

**PERENCANAAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE
ELEKTROSTATIS PADA SMA NEGERI 1 TUNTANG**

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 :

ALIF NUR HUDHA

NIM 30601700006

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

2022

FINAL PROJECT

**PLANNING SYSTEM OF ELECTROSTATIC LIGHTNING
PROTECTION IN SMA NEGERI 1 TUNTANG**

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Sultan Agung Islamic University*



Arranged By :

ALIF NUR HUDHA

NIM 30601700006

**MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "PERENCANAAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE ELEKTROSTATIS PADA SMA NEGERI 1 TUNTANG" judul ini disusun oleh :

Nama : Alif Nur Hudha

NIM : 30601700006

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT

Agus Supriatno, S.T., MT

NIDN. 061 907 6401

NIDN. 060 204 7301

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Jenny Putri Hapsari, S.T., MT

NIK. 210 615 047

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PERENCANAAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE ELEKTROSTATIS PADA SMA NEGERI 1 TUNTANG” ini telah dipertahankan didepan Penguji Sidang Tugas Akhir Pada :

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dedi Nugroho, ST., MT.

NIDN. 0617126602

Ketua

Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT.

NIDN. 0618066301

Penguji II

Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.

NIDN. 0628086501

Penguji III

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Alif Nur Hudha
NIM : 30601700006
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Sistem Proteksi Petir Tipe Elektrostatis
Pada SMA Negeri 1 Tuntang

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, Mei 2022

Yang menyatakan,



Alif Nur Hudha

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Alif Nur Hudha

NIM : 30601700006

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Dsn Toyogiri RT 02/03, Desa Delik, Kec. Tuntang, Kab. Semarang

No. HP/Email : 087700356699 / alifnh@std.unissula.ac.id

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul :
**PERENCANAAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE ELEKTROSTATIS
PADA SMA NEGERI 1 TUNTANG**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non_Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan diinternet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, Mei 2022

Yang menyatakan,



Alif Nur Hudha

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan :

Pertama,

Allah SWT yang telah memberikan rahmat taufik dan hidayah serta kasih sayang Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas saya dalam melewati setiap ujian dan cobaan-Nya

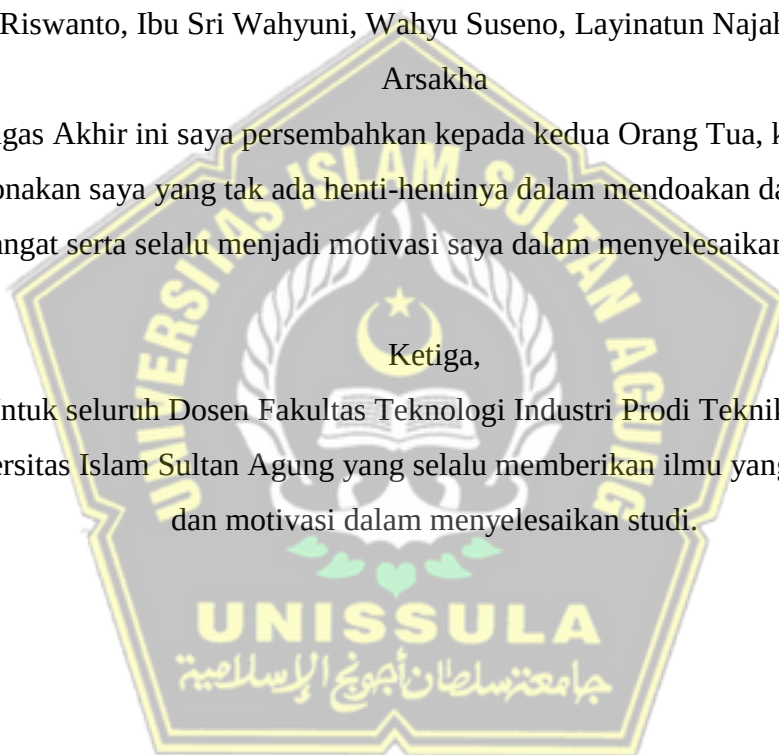
Kedua,

Bapak Riswanto, Ibu Sri Wahyuni, Wahyu Suseno, Layinatun Najah, dan El Alby
Arsakha

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kedua Orang Tua, kakak dan keponakan saya yang tak ada henti-hentinya dalam mendoakan dan memberi semangat serta selalu menjadi motivasi saya dalam menyelesaikan studi saya.

Ketiga,

Untuk seluruh Dosen Fakultas Teknologi Industri Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi dalam menyelesaikan studi.



HALAMAN MOTTO

“Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”

(Q.S. Al - Insyirah: 7)

“Tak ada penyakit yang tak bisa disembuhkan kecuali kemalasan. Tak ada obat yang tak berguna selain kurangnya pengetahuan”

(Ibnu Sina)

“Jika kau tidak memperoleh sesuatu padahal engkau telah mengusahakannya dengan sungguh-sungguh, maka kembalikanlah ke urusan hakikat dan katakanlah ‘ini takdirku’ ”

(Syeikh Nawawi Al-Bantani)



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis haturkan kepada kehadiran Allah SWT yang sudah memberi rahmat juga nikmat dengan diberi kesempatan mencari ilmu dalam kondisi sehat wal'afiat. Shalawat serta Salam kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW senantiasa tercurah, semoga nanti bisa memperoleh syafaatnya. Aamiin ya Yaa Robbaalalamin.

Disusunnya Tugas Akhir ini termasuk persyaratan mendapat gelar Sarjana pada Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Terkait Tugas Akhir disini, tidak sedikit pihak yang secara materil ataupun moril sudah membantu. Dengan demikian hendak disampaikan terimakasih, jazaakumullah khoiron katsiroh oleh penulis kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., SE., Akt., M. Hum. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT., dan Agus Suprajitno, ST., MT., selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya hingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Kedua orang tua Bapak Riswanto dan Ibu Sri Wahyuni yang saya cintai, akan senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan, perhatian, kesabaran, dan

kasih sayang yang tiada hentinya kepada penulis dalam penyusunan tugas Akhir ini.

7. Untuk teman – teman seperjuangan Teknik Elektro 2017 yang selalu memberi doa, semangat, dukungan, dan keceriaan.
8. Tidak lupa juga kepada seluruh pihak yang turut serta mendoakan, mendukung, dan membantu dalam menyusun Tugas Akhir, yang tidak mampu satu demi satu disebutkan.

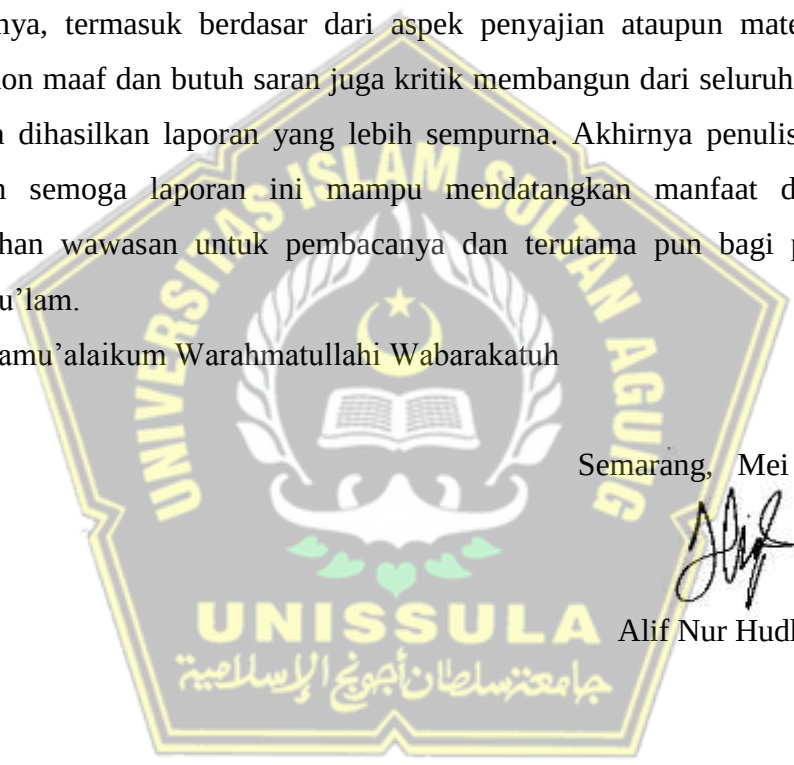
Disadari penulis bahwasannya Tugas Akhir yang disusun masih banyak kurangnya, termasuk berdasar dari aspek penyajian ataupun material. Penulis memohon maaf dan butuh saran juga kritik membangun dari seluruh pihak, untuk itu bisa dihasilkan laporan yang lebih sempurna. Akhirnya penulis mempunyai harapan semoga laporan ini mampu mendatangkan manfaat dan memberi tambahan wawasan untuk pembacanya dan terutama pun bagi para penulis. Wallahu'lam.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Semarang, Mei 2022



Alif Nur Hudha



DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACK	xvi
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 Impuls Petir.....	6
2.2.2 Kerusakan Akibat Sambaran Petir	6
2.2.3 Jenis – Jenis Penangkal Petir	7
2.2.4 Sistem Proteksi Petir Eksternal.....	9
2.2.5 Parameter Petir.....	19
2.2.6 Besar Kebutuhan Bangunan Akan Sistem Proteksi Petir.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	24

3.1 Model Penelitian	24
3.2 Objek penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan.....	24
3.4 Data Penelitian	24
3.4.1 Data Hari Guruh Kabupaten Semarang	25
3.4.2 Denah Lokasi Gedung SMAN 1 Tuntang.....	25
3.5 <i>Flow Chart</i>	27
3.6 Langkah penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Data Sistem Proteksi Petir Gedung SMA Negeri 1 Tuntang	29
4.2 Sistem Pentanahan Pada Gedung SMA Negeri 1 Tuntang	29
4.3 Hasil Pengukuran Pentanahan.....	31
4.4 Perhitungan Radius Proteksi	31
4.4.1 Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)	32
4.4.2 Berdasarkan <i>National Fire Protection Association</i> (NFPA) 780	33
4.4.3 Berdasarkan standart IEC 1024-1-1	34
4.5 Hasil Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung SMAN 1 Tuntang	35
4.6 Peralatan Proteksi Petir	37
BAB V PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN 1.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penangkal petir jenis sangkar faraday.....	8
Gambar 2. 2 Penangkal petir elektrostatik	9
Gambar 2. 3 Bentuk sudut proteksi.....	10
Gambar 2. 4 Metode bola bergulir	11
Gambar 2. 5 Elektroda Batang.....	16
Gambar 2. 6 Pembumian dengan dua batang elektroda.....	17
Gambar 2. 7 Elektroda Pita	18
Gambar 2. 8 Elektroda Plat	19
Gambar 3. 1 Denah lokasi SMAN 1 Tuntang.....	26
Gambar 3. 2 Denah Gedung Tampak Samping	26
Gambar 3. 3 Flow Chart Penelitian.....	27
Gambar 4. 1 Konduktor Penyalur Kebawah G. Kepsek	29
Gambar 4. 2 Konduktor Penyalur Kebawah G.Operator	30
Gambar 4. 3 Konduktor Penyalur Kebawah G. Kelas Tingkat.....	30
Gambar 4. 4 Konduktor Penyalur Kebawah G. Kelas 4	31
Gambar 4. 5 Radius Proteksi Konvensional Pada Gedung SMAN 1 Tuntang (Tampak Atas)	36
Gambar 4. 6 Luas Radius Proteksi Petir Setelah di Tambah Elektrostatik	36
Gambar 4. 7 Terminasi Udara Elektrostatik Kurn R-150.....	37
Gambar 4. 8 Konduktor BCC 70 mm	38
Gambar 4. 9 Desain Pemasangan Proteksi Petir	39
Gambar 4. 10 Gambar Gedung Tampak Depan.....	40
Gambar 4. 11 Gambar Gedung Tampak Samping.....	40
Gambar 4. 12 Gambar Gedung Tampak Atas.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi	10
Tabel 2. 2 Tahanan Jenis Tanah.....	15
Tabel 2. 3 Nilai puncak arus petir berdasarakan tingkat proteksi.....	20
Tabel 2. 4 Muatan listrik berdasarkan tingkat proteksi (SNI 03-7015-2004).....	20
Tabel 2. 5 Kecuraman arus berdasarkan tingkat proteksi (SNI 03-7015-2004).....	21
Tabel 2. 6 Efisiensi Sistem Proteksi Petir	23
Tabel 4. 1 Data Proteksi Petir Pada Gedung SMAN 1 Tuntang	29
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran Pentanahan	31
Tabel 4. 3 Hasil Penambahan Sistem Proteksi Petir Pada SMAN 1 Tuntang.....	37



ABSTRAK

Abstrak - Fenomena terjadinya petir merupakan hal yang alami dari sifat kelistrikan di bumi. Proses pembangunan gedung dan juga sempitnya lahan membuat pembangunan bertingkat menjadi solusi, akan tetapi bahaya sambaran petir menjadi lebih meningkat karena letaknya semakin tinggi dan dekat dengan awan. Hal ini mengakibatkan rusaknya peralatan komputer dan juga CCTV yang ada di sekolah karena proteksi petir yang kurang maksimal. Maka dari itu perlu dibuatkan perencanaan sistem proteksi petir tipe elektrostatis pada SMAN 1 Tuntang guna memproteksi gedung dan juga isinya dari sambaran petir.

Penelitian ini membahas tentang perencanaan sistem proteksi petir dengan tipe elektrostatis lengkap dengan pentanahannya pada SMAN 1 Tuntang dengan luas lahan 22.897 m^2 . Selanjutnya untuk data pentanahan dilakukan dengan pengukuran pentanahan menggunakan *earth tester* untuk didapatkan hasil pengukuran pentanahan. Kemudian pengukuran untuk memperoleh data kebutuhan bangunan akan proteksi petir. Selanjutnya penentuan lokasi terminasi udara yang akan dipasang, dan menghitung berapa batang pentanahan yang ditanam supaya didapatkan hasil resistansi kurang dari 5Ω .

Hasil menentukan bahwa setelah dilakukan pemodelan ulang sistem proteksi petir dengan menggunakan satu buah tipe elektrostatis dengan radius 120-150 meter yang dipasang di atap gedung kelas 11 dengan ketinggian total 18,30 meter sudah dapat memproteksi seluruh area gedung, kemudian sistem pentanahan yang awalnya melebihi standar PUIL 2013, kemudian dengan menanam 2 buah batang elektroda dengan panjang 4 meter yang di pasang secara paralel didapat hasil 4.47Ω hasil ini sudah memenuhi standar PUIL 2013 yaitu di bawah 5Ω .

Kata Kunci : Sistem Proteksi, Elektrostatis, SMAN 1 Tuntang

ABSTRACT

Abstract - The phenomenon of lightning is a natural thing from the nature of electricity on earth. The process of building construction and also the narrowness of the land makes multi-storey development a solution, but the danger of lightning strikes is increasing because it is higher and closer to the clouds. This resulted in damage to computer equipment and CCTV in schools due to less than optimal lightning protection. Therefore, it is necessary to design an electrostatic type of lightning protection system at SMAN 1 Tuntang to protect the building and its contents from lightning strikes.

This study discusses the design of a lightning protection system with an electrostatic type complete with grounding at SMAN 1 Tuntang with an area of 22,897 m². Furthermore, the grounding data is carried out by measuring the ground using an earth tester to obtain the results of grounding measurements. Then measurements to obtain data on the building's needs for lightning protection. Next, determine the location of the air termination to be installed, and calculate how many grounding rods are planted so that the resistance result is less than 5Ω.

The results determined that after remodeling the lightning protection system using an electrostatic type with a radius of 120-150 meters which was installed on the roof of a class 11 building with a total height of 18.30 meters was able to protect the entire building area, then the grounding system which initially exceeded the standard PUIL 2013, then by planting 2 electrode rods with a length of 4 meters which are installed in parallel, the results are 4.47Ω this result already meets the 2013 PUIL standard, which is below 5Ω.

Keyword : Protection System, Electrostatic, SMAN 1 Tuntang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena terjadinya petir merupakan hal yang alami dari sifat kelistrikan di bumi. Petir merupakan proses perpindahan muatan yang dapat terjadi antara awan dengan bumi, awan dengan udara, atau antar awan itu sendiri. Sambaran petir yang mengenai bangunan dapat mengakibatkan rusaknya peralatan elektronik. Oleh karena itu perlu dibuat perencanaan sistem proteksi petir dengan tipe elektrostatis yang memiliki tingkat keamanan yang tinggi sehingga tidak memberikan kerusakan besar terhadap bangunan atau peralatan yang dilindunginya dan lingkungan sambaran petir.

Mengingat lokasi SMAN 1 Tuntang yang berada di atas bukit serta letak bangunan berada di ketinggian hal ini sangat beresiko akan terjadinya objek sambaran petir. Guna mengurangi dan melindungi akibat kerusakan yang dipicu oleh sambaran petir, maka dilakukan pemasangan suatu pengaman sistem pada gedung bertingkat. Salah satu dari sistem pengaman ini yaitu sistem penangkal petir serta pentanahannya. Terkait hal ini, perlunya untuk memelihara sistem instalasi listrik secara baik yang terdiri dari pengaman, pelindung, serta berbagai perlengkapan yang lain.

Setelah dilakukan observasi dan pengamatan SMAN 1 Tuntang tersebut memiliki 20 bangunan gedung yang berdiri diatas lahan seluas 22.879 m² dan memiliki proteksi petir konvensional yang terletak di ke 4 gedung, gedung tersebut adalah gedung kepala sekolah, gedung operator, gedung kelas 7 tingkat, dan gedung kelas 4. Penulis juga telah melakukan perhitungan terhadap radius proteksi petir jenis konvensional dan didapatkan hasil untuk setiap terminasi udara jenis konvensional ini memiliki radius sebesar 18,70 meter, menurut hasil dan jumlah proteksi jenis konvensional tersebut belum mampu memproteksi semua area gedung sekolah.

Setelah dilakukan pengukuran terhadap pembumian yang ada di SMAN 1 Tuntang didapatkan hasil pengukuran untuk resistansi pembumian cukup besar untuk gedung operator memiliki resistansi 21,3 ohm, gedung bertingkat atau

gedung kelas 7 memiliki resistansi pbumian sebesar 13,67 ohm, gedung kelas 4 memiliki resistansi 24, 0 ohm, dan gedung kepala sekolah memiliki resistansi 3,62 ohm, menurut data pengukuran pbumian tersebut untuk resistansi gedung kepala sekolah memiliki nilai yang kecil dibandingkan dengan gedung yang lain karena letak pbumian gedung kepala sekolah berada dekat dengan pembuangan air sehingga kelembapan tanah bisa terjaga dengan baik.

Penulis juga mendapat kesempatan untuk menambah informasi dari narasumber SMAN 1 Tuntang bahwa pernah terjadi objek sambaran petir yang mengakibatkan rusaknya peralatan sekolah seperti CCTV dan juga beberapa komputer juga mengalami kerusakan.

Mengingat bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir yang cukup tinggi di indonesia mukulah suatu gagasan untuk mendesain ulang proteksi petir dengan menggunakan tipe elektrostatis karena memiliki radius proteksi yang cukup luas dan juga pentanahan yang memiliki resistansi rendah menurut standar PUIL (Perencanaan Umum Instalasi Listrik) 2013.

1.2 Perumusan Masalah

Mengacu pemaparan sebelumnya, maka didapatkan rumusan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana cara memperluas area proteksi petir dengan menggunakan tipe elektrostatis sebagai terminasi udara?
2. Bagaimana cara mendesain ulang resistansi pentanahan sehingga didapatkan hasil yang memenuhi standart PUIL 2013?

1.3 Batasan Masalah

Supaya pelaksanaan penelitiannya ini mampu mendalam dan lebih terfokus, maka penulis melihat bahwa masalah penelitian perlu untuk dibatasi variabelnya. Maka dari hal tersebut, batasan masalah yang bisa dijabarkan oleh penulis yaitu:

1. Pelaksanaan penelitian hanya pada area SMA Negeri 1 Tuntang yang berada di atas bukit.

2. Penelitian ini hanya membahas tentang meningkatkan radius proteksi petir dengan menambahkan elektrostatik sebagai terminasi udara, dan juga mendesain ulang pentanahan sehingga didapatkan resistansi yang memenuhi syarat PUIL 2013.
3. Dalam penelitian ini hanya menggunakan terminasi udara dengan tipe elektrostatik merk Kurn dengan radius 120- 150 meter.

1.4 Tujuan Penelitian

Laporan atas tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Mendesain ulang sistem pentanahan yang memiliki standar PUIL 2013.
2. Memberikan gambaran dan hasil analisa apabila menggunakan penangkal petir dengan tipe elektrostatik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitiannya ini mempunyai manfaat, di antaranya:

1. Bagi mahasiswa, bisa dipergunakan dalam menambah wawasan ilmu pengetahuan dan sebagai referensi khususnya di sistem proteksi petir.
2. Bagi instansi, bisa dipergunakan sebagai data mengenai sistem proteksi petir.
3. Bagi masyarakat, dengan membaca penelitian ini masyarakat bisa meningkatkan wawasan dan ilmu pengetahuan dalam bidang sistem proteksi petir.

1.6 Sistematika Penulisan

Guna mempermudah untuk menyusun tugas akhir ini, maka dibuat sistematika berikut ini:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, perumusan masalahnya, pembatasan masalahnya, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Berisi tinjauan pustaka penelitian, komponen yang bersangkutan dengan sistem proteksi petir, serta persamaan sebagai rumus pada perhitungan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan model penelitian, objek penelitian, data penelitian, serta beberapa langkah dalam penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan terkait pembahasan data dan analisa penelitian yang didapatkan dari hasil penelitian di lokasi serta pengolahan data penelitian.

BAB V : PENUTUP

Berisi kesimpulan hasil penelitian serta pembahasan atas bab sebelumnya dan juga saran untuk perbaikan ke depannya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian-penelitian terkait sistem proteksi dan sistem pentanahan telah dilakukan beberapa peneliti terdahulu, di antaranya:

- a. “Desain dan analisa sistem proteksi petir pada Rumah Sakit Universitas Riau” merupakan penelitian yang dilakukan oleh Maradongan dan Fri Murdiya dimana pada penelitian ini dari perhitungan penilaian bahaya, luas daerah sambaran petir mencapai 37406,98 m², kemungkinan tersambar petir setiap tahun sebesar 0,8915 dengan efisiensi sistem penangkal petir sebesar 0,883. Berdasarkan hasil perancangan dan analisis bangunan Rumah Sakit Universitas Riau dengan menggunakan bola bergulir terlihat bahwa sistem proteksi yang ada tidak dapat melindungi seluruh bangunan dengan baik. Dari hasil tersebut terlihat bahwa gedung rumah sakit Universitas Riau membutuhkan 8 finial yang ditempatkan pada setiap area yang terkena stroke masing-masing setinggi 1 meter dan tahanan tanah yang cukup baik sebesar 3,5 ohm [1].
- b. “Penerapan metode jala, sudut proteksi dan bola bergulir pada sistem proteksi eksternal yang diaplikasikan pada gedung W Universitas Kristen Petra” yang dilakukan oleh Edy Iskanto, Emmy Hosea, dan Harnyatri M. Luden mendapatkan hasil jika mempergunakan metode sudut proteksi dengan $\alpha : 25^\circ$ perlu menambah 4 buah penangkap petir di atapnya, jika menggunakan bola bergulir dengan besar 45 meter maka penangkapan arus petir yang kA bisa dilaksanakan oleh sistem proteksi petir $\geq 160,06$ dan perlu menambah penangkap petir supaya sistem proteksi petir mampu menangkap arus $\geq 3,39$ kA [2].
- c. Penelitian dengan judul “Evaluasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Di Gedung Rektorat Universitas Negeri Yogyakarta” yang dilakukan oleh Rohani mendapatkan hasil bahwa penggunaan penangkal petir secara konvensional dan elektrostatis sama – sama memenuhi standar NFC 17 – 102, dengan penggunaan sistem konvensional masih memerlukan sebanyak 27

batang tambahan batang penangkal petir, sementara jika menggunakan elektrostatik berradius 100 m sudah bisa memberikan perlindungan terhadap seluruh gedung rektorat UNY beserta daerah di sekelilingnya [3].

- d. Penelitian dengan judul “Perencanaan Sistem Penangkal Petir Pada Laboratorium Sistem Tenaga Dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado” dari Gilbert Fernando Lasut didapat hasil yaitu sistem penangkal petir dengan kabel konduktor AAC 50 mm², jenis elektrostatik dengan head terminal merek kurntipe R120-150, dengan pertimbangan minimal luasan konduktor dihitung sebesar 46,90 mm² serta penggunaan steak rod berupa jenis tiang tembaga yang memiliki panjang 2 meter serta diameter $\frac{3}{4}$ inci. Serta supaya tahanan tanah sesuai dengan persyaratan yakni <1 ohm disarankan agar menambah steak rod sebanyak 12 steak yang disusun secara paralel agar didapat tahanan tanah 0,94 ohm [4].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Impuls Petir

Petir terjadi sebab antara awan dengan bumi atau dengan awan yang lain terdapat beda potensial. Terjadinya petir dalam prosesnya karena gerak muatan pada awan secara teratur dan terus-menerus, serta selama pergerakannya awan akan terus menggumpal, dengan demikian akan terjadi perkumpulan muatan negatif pada suatu sisi (bawah atau atas), sementara pada sisi sebaliknya juga terdapat penggumpalan muatan positif. Pelepasan muatan ini pada prosesnya, terjadi perubahan udara menjadi media yang dilewati oleh elektron. Kemudian terjadi ledakan suara ketika elektron dapat menembus ambang batas isolasi udara. Ketika musim hujan kerap terjadi petir, sebab kondisi ini udara yang dikandung lebih tinggi dengan demikian akan menurunkan daya isolasi dan arus jadi lebih mengalir dengan mudah [5].

2.2.2 Kerusakan Akibat Sambaran Petir

Banyak dampak kerugian dan kerusakan bagi berbagai objek akibat dari sambaran petir, di antaranya:

- a. **Sambaran Petir Langsung Terhadap Bangunan**

Petir yang menyambar dan terkait struktur bangunan gedung, kantor, serta rumah secara langsung tentunya sangat membahayakan bangunan dan juga semua isi di dalamnya sebab bisa memicu korban jiwa, kerusakan perangkat elektronik/elektrik, atau kebakaran. Oleh karenanya tiap bangunan diharuskan untuk melakukan pemasangan instalasi penangkal petir. Upaya dalam menanganinya yaitu dengan pemasangan terminal penerima sambaran petir dan juga instalasi penunjang yang lain sesuai akan standar yang sudah ditetapkan. Apalagi apabila secara langsung sambaran petir mengenai manusia, maka hal ini bisa memicu kematian atau mengakibatkan cacat dan luka. Tidak sedikit fenomena petir yang menyambar langsung mengenai manusia serta terjadinya hal ini secara umum ada di areal terbuka.

b. Sambaran Petir Melalui Jaringan Listrik

Terjadinya sambaran sangat membahayakan, dimana petir menyambar serta terkait suatu hal di luar area bangunan namun memberi dampak terhadap jaringan listrik yang ada di bangunan tersebut. Kondisi tersebut dikarenakan listrik/PLN memiliki sistem jaringan distribusi yang menggunakan kabel udara terbuka serta sangat tinggi letaknya, bila ini tersambar petir maka arus petir akan secara langsung tersalurkan ke pemakai. Upaya dalam menangani ini yaitu dengan pemasangan perangkat arrester sebagai pengaman tenaga lebih. Pemasangan instalasi surge arrester listrik tersebut harus ditunjang dengan kelengkapan berupa grounding sistem.

c. Sambaran Melalui Jaringan Telekomunikasi

Sambar petir jenis ini membahayakan hampir seperti yang ke-2, namun berpengaruh terhadap perangkat telekomunikasi, contohnya PABX dan telepon. Upaya dalam menangani ini dengan dikaitkannya pemasangan arrester dikhususkan pada jaringan PABX dengan grounding. Jika terdapatnya jaringan internet pada suatu bangunan yang hendak dilindungi dengan koneksi melalui jaringan telepon, maka ini bisa pula memberikan perlindungan terhadap jaringan internet tersebut.

2.2.3 Jenis – Jenis Penangkal Petir

1. Penangkal Petir Konvensional

Suatu teknik penangkal petir yang dikenal pertama kalinya dengan prinsip dan terbilang sederhana, yakni melalui pembentukan seperti perisai atau tameng berwujud konduktor yang nantinya dilaksanakan pengambilan alih sambaran petir. Umumnya penangkal seperti ini pada jaringan hantaran udara dinamakan groundwire (kawat tanah), sementara pada beberapa bangunan serta perlindungan atas struktur. Rangkaian jalur instalasi penyalur petir yang sifatnya pasif dalam penerimaan sambaran petir ini adalah instalasi penangkal petir berjenis konvensional. Sistem sangkar faraday/ faraday cage yaitu bagi instalasi penangkal petir yang berjenis konvensional yakni sistem penangkal petir yang baik.

Sangkar petir akan lebih baik apabila ditambah dengan batang penangkal petir pendek (finial) pada sistem proteksi petir yang diletakkan di areal yang mudah disambar (pemasangan umumnya di bagian yang menonjol, sepanjang sisi, dan masing-masing sudut dari gedung), dimana selanjutnya satu dengan lainnya dihubungkan dengan konduktor penghantar yang secara listrik paling dekat sebagaimana dilihat pada Gambar 2.1.

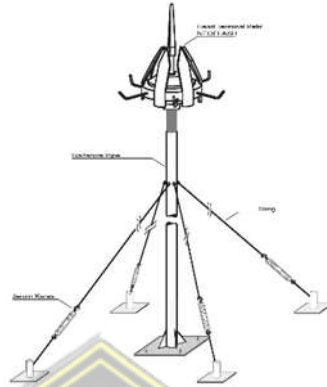


Gambar 2. 1 Penangkal petir jenis sangkar faraday

2. Penangkal Petir Elektrostatis

Penangkal petir atau anti petir elektrostatis memiliki prinsip kerja yang mengadopsi beberapa sistem penangkal petir radio aktif, yakni pada ujung splitzet/finial ditambahkan muatan supaya petir senantiasa memilih ujung ini untuk disambar. Untuk penangkal petir atau anti petir elektrostatis energi listrik yang diperoleh dari listrik awan yang menginduksi permukaan bumi sementara untuk anti petir radio aktif ataupun penangkal petir muatan listrik

diperoleh dari proses hamburan zat dengan radiasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Penangkal petir elektrostatis

2.2.4 Sistem Proteksi Petir Eksternal

Fungsi dari sistem ini yaitu guna mencegah bahaya sambaran petir langsung terhadap peralatan-peralatan, instalasi-instalasi yang terpasang di menara, di luar bangunan/gedung, dan di berbagai bangunan luar gedung. Ini mencakup pula perlindungan pada manusia di areal luar bangunan. Secara dasarnya sistem ini, meliputi:

1. Terminasi Udara (*Air Terminal*)

Ini termasuk dari sistem proteksi petir eksternal dengan spesifikasi melakukan penangkapan sambaran petir, berwujud elektroda logam yang pemasangannya mendatar ataupun tegak. Terminasi udara ialah zona atau daerah yang dikhususkan penangkapan petir pada suatu radisu. Sedemikian rupa penangkap petir diletakkan, sehingga seluruh petir yang menyambar dapat ditangkap tanpa mengenai zona proteksi (daerah, bangunan, atau gedung yang dilindungi) [6]. Untuk mengetahui daerah proteksi dan untuk menentukan penempatan terminasi udara bisa dengan tiga metode berikut ini:

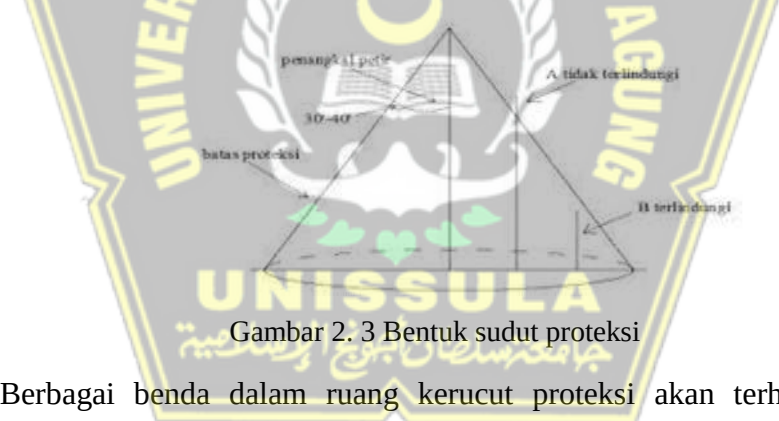
- a. Metode jala (*mesh size method*). Penggunaan metode ini diperuntukkan dalam kepentingan untuk melindungi permukaan yang datar sebab dapat memberikan perlindungan terhadap semua permukaan bangunan. Areal yang diproteksi yaitu seluruh wilayah di dalam jala-jala. Jala berukuran

menyesuaikan tingkatan proteksi yang ditentukan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 [2].

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

- b. Metode sudut proteksi proteksi (*protective angle method*). Daerah di dalam kerucut yaitu daerah yang diproteksi yaitu dengan sudut proteksi sebagaimana Tabel 2.1.



Gambar 2. 3 Bentuk sudut proteksi

Berbagai benda dalam ruang kerucut proteksi akan terhindarkan dari sambaran petir. Sementara yang ada diluar kerucut proteksi tidak akan terlindungi oleh proteksi petir [2].

Untuk menentukan radius daerah proteksi bisa menggunakan seperti persamaan (2.1).

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

Keterangan :

r = radius daerah perlindungan (meter)

α = besar sudut perlindungan (derajat)

h = tinggi penangkal petir dari permukaan tanah (meter)

- c. Metode bola bergulir (*rolling sphere method*). Penggunaan metode ini pada bangunan dengan bentuk yang rumit. Melalui metode ini, seperti terdapat sebuah bola beradius R yang mendarat di atas tanah, di atas dan di sekeliling struktur menuju berbagai arah sampai dijumpai struktur ataupun tanah yang menyangkut permukaan bumi yang bekerja selaku penghantar. Bola dengan titik sentuh yang mendarat pada struktur yaitu titik yang tidak bisa disambar petir serta ini perlu dilaksanakan proteksi dengan konduktor terminasi udara. Seluruh petir dengan jarak R dari ujung penangkap petir akan berkesempatan sama dalam membuat bangunan tersambar [2].



Gambar 2. 4 Metode bola bergulir

2. Konduktor Penyalur Arus Petir (*Down Conductor*)

Fungsi dari *Down Conductor* yaitu selaku media yang menyalurkan arus petir yang terkena *air terminal* (terminasi udara) serta dilanjutkan menuju *grounding*/permukaan [7]. Posisi dan jumlah konduktor penyalur yang dipilih hendaknya memperkirakan fakta bahwasanya apabila dibaginya arus petir ke pada sejumlah konduktor penyalur, maka gangguan elektro magnetik 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.

Down conductor untuk instalasi memakai peralatan sensitif haruslah ditunjang kelengkapan alat rekaman besar arus sambaran petir dan alat

monitoring jumlah sambaran petir. Pentingnya mendesain *down conductor* supaya resistensi yang dimiliki kecil agar arus petir bisa dialirkan ke tanah.

3. Pembedian (*Grounding*)

Sistem pentanahan yaitu sebuah sistem hubungan pengantar yang menjadi penghubung instalasi, badan peralatan serta sistem dengan tanah/bumi, dengan demikian bisa mengamankan berbagai komponen instalasi atas bahaya arus atau tegangan abnormal dan bisa mengamankan manusia dari sengatan listrik. Maka dari hal tersebut, sistem pertanahan termasuk dari bagian yang sifatnya krusial dari sistem tenaga listrik [7]. Cara mengukur tahanan jenis tanah memerlukan ketersediaan karakteristik tanah yang mana adalah faktor yang krusial serta bisa berpengaruh terhadap nilai tahanan pertanahan. Selanjutnya, nilai tahanan jenis tanah ini dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban, lapisan, dan jenis tanah [8].

1. Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan yaitu seberapa besar tahanan pada hubung/kontak antara tanah dengan masa (*body*). Bertambah kecilnya harga pertanahan maka, akan semakin baik. Untuk perlindungan peralatan dan personil diperlukan tahanan pentanahan di bawah 1 Ohm. Kondisi tersebut tidak efektif untuk dijalankan dalam suatu substation distribusi, saluran transmisi, maupun sistem distribusi. Harga tahanan maksimal dalam gardu-gardu induk distribusi yang diizinkan hanya sebatas 5 ohm. Sama seperti pada menara transmisi, dimana guna menghindari lompatan sebab potensial/tegangan yang naik pada saat sambaran petir terjadi maka perlunya untuk mengecilkan tahanan kaki menara (di bawah 10 Ohm di Amerika). Guna memahami alasan harus rendahnya tahanan penatanahan, bisa dipergunakan hukum Ohm [9].

Besarnya tahanan pentanahan dipengaruhi faktor berikut ini:

1. Jenis bahan dan ukurannya elektroda. Elektroda yang diletakkan di tanah memiliki suatu konsekuensi, sehingga dipilihnya elektroda dari beberapa bahan khusus yang berkonduktivitas sangat baik serta tahan akan berbagai sifat tanah yang merusak semacam korosi. Pemilihan

ukuran elektroda yaitu yang dengan tanah memiliki kontak sangat efektif.

2. Bentuk elektroda. Berbagai bentuk elektroda telah banyak dipergunakan, di antaranya jenis pelat, pita, dan batang.
3. Kedalaman pemancangan di dalam tanah. Sifat-sifat dan jenis tanah juga mempengaruhi pemancangan ini. Pemasangan-pemasangan elektroda pentanahan ada yang sudah cukup ditanam dangkal, akan tetapi juga ada yang lebih efektif ditanam secara dalam.
4. Jumlah atau konfigurasi elektroda. Upaya dalam memperoleh resistensi pentanahan yang diharapkan serta jika dengan satu elektroda tidak mencukupi, maka lebih banyak elektroda bisa digunakan dengan keberagaman konfigurasi pemancangannya dalam tanah.
5. Faktor alam
 - a. Suhu tanah: jika suhu mencapai titik beku dan di bawahnya maka akan mempengaruhi.
 - b. Kandungan mineral tanah: tidak adanya garam dalam air merupakan isolator yang baik serta kandungan garam yang semakin tinggi maka resistansi jenis tanah akan rendah akan tetapi sifat korosinya akan meningkat.
 - c. Kelembaban tanah: bertambah tingginya kandungan air atau kelembaban tanah maka resistansi jenis tanah akan rendah.
 - d. Jenis tanah: tanah rawa, berbatu, berpasir, gembur, serta lainnya [10].

2. Tujuan Pentanahan

Pentanahan bukan saja sebatas pada sistem tenaga, akan tetapi juga meliputi sistem peralatan elektronik, semacam telekomunikasi, komputer, kontrol dimana komunikasi data diterapkan dengan intensif serta peka akan interferensi gelombang elektromagnet dari luar. Terkait konteks ini, pentanahan cenderung difokuskan terhadap keterjaminan pemrosesan dan sinyalnya.

Ada beberapa tujuan sistem pentanahan secara umum :

- a. Mengubah energi RF liar dari peralatan semacam komputer, kontrol, video, serta audio.
- b. Memperkecil peluang timbulnya flashover dan menstabilkan tegangan.
- c. Menyalurkan energi serangan petir menuju tanah.
- d. Mengantisipasi kerusakan peralatan elektronik/listrik.
- e. Menjamin kerja peralatan elektronik atau listrik.
- f. Menjamin manusia selamat atas sengatan listrik baik pada kondisi normal ataupun tidak atas tegangan langkah dan tegangan sentuh [10].

Sementara itu, IEEE Std 142 TM-2007 memaparkan bahwa sistem pentanahan bertujuan:

- a. Menyediakan jalur untuk aliran arus yang bisa mendeteksi timbulnya hubungan negatif antara konduktor sistem bumi. Pendeteksian tersebut akan menimbulkan peralatan otomatis yang berfungsi memutus suplai tegangan dari konduktor terkait.
- b. Membatasi tegangan yang besar terhadap bumi supaya masih ada dalam batasan yang diperbolehkan [11].

3. Tahanan Jenis Tanah

Tahanan pentanahan dari elektroda pentanahan sangat dipengaruhi oleh tahanan jenis tanahnya. Pemberian tahanan jenis tanah dalam satuan ohm-meter. Satuan yang dipergunakan pada bahasan ini yaitu ohm-meter, yang menunjukkan pengukuran tahanan tanah dari tanah yang memiliki bentuk kubus dengan sisi semeter. Tahanan jenis tanah ini tidak sebatas dipengaruhi jenis tanah, akan tetapi juga suhu (temperatur dibawah titik beku menyebabkan ion – ion sulit bergerak jika dibandingkan pada keadaan cair), kandungan mineral yang dimiliki, dan kandungan kelembapan. Maka dari hal tersebut, bisa berbeda-beda tahanan jenis tanah antar tempat dimana ini dipengaruhi oleh sifat-sifat yang dimiliki [10].

Tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan persamaan (2.2):

$$R = \frac{\rho}{2\pi r} \quad (2.2)$$

Keterangan :

R = tahanan (Ohm)

ρ = tahanan jenis tanah tiap lapisan (ohm-meter)

r = jari – jari penghantar (meter)

Tabel 2. 2 Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Resistansi Jenis
Tanah Berbatu	3000 Ω
Pasir Dan Kerikil Kering	1000 Ω
Kerikil Basah	500 Ω
Pasir Basah	200 Ω
Tanah Liat Dan Tanah Ladang	100 Ω
Tanah Rawa	30 Ω

4. Elektroda Pentanahan

Guna menghindari timbulnya bahaya sebab terdapatnya arus gangguan tanah, maka tahanan pentanahan harus sekecil mungkin. Harus diketanahkan hantaran netral di dekat transformator atau sumber listrik, di setiap konsumen pada saluran udara setiap 200 m. tahanan pentanahan satu elektroda di area saluran udara, transformator ataupun sumber listrik berjarak 200 m maksimal yaitu 10 Ohm serta tidak boleh melebihi 5 Ohm tahanan pentanahan dalam suatu sistem [12].

Jenis elektroda pada prinsipnya dipilih yang mempunyai kontak terbaik pada tanah. Jenis-jenis elektroda pentanahan akan dibahas berikut ini beserta beberapa rumus dalam menghitung tahanan pentanahan.

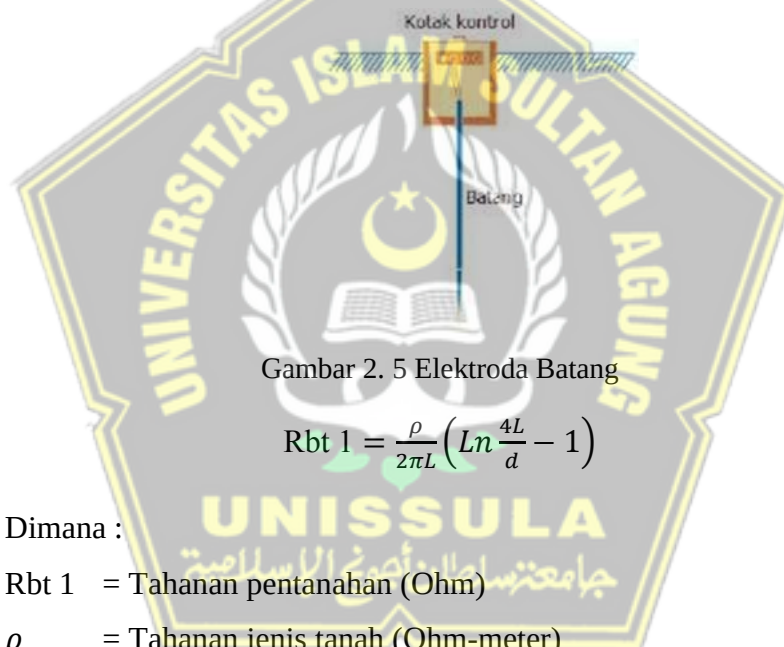
1. Elektroda Batang

Elektroda dari besi baja profil atau pipa yang dipancangkan di tanah disebut dengan Elektroda Batang (Rod). Ini adalah suatu elektroda yang dipergunakan pertama kalinya serta dari elektroda jenis ini memunculkan

beberapa teori. Penggunaan elektroda batang sendiri secara umum pada beberapa gardu induk. Elektroda ini secara teknis pemasangannya tidak sulit, yakni dengan memancangkan ke dalam tanah. Selain hal tersebut juga tidak membutuhkan lahan luas [13].

a. Pembedaan satu batang elektroda

Seberapa banyak batang yang ditanamkan di dalam tanah dipengaruhi oleh besarnya tahanan pembedaan yang diharapkan. Apabila tahanan pembedaan yang dikehendaki semakin kecil, maka batang elektroda yang perlu ditanam juga semakin banyak. Maka didapat suatu persamaan seperti (2.3):



Gambar 2. 5 Elektroda Batang

$$R_{bt\ 1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(L n \frac{4L}{d} - 1 \right) \quad (2.3)$$

Dimana :

$R_{bt\ 1}$ = Tahanan pentanahan (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

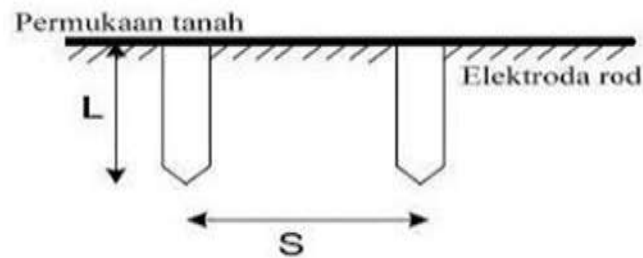
d = Diameter elektroda (m)

L = Panjang elektroda (m)

Ln = Logaritmus

b. Pembedaan dua batang elektroda

Cara memperkecil tahanan pembedaan yaitu melalui meningkatkan banyaknya elektroda yang ditanam serta dikaitkan parallel seperti Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Pembedaan dengan dua batang elektroda

Untuk menghitung pentanahan menggunakan dua batang elektroda menggunakan persamaan (2.4).

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \left\{ \ln \frac{4L}{d} - 1 + \ln(2L + \sqrt{S^2 + 4L^2}) + \frac{S}{2L} - \frac{\sqrt{S^2 + 4L^2}}{2L} \right\} \quad (2.4)$$

Keterangan :

S = Jarak antara dua konduktor

c. Pembedaan lebih dari satu batang elektroda (*multiple rod*)

Penanaman *multiple rod* (lebih dari satu batang elektroda) secara tegak lurus ke dalam tanah yakni dengan persamaan (2.5).

$$R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}} \quad (2.5)$$

Apabila tahanan pembedaan pada daerah bangunan diasumsikan sama bisa menggunakan persamaan (2.6):

$$R_{tot} = \frac{1}{n \times \frac{1}{R_1}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

R1 = Tahanan pembedaan sama untuk n buah (ohm)

n = Banyaknya elektroda batang

2. Elektroda Pita

Ini merupakan elektroda dari hantaran pilin ataupun hantaran berpenampang 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. 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 [13].



Gambar 2. 7 Elektroda Pita

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{A} - 1 \right] \quad (2.7)$$

Dimana :

R = Tahanan pentanahan (Ohm)

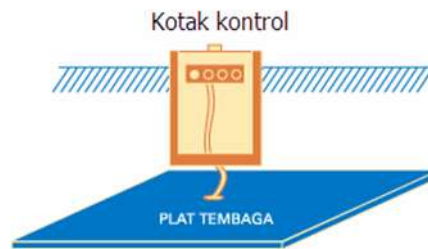
ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

A = Diameter elektroda (m)

L = Panjang elektroda (m)

3. Elektroda Plat

Ini termasuk elektroda dari bahan plat logam (berlubang ataupun utuh) dari kawat kasa. Secara umum penanaman elektroda ini pada tanah baik secara vertikal maupun horisontal. Penggunaan elektroda plat apabila sulit didapatkan dengan jenis elektroda lainnya dan diinginkan tahanan peralatan yang kecil [13].



Gambar 2. 8 Elektroda Plat

$$R = \frac{\rho}{4,1 L} \cdot \frac{1+1,84 b}{t} \quad (2.8)$$

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)

2.2.5 Parameter Petir

Terdapat pengaruh langsung dan tidak langsung dari sambaran petir pada bangunan. Jenis sambaran langsung bisa pula mengakibatkan korban jiwa. Maka dari hal tersebut, dibutuhkan sebuah sistem perlindungan petir yang mampu menangkap petir secara langsung serta mengarahkannya menuju tanah. Sehingga, risiko dan efek petir bisa diminimalkan. Ada beberapa karakteristik dan parameter petir yang dijadikan perkiraan dalam menentukan sistem proteksi petir eksternal [6].

1. Nilai Puncak Arus Petir

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

KV. SNI 03-7015-2004 menetapkan bahwa nilai arus puncak menurut tingkat proteksinya dibedakan berikut ini [6].

Tabel 2. 3 Nilai puncak arus petir berdasrkan tingkat proteksi

Tingkat proteksi	Arus puncak (kA)
I	200 kA
II	150 kA
III	100 kA
IV	100 kA

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. 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 [6].

Tabel 2. 4 Muatan listrik berdasarkan tingkat proteksi (SNI 03-7015-2004)

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 [6].

Tabel 2. 5 Kecuraman arus berdasarkan tingkat proteksi (SNI 03-7015-2004)

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

2.2.6 Besar Kebutuhan Banngunan Akan Sistem Proteksi Petir

Instalasi proteksi petir haruslah bisa memberikan perlindungan terhadap seluruh bagian bangunan, mencakup pula peralatan dan manusia di dalamnya dari kerusakan dan juga bahaya sambaran petir.

1. Merujuk PUIPP, seberapa besar kebutuhan bangunan akan sistem proteksi petir ditentukan lewat penjumlahan suatu indeks yang menjadi wakil kondisi bangunan pada lokasi tertentu serta dituliskan yaitu:

$$R1 = A + B + C + D + E \quad (2.9)$$

Keterangan :

R1 : 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

2. Mengacu standar NFPA 780 yakni dengan melakukan penjumlahan terhadap beberapa indeks yang mewakili kondisi lokasi bangunan selanjutnya dilakukan pembagian atas hasil tersebut dengan indeks yang mewakili isokeraunic level di areal terkait. Persamaan (2.10):

$$R2 = \frac{A+B+C+D+E}{F} \quad (2.10)$$

Di mana:

R2 : 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)

3. Mengacu standar IEC 1024-1-1, tingkatan proteksi memadai yang dipilih bagi sebuah sistem proteksi petir yaitu sesuai frekuensi sambaran petir tahunan di wilayah itu yang diizinkan dan frekuensi sambaran petir langsung setempat yang berdasar perkirannya menuju struktur yang dilindungi. Kerapatan sambaran petir atau kilat petir ke tanah rerata tahunan di wilayah keberadaan sebuah struktur dinyatakan dalam persamaan (2.11):

$$Ng = 0,04 \cdot IKL^{1,25} / \text{km}^2 / \text{tahun}. \quad (2.11)$$

Keterangan :

IKL : Isokeraunic level di daerah tempat struktur yang hendak diproteksi.

Ng : Kerapatan kilat petir ke tanah

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6} / \text{tahun} \quad (2.12)$$

Keterangan :

Ae : luas daerah dengan nilai sambaran petir sejumlah Nd (km²)

Nd : Frekwensi sambaran petir langsung setempat

$$Ae = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (2.13)$$

Keterangan :

h : Tinggi atap gedung (m)

a : Panjang atap gedung (m)

b : Lebar atap gedung (m)

Keputusan yang diambil terkait apakah pemasangan sistem proteksi petir pada bangunan diperlukan yaitu dengan berdasar perhitungan N_d dan N_c di bawah ini:

- a) Tidak diperlukan sistem proteksi apabila $N_d \leq N_c$
- b) Perlu proteksi dengan efisiensi berikut ini apabila $N_d > N_c$:

$$E \geq -1 N_c/N_d \quad (2.14)$$

Tabel 2. 6 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

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

Di mana :

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 2.6.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Metodologi merupakan metode yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Dalam tugas akhir ini penulis mengawali penelitian tentang sistem proteksi petir dan menentukan lokasi terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan mengumpulkan data-data baik data primer yang didapatkan langsung dari sumber yang bersangkutan dengan tugas akhir ini, dalam hal ini yaitu SMA Negeri 1 Tuntang dan juga data sekunder yang didapatkan dari jurnal, buku, maupun penelitian orang lain tentang proteksi petir. Langkah selanjutnya yaitu menentukan tahapan dan prosedur penelitian. Selanjutnya untuk data pentanahan dilakukan dengan pengukuran pentanahan menggunakan *eart tester* untuk didapatkan hasil pengukuran pentanahan. Kemudian pengukuran untuk memperoleh data kebutuhan bangunan akan proteksi petir. Selanjutnya penentuan lokasi terminasi udara yang akan dipasang, dan menghitung berapa batang pentanahan yang ditanam supaya didapatkan hasil resistansi kurang dari 5Ω . Kemudian dilanjutkan dengan analisis dan kesimpulan.

3.2 Objek penelitian

Objek penelitiannya ini yakni:

Ada di SMAN 1 Tuntang Jl. Tuntang – Beringin KM 1 Kelurahan Delik, Kec. Tuntang, Kab. Semarang, Jawa Tengah

3.3 Alat dan Bahan

Instrumen penelitian ini meliputi:

1. Laptop Samsung dengan spesifikasi AMD Vision E1 dengan memory 4GB.
2. Alat tulis
3. Eart Tester merk kyoritsu 4015A

3.4 Data Penelitian

Data penelitian yang diperlukan kali ini yaitu data hari guruh berupa kebutuhan bangunan SMAN 1 Tuntang akan proteksi petir berupa hari guruh kab.

Semarang tahun 2020, denah gedung SMAN 1 Tuntang dengan skala 1 : 1000, luas lahan, luas bangunan, dan tata letak bangunan.

3.4.1 Data Hari Guruh Kabupaten Semarang

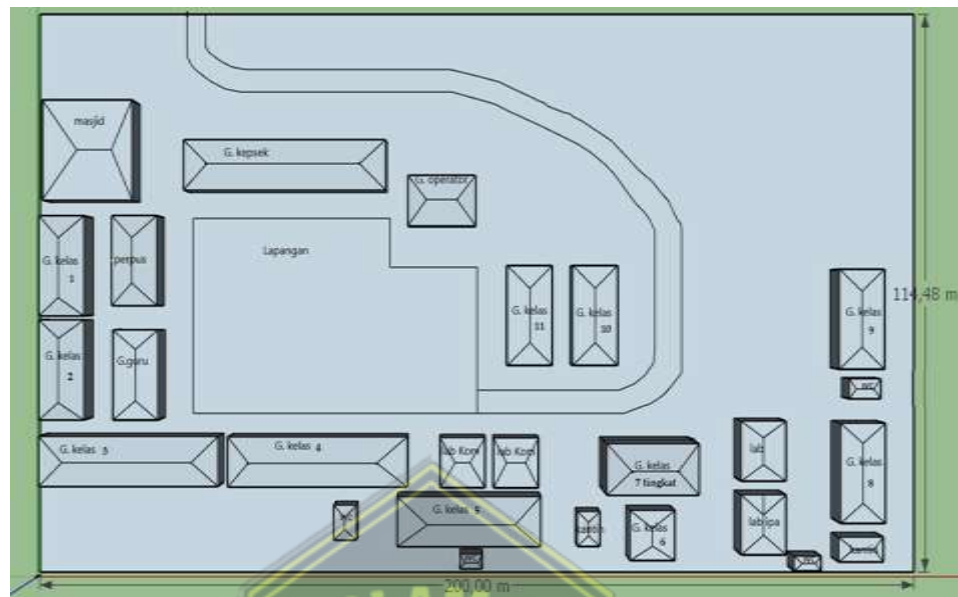
Berdasarkan BMKG Stasiun Klimatologi Semarang data hari guruh tahun 2020 wilayah Semarang yaitu pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Hari Guruh Wilayah Semarang

Bulan di tahun 2020	Jumlah Hari Guruh
Januari	6
Februari	2
Maret	3
April	2
Mei	1
Juni	1
Juli	1
Agustus	-
September	3
Oktober	3
November	3
Desember	4
IKL (iso kreaunic level)	29

3.4.2 Denah Lokasi Gedung SMAN 1 Tuntang

Pada gedung SMAN 1 Tuntang memiliki panjang lahan 200 meter dan lebar 114, 48 meter dan menggunakan sistem proteksi eksternal konvensional. Denah SMAN 1 tuntang tampak atas bisa dilihat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Sedangkan untuk mengetahui konstruksi tinggi rendahnya bisa dilihat pada Gambar 3.2.

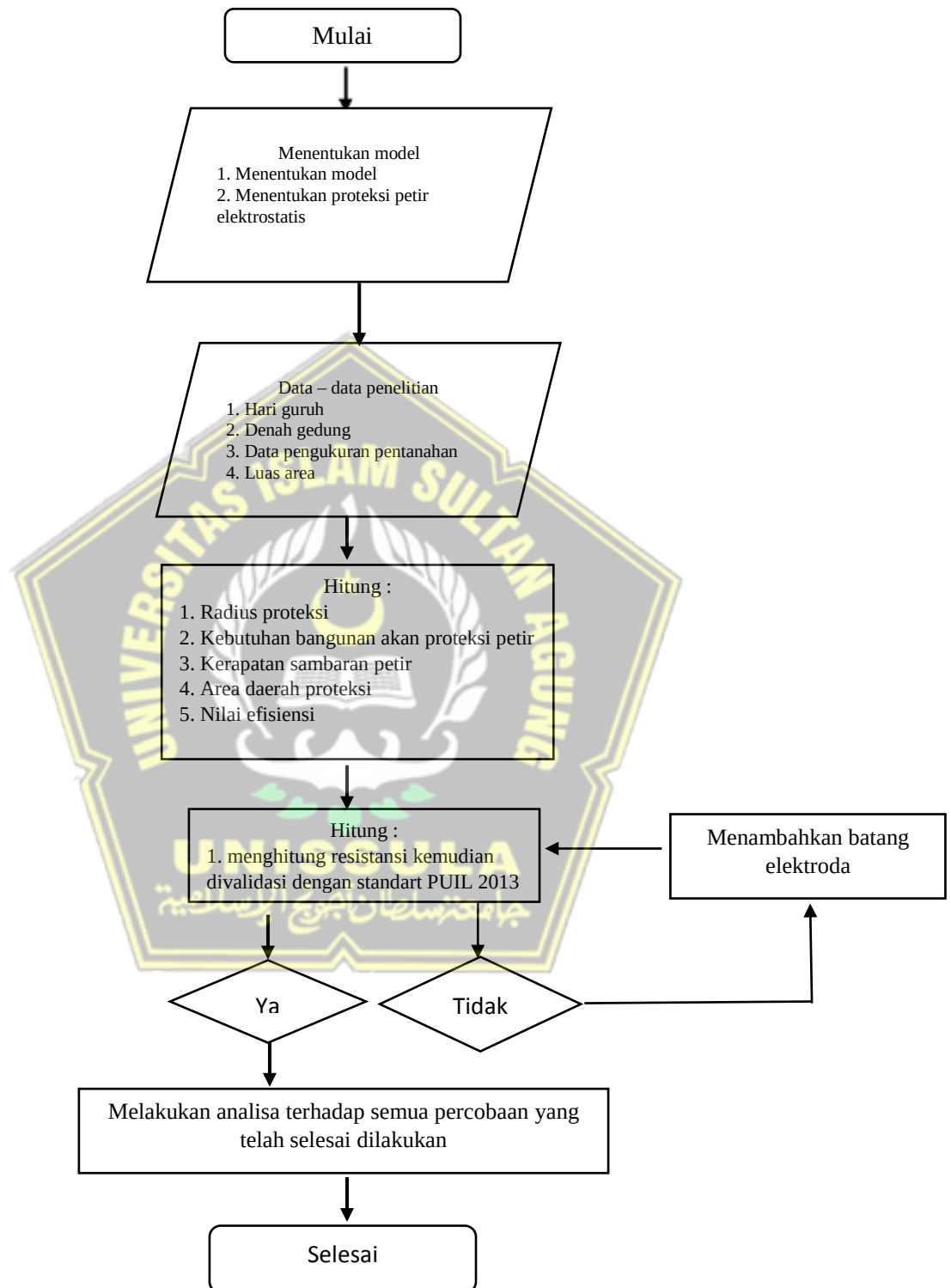


Gambar 3. 1 Denah lokasi SMAN 1 Tuntang



Gambar 3. 2 Denah Gedung Tampak Samping

3.5 Flow Chart



Gambar 3. 3 *flow chart* penelitian

3.6 Langkah penelitian

Beberapa langkah penyusunan tugas akhir ini, meliputi:

1. Menetapkan lokasi penelitian, lokasi pada tugas akhir ini adalah SMAN 1 Tuntang kab. Semarang
2. Menentukan model penelitian dan menentukan terminasi udara.
3. Mencari data hari guruh wilayah Semarang yang didapatkan dari BMKG wilayah Semarang
4. Melakukan observasi untuk melakukan pengamatan dan mengumpulkan data terhadap objek pengamatan yang berisi denah sekolah beserta luas lahan dan juga proteksi petir yang ada.
5. Melakukan pengukuran pentanahan pada proteksi petir menggunakan *earth tester* merk kyoritsu.
6. Menghitung radius proteksi petir SMAN 1 Tuntang menggunakan persamaan (2.1)
7. Menentukan kebutuhan akan proteksi petir menggunakan standar PUIPP menggunakan persamaan (2.9)
8. Menentukan kebutuhan akan proteksi petir menggunakan standar NFPA menggunakan persamaan (2.10)
9. Menentukan kebutuhan proteksi petir gedung berdasarkan IEC menggunakan persamaan (2.11) sampai (2.13)
10. Menghitung efisiensi untuk mencari sudut radius proteksi konvensional dengan menggunakan persamaan (2.14)
11. Menghitung pentanahan menggunakan batang elektroda menggunakan persamaan (2.3)
12. Jika hasil perhitungan tidak sesuai dengan PUIL 2013 maka dilakukan penambahan batang elektroda dengan persamaan (2.4)
13. Jika hasil perhitungan masih belum layak maka ditambah beberapa batang elektroda yang dipasang secara paralel dengan menggunakan persamaan (2.6)
14. Jika hasil sudah sesuai dengan PUIL maka dilakukan analisa dari hasil pengukuran, perhitungan dan mengambil kesimpulan dari hasil analisa.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Sistem Proteksi Petir Gedung SMA Negeri 1 Tuntang

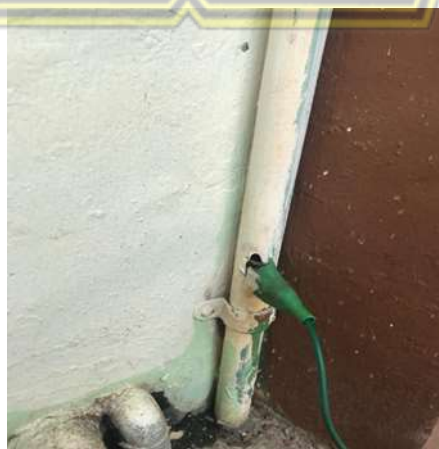
SMAN 1 Tuntang berlokasi di Jl. Tuntang Beringin km 1 kec. Tuntang, kab. Semarang, Jawa Tengah. Sekolah ini memiliki 20 gedung ditambah 1 mushola yang berdiri di lahan seluas 22.897 m². Berikut data peralatan proteksi petir yang ada di SMAN 1 Tuntang:

Tabel 4. 1 Data Proteksi Petir Pada Gedung SMAN 1 Tuntang

No	Gedung	Terminasi udara	Bak kontrol
1	G. kepek	2 buah	Tidak
2	G. operator	2 buah	Tidak
3	G. kelas 7 tingkat	2 buah	Ada
4	G. kelas 4	2 buah	Tidak

4.2 Sistem Pentanahan Pada Gedung SMA Negeri 1 Tuntang

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, sistem pentanahan pada gedung SMAN 1 Tuntang terdapat konduktor penyalur ke bawah dan pentanahan. Penyalur kebawah pada gedung SMAN 1 Tuntang menggunakan kawat BCC (*Bare Copper Conductor*). Sistem pentanahan pada gedung SMAN 1 Tuntang memiliki nilai seperti Tabel 4.2 yang sudah saatnya dilakukan perawatan karena ada yang sudah melebihi standart yaitu 5 Ω , serta gedung-gedung tersebut berdiri di lahan tanah dengan jenis tanah liat dan tanah ladang.



Gambar 4. 1 Konduktor Penyalur Kebawah G. Kepsek

Dari Gambar 4.1 terdapat lubang yang bisa digunakan untuk mengukur resistansi pentanahan karena tidak terdapat bak kontrol karena sudah tertutup oleh plester.



Gambar 4. 2 Konduktor Penyalur Kebawah G.Operator

Dari Gambar 4.2 konduktor kebawah masih terlihat sangat baik dan bak kontrol sudah tertutup dengan paving karena untuk lahan parkir.



Gambar 4. 3 Konduktor Penyalur Kebawah G. Kelas Tingkat

Dari Gambar 4.3 konduktor kebawah masih terlihat baik dan terdapat bak kontrol sehingga memudahkan pengecekan atau perawatan.



Gambar 4. 4 Konduktor Penyalur Kebawah G. Kelas 4

Dari Gambar 4.4 konduktor dibawah dalam kondisi sudah saatnya perbaikan atau penggantian pipa pvc karena sudah pecah, dan tidak adanya bak kontrol karena tertutup oleh keramik untuk dibuat jalan.

4.3 Hasil Pengukuran Pentanahan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada SMAN 1 Tuntang didapatkan hasil dari pengukuran pentanahan pada proteksi petir, yaitu:

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran Pentanahan

No	Gedung	Hasil
1	G. Kepsek	3,62 Ω
2	G. Operator	21,3 Ω
3	G. Kelas 7 Tingkat	13,67 Ω
4	G. Kelas 4	24,0 Ω

4.4 Perhitungan Radius Proteksi

Berdasarkan data gedung SMAN 1 Tuntang diketahui ada yang memiliki tinggi bangunan 12 meter dikarenakan bangunan bertingkat dengan panjang terminasi udara 1,1 meter. Maka tinggi keseluruhan terminasi udara dari permukaan tanah yaitu 12 m + 1,1 m adalah 13,1 meter. Radius proteksi dapat dihitung dengan persamaan (2.1).

$$r = h \cdot \tan \alpha$$

$$r = 13,1 \cdot \tan 55^\circ$$

$$r = 18,70 \text{ meter}$$

Hasil perhitungan radius proteksi yang diperoleh sistem proteksi petir pada gedung SMAN 1 Tuntang adalah 18,70 meter.

Menetapkan Kebutuhan Bangunan Akan Proteksi Petir Gedung SMAN 1 Tuntang

Guna menetapkan kebutuhan bangunan terhadap proteksi petir, dibutuhkan data gedung SMAN 1 Tuntang dan data hari guruh wilayah semarang tahun 2020 maka dapat ditentukan seberapa besar kebutuhan bangunan terhadap proteksi petir, berikut upaya menentukan kebutuhan proteksi petir:

4.4.1 Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)

Menentukan seberapa besar kebutuhan bangunan terhadap proteksi petir bisa menggunakan beberapa indeks terkait faktor-faktor berdasarkan PUIPP yaitu pada lampiran 1 dari Tabel 1 hingga Tabel 5 serta 6 dengan memperhatikan kondisi di lokasi yang akan ditentukan tingkat resiko serta indeks-indeks (R) tersebut dijumlahkan dan didapatkan estimasi bahaya akan sambaran petir selaras persamaan (2.9).

$$R1=A+B+C+D+E$$

Bertambah besarnya nilai R1 maka kerusakan dan bahaya akibat sambaran petir juga bertambah besar, dengan begitu kebutuhan bangunan atas sistem proteksi petir juga bertambah besar. Nilai indeks pada gedung SMAN 1 Tuntang yaitu sebagai berikut:

- a. Mengacu pada Tabel 1 Gedung SMAN 1 Tuntang mempunyai indeks A senilai 3 karena bangunan berisikan banyak orang, contohnya monumen bersejarah yang penting, sekolah, sarana ibadah, dan bioskop.
- b. Mengacu Tabel 2 Gedung SMAN 1 Tuntang memiliki indeks B sebesar 3 karena Bangunan kayu dengan atap bukan logam.
- c. Mengacu Tabel 3 Gedung SMAN 1 Tuntang memiliki indeks C sebesar 0 karena bangunan hanya memiliki ketinggian kurang dari 12 meter.
- d. Mengacu Tabel 4 Gedung SMAN 1 Tuntang memiliki indeks D senilai 0 karena berada di bukit dengan ketinggian kurang dari 1000 meter.
- e. Berdasarkan Tabel 4 Gedung SMAN 1 Tuntang memiliki indeks E sebesar 3 karena memiliki hari guruh sebanyak 29 kali.

Besarnya kebutuhan akan sistem proteksi petir berdasarkan nilai indeks-indeks PUIPP, maka nilai indeks R pada Gedung SMAN 1 Tuntang yaitu:

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

$$R = 3 + 3 + 0 + 0 + 3$$

$$R = 9$$

Berdasarkan kebutuhan atas sistem proteksi petir diatas $r = 9$ berdasarkan Tabel 6 dengan nilai indeks tersebut menunjukkan bahwa gedung SMAN 1 Tuntang memiliki perkiraan sambaran petir yang sangat sedikit.

4.4.2 Berdasarkan *National Fire Protection Association (NFPA) 780*

Indeks-indeks yang menyatakan faktor-faktor menurut (NFPA 780) juga bisa dipergunakan dalam menjadi penentu besarnya kebutuhan bangunan terhadap perlindungan petir. Cara menentukan besarnya kebutuhan tersebut yaitu mempergunakan standar NFPA mirip dengan standar PUIPP yakni menjumlahkan indeks pada Lampiran 2 dari Tabel 7 hingga Tabel 11 dan Tabel 12 hasil penjumlahan. Merujuk Tabel 13 dengan memperhatikan kondisi dan keadaan di tempat yang akan ditentukan tingkat resiko serta menjumlahkan indeks-indeks (R) itu bisa didapat sebuah perkiraan bahaya akan sambaran petir sebagaimana persamaan (2.10).

$$R2 = \frac{A + B + C + D + E}{F}$$

- Mengacu Tabel 7 Gedung SMAN1 Tuntang mempunyai indeks A sebesar 10 karena Bangunan berisikan banyak orang contohnya stadion olah raga, bioskop, tempat ibadah, dan sekolah.
- Berdasarkan Tabel 8 Gedung SMAN1 Tuntang memiliki indeks B sebesar 3 karena berupa campuran aspal, genteng atau tera.
- Mengacu Tabel 9, Gedung SMAN1 Tuntang mempunyai indeks C senilai 5 karena Bangunan kecil, mencakup lebih dari 929 m² area.
- Mengacu Tabel 10 Gedung SMAN1 Tuntang memiliki indeks D sebesar 4 karena di atas puncak bukit.

- e. Berdasarkan Tabel 11 Gedung SMAN1 Tuntang memiliki indeks E sebesar 6 karena Bangunan berisikan banyak orang (sejumlah 50 orang atau lebih).
- f. Berdasarkan Tabel 12 Gedung SMAN1 Tuntang memiliki indeks F sebesar 6 karena IKL 29.

Berdasarkan kebutuhan akan sistem proteksi petir mengacu nilai indeks-indeks NFPA 780, nilainya indeks R pada Gedung SMAN 1 Tuntang yaitu:

$$R2 = \frac{A + B + C + D + E}{F}$$

$$R2 = \frac{10 + 3 + 5 + 4 + 6}{6}$$

$$R2 = 4,66$$

Hasil dari besarnya kebutuhan atas sistem proteksi petir NFPA 780 R = 4,66 berdasarkan Tabel 13 dengan nilai indeks tersebut menunjukkan bahwa gedung SMAN 1 Tuntang mempunyai perkiraan sambaran petir besar maka sangat diperlukan atau dianjurkan sistem proteksi petir yang efektif.

4.4.3 Berdasarkan standart IEC 1024-1-1

Kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (Ng) pada SMAN 1 Tuntang yang memiliki hari guruh 29 hari/tahun berdasarkan persamaan (2.11) yakni:

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

$$Ng = 0,04 \cdot 29^{1,25}$$

$$Ng = 2,691 \text{ sambaran } / km^2 / tahun$$

Area cakupan atau daerah proteksi (Ae) pada gedung SMAN 1 Tuntang memiliki lebar bangunan (b = 148 m), panjang bangunan (a = 200 m), dan tinggi (h = 12 m) memakai persamaan (2.13)

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

$$Ae = (200 \cdot 148) + (6 \cdot 12)(200 + 148) + (9 \cdot 3,14 \cdot 12^2)$$

$$Ae = 58725,44 \text{ m}^2$$

Perhitungan frekuensi rata-rata sambaran petir setempat tahunan bisa dengan berdasarkan persamaan (2.12), yakni:

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

$$Nd = 2,691 \cdot 58725,44 \cdot 10^{-6}$$

$$Nd = 0,158 \text{ /tahun}$$

Menurut data stasiun klimatologi Semarang didapatkan frekuensi sambaran petir setempat (N_c) senilai $10^{(-1)}$ /tahun sebab N_d bernilai melebihi N_c maka nilai efisiensi yang dibutuhkan yakni :

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

$$E \geq 1 - \frac{0,1}{0,158}$$

$$E \geq 0,36 = 36\%$$

Karena nilai E sebesar 0,36 atau 36% maka berdasarkan Tabel 2.6 dengan hasil kurang dari 80% atau $< 0,8$ yaitu berada pada tingkat proteksi IV, tinggi Gedung SMAN 1 Tuntang yang tertinggi adalah 12 meter, menurut Tabel 2.1 termasuk dalam ketinggian 20 meter, oleh karenanya tingkat proteksi untuk gedung SMAN 1 Tuntang yaitu tingkat proteksi IV dengan sudut proteksi 55° .

4.5 Hasil Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung SMAN 1 Tuntang

Berdasar pada perhitungan-perhitungan yang sudah dilaksanakan maka diperoleh nilai yang dapat digunakan dengan metode sudut proteksi. Sistem proteksi yang terpasang pada gedung SMAN 1 Tuntang adalah proteksi petir jenis konvensional. Dengan menggunakan sudut proteksi dan radius awal perencanaan proteksi petir eksternal pada gedung SMAN 1 Tuntang ditunjukkan gambar 4.5.

Mengacu Gambar 4.5, bisa dilihat bahwa dengan menggunakan sudut proteksi 55° dengan panjang terminasi 1,1 meter, gedung SMAN 1 Tuntang tampak dari atas belum sepenuhnya melindungi seluruh bangunan gedung dari sambaran petir.

Hasil penambahan sistem proteksi petir eksternal pada gedung SMAN 1 Tuntang yang terletak di atas gedung kelas 11 tampak dari atas ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Penambahan Sistem Proteksi Petir Pada SMAN 1 Tuntang

No	Keadaan awal	Hasil Penambahan
1	Hanya 4 gedung yang terdapat proteksi petir yang masing-masing gedung terdapat 2 terminal udara dengan panjang 1,1 meter.	Dibutuhkan proteksi jenis elektrostatis karena memiliki radius proteksi yang lebih luas dan mampu memproteksi seluruh bangunan gedung.
2	Masih terdapat area sambaran petir pada gedung yang lain karena berada di luar radius proteksi.	Bangunan gedung bagian atap telah terlindungi berdasarkan penempatan proteksi petir jenis elektrostatis dengan radius 120 meter, dan diletakan diatas gedung kelas 11.

4.6 Peralatan Proteksi Petir

1. Terminasi udara

Penangkal petir ini dipasang di atas gedung kelas 11 dengan ketinggian total 18,30 meter diatas permukaan tanah serta proteksi petir jenis elektrostatis dengan merk Kurn R-150 non radio aktif dari pabrikan Indonesia mengklaim mampu memproteksi radius 120 – 150 meter.



Gambar 4. 7 Terminasi Udara Elektrostatis Kurn R-150

2. Konduktor kebawah

Komponen untuk menyalurkan dari terminasi udara menuju pembumian yaitu konduktor penyalur kebawah dengan menggunakan kawat BCC (*Bare Copper Conductor*) 70 mm. Konduktor ini terbuat dari full tembaga yang memiliki warna khas tembaga yaitu kuning keemasan. Ketika pengaplikasiannya di lapisi dengan pipa pvc ½ inch untuk melindungi objek yang berada di sekitar konduktor penyalur kebawah [14].



Gambar 4. 8 Konduktor BCC 70 mm

3. Pembumian

Pembumian menggunakan jenis batang tembaga yang di tanam kedalam tanah guna mendapatkan resistansi serendah mungkin, untuk menentukan resistansi pembumian dapat dihitung dengan persamaan (2.3).

Diketahui jenis tanah yang berada di lingkungan sekolah adalah jenis tanah liat dan tanah ladang maka dari itu tanah disekitar sekolah memiliki resistansi 100 ohm meter dan batang tembaga yang digunakan memiliki panjang (L) 4 meter, dan diameter (d) 5/8 inchi atau 0.01589 meter.

$$\begin{aligned}
 R_{bt\ 1} &= \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{d} - 1 \right) \\
 R_{bt\ 1} &= \frac{100}{2 \times 3.14 \times 4} \left(\ln \frac{4 \times 4}{0.01589} - 1 \right) \\
 R_{bt\ 1} &= 3.98(6.91 - 1) \\
 R_{bt\ 1} &= 3.98(5.91) \\
 R_{bt\ 1} &= 23.52\ \Omega
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan batang tembaga dengan L = 4 meter dan d = 5/8 inc atau 0.01589 meter di dapatkan hasil 23.52 Ω, karena standart PUIL 2013 tidak

boleh melebihi dari 5 Ω maka pembedaan tersebut perlu ditambah batang elektroda lagi supaya didapat hasil yang baik. Dengan di tambah batang elektroda yang sama maka dapat dihitung dengan persamaan (2.4).

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

$$R = \frac{100}{4 \times 3.14 \times 4} \left\{ \ln \frac{4 \times 4}{0.01589} - 1 + \ln (2 \times 4 + \sqrt{5^2 + 4 \times 4^2}) + \frac{5}{2 \times 4} - \frac{\sqrt{5^2 + 4 \times 4^2}}{2 \times 4} \right\}$$

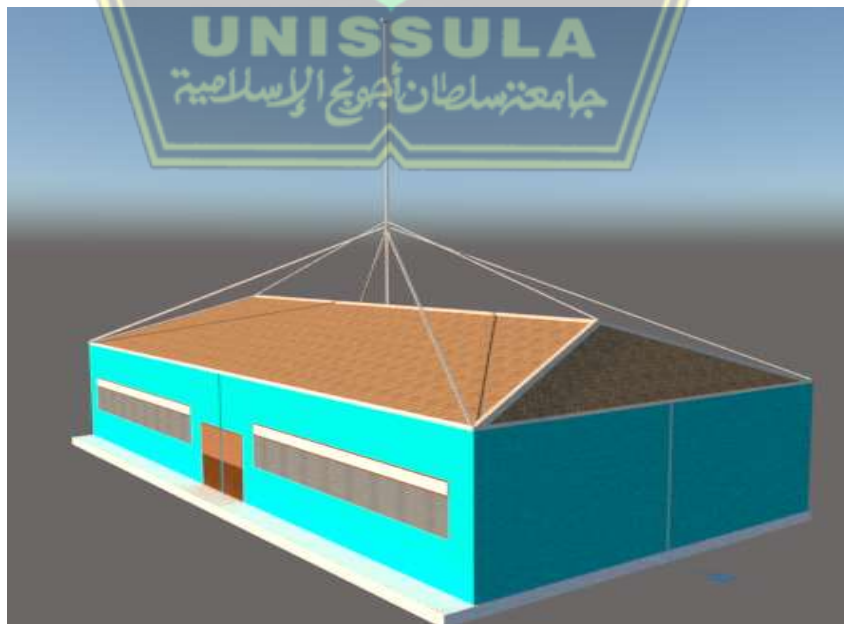
$$R = \frac{100}{50.24} \left\{ \ln \frac{16}{0.01589} - 1 + \ln (8 + 5 + 64) + \frac{5}{8} - \frac{69}{8} \right\}$$

$$R = 1.99 \{ 5.91 + 4.34 + 0.62 - 8.62 \}$$

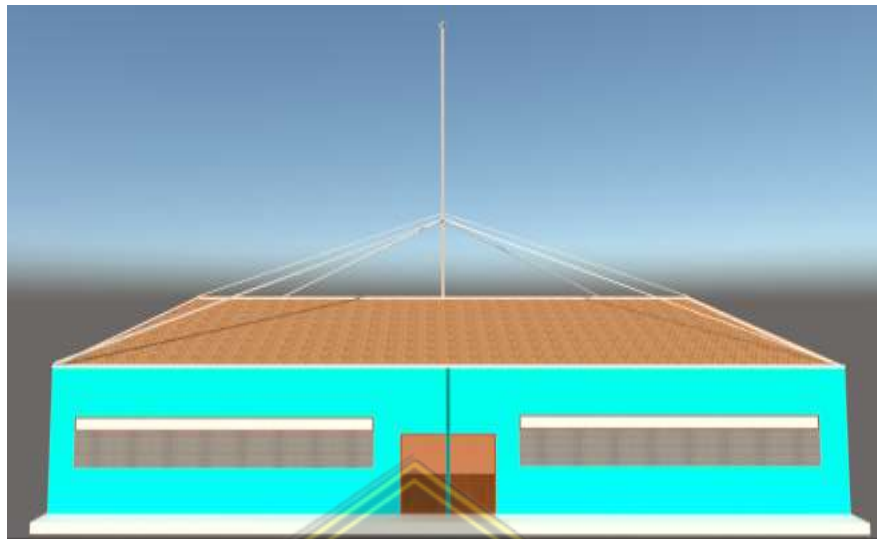
$$R = 1.99 \{ 2.25 \}$$

$$R = 4.47 \Omega$$

Hasil dari perhitungan dengan menambah satu batang elektroda dengan jenis yang sama dan dihubungkan secara paralel didapatkan hasil 4.47 Ω . Hasil tersebut sudah memenuhi syarat PUIL 2013 yaitu resistansi dibawah 5 Ω . [15]



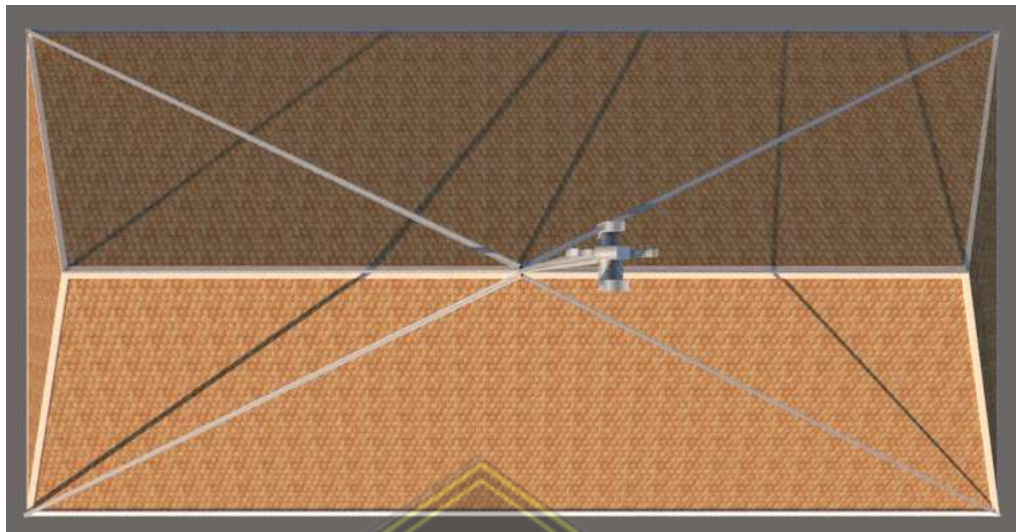
Gambar 4. 9 Desain Pemasangan Proteksi Petir



Gambar 4. 10 Gambar Gedung Tampak Depan

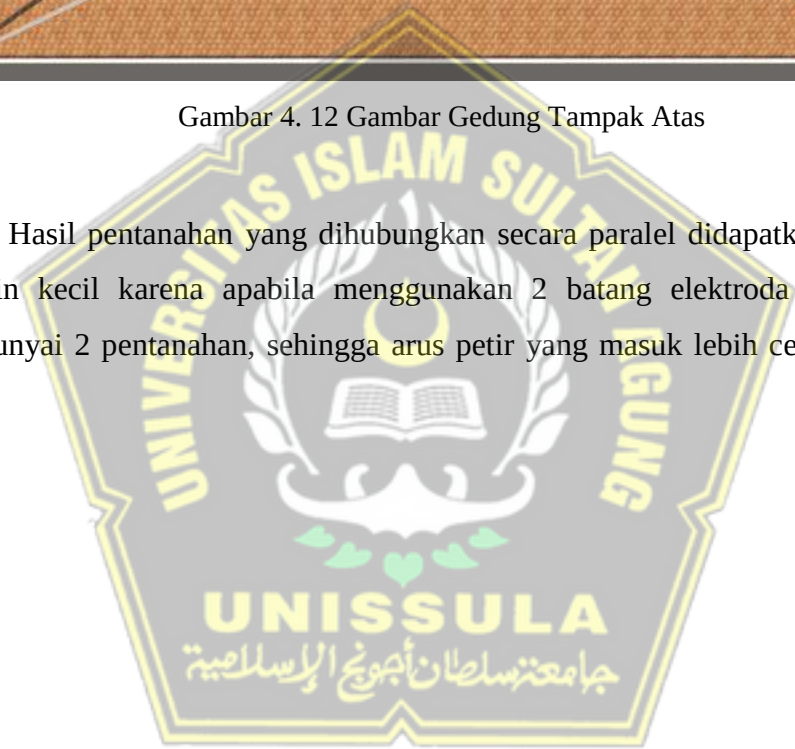


Gambar 4. 11 Gambar Gedung Tampak Samping



Gambar 4. 12 Gambar Gedung Tampak Atas

Hasil pentanahan yang dihubungkan secara paralel didapatkan nilai yang semakin kecil karena apabila menggunakan 2 batang elektroda di ibaratkan mempunyai 2 pentanahan, sehingga arus petir yang masuk lebih cepat mencapai bumi.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Merujuk hasilnya penelitian Perencanaan Sistem Proteksi Petir Tipe Elektrostatik Pada SMA Negeri 1 Tuntang maka bisa didapatkan kesimpulan, yaitu:

1. Sesudah dilaksanakan penelitian sistem proteksi petir yang awalnya hanya memproteksi 4 gedung saja, setelah dilakukan perencanaan sistem proteksi petir dengan menggunakan satu buah tipe elektrostatik yang dipasang di atap gedung kelas 11 dengan ketinggian total 18,30 meter sudah dapat memproteksi seluruh area gedung.
2. Setelah dilakukan perencanaan ulang untuk sistem pentanahan yang awalnya melebihi standar PUIL, kemudian dengan menanam 2 buah batang elektroda dengan panjang 4 meter yang di pasang secara paralel didapat hasil 4.47 Ω hasil ini sudah memenuhi standar PUIL yaitu di bawah 5 Ω .

5.2 Saran

1. Untuk saran dari penulis untuk SMA Negeri 1 Tuntang yaitu untuk menambahkan proteksi petir sesuai dengan hasil penelitian tersebut supaya gedung yang berada di wilayah SMA Negeri 1 Tuntang tetap terlindungi dari sambaran petir.
2. Kemudian untuk sistem pentanahan pada gedung SMA Negeri 1 Tuntang perlu dibuatkan ulang bak kontrol supaya mempermudah dalam melakukan perawatan pentanahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Murdiya, "Desain Dan Analisa Sistem Proteksi Petir Pada Rumah Sakit," *Fteknik*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [2] E. Hosea, E. Iskanto, and H. M. Luden, "Penerapan Metode Jala , Sudut Proteksi dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal yang Diaplikasikan pada Gedung W Universitas Kristen Petra," vol. 4, no. September, pp. 1–9, 2004.
- [3] Rohani Rohani, "Evaluasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Di Gedung Rektorat Universitas Negeri Yogyakarta," *edukasi elektro*, vol. 1, No 2, 2017.
- [4] gilbert fernando lasut, "PERENCANAAN SISTEM PENANGKAL PETIR PADA LABORATORIUMSISTEM TENAGA DAN BENGKEL JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI MANADO," 2015.
- [5] Z. Hakim, I. Danial, M. Rajagukguk, D. Program, and S. Teknik, "MASJID RAYA MUJAHIDIN MENGGUNAKAN METODE BOLA BERGULIR (ROLLING SPHERE METHOD)," pp. 1–7.
- [6] Dennis Messelinus Christian, "EVALUASI SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL PADA PABRIK PT PUPUK SRIWIJAYA," 2017.
- [7] Rakov VA, "Lightning discharge and fundamentals of lightning protection," *J. Light. Res.*, vol. 4(1):3-11, 2012.
- [8] W. P. Widyaningsih, "Perubahan Konfigurasi Elektrode Pentanahan," vol. 4,no. Sept. pp. 1-9, 2004.
- [9] D. Aslimeri, "Teknik Transmisi Tenaga Listrik JILID 2," vol. 53, no. 9, 2008.
- [10] D. P. Sumardjati, "Teknik_Pemanfaatan_Tenaga_Listrik_Jilid_1_Kelas_10," 2008.
- [11] P. Systems Engineering Committee of the IEEE Industry Applications Society, *IEEE Std 142-2007 (Revision of IEEE Std 142-1991) IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*, vol. 2007. 2007.

- [12] B. S. Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, vol. 2000, no. Puil. 2000.
- [13] I. K. F, “ANALISA SISTEM PENTANAHAN TRANSFORMATOR,” *J. AMPERE*, 2018.
- [14] “Keselamatan dan Pemasangan Instalasi Listrik Voltase Rendah untuk Rumah Tangga,” vol. 1, no. 2011, 2016.
- [15] B. S. Nasional, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) Amandemen 1, 4, 5, 6,” *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. Puil, 2011.

