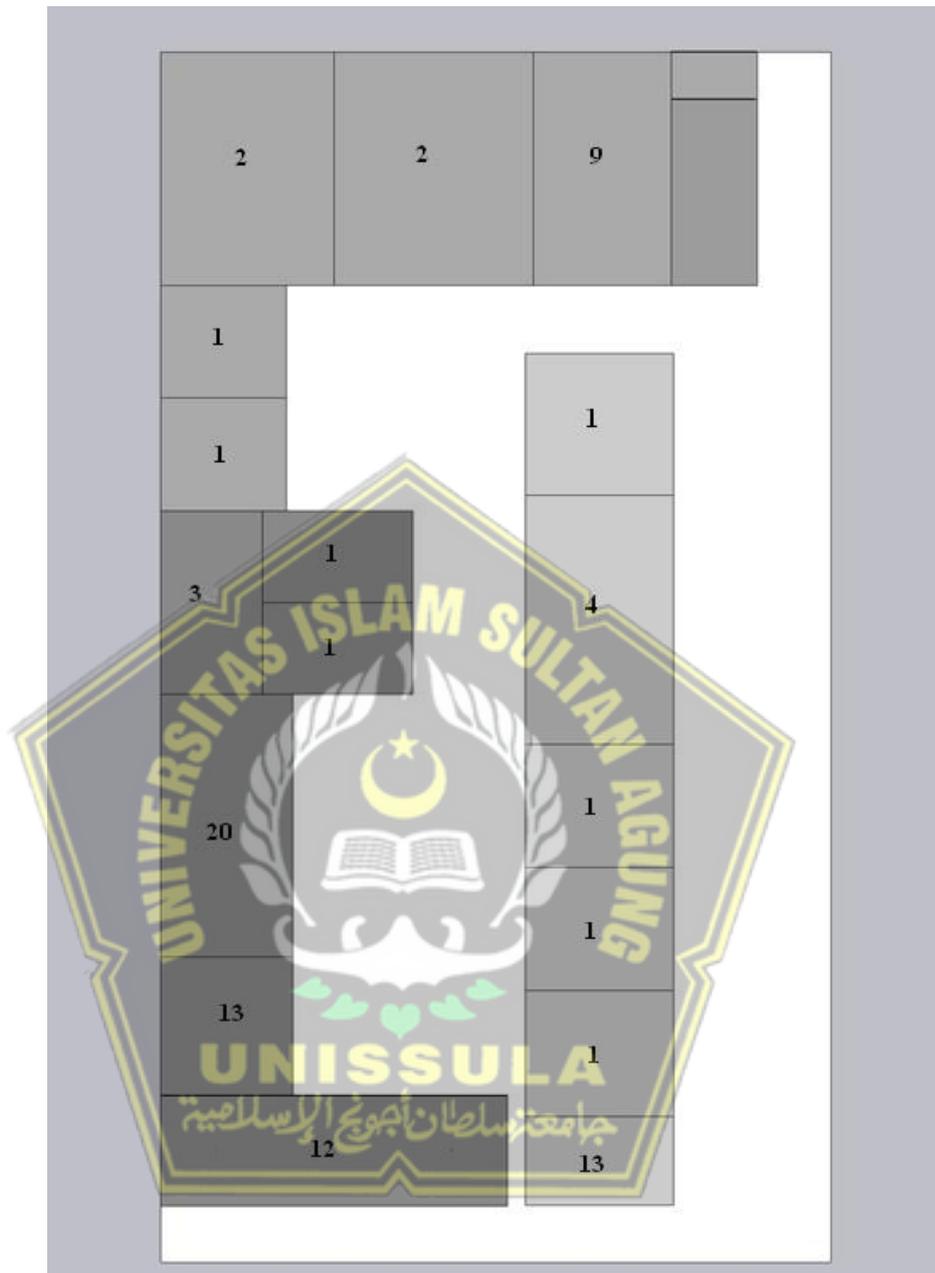
Bangunan pada SMK Bhakti Praja Jepara untuk penelitian analisa perencanaan peangkal petir. Untuk pengukuran pentanahan mengambil beberapa titik, untuk yang titik A berlokasi di parkir, titik B berlokasi di Lapangan, titik C berlokasi di halaman depan. Seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Denah lokasi SMK Bhakti Praja Lantai 1

Keterangan :

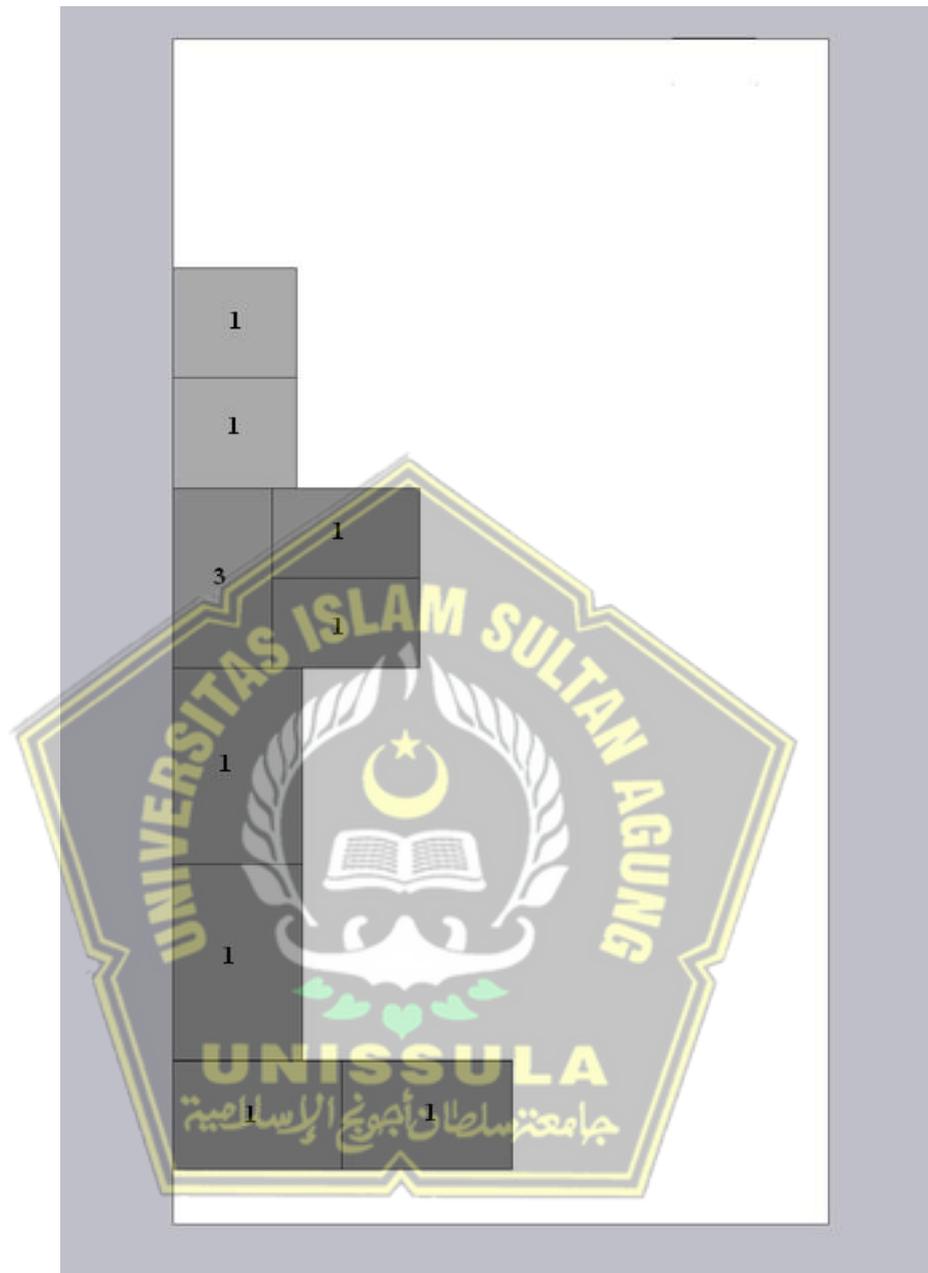
- | | | |
|-------------------------|---------------------|--------------|
| 1. Ruang Kelas | 8. Ruang Rapat | 15. UKS |
| 2. Ruang Peraktek Kerja | 9. Mushola | 16. Kantin |
| 3. Ruang LAB | 10. Gudang | 17. Toilet |
| 4. AULA | 11. Koperasi | 18. Lapangan |
| 5. Ruang Guru | 12. Perpustakaan | 19. Parkiran |
| 6. Ruang TU | 13. Ruang Serbaguna | 20. Komputer |
| 7. Lobby | 14. Ruang BK | 21. Garasi |



Gambar 3.5 Denah lokasi SMK Bhakti Praja Lantai 2

Keterangan :

- | | | |
|-------------------------|---------------------|--------------|
| 1. Ruang Kelas | 8. Ruang Rapat | 15. UKS |
| 2. Ruang Peraktek Kerja | 9. Mushola | 16. Kantin |
| 3. Ruang LAB | 10. Gudang | 17. Toilet |
| 4. AULA | 11. Koperasi | 18. Lapangan |
| 5. Ruang Guru | 12. Perpustakaan | 19. Parkiran |
| 6. Ruang TU | 13. Ruang Serbaguna | 20. Komputer |
| 7. Lobby | 14. Ruang BK | 21. Garasi |



Gambar 3.6 Denah lokasi Smk Bhakti Praja lantai 3.

Keterangan :

- | | | |
|-------------------------|---------------------|--------------|
| 1. Ruang Kelas | 8. Ruang Rapat | 15. UKS |
| 2. Ruang Peraktek Kerja | 9. Mushola | 16. Kantin |
| 3. Ruang LAB | 10. Gudang | 17. Toilet |
| 4. AULA | 11. Koperasi | 18. Lapangan |
| 5. Ruang Guru | 12. Perpustakaan | 19. Parkiran |
| 6. Ruang TU | 13. Ruang Serbaguna | 20. Komputer |
| 7. Lobby | 14. Ruang BK | 21. Garasi |

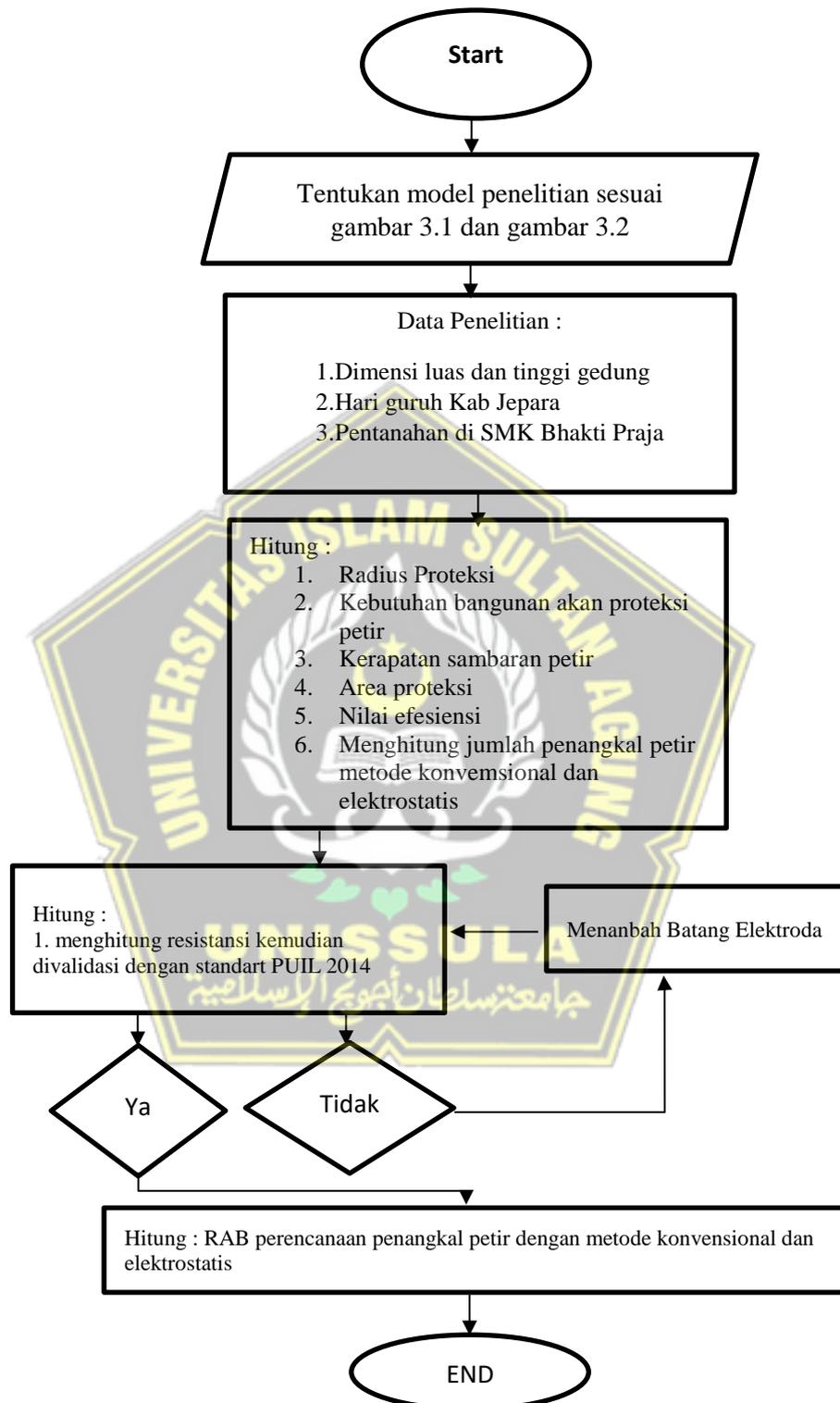


Gambar 3.7 Denah lokasi Smk Bhakti Praja lantai 4 dan 5

Keterangan :

- | | | |
|-------------------------|---------------------|--------------|
| 1. Ruang Kelas | 8. Ruang Rapat | 15. UKS |
| 2. Ruang Peraktek Kerja | 9. Mushola | 16. Kantin |
| 3. Ruang LAB | 10. Gudang | 17. Toilet |
| 4. AULA | 11. Koperasi | 18. Lapangan |
| 5. Ruang Guru | 12. Perpustakaan | 19. Parkiran |
| 6. Ruang TU | 13. Ruang Serbaguna | 20. Komputer |
| 7. Lobby | 14. Ruang BK | 21. Garasi |

3.5 Flow Chart



Gambar 3.8 Flowchart Penelitian

3.6 Langkah Penelitian

Langkah-langkah dalam menganalisis data adalah sebagai berikut :

1. Meninjau secara langsung objek penelitian
2. Mencari tahu posisi gedung dan dimensi gedung
3. Mencari hari guruh di daerah tersebut dan frekuensi sambaran petir yang diperbolehkan (BMKG)
4. Mengukur pentanahan di SMK Bhakti Praja menggunakan alat ukur *earth tester*. Dalam penggunaan alat ukur *earth tester* sendiri yaitu pertama-tama harus dilakukan kalibrasi pada alat *earth tester* setelah dikalibrasi tempatkan kabel konektor pada masing-masing tempat yaitu untuk kabel konektor warna hijau sambungkan ke *grounding* yang sudah terpasang sebelumnya, untuk kabel warna merah dan warna kuning sambungkan pada batang elektroda bantu yang sudah ditancapkan ke tanah dengan jarak 5-10 meter atau 10 – 20 meter. Setelah itu cek *earth voltage* yaitu dengan cara mengarahkan selector ke *earth voltage* jika tegangan menunjukkan kurang dari 10 V bisa dilanjutkan untuk melakukan pengukuran dan jika tegangan menunjukkan lebih dari 10 V maka tidak bisa dilakukan untuk pengukuran dikarenakan dapat merusak alat tersebut, setelah melakukan pengecekan *earth voltage* bisa dimulai untuk pengukuran dengan cara mengarahkan selector ohm pada posisi 2000 Ω setelah itu turunkan ke 200 Ω , turunkan lagi ke 20 Ω dari range range tersebut akan menampilkan hasil pengukurannya, dan jangan lupa untuk menekan tombol *press to test* dan putar ke arah *lock*. Untuk titik-titik pengukurannya yaitu Gedung MCEB, Gedung D, dan Gedung B. Berikut untuk gambar alat ukur *earth tester* merk Kyoritsu – 4105A yang digunakan untuk melakukan pengukuran. Seperti Contoh gambar 3.7



Gambar 3.9 Earth Tester Merk Kyoritsu-4105A

5. Menentukan indeks perkiraan bahaya menurut PUIPP. seberapa besar kebutuhan bangunan akan sistem proteksi petir ditentukan melalui penjumlahan suatu indeks yang menjadi kondisi bangunan pada lokasi tertentu. Jika R atau perkiraan bahaya sambaran petir atas dasar PUIPP memiliki nilai lebih dari 14 maka diperlukan pengamanan proteksi petir dikarenakan memiliki bahaya sambaran petir yang sangat besar.

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

Dengan :

R : Perkiraan bahaya sambaran petir atas dasar PUIPP

A : Indeks bahaya menurut jenis bangunan

B : Indeks bahaya menurut konstruksi bangunan

C : Indeks bahaya menurut tinggi bangunan

D : Indeks bahaya menurut situasi bangunan

E : Indeks bahaya menurut hari guruh

6. Menentukan indeks perkiraan bahaya menurut Standart NFPA. Mengacu pada standar NFPA 780 yaitu dengan melakukan penjumlahan terhadap beberapa indeks yang mewakili kondisi lokasi bangunan, selanjutnya dilakukan pembagian atas hasil tersebut dengan indeks yang mewakili isokeraunic level diarea terkait. Jika R atau perkiraan bahaya sambaran petir atas dasar NFPA 780 memiliki nilai lebih dari 7 maka sangat diperlukan sistem proteksi petir dikarenakan memiliki perkiraan sambaran petir yang besar.

$$R = \frac{A+B+C+D+E}{F}$$

Dengan :

R : Perkiraan bahaya sambaran petir atas dasar NFPA 780

A : Indeks jenis struktur

B : Indeks jenis konstruksi

C : Indeks lokasi bangunan

D : Indeks topografi

E : Indeks penggunaan dan isi bangunan

F : Indeks IKL (Isokeraunic Level)

7. Menentukan kebutuhan proteksi petir menurut IEC. Mengacu pada standar IEC 1024-1-1, tingkatan proteksi memadai yang dipilih bagi sebuah sistem proteksi petir yaitu sesuai dengan frekuensi sambaran petir tahunan wilayah itu yang sudah diijinkan dan frekuensi sambaran petir langsung setempat yang berdasar perkiraannya menuju struktur yang dilindungi. Setelah menentukan kebutuhan proteksi petir berdasarkan IEC 1024-1-1 dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (2.4) sampai (2.5) dapat digunakan untuk menghitung efisiensi untuk mencari sudut radius proteksi konvensional.

$$N_g = 0,04 \cdot I_{KL}^{1,25} / \text{km}^2 / \text{thn}$$

Dengan :

IKL : Isokeraunic level didaerah tempat struktur yang hendak diproteksi

N_g : Kerapatan kilat petir ke tanah

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} / \text{tahun}$$

Dengan :

A_e : Luas daerah dengan nilai sambaran petir sejumlah N_d (Km^2)

N_d : Frekuensi sambaran petir langsung setempat

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2$$

Dengan :

h : Tinggi bangunan (m)

a : Panjang bangunan (m)

b : Lebar bangunan (m)

8. Menghitung radius proteksi di SMK Bhakti Praja menggunakan persamaan (2.1)

$$r = h \times \tan a$$

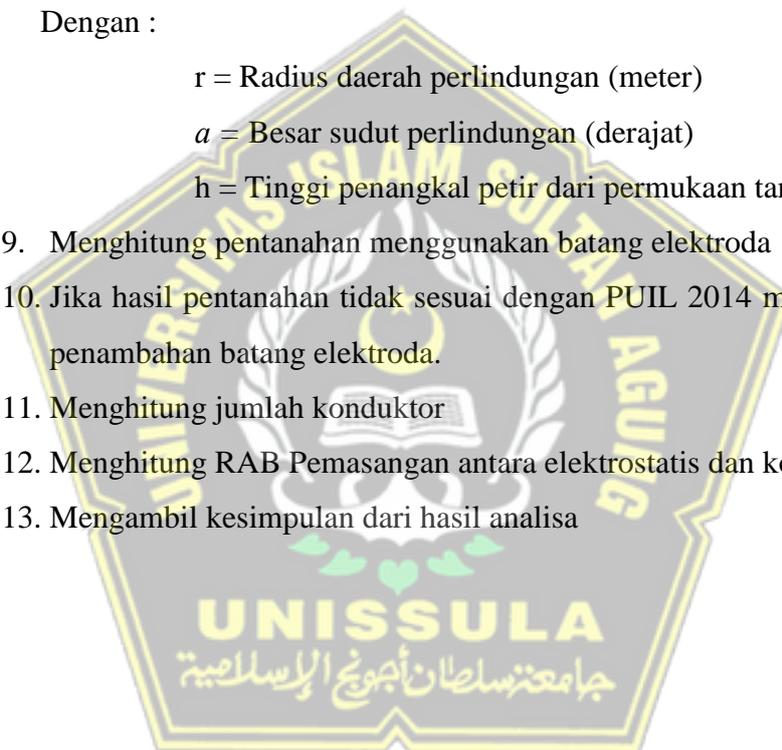
Dengan :

r = Radius daerah perlindungan (meter)

a = Besar sudut perlindungan (derajat)

h = Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah (meter)

9. Menghitung pentanahan menggunakan batang elektroda
10. Jika hasil pentanahan tidak sesuai dengan PUIL 2014 maka dilakukan penambahan batang elektroda.
11. Menghitung jumlah konduktor
12. Menghitung RAB Pemasangan antara elektrostatis dan konvensional
13. Mengambil kesimpulan dari hasil analisa



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Pentanahan

Hasil pengukuran pentanahan di SMK Bhakti Praja Jepara pada salah satu gedung dengan luas . berikut data pengukuran petanahan yang ada di SMK Bhakti Praja Jepara di Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tempat titik pengukuran pentanahan

No	Tempat Titik	Hasil
1	Titik A berlokasi di parkir	3,88 Ω
2	Titik B berlokasi di lapangan	5,17 Ω
3	Titik C berlokasi di halaman depan	74,7 Ω

Untuk titik C kenapa memiliki nilai pengukuran sebesar 74,7 ohm. Dikarenakan tanah tersebut merupakan jenis bebatuan dan untuk di bawahnya sudah tertanam tanah beton.

4.2 Aturan Peraturan Umum Instalasi Peangkal Petir (PUIPP)

Untuk menentukan proteksi terhadap suatu gedung, dapat menggunakan indeks yang terkait seperti Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) dengan mengacu pada tabel 1 sampai tabel 5. Langkah dalam menentukan indeks PUIPP yaitu dengan melihat kondisi objek yang diteliti. Persamaan (2.2) merupakan rumus indeks PUIPP :

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

Semakin besar R1 maka kebutuhan proteksi petir sangat besar, berikut nilai indeks pada gedung di SMK Bhakti Praja Jepara.

- a. Mengacu pada tabel 1. Gedung di Smk Bhakti Praja Jepara memiliki indeks A sebesar 3 di karenakan tempat yang penting yaitu sekolah.
- b. Pada tabel 2 indeks PUIPP gedung X di SMK Bhakti Praja Jepara memiliki nilai sebesar 2 dikarenakan bangunan beton dengan atap bukan logam

- c. Pada tabel 3 indeks PUIPP gedung X di SMK Bhakti Praja Jepara memiliki nilai indeks sebesar 4 dikarenakan gedung memiliki tinggi 23 m maka lebih amannya menggunakan indeks 25 m
- d. Pada tabel 4 indeks PUIPP gedegung X di SMK Bhakti Praja Jepara memiliki indeks sebesar 0 dikarenakan SMK bhakti Praja Jepara di tanah datar
- e. Pada Tabel 5 indeks PUIPP gedung X di SMK bhakti Praja Jepara memiliki Indeks 5 dikarenakan pertahun 2021 menurut statiuon klimatologi jawa tengah kota semarang hari guruh tahun 2021 sebanyak 57 hari.

Dengan mengetahui besarnya indeks menurut PUIPP pada SMK bhakti Praja Jepara dan menggunakan persamaan (2.1) maka dapat diketahui besarnya kebutuhan proteksi petir di SMK bhakti Praja Jepara sebagai berikut :

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

$$R = 3 + 2 + 4 + 0 + 5$$

$$R = 14 \text{ (dianjurkan)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan indeks PUIPP, di SMK Bhakti Praja Jepara sangat di anjurkan karena hasil indeks sebesa $r > 13$.

4.3 Aturan Standar Nasional Fire Protection Association (NFPA)

Indeks-indeks yang menyatakan factor-faktor menurut (NFPA) 780 juga bisa dipergunakan dalam penentu besarnya kebutuhan bangunan terhadap perlindungan petir. Cara menentukan besarnya kebutuhan tersebut adalah menggunakan standar NFPA sama dengan standar PUIPP yaitu menjumlahkan indeks dari tabel 2.9 sampai tabel 2.13 dan dibagi indeks f dari tabel 2.14. Merujuk tabel 2.15 dengan memperhatikan kondisi dan keadaan tempat yang akan ditentukan tingkat risikonya serta menjumlahkan indeks-indeks (R) bisa didapatkan perkiraan bahaya akan sambaran petir seperti persamaan (2.4)

$$R = \frac{A+B+C+D+E}{F}$$

1. Merujuk pada tabel 2.9 gedung SMK Bhakti Praja Jepara memiliki indeks A sebesar 9 dikarenakan tempat sekolah, karena besiri banyak orang seperti siswa, siswi, dan guru.

2. Merujuk pada tabel 2.10 gedung SMK Bhakti Praja Jepara memiliki indeks B sebesar 3 dikarenakan atap berupa campuran aspal, genteng atau tera.
3. Merujuk pada tabel 2.11 gedung SMK Bhakti Praja Jepara memiliki indeks C sebesar 5 dikarenakan bangunan besar, melingkupi area lebih dari 929 m², luas tanah di SMK Bkati Praja +- 4495 m²
4. Merujuk pada tabel 2.12 gedung SMK Bhakti Praja Jepara memiliki indeks D sebesar 1 dikarenakan lokasi terdapat pada tanah datar.
5. Merujuk pada tabel 2.13 gedung SMK Bhakti Praja Jepara memiliki indeks E sebesar 6 dikarenakan terdapat bangunan berisi banyak orang (lebih dari 50 orang).
6. Merujuk pada tabel 2.14 gedung SMK Bhakti Praja Jepara memiliki indeks F sebesar 3 dikarenakan IKL (*Iso Kreaunic Level*) sebanyak 57 menurut hasil BMKG hari guruh.

Berdasarkan kebutuhan system proteksi petir merujuk pada nilai indeks-indeks NFPA 780, maka nilai indeks R pada gedung SMK Bhakti Praja Jepara adalah

$$R = \frac{A+B+C+D+E}{F}$$

$$R = \frac{9+3+5+1+6}{3}$$

$$R = 8$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas besarnya kebutuhan akan sistem proteksi petir NFPA 780 R = 8 mengacu pada tabel 2.15 dengan nilai indeks tersebut menunjukkan bahwa gedung SMK Bhakti Praja Jepara sangat memerlukan pengamanan sistem proteksi petir yang efektif dikarenakan memiliki perkiraan sambaran petir yang besar.

4.4 Aturan standart IEC 1024-1-1

Kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata pertahun (Ng) di SMK bhakti Praja Jepara dengan hari guruh sebesar 57 hari/tahun. Berikut hasil kerapatan sambaran petir dengan menggunakan persamaan (2.5) :

$$Ng = 0,04 \times \frac{Td^{1,25}}{km^2} / tahun$$

$$Ng = 0,04 \times \frac{57^{1,25}}{km^2} / tahun$$

$$Ng = 0,04 \times \frac{156,61}{km^2} / tahun$$

$$Ng = 6,26/km^2 / tahun$$

Area yang mencakup daerah proteksi (A_e) pada gedung X di SMK Bhakti Praja Jepara dengan memiliki lebar bangunan ($b = 48,8$ m) dan panjang ($a = 18,52$ m) serta tinggi bangunan ($h = 23$ m) dapat diketahui dengan persamaan (2.7) :

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2$$

$$A_e = 18,52 \times 48,8 + 6 \times 23(18,52 + 48,8) + 9 \times 3,14 \times 23^2$$

$$A_e = 903,776 + 138(67,32) + 19.949,54$$

$$A_e = 903,776 + 9.290,16 + 19.949,54$$

$$A_e = 30.143,476$$

Berdasarkan persamaan (2.6) frekuensi rata-rata sambaran petir tahunan yakni sebagai berikut :

$$Nd = Ng \times Ae \times 10^{-6} \times tahun$$

$$Nd = 6,26/km^2 / tahun \times 30.143,276 m^2 \times 10^{-6} \times tahun$$

$$Nd = 188.698,157 \times 10^{-6} \times tahun$$

$$Nd = 0,18 \times tahun$$

Sambaran frekuensi petir (N_c) senilai 10^{-1} / tahun menurut data stasiun klimatologi Semarang dikarenakan N_d bernilai lebih dari N_c , berikut hasilnya pada persamaan (2.8) :

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

$$E \geq 1 - \frac{0,1}{0,18}$$

$$E \geq 1 - 0,55$$

$$E \geq 0,45 = 45\%$$

Hasil perhitungan nilai E sebesar 0,45 atau 45% berdasarkan tabel pada tingkat proteksi ada di tingkat IV.

4.5 Radius Proteksi Petir Konvensional dan Elektrostatis

Tinggi gedung X di SMK Bhakti Praja Jepara memiliki tinggi 23m dan memiliki proteksi tingkat IV maka dapat diketahui penempatan terminasi udara dengan metode jala menggunakan persamaan (2.1) :

$$r = h x \tan \alpha$$

$$r = 23 x \tan 45^\circ$$

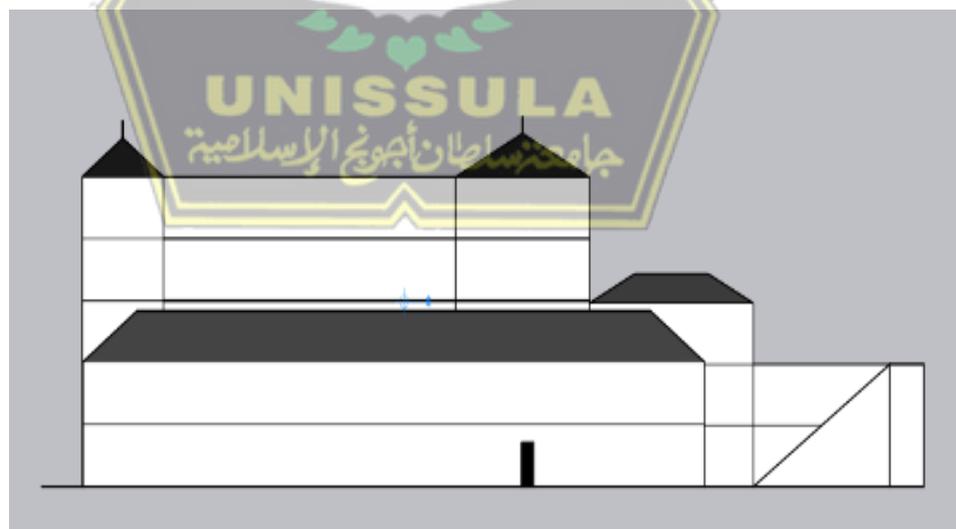
$$r = 23 \text{ meter}$$

Hasil dari persamaan (2.1) yang diterapkan di SMK Bhakti Praja Jepara yaitu radius proteksi petir selebar 23 m.

4.6 Penerapan Penangkal Petir Konvensional dan Elektrostatis

4.6.1. Penerapan Penangkal Petir Konvensional

Pada Penetapan penangkal petir konvensional, telah meletakkan beberapa penangkal petir untuk konvensional, untuk gambar bisa dilihat di gambar 4.1 sampai Gambar 4.2



Gambar 4.1 Gedung dipasang penangkal konvensional tampak depan.



Gambar 4.2 Gedung dipasang penangkal konvensional tampak tampak samping.

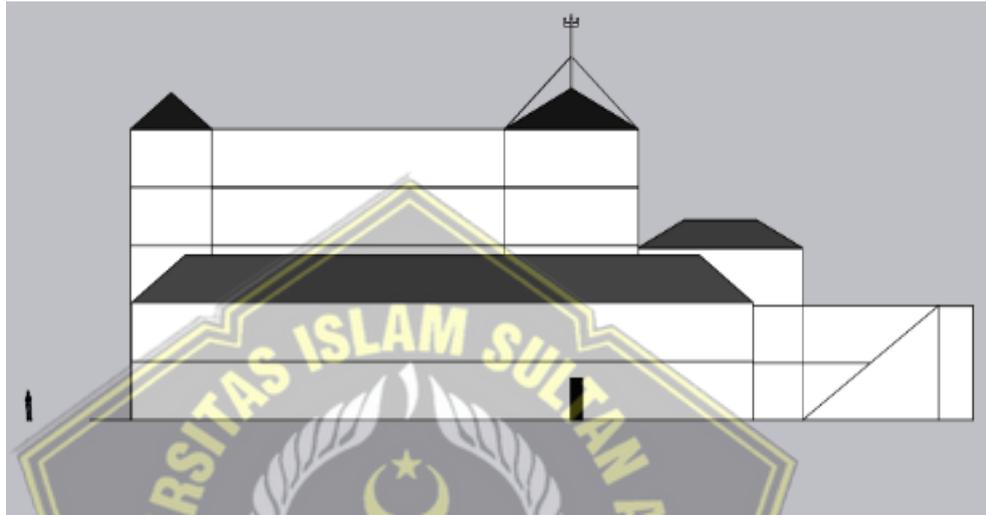
Pemasangan Penangkal petir konvensional jika menggunakan radius 23 Meter. Untuk gambaran radiusnya bias di lihat di gambar 4.3.



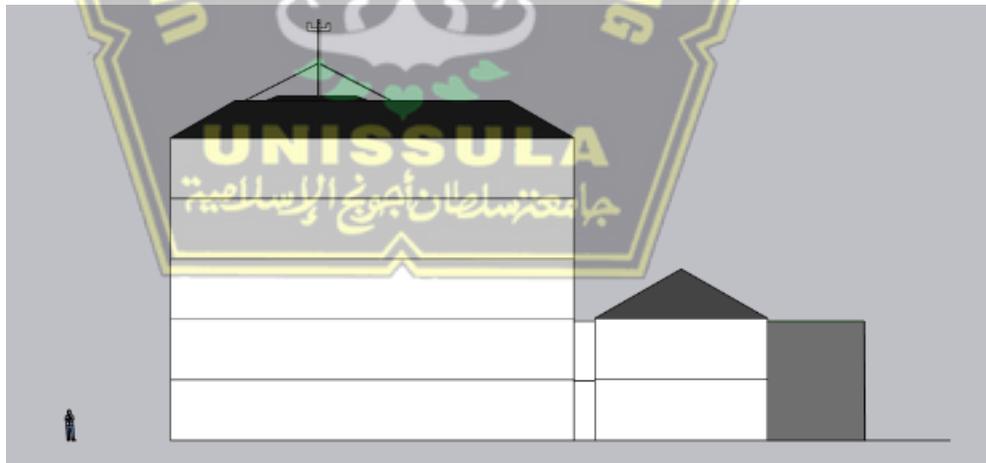
Gambar 4.3 Radius Penangkal Petir Konvensional

4.6.2. Penerapan Penangkal Petir Konvensional

Pada Penetapan penangkal petir elektrostatis, hanya terpasang satu batang penangkal petir elektrostatis, untuk gambar bisa dilihat di Gambar 4.4. sampai Gambar 4.5

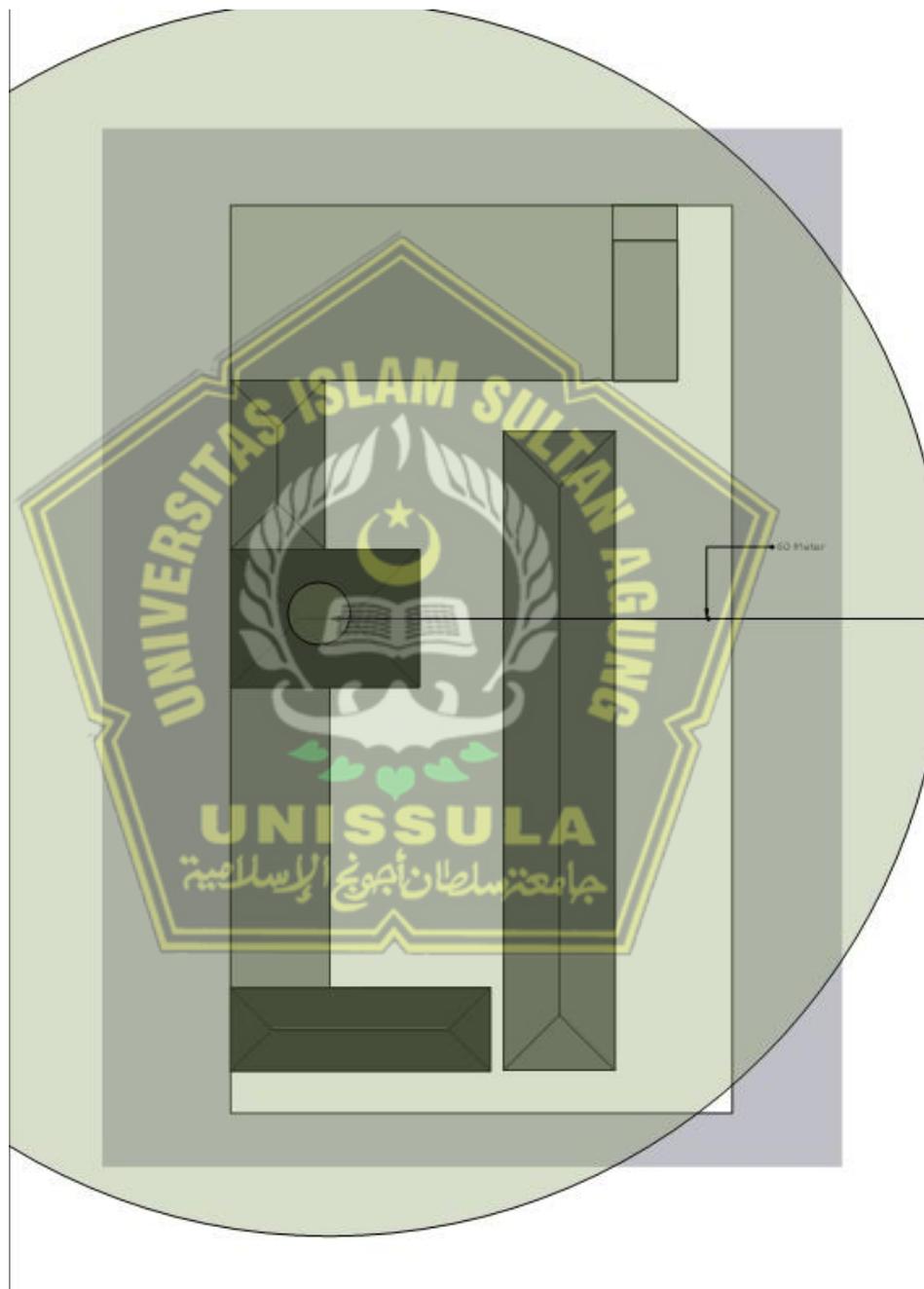


Gambar 4.4 Gedung dipasang penangkal elektrostatis tampak depan.



Gambar 4.5 Gedung dipasang penangkal elektrostatis tampak samping

Pemasangan Penangkal petir elektrostatis jika menggunakan radius 60 Meter tipe radius terendah elektrostatis. Untuk gambaran radiusnya bias di lihat di Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Radius Penangkal Petir Elektrostatis

4.7 Pentanahan

Salah satu aspek dalam perencanaan proteksi penangkal petir adalah pentanahan. Menurut tabel (4.1) dan dengan menggunakan batang tembaga berdiameter 0.01589 meter atau 5/8 inchi dengan panjang 4 meter dapat diketahui untuk jumlah batang yang dapat terpasang pada SMK Bhakti Praja Jepara mwnggunakan persamaan (2.9) :

Pada pengukuran titik A berlokasi di parkiran :

$$a. R = \frac{\rho}{2\pi L} x \left\{ \ln \frac{4L}{d} - 1 \right\}$$

$$R = \frac{3.88}{2.3,14.4} x \left\{ \ln \frac{4.4}{0.01589} - 1 \right\}$$

$$R = \frac{3.88}{25,52} x \left\{ \ln \frac{16}{0.01589} - 1 \right\}$$

$$R = 0.15 x \{ \ln 1006.9 - 1 \}$$

$$R = 0.15x \{ \ln 1005.9 \}$$

$$R = 0.15x (6,91)$$

$$R = 1.05 \Omega$$

Pada pengukuran titik B berlokasi di lapangan:

$$b. R = \frac{\rho}{2\pi L} x \left\{ \ln \frac{4L}{d} - 1 \right\}$$

$$R = \frac{5.17}{2.3,14.4} x \left\{ \ln \frac{4.4}{0.01589} - 1 \right\}$$

$$R = \frac{5.17}{25,52} x \left\{ \ln \frac{16}{0.01589} - 1 \right\}$$

$$R = 0.2 x \{ \ln 1006.9 - 1 \}$$

$$R = 0.2x \{ \ln 1005.9 \}$$

$$R = 0.2 x (6,91)$$

$$R = 1.39 \Omega$$

Pada pengukuran titik C berlokasi di halaman depan:

$$\begin{aligned}
 \text{c. } R &= \frac{\rho}{2\pi L} x \left\{ \ln \frac{4L}{d} - 1 \right\} \\
 R &= \frac{74,7}{2,3,14,4} x \left\{ \ln \frac{4,4}{0,01589} - 1 \right\} \\
 R &= \frac{74,7}{25,52} x \left\{ \ln \frac{16}{0,01589} - 1 \right\} \\
 R &= 2,92 x \{ \ln 1006,9 - 1 \} \\
 R &= 2,92x \{ \ln 1005,9 \} \\
 R &= 2,92x (6,91) \\
 R &= 20,22 \Omega
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan diatas dengan menggunakan tembaga 4 meter dan dengan diameter 5/8 inchi masih ada 1 bagian dengan nilai hambatan lebih dari 5 Ω . Dengan mengacu pada standart PUIL 2014 dimana pentanahan tidak boleh melebihi 5 Ω maka pembumian elektroda dapat ditambahkan atau di parallel. Adanya penamabahan elektroda maka dengan menggunkana persamaan () hasilnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\rho}{4\pi L} x \left\{ \ln \frac{4L}{d} - 1 + \ln(2L + \sqrt{S^2 + 4L^2}) + \frac{S}{2L} - \frac{\sqrt{S^2 + 4L^2}}{2L} \right\} \\
 R &= \frac{74,7}{4x3,14x4} x \left\{ \ln \frac{4x4}{0,01589} - 1 + \ln(2x4 + \sqrt{3^2 + 4x4^2}) + \frac{3}{2x4} - \frac{\sqrt{3^2 + 4x4^2}}{2x4} \right\} \\
 R &= \frac{74,7}{50,24} x \left\{ \ln \frac{16}{0,01589} - 1 + \ln(8 + 5 + 64) + \frac{3}{8} - \frac{3+64}{8} \right\} \\
 R &= \frac{74,7}{4x3,14x4} x \{ 5,91 + 4,31 + 0,62 - 8,3 \} \\
 R &= 1,4 x \{ 5,91 + 4,31 + 0,62 - 8,3 \} \\
 R &= 1,4 x 2,54 \\
 R &= 3,77 \Omega
 \end{aligned}$$

Dengan penambahan elektroda yang dihubungkan secara parallel didapatkan hasil 3,77 Ω . Nilai ini sudah memenuhi standart PUIL 2014 dikarenakan sudah ada di bawah 5 Ω .

4.8 Rancangan Anggaran Bangunan (RAB) Penangkal Petir Konvensional dan Elektrostatis

Dengan diketahuinya jumlah penangkal petir dan jumlah batang rod pentanahan maka dapat menentukan RAB antara penangkal petir konvensional dan elektrostatis.

4.8.1. Rancangan Anggaran Bangunan (RAB) Penangkal Petir Konvensional

Tabel 4.2 Rancangan anggaran bangunan (RAB) Konvensional.

Nama Barang	Volume	Unit	Harga /Unit	Harga
Material Instalasi Penangkal Petir				
Tombak Petir ¾” 30 cm + sok pipa	4	Unit	285.000	1.140.000
Kabel BC 20 mm (STARDO)	50	M	550.000	550.000
Pipa PVC Conduit 5/8”	6	Btg	34.700	108.200
Clamp Pipa PVC 5/8”	1	Bks	332.000	332.000
Dinabolt 12 mm	4	Pcs	6.316	25.574
Secun 50 mm	2	Pcs	10.000	20.000
Material Instalasi Grounding				
Rod Cooper 5/8” 4 meter	4	Btg	1.400.500	5.602.000
Clamp Rod Cooper	4	Pcs	40.000	160.000
Jumlah				7.537.774

4.8.2. Rancangan Anggaran Bangunan (RAB) Penangkal Petir Elektrostatis

Tabel 4.3 Rancangan anggaran bangunan (RAB) Elektrostatis.

Nama Barang	Volume	Unit	Harga /Unit	Harga
Material Instalasi Penangkal Petir				
Head Protection R-60 m (KURN)	1	Unit	1.746.000	1.746.000
Kabel BC 50 mm (STARDO)	30	M	650.000	650.000
Pipa GVS 2" Tbl 1.5mm P 2m	1	Btg	236.000	236.000
Pipa PVC Conduit 5/8"	6	Btg	34.700	108.200
Clamp Pipa PVC 5/8"	1	Bks	332.000	332.000
Dinabolt 12 mm	4	Pcs	6.316	25.574
Secun 50 mm	2	Pcs	10.000	20.000
Material Instalasi Grounding				
Rod Cooper 5/8" 4 meter	2	Btg	1.400.500	2.801.000
Clamp Rod Cooper	2	Pcs	40.000	80.000
Jumlah				5.723.774

Telah di ketahui jika hasil rancangan anggaran biaya untuk penangkal petir konvensional Rp. 7.537.774 dengan radius proteksi per batang penangkal petir 23 meter sedangkan untuk penangkal petir elektrostatis Rp5.723.774 dengan radius proteksi 60 meter.

4.9 Hasil Kajian Pembahasan

Dari hasil pembahasan yang sudah dibuat. Untuk hasil dari standar PUIPP, standar NFPA, standar IEC bahwa gedung SMK Bhakti Praja sangat diharuskan memasang sistem penangkal petir. dan untuk hasil perhitungan pentanahan untuk nilai tanah $3,88 \Omega$, $1,99 \Omega$, dan $3,77 \Omega$ maka nilai tersebut sudah sesuai SNI dan diperbolehkan untuk di pasang sistem penangkal petir. Penangkal petir yang disarankan yaitu menggunakan Sistem penangkal petir Elektrostatis dengan radius 60 meter yang bisa dilihat pada Gambar 4.6 , karena sudah cukup memproteksi seluruh bangunan gedung SMK Bhakti Praja Jepara. Jika menggunakan sistem penangkal petir konvensional maka masih ada beberapa gedung yang belum terproteksi. Untuk biaya pemasangan sistem penangkal petir elektrostatis lebih terjangkau dibandingkan dengan konvensional.



BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian perencanaan proteksi petir di SMK Bhakti Praja Jepara dapat ditarik kesimpulan :

1. SMK Bhakti Praja Jepara memerlukan Proteksi petir dikarenakan dari perhitungan Standart Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir mendapatkan nilai 14 sesuai dengan tabel 2.8 maka penangkal petir di SMK Bhakti Praja Jepara sangat diperlukan.
2. Setelah dilakukannya penelitian penangkal petir di SMK Bhakti Praja Jepara, dengan model konvensional didapat 23 meter radius proteksinya sedangkan untuk model elektrostatis dengan menggunakan Kurn R-60 radius proteksinya bisa mencapai 60 meter.
3. Setelah dilakukan penelitian dan perhitungan antara model konvensional dan elektrostatis. Rancangan anggaran konvensional mendapatkan Rp. 7.537.774 sedangkan elektrostatis Rp. 5.723.774 dengan mengetahui anggaran maka yang lebih efisien adalah menggunakan model elektrostatis.
4. Setelah dilakukan pengukuran pentanahan pada SMK Bhakti Praja Jepara. Mendapatkan hasil pengukuran tanah $3,88 \Omega$, $5,17 \Omega$, dan $74,7 \Omega$ maka perlu diparalel. Setelah perhitungan paralel maka didapatkan hasil $3,88 \Omega$, $1,39 \Omega$ dan $3,77 \Omega$ nilai ini sudah standart dengan PUILL 2014 dimana standart PUILL yaitu 5Ω .

5.2. Saran

1. Untuk SMK Bhakti Praja penulis menyarankan agar segera memasang penangkal petir dikarenakan setelah adanya penelitian nilai PUIPP sebesar 14 dimana nilai tersebut sangat dianjurkan untuk memasang penangkal petir.

2. Penulis menyarankan memilih penangkal petir elektrostatik dikarenakan biaya yang tidak jauh dengan konvensional tetapi untuk radius lebih besar elektrostatik.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Amir And M. F. Rahmannudin, “Studi Perencanaan Sistem Proteksi Petir Pada Area Berbahaya,” *Sinusoida*, Vol. Xxi, No. 2, Pp. 8–17, 2019.
- [2] B. Saragih, J. Purba, And J. Siburian, “Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Kemang Gallery Medan,” *Sist. Penangkal Petir Pada Gedung Kemanggallerymedan*, Vol. 9, No. 1, Pp. 44–61, 2020.
- [3] B. S. Purwita, A. Solihudin, And R. Prasetyo, “Penentuan Kebutuhan Proteksi Petir Pada Gedung Bertingkat Kantor Bpjs Ketenagakerjaan Cabang Blitar,” *J. Qua Tek.*, Vol. 7, No. 2, Pp. 27–42, 2017.
- [4] R. A. Ghani And T. Arfianto, “Perencanaan Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung Wisma Barito Pacific Menggunakan Metoda Rolling Sphere,” *Sneto*, Pp. 284–292, 2021.
- [5] N. Aryani, “Konsep Pendidikan Anak Usia Dini Dalam Perspektif Pendidikan Islam,” *J. Potensia*, Vol. 14, No. 02, Pp. 213–220, 2015.
- [6] R. Ainun, M. Abu, And B. Sidik, “Evaluasi Sistem Proteksi Petir,” *Eval. Sist. Prot. Petir Eksternal Pada Gedung Aula Dan Pus. Kegiat. Mhs. Fak. Ekon. Univ. Sriwij.*, Vol. 2, No. 1, Pp. 116–126, 2020.
- [7] C. M. Nadeak And I. Irfan, “Analisis Penangkal Petir Pada Peralatan Antena Radar Di Kantor Airnav Indonesia Cabang Pembantu Pangkalan Bun,” *J. Eeict (Electric Electron. Instrum. Control Telecommun.*, Vol. 5, No. 1, Pp. 4–9, 2022, Doi: 10.31602/Eeict.V5i1.6861.
- [8] Z. Hakim, “Masjid Raya Mujahidin Menggunakan Metode Bola Bergulir (Rolling Sphere Method),” *Univ. Tanjungpura*, Pp. 1–7, 2017.
- [9] R. Rohani, “Evaluasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Di Gedung Rektorat Universitas Negeri Yogyakarta,” *J. Edukasi Elektro*, Vol. 1, No. 2, Pp. 187–195, 2017, Doi: 10.21831/Jee.V1i2.17423.
- [10] J. Siburian, Jumari, And T. Hutagalung, “Studi Sistem Penangkal Petir Pada Menara Lampu Penerangan Parkir Bandara Kualanamu Oleh,” *J. Tek. Elektro*, Vol. Viii, No. 2, Pp. 73–80, 2019.
- [11] O. : Yahya, T. Ginting, J. Napitupulu, A. Giga, And A. Pane, “Simulasi Tegangan Induksi Kabel Akibat Arus Petir Pada Kawat Penangkal Petir,”