

**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL PADA
MASJID BAITUL AMIN DEMAK**

TUGAS AKHIR



Disusun oleh :

NAMA : MOCHAMAD ARIF EFENDI

NIM : 30601800060

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2024

**DESIGN OF AN EXTERNAL LIGHTNING PROTECTION SYSTEM AT
THE BAITUL AMIN MOSQUE, DEMAK**

FINAL PROJECT



Arranged By:

NAMA : MOCHAMAD ARIF EFENDI

NIM : 30601800060

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY

SEMARANG

2024

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PERANCANGAN SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL PADA MASJID BAITUL AMIN DEMAK” ini disusun oleh :

Nama : Mochamad Arif Efendi

NIM : 30601800060


Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 19 November 2024

Pembimbing



Ir. Ida Widi Hastuti, M.T.
NIDN. 0005036501

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Haspsari, ST, MT.
NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**PERANCANGAN SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL PADA MASJID BAITUL AMIN DEMAK**” ini telah dipertahankan didepan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 7 Desember 2024

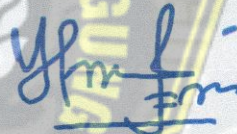
TIM PENGUJI

Anggota I



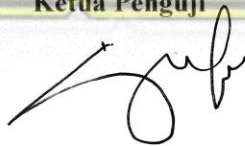
Ir. Budi Pramono Jati, M.T., M.M.
NIDN. 0623126501

Anggota II



Ir. Ida Widi Hastuti, M.T.
NIDN. 0005036501

Ketua Penguji



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mochamad Arif Efendi
NIM : 30601800060
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 dicantumkan 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, 23 Oktober 2024

Yang Menyatakan

Mahasiswa


Mochamad Arif Efendi
NIM. 30601800060

UNISSULA
جامعة سلطان أبجويج الإسلامية

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mochamad Arif Efendi

Nim : 30601800060

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul :
**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL PADA MASJID
BAITUL AMIN DEMAK**

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/Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan agung.

Semarang, 08 Desember 2024

Yang Menyatakan



Mochamad Arif Efendi

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil' alamin

Sembah sujud dan rasa syukur panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan kasih sayang sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir. Sholawat serta salam haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW semoga kita semua mendapat syafa'at beliau di hari kelak nanti, amiin.

Saya persembahkan laporan tugas akhir ini untuk almarhum kedua orang tua saya, semua kakak kandung yang saya cintai dan saya sayangi. Sebagai ungkapan terima kasih atas segala doa, inspirasi, bantuan, dan sumber daya yang telah membantu saya mencapai prestasi luar biasa dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Prestasi pertama yang dapat saya sebutkan untuk membuat kedua orang tua saya tersenyum adalah menyelesaikan tugas akhir ini. Terakhir, saya ingin mempersembahkan tulisan ini untuk dosen pembimbing saya Ibu Ir. Ida Widiastuti, M.T., yang telah mendukung dan membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Saya ingin mengucapkan terima kasih atas waktu, tenaga, dan inspirasi yang telah diberikan kepada saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

MOTTO

“ Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

Q.S Al Insyirah: 5-6



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya, penulis diberi kekuatan untuk menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir, Penulisan Tugas Akhir ini dimaksudkan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Jenjang Pendidikan Sarjana (S-1) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Oleh karena itu perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Gunarto, S.H, M.H, selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyani, S.T, M.T, sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T, M.T, sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Ir. Ida Widiastuti, M.T, sebagai Dosen Pembimbing.
5. Orang tua dan keluarga serta orang tercinta yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
6. Sahabat dan teman-teman dari Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih jauh dari kata sempurna dan banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak terutama mahasiswa program studi S-1 Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Semarang, 25 Oktober 2024

Penyusun

Mochamad Arif Efendi

ABSTRAK

Petir adalah suatu bahaya dari peristiwa alamiah yang berupa pelepasan muatan listrik statis yang dibangkitkan oleh badai awan, Besar arus yang mengalir pada sambaran ini berkisar antara 2.000 sampai sekitar 200.000 A, Masjid Baitul Amin sendiri merupakan bangunan yang tertinggi di area sekitar, memiliki tower tinggi 32 meter dan bangunan utama 22 meter sehingga berpotensi besar mudah terkena sambaran petir, kemudian masjid Baitul Amin ini merupakan tempat ibadah dan tempat berkumpulnya orang banyak, agar bangunan aman dari sambaran petir dan kegiatan didalam masjid lebih aman, maka perlu dipasang penangkal petir yang baik. Tujuan penelitian ini untuk menghitung kebutuhan proteksi petir pada masjid baitul amin menggunakan metode rolling sphere dengan 3 sistem terminasi udara ditempatkan di tiga titik bangunan masjid yang menghasilkan sudut lindung 27.83° pada bangunan menara, 39.29° pada bangunan utama. Pada sistem pentanahan menggunakan metode single rod, menggunakan rod dengan panjang 1.5 m dengan diameter 1.4 cm, dengan nilai tahanan tanah sebesar 1.50Ω memenuhi ketentuan PUIL 2011 yaitu tahanan pentanahan harus $\leq 5 \Omega$.

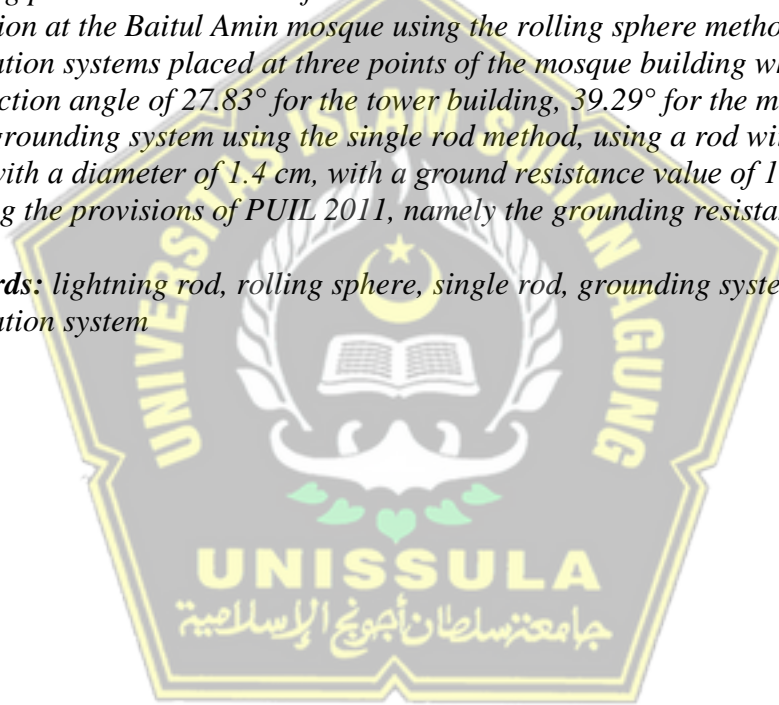
Kata kunci : penangkal petir, *rolling sphere*, *single rod*, sistem pentanahan, sistem terminasi udara



ABSTRACT

Lightning is a danger from a natural event in the form of a discharge of static electricity generated by storm clouds. The amount of current flowing in this strike ranges from 2,000 to around 200,000 A. The Baitul Amin Mosque itself is the tallest building in the surrounding area, it has a tower 32 meters high. meters and the main building is 22 meters so it has a high potential for being easily hit by lightning strikes, then the Baitul Amin mosque is a place of worship and a gathering place for many people, so that the building is safe from lightning strikes and activities inside the mosque are safer, it is necessary to install a good lightning protection. The aim of this research is to calculate the need for lightning protection at the Baitul Amin mosque using the rolling sphere method with 3 air termination systems placed at three points of the mosque building which produces a protection angle of 27.83° for the tower building, 39.29° for the main building. In the grounding system using the single rod method, using a rod with a length of 1.5 m with a diameter of 1.4 cm, with a ground resistance value of 1.50Ω , fulfilling the provisions of PUIL 2011, namely the grounding resistance must be $\leq 5 \Omega$.

Keywords: lightning rod, rolling sphere, single rod, grounding system, air termination system



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	5

2.1 Kajian Pustaka	5
2.2. Petir	7
2.3 Prakiraan Resiko Suatu bangunan.....	11
2.4 Sistem Terminasi udara.....	16
2.5 Sistem konduktor	23
2.6 Sistem Pentanahan	25
BAB III	33
3.1 Tempat Penelitian	33
3.2 Flowchart Metodologi Penelitian.....	34
3.3 Alat dan bahan	37
3.4 Data bangunan	37
BAB IV.....	39
4.1 Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan.....	39
BAB V	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indeks A PUIPP Bahaya Berdasarkan Penggunaan dan isi bangunan..	12
Tabel 2.2 Indeks B PUIPP Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan.....	12
Tabel 2.3 Indeks C PUIPP Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan	13
Tabel 2.4 Indeks D PUIPP Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan	13
Tabel 2.5 Indeks E PUIPP Bahaya Berdasarkan Hari Guruh	13
Tabel 2.6 Indeks R PUIPP Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan	14
Tabel 2.7 Tingkat Proteksi	15
Tabel 2.8 Kaitan Parameter Arus Petir dengan Tingkat Proteksi	15
Tabel 2.9 Perancangan terminasi udara dengan metode bola bergulir.....	20
Tabel 2.10 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi	21
Tabel 2.11 Dimensi minimum bahan SPP untuk penggunaan terminasi udara, konduktor penyalur dan Sistem pentanahan	23
Tabel 2.12 Tahanan jenis tanah.....	25
Tabel 3.1 Data Bangunan Masjid.....	36
Tabel 4.1 Data Bangunan Masjid.....	39
Tabel 4.2 Taksiran Resiko Menurut PUIPP	39
Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan Menurut SNI 03-7015-2004.....	41
Tabel 4.4 Tabel Tahanan pentanahan.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Petir	7
Gambar 2.2 Sambaran Petir Terhadap Manusia	8
Gambar 2.3 Proyeksi bidang vertical (tampak depan).....	17
Gambar 2.4 Proyeksi bidang vertical (tampak samping).....	18
Gambar 2.5 Proyeksi bidang horizontal (tampak atas)	18
Gambar 2.6 Metode Bola Bergulir.....	19
Gambar 2.7 Metode Jala	21
Gambar 2.8 Area Terproteksi.....	22
Gambar 2.9 Kawat konduktor.....	23
Gambar 2.10 Elektroda batang.....	28
Gambar 2.11 Elektroda Batang metode single rod.....	28
Gambar 2.12 Elektroda Batang metode multiple rod.....	29
Gambar 2.13 Elektroda Pita dalam beberapa konfigurasi.....	31
Gambar 2.14 Elektroda Pelat	32
Gambar 3.1 Masjid Baitul Amin.....	33
Gambar 3.2 Denah Bangunan Masjid.....	37
Gambar 3.3 Masjid Tampak Samping dan Tampak Depan.....	38
Gambar 4.1 Denah bangunan masjid tampak atas	39
Gambar 4.2 Gambar masjid tampak samping.....	40
Gambar 4.3 Nilai Tahanan Pentanahan.....	48
Gambar 4.3 Nilai Tahanan Pentanahan.....	48
Gambar 4.4 Wiring sistem proteksi	50
Gambar 4.5 Splitzer Terminasi Udara Bagian Kubah	50
Gambar 4.6 Splitzer Terminasi Udara Bagian Menara.....	51
Gambar 4.7 Area Lindung Terlihat Dari Samping.....	52
Gambar 4.8 Area Lindung Tampak Depan.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masjid Baitul Amin adalah bangunan yang cukup tinggi, memiliki tinggi tower 32 meter dan kubah 22 meter. Hari guruh di wilayah sekitar Kabupaten Demak seperti Kota Semarang yang dikatakan sedang yaitu 148 hari pertahun, sehingga Masjid Baitul Amin cukup berbahaya terhadap sambaran petir. Masjid Baitul Amin merupakan masjid bangunan baru terutama pada 2 buah tower, sebelumnya masjid Baitul Amin ini tidak mempunyai tower, setelah dibangun 2 buah tower, maka sistem proteksi eksternal perlu di tingkat kan karena masjid Baitul Amin ini merupakan tempat ibadah dan tempat berkumpul nya orang banyak, sehingga pemasangan sistem proteksi eksternal pada Masjid Baitul Amin ini sangat penting agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan, sehingga kegiatan yang dilakukan didalam masjid menjadi lebih aman.

Tujuan dibuatnya Sistem Proteksi Petir (SPP) adalah untuk melindungi bangunan dari sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung. Secara umum sistem proteksi dibagi menjadi dua, yaitu internal dan eksternal, sistem proteksi eksternal bertujuan untuk mengurangi resiko terhadap bahaya kerusakan akibat sambaran langsung pada bangunan yang dilindungi. Dengan latar belakang tersebut, maka pada tugas akhir ini diambil judul “Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Masjid Baitul Amin Demak” Selain manfaat tahu langkah menentukan sistem proteksi pada bangunan masjid, masjid menjadi lebih terlindungi dari bahaya petir.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Masjid Baitul Amin merupakan bangunan baru pada bagian tower, merupakan bangunan yang paling tinggi di area sekitar, berpotensi besar mudah tersambar petir, agar aman perlu diberi proteksi petir eksternal dan menentukan titik pemasangan terminasi udara !
2. Berapakah nilai taksiran resiko bahaya bangunan akan perlunya proteksi penangkal petir menurut PUIPP ?
3. Bagaimana menentukan kebutuhan tranminasi udara, sistem konduktor dan sistem pentanahan pada sistem penangkal petir eksternal Masjid Baitul Amin?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Menentukan titik area mana yang perlu di beri proteksi penangkal petir pada bangunan Masjid Baitul Amin.
2. Menghitung tingkat proteksi yang dibutuhkan bangunan Masjid Baitul Amin.
3. Perancangan sistem proteksi petir eksternal sesuai SNI 03-7015-2004.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini, telah ditentukan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Menentukan kebutuhan area proteksi pada bangunan Masjid Baitul Amin.
2. Perencanaan sistem terminasi udara pada Masjid Baitul Amin dengan metode bola bergulir atau rolling shpere methode.
3. Perencanaan sistem pentanahan dengan metode single rod dan multiple rod.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Masjid baitul amin dapat terpasang sistem penangkal petir terutama pada tower dan bangunan utama.
2. Mengetahui area proteksi pada bangunan Masjid Baitul Amin.

1.6 Metodologi Penelitian

1. Metode Observasi

Menganalisa, mempraktekkan dan mencatat secara langsung hasil pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil data yang sesuai.

2. Metode Interview

Melakukan wawancara dengan mengajukan pertanyaan pada rekan-rekan senior dan pada orang yang sudah berpengalaman agar dapat saling mengevaluasi hasil observasi yang telah dilakukan.

3. Metode Literatur

Untuk mendapatkan data-data tambahan sebagai penunjang referensi yang dibutuhkan bisa dari buku, jurnal, artikel dan pencarian informasi melalui internet.

4. Metode Analisa

Menghitung dan Menganalisa serta membandingkan hasil pengukuran dengan perhitungan sehingga dapat menghasilkan kesimpulan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika pada laporan Tugas Akhir Ini disusun sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian dan analisa, serta penulisan sistematika laporan.

BAB II Dasar Teori

Teori-teori yang berkaitan dengan sistem proteksi, sistem proteksi penangkal petir, sistem pertanahan, metode *Rolling sphere*, elektroda batang, metode *single rod*, metode *multiple rod*, karakteristik tanah, dan pengukuran eketroda.

BAB III Metode Penelitian

Pada bab ini berisi tentang gambaran umum alat dan bahan penelitian, pendataan ukuran bangunan, penganalisaan kebutuhan proteksi di tiap bangunan, perancangan sistem proteksi berdasarkan data bangunan dan metode *Rolling sphere*, penentuan titik pemasangan *splitser*, perancangan sistem terminasi, serta perancangan sistem pertanahan.

BAB IV Hasil Dan Pembahasan

Pada bab ini berisi tentang pembahasan hasil perancangan sistem penangkal petir yang telah terapkan dan pembahasan perhitungan tentang sistem pertanahan yang diterapkan.

BAB V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan pada penelitian ini dan saran kepada peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUTAKA

2.1 Kajian Pustaka

penelitian dengan judul “ Analisa dan perancangan Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Gereja musafir Buha Manado” Perencanaan pemasangan penangkal petir di gedung gereja Musafir Buha Manado menggunakan jenis konvensional , untuk kabel penghantar dari ujung sampai pada bak control menggunakan kabel BC. Jenis ground rod batang yang memiliki panjang 6 m dan diameter 8 mm. sejumlah 4 buah batang elektroda pentanahan yang ditanam pada 4 titik yang berbeda disekitar gedung Gereja , yang dihubungkan secara paralel sehingga menghasilkan nilai tahanan secara total berdasarkan perhitungan / teoritis sebesar 5 Ohm, dengan jenis tanah berupa tanah liat/ tanah ladang. Hasil penelitian menunjukkan Gedung gereja musafir Manado perolehan sambaran petir langsung (Nd) sebanyak 0,139 per tahun, hal ini menjadi dasar bahwa Sistem proteksi pada Gedung Gereja Musafir Buha merupakan suatu kebutuhan, dimana dari hasil kalkulasi menunjukkan tingkat proteksi yang dibutuhkan berada pada level IV, menggunakan sudut proteksi 69° [1].

Kemudian penelitian dalam jurnal “Design Technology for an External Lightning Protection System for a Telecommunications Building” membahas pentingnya sistem proteksi petir pada bangunan dan juga bahaya sambaran petir terhadap bangunan. Dan juga, jurnal ini juga membahas tentang perancangan sistem proteksi petir eksternal [2].

jurnal tentang “Perancangan instalasi proteksi petir eksternal pada gedung bertingkat (Aplikasi Balai Kota Pariaman) sukses perencanaan sistem proteksi petir eksternal pada gedung bertingkat. Dalam perhitungan perencanaan sistem proteksi petir eksternal, pertama yang harus dilakukan yaitu menentukan tingkat proteksi berdasarkan Persamaan 2.3 menggunakan standar PUIP. Kemudian menentukan penangkal petir. Berdasarkan sistem Franklin untuk proses pemilihan penangkal petir dengan terlebih dahulu menentukan tinggi akhir 30 cm. Luas area yang terproteksi adalah 32,15 m² [3].

Kemudian jurnal yang berjudul “Analisa Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat” Analisa data terdiri dari perhitungan akan kebutuhan sistem proteksi petir, penentuan tingkat proteksi, menghitung frekuensi sambaran petir pertahun serta menentukan jenis terminasi dan besar penampang konduktorpenyalur yang diperbolehkan. Pada penelitian ini didapatkan tingkat kebutuhan sistem proteksi petir pada Gedung Graha Muria adalah tergolong besar dan didapatkan tingkat proteksi IV, serta frekuensi sambaran petir langsung sebesar 0,139 pertahun. Setelah melakukan perhitungan maka dibutuhkan 4 buah batang terminasi setinggi 2 meter agar seluruh area gedung terlindungi dan besar penampang konduktor penghantar yang digunakan adalah kabel BC 16 mm [4].

Kemudian jurnal yang berjudul “Analisis Pemasangan Penangkal Petir Gedung OPI Mall Jakabaring Palembang”. Pada penelitian ini menggunakan standar PUIP untuk mendapatkan prakiraan resiko, berdasarkan PUIPP gedung OPI Mall sangat perlu dipasang sistem proteksi petir. Pada penelitian ini, yang dihitung yaitu estimasi risiko sambaran petir, jumlah kebutuhan penangkal petir dan penempatan penangkal petir, ada 4 metode yaitu razevig proteksi zona, sudut proteksi, metode ESE (Early Streamer Emission) dan rolling ball [5].

Untuk penelitian saya yang berjudul “ Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Masjid Baitul Amin Demak”, perlindungan terhadap sambaran petir juga harus dirancang dengan maksimal karena masji Baitul Amin memiliki tower setinggi 32 meter, untuk melindungi alat-alat elektronik yang terpasang dibangunan tersebut dan masjid Baitul Amin merupakan tempat ibadah, sehingga aktivitas yang berada dalam masjid menjadi lebih aman.

2.2. Petir

Petir adalah adalah bahaya dari alam, yang diakibatkan oleh gesekan antar awan, yang menimbulkan muatan negatif dan menghasilkan petir. Arus petir yang mengalir sekitar 2000 Ampere hingga 200.000 Ampere.

Sambaran petir yang menuju ke tanah, umumnya bermuatan negatif, karena arus yang terjadi di dalam awan bermuatan negatif, untuk sambaran yang bermuatan positif jarang terjadi.

Arus petir mengalir searah, arus muatan negatif arusnya meningkat tidak lebih dari 10 μ det, (tetapi sambaran arus yang bermuatan positif lebih lama) beberapa kilat terdapat dua atau lebih sambaran, dan karakternya sama dengan sambaran tunggal, dapat memiliki jarak waktu 50 sampai 100 mdet.

Untuk sambaran yang arahnya menuju ke atas menjadi lebih panjang dan memiliki muatan yang lebih besar, sehingga arus petir yang besar menjadi mudah muncul karena ada tambahan medan yang lebih kuat.

[9]



Gambar 2.1 Petir

Sumber gambar : DEHN + SOHN, *Ligthing Protection Guid 3rd Updated Edition* (2014:15)^[1]

[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.94

[1] DEHN + SOHN, *Ligthing Protection Guid 3rd Updated Edition* (Neumarkt : DEHN,2014), hal.15

2.2.1 Bahaya Terhadap Sambaran Petir

1. Bahaya Petir Terhadap Manusia

Jika sambaran petir mengenai manusia dan mengalir ditubuh manusia, maka organ tubuh akan mengalami kejutan (syok) yang dapat menghentikan kerja jantung, dapat memberika efek rangsangan panas, dapat melumpuhkan jaringan otot, dan yang lebih parahnya jika arus yang mengalir tinggi, dapat menghanguskan tubuh manusia.



Gambar 2.2 Sambaran Petir Terhadap Manusia

Sumber gambar : Gilbert Fernando Lasut, Perencanaan sistem penangkal petir pada laboratorium sistem tenaga dan bengkel jurusan (2015:10)^[3]

2. Petir Yang Menyambar Lewat Bangunan.

Arus petir yang menyambar secara langsung menyambar bangunan, dapat merusak bangunan beserta isinya, dapat menyebabkan kerusakan perangkat elektrik, elektronik, menyebabkan kebakaran, hingga dapat menimbulkan korban jiwa, hal tersebut yang menjadikan alasan bangunan harus diberi proteksi penangkal petir.

^[3] GILBERT FERNANDO LASUT, Skripsi: *Perencanaan Sistem Penangkal Petir Pada Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan* (Manado : Politeknik Negeri Manado, 2015), hal.10

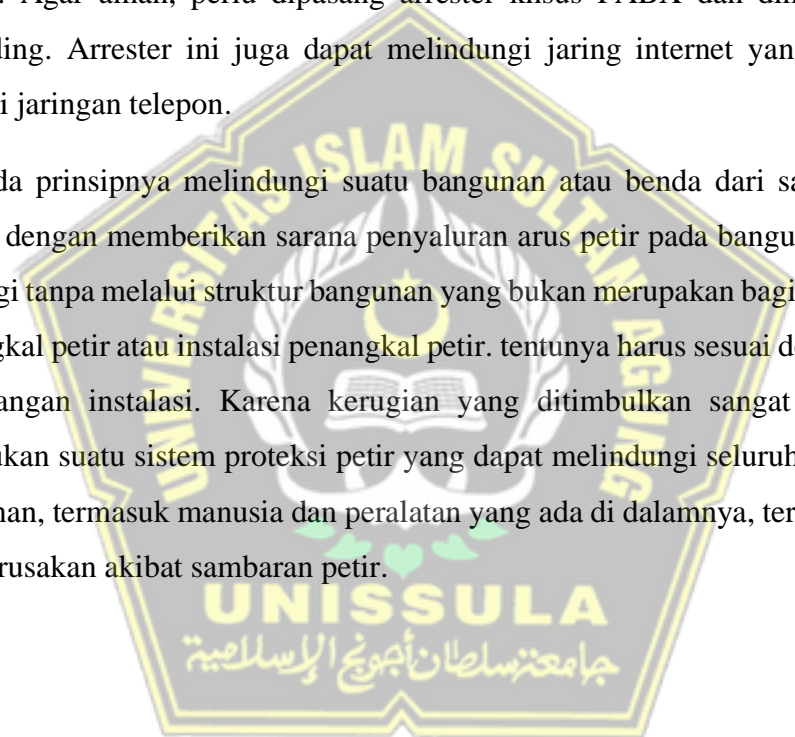
3. Petir yang menyambar lewat jaringan listrik

Untuk saat ini, jaringan distribusi masih menggunakan kabel terbuka yang dipasang diatas letaknya cukup tinggi sehingga mudah tersambar petir dan efeknya langsung berdampak kepada sang pengguna, agar hal tersebut tidak terjadi, dipasang alat arester untuk melindungi tegangan lebih.

4. Petir Yang Menyambar Lewat Jaringan Telekomunikasi

Sambaran ini berdampak pada perangkat telekomunikasi seperti telepon dan PABX. Agar aman, perlu dipasang arrester khsus PABX dan dihubungkan ke grounding. Arrester ini juga dapat melindungi jaring internet yang koneksinya melalui jaringan telepon.

Pada prinsipnya melindungi suatu bangunan atau benda dari sambaran petir adalah dengan memberikan sarana penyaluran arus petir pada bangunan yang kita lindungi tanpa melalui struktur bangunan yang bukan merupakan bagian dari sistem penangkal petir atau instalasi penangkal petir. tentunya harus sesuai dengan standar pemasangan instalasi. Karena kerugian yang ditimbulkan sangat besar, maka diperlukan suatu sistem proteksi petir yang dapat melindungi seluruh bagian suatu bangunan, termasuk manusia dan peralatan yang ada di dalamnya, terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir.



2.2.2 Nilai Frekuensi sambaran petir

Nilai rata-rata sambaran petir langsung per tahun (Nd), didapatkan dari perhitungan rata-rata densitas sambaran ke tanah / km^2 pertahun (Ng), dikali dengan area ekivalen (Ae) bangunan.

Rumus rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun^[9] :

$$Nd = Ng \times Ae \times 10^{-6} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

Nd : rata – rata frekuensi sambaran petir ke bangunan km^4 per tahun

Ng : rata-rata densitas sambaran petir ke tanah / km^2 per tahun

Ae : lingkup cakupan ekivalen bangunan gedung (m^2)

Rumus sambaran rata-rata densitas petir ke tanah / km^2 per tahun^[9]:

$$Ng = 0.04 Td^{1.25} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Td : adalah hari guruh pertahun dari BMKG

Luas cakupan ekuivalen suatu bangunan adalah luas area yang dianggap suatu bangunan dengan nilai frekuensi sambaran petir langsung tahunan.

Rumus area cakupan ekivalen^[9]:

$$Ae = (a \times b) + 6h (a+b) + 9 \pi h^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

a : panjang bangunan (meter)

b : lebar bangunan (meter)

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.8-9

h : tinggi bangunan (meter)

Luas ekuivalennya juga dipengaruhi bangunan atau benda di sekitarnya jika jarak antar benda tidak lebih dari $3(h+hs)$ menyebabkan cakupan ekuivalennya akan saling tindih. Sehingga jika jarak benda $< 3(h+hs)$ maka coverage area ekuivalennya dikurangi dengan nilai xs .

Rumus pengaruh jarak benda sekitar^[9]:

$$xs = \frac{d+3(hs-h)}{2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

Xs : jarak pengaruh benda disekitarnya (m^2)

d : jarak antara bangunan pertama dengan bangunan / benda lain (m)

hs : tinggi benda sekitar bangunan (m)

2.3 Prakiraan Resiko Suatu bangunan

Pada pemasangan instalasi penangkal petir harus bisa melindungi seluruh bagian bangunan dan area disekitarnya. Cara menentukan seberapa besar kebutuhan suatu bangunan akan proteksi petir menggunakan beberapa standart antara lain:

2.3.1 PUIPP (Peraturan umum instalasi penangkal petir)

Menurut PUIPP jenis bangunan yang perlu di beri proteksi petir dapat dikelompokkan menjadi:

1. Gedung- gedung yang tinggi, bertingkat seperti tower, cerobong asap
2. Gudang tempat menyimpan bahan kimia berbahaya yang mudah terbakar.
3. Tempat untuk berkumpulnya banyak orang seperti sekolah, bandara, stasiun, atau tempat umum lainnya.

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.10

4. Gedung yang memiliki fungsi khusus seperti museum, barang berharga milik negara.

Perlu atau tidaknya bangunan tersebut diberi penangkal petir atau tidak, bergantung pada besar atau kecilnya potensi kerusakan bangunan jika tersambar petir. Sesuai PUIPP (Peraturan umum instalasi penangkal petir), besaran persyaratan mengacu pada penjumlahan indeks yang mewakili kondisi bangunan di suatu lokasi dan ditulis sebagai berikut ^[2]:

$$R=A+B+C+D+E \dots\dots\dots (2.5)$$

Nilai indeks tabel dibawah ini didapat dari sumber PUIPP:

Tabel 2.1 PUIPP Indeks A adalah bahaya berdasarkan fungsi dan isi didalam bangunan tersebut

Fungsi dan isi bangunan	Nilai Indeks A
Bangunan yang tidak perlu diberi sistem keamanan penangkal petir	-10
Bangunan yang jarang ditempati seperti disawah, kebun, menara	0
Bangunan sebagai tempat tinggal dan berisi peralatan sehari-hari seperti rumah	1
Bangunan yang berisikan barang atau dokumen penting seperti toko atau kantor pemerintahan	2
Bagunan tempat berkumpulnya orang banyak seperti masjid atau tempat ibadah, sekolah, pusat perbelanjaan	3
Rumah sakit,tempat pengisian bahan bakar	5

^[2] DIREKTORAT PENYELIDIKAN MASALAH BANGUNAN, *Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk Bangunan di Indonesia*. (Bandung : Departemen Pekerjaan Umum., 2004), hal.17

Tempat yang berbahaya, membahayakan sekitar, contoh gedung untuk perakitan bom atau nuklir	15
--	----

Sumber : Perencanaan Umum Instalasi Penangkal Petir 1983 (2014 : 17)

Tabel 2.2 PUIPP Bahaya Sambaran Sesuai Konstruksi Bangunan Indeks B

Jenis Kontruksi Bangunan (m)	Indek B
Bangunan konstruksi yang mudah menghantarkan listrik seperti konstruksi dari besi	0
Konstruksi yang terbuat dari beton atau kerangka besi dan menggunakan atap logam	1
Jenis konstruksi bangun dengan rangka besi dan beton bertulang tetapi atap bukan logam	2
Jenis konstruksi menggunakan kayu dan menggunakan atap yang bukan logam	3

Sumber : Perencanaan Umum Instalasi Penangkal Petir 1983 (2014 : 18)

Tabel 2.3 PUIPP Indeks C Bahaya Sambaran Sesuai Tinggi Bangunan

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

Sumber : PUIPP 1983 (2014 : 18)

Tabel 2.4 PUIPP Bahaya Berdasarkan Lokasi Bangunan indeks D

Lokasi tempat Bangunan	Indeks D
Di tempat tanah yang datar dengan ketinggian rata	0
Ditempat yang tinggi seperti bukit hingga pegunungan tinggi mencapai seribu meter	1
Ditempat pegunungan yang tinggi nya bisa lebih dari seribu meter	2

Sumber: PUIPP 1983 (2014 : 19)

Tabel 2.5 PUIPP Indeks E Bahaya dengan tingkat 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: PUIPP 1983 (2014 : 19)

Tabel 2.6 PUIPP Bahaya sesuai Situasi Bangunan Indeks R

R	Prakiraan bahaya	Tingkat pengamanan
< 11	Tidak bahaya	Tidak Perlu
= 11	Prakiraan Kecil	Tidak Perlu
= 12	Prakiraan Sedang	Disarankan
= 13	Prakiraan Agak Besar	Disarankan
= 14	Prakiraan Besar	Sangat Disarankan
> 14	Prakiraan Sangat Besar	Sangat Perlu

Sumber: PUIPP 1983 (2014 : 19)

2.3.2 Sesuai SNI 03-7015-2004

Nilai frekuensi rata-rata sambaran tahunan (N_c) yang bisa diterima harus dibandingkan dengan nilai frekuensi sambaran petir (N_d) ke bangunan gedung. Nilai Perbandingan tersebut dapat menentukan apakah SPP diperlukan, dan jika diperlukan, jenisnya apa :

- a) Apabila $N_d < N_c$ maka tidak diperlukan SPP.
- b) Apabila $N_d > N_c$, maka diperlukan sistem proteksi dengan tingkat efisiensi berdasarkan persamaan berikut^[9]:

$$E \geq 1 - \frac{N_d}{N_c} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

E : Efisiensi

N_c : Frekuensi maksimal sambaran petir yang diijinkan dengan nilai ketetapan yaitu 10^{-1} / tahun^[5].

N_d : rata – rata frekuensi sambaran petir ke bangunan km^4 / tahun.

Nilai efisiensi yang didapatkan, menentukan tingkat proteksi berdasarkan tabel 2.7.

Tabel 2.7 Tingkat Proteksi

Tingkatan Proteksi	Efisiensi SPP (E)
I	98%
II	95%
III	90%
IV	80%

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 13)

Jika nilai Efisiensi nilai nya sama atau lebih besar dengan nilai Efisiensi, maka nilai yang paling mendekati nilai Efisiensi diatas yang bisa menentukan tingkat bangunan tersebut yang diproteksi. Sedangkan apabila hasil hitungan Efisiensi $\leq E$,

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.13

^[5] MAULA SUKMAWIDJAJA et al., *Jurnal, Analisis perancangan sistem proteksi bangunan the bellagio residence terhadap sambaran petir*, vol. 12, (Jakarta : Universitas Trisakti, 2017), hal.78

ditambah lagi sistem proteksi dengan menentukan tingkat proteksi. Tingkat proteksi berkaitan dengan nilai parameter petir seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Parameter Petir berkaitan dengan Tingkat Proteksi

Parameter Petir		Tingkat Proteksi		
		I	II	III-IV
Nilai Arus Puncak	$I(kA)$	200	150	100
Muatan Total	Q_{total}	300	225	150
Muatan Implus	Q_{implus}	100	75	50
Energi Spesifik	$W/R(kj/\Omega)$	10000	5600	2500
Keamanan Rata-rata	di/dt	200	150	100
	$30/90\%(kA/\mu s)$			

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 5)

2.4 Sistem Terminasi udara

Sistem terminasi udara adalah bagian dari sistem penangkal petir eksternal, fungsinya agar dapat mengetahui bagian bangunan mana yang perlu dipasang *splitzer* (terminal udara). *Splitzer* yang dipasang berfungsi menangkap arus petir yang menyambar. Agar bangunan gedung termasuk area sekitarnya aman dari sambaran. Ketika memasang *splitzer*, jaraknya sekitar 2-3 meter diatas lebih tinggi dari bagian tertinggi bangunan tersebut agar tidak terjadi peningkatan frekuensi sambaran petir langsung.^[9]

Cara untuk menentukan area mana yang akan dipasang, ada beberapa metode yaitu dengan metode Razevig (sudut proteksi), Rolling Sphere (bola bergulir) atau Mesh (metode jala).

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.30

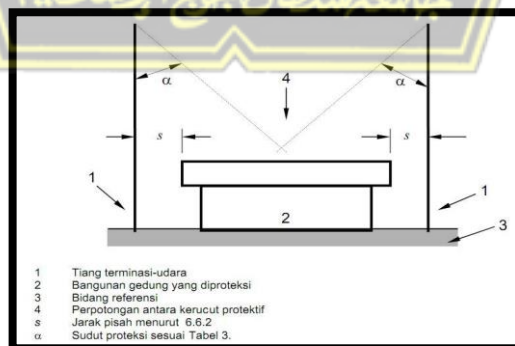
Metode yang akan dipilih oleh perancang sistem penangkal petir dengan pertimbangan yang harus dipenuhi seperti berikut :

- a. Metode sudut proteksi tidak cocok untuk bangunan-bangunan yang rumit atau gedung yang tingginya melebihi radius bola bergulir, metode ini lebih cocok untuk bangunan gedung maupun bagian kecil dari gedung yang lebih besar.
- b. Metode bola bergulir lebih cocok digunakan pada bangunan yang rumit seperti masjid.
- c. Metode jala digunakan untuk keperluan umum dan khususnya cocok untuk proteksi permukaan bangunan yang datar^[9].

1. Metode sudut proteksi (Protective Angle Method)

Metode perlindungan sudut geometris memiliki keterbatasan dan tidak digunakan untuk bangunan yang lebih tinggi dari radius bola menggelinding yang ditentukan dalam tabel 2.10.

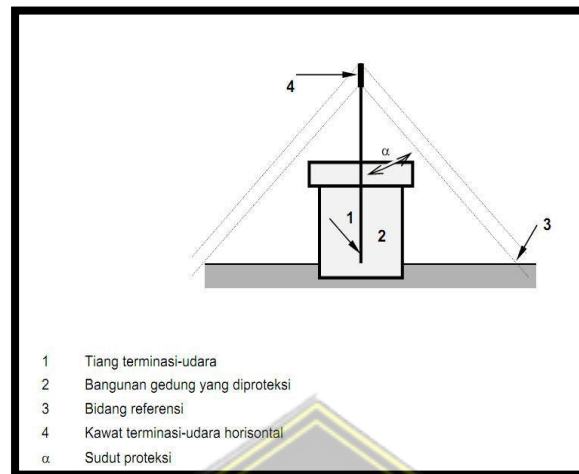
Konduktor terminasi harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga seluruh bagian bangunan yang dilindungi berada di dalam permukaan selubung yang dihasilkan oleh proyeksi titik konduktor terminasi udara ke bidang acuan, dengan sudut α terhadap garis vertikal ke segala arah. Rancangan terminasi udara dengan metode sudut proteksi ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Proyeksi bidang vertical (tampak depan)

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 24)

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.21



Gambar 2.4 Proyeksi bidang vertical (tampak samping)

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 24)



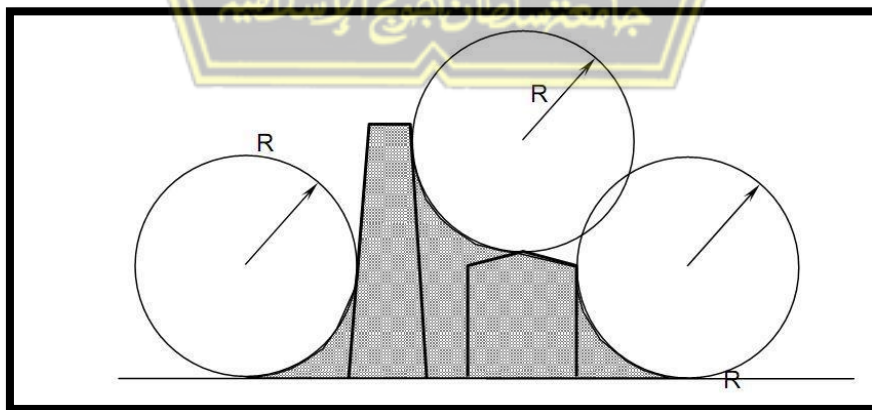
Gambar 2.5 Proyeksi bidang horizontal (tampak atas)

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 23)

2. Rolling Sphere method (*Metode Bola Bergulir*)

Konsep kawasan lindung dengan solusi geometri sederhana diterapkan oleh Franklin (1767) dimana petir akan menyambar penangkap petir dari suatu titik tertentu jika jarak dari titik penangkap petir tersebut merupakan jarak terpendek. Konsep Franklin mengenai jarak sambaran kemudian dikembangkan lagi dengan pengertian jarak sambaran hingga saat ini adalah jarak antara benda yang disambar dengan ujung lidah petir yang bergerak ke bawah yang pada saat itu kuat medan tembus udara antara lidah petir. dan bumi telah tercapai. Jarak serangan tersebut akan menentukan besar kecilnya perlindungan yang dihasilkan. Dari konsep pendekatan geometris di atas, dikembangkan model kawasan perlindungan yang disebut bola bergulir. Metode rolling ball dapat diibaratkan dengan proses sambaran, karena metode ini didasarkan pada asumsi bahwa tidak ada petir yang dapat menyambar semua titik di luar jika jarak orientasinya lebih besar dari jari-jari tetap bola.

Agar metode sebelumnya lebih sempurna (Metode Sudut proteksi dan metode jala), maka metode bola bergulir adalah metode yang dianggap lebih baik optimal dan efisien. Metode bola bergulir ini digunakan pada gedung atau bangunan cukup rumit.



Gambar 2.6 Metode Bola Bergulir

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 26)

Metode rolling ball lebih cocok diaplikasikan pada suatu bangunan dengan bentuk atap yang cukup rumit. Dengan metode ini diibaratkan ada sebuah bola berjari-jari (R) yang menggelinding di atas tanah, mengelilingi dan melintasi ke berbagai arah sampai bertemu dengan tanah atau suatu struktur yang terhubung dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai konduktor. Titik kontak bola yang menggelinding pada struktur merupakan titik yang dapat tersambar petir dan pada titik tersebut harus dilindungi dengan konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak (R) dari ujung penangkap petir akan mempunyai peluang yang sama untuk menyambar suatu bangunan.

Metode akan membentuk sudut diantara dua bangunan dan jarak horizontalnya merupakan daerah perlindungannya, persamaan yang digunakan untuk mencari sudut lindungnya adalah

Rumus perhitungan sudut lindung proteksi^[9]:

$$a^{\circ} = \sin^{-1}\left(1 - \frac{h}{r}\right) \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

a° : Sudut lindung proteksi

h : Tinggi bangunan

r : Radius bola bergulir

Tabel 2.9 Radius berdasarkan tingkat proteksi

Tingkatan Proteksi	Radius bola bergulir (R) (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 21)

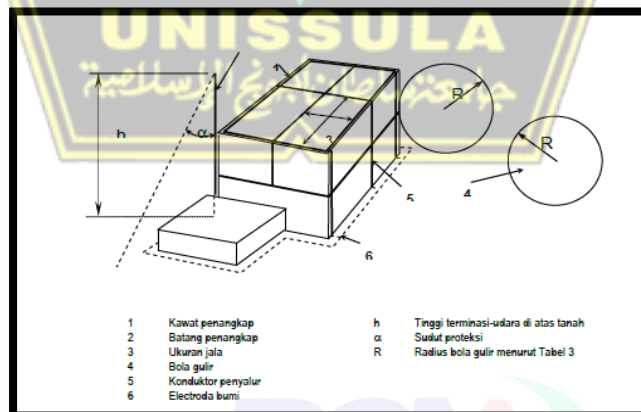
Dalam Metode Bola Bergulir harus mengetahui nilai arus puncak petir (I). nilai arus puncak petir (I) berhubungan dengan Besar nilai Radius Bola Bergulir (R) Nilai arus puncak petir dapat di lihat dari tabel berikut:

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.21

3. Mesh Method (Metode jala)

Metode jala cocok digunakan untuk permukaan datar dan dapat melindungi semua permukaan apabila kondisi seperti berikut :

- a. Penempatan terminasi udara :
 - 1) Pada garis pinggir disudut atap
 - 2) Pada bagian serambi atap
 - 3) Pada garis bubungan atap, apabila kemiringan lebih dari 1/10
- b. Permukaan pada samping bangunan gedung dengan tinggi lebih dari radius bola gulir yang relevan dengan tingkat proteksi yang dipilih, dilengkapi dengan sistem terminasi udara.
- c. Dimensi jala pada jaringan terminasi udara tidak lebih dari harga yang diberikan dalam Tabel 2.10.
- d. Sistem terminasi udara dijadikan lebih sempurna, tidak boleh ada instalasi besi atau logam yang keluar dari area yang di lindungi sistem terminasi udara, agar arus petir selalu mengalir melalui dua lintasan logam yang berbeda.
- e. Konduktor terminasi udara harus mengikuti lintasan terpendek yang dimungkinkan.



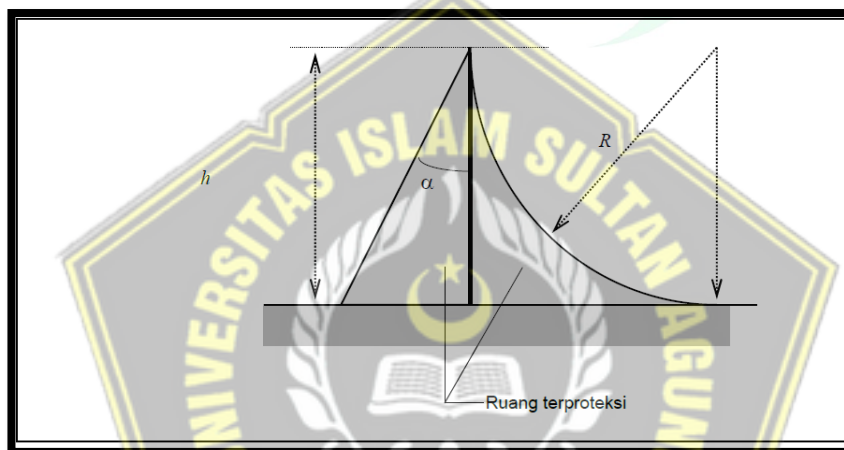
Gambar 2.7 Metode Jala

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 27)

Tabel 2.10 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi

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

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 21)



Gambar 2.8 Area Terproteksi

Sumber gambar : SNI 03-7015-2004 (2004: 21)

2.5 Sistem konduktor



Gambar 2.9 Kawat konduktor

Sumber gambar : Dokumentasi pribadi

Sistem penghantar atau biasa disebut penghantar distribusi merupakan bagian dari sistem proteksi luar yang dimaksudkan untuk mengalirkan arus petir dari sistem terminasi udara ke sistem pentanahan. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor distribusi harus mempertimbangkan fakta bahwa, jika arus petir dibagi menjadi beberapa saluran, risiko lompatan ke samping dan interferensi elektromagnetik pada gedung berkurang. Oleh karena itu, sedapat mungkin konduktor distribusi harus ditempatkan secara merata di sepanjang keliling bangunan dan dalam konfigurasi simetris, tetapi konduktor distribusi harus sependek mungkin untuk memperoleh induktansi sekecil mungkin^[9].

Jenis-jenis bahan penghantar penyalur :

1. Kawat Tembaga (*BCC=Bare Cooper Cable*)
2. Aluminium (*AAC=All Aluminium Cable*)
3. Campuran Aluminium dan Baja (*ACSR=Aluminium Cable Steel Reinforced*)
4. Kawat baja yang diberi lapisan tembaga (*cooper weld*)
5. Aluminium Puntir Berisolasi (*Twisted wire*)
6. Kawat baja, dipakai pada kawat petir dan pertanahan^[3].

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.30&58

^[3] GILBERT FERNANDO LASUT, Skripsi: *Perencanaan Sistem Penangkal Petir Pada Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan* (Manado : Politeknik Negeri Manado, 2015), hal.25

Ukuran minimal bahan sistem penangkal petir yang dipakai dalam standar ini digunakan pada sistem konduktor terdapat pada tabel 2.11 yang bersumber dari SNI 03-7015, 2004.

Tabel 2.11 Diameter minimal bahan Sistem Penangkal Petir dalam penggunaan terminasi udara, penghantar dan Sistem pentanahan

Tingkat proteksi	Bahan	Terminasi udara (mm^2)	Konduktor penyalur (mm^2)	Sistem pentanahan (mm^2)
I sampai IV	Cu	35	16	50
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 51)

Atau sesuai Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia, nomor: PER.02/MEN/1989, tentang pengawasan instalasi penyalur petir, pasal 20 yang berbunyi:^[11]

Bahan penghantar penurunan yang dipasang khusus harus digunakan kawat tembaga atau bahan yang sederajat dengan ketentuan:

- a. penampang sekurang-kurangnya $50 mm^2$.
- b. setiap bentuk penampang dapat dipakai dengan tebal serendah-rendahnya 2 mm.

Jenis penghantar yang digunakan sistem instalasi penangkal petir luar dapat menggunakan kabel terisolasi atau tidak terisolasi. Hal-hal yang harus diperhatikan saat menentukan penghantar adalah tahan panas, tahan korosi, kekuatan tarik yang tinggi dan biaya yang murah.

Cara penempatan penghantar penyalur dengan melihat kondisi bangunan atau gedung yang diproteksi :

1. Apabila sistem terminasi udara terdiri dari beberapa batang pada beberapa kutub terpisah (atau satu kutub), maka setidaknya perlu satu penghantar umpan untuk

[11] Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia, nomor: PER.02/MEN/1989, *pengawasan instalasi penyalur petir*, (1998), hal.7

setiap kutub. Dalam hal tiang terbuat dari logam atau baja penguat yang saling berhubungan, tidak diperlukan konduktor distribusi lebih lanjut.

2. Jika sistem terminasi udara terdiri dari kawat yang diregangkan (atau kawat tunggal), setidaknya diperlukan satu konduktor umpan pada setiap ujung kawat
3. Jika sistem terminasi udara terdiri dari jaring konduktor, paling tidak diperlukan dua konduktor distribusi, yang didistribusikan ke sekeliling bangunan yang dilindungi.

Beberapa konduktor yang terdistribusi konduktor tunggal jarang digunakan dan lebih sering menggunakan secara merata. Ini dikarenakan jika salah satu pengantar gagal menyalurkan petir ke tanah, maka dapat disalurkan oleh penghantar lainnya ^[9].

2.6 Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan adalah sebagai penghantar dari sistem terminasi udara melalui konduktor ke tanah, agar dapat mengamankan bangunan peralatan listrik atau elektronik, dan juga manusia agar terhindar dari bahaya sambaran petir atau sengatan listrik. Oleh karena itu, fungsi utama dari sistem pentanahan atau sistem grounding bumi antara lain ^[9]:

1. Sebagai penghantar arus listrik langsung ke bumi.
2. Mengamankan peralatan elektronik akibat adanya bocor tegangan.
3. berfungsi untuk menetralkan cacat (noise) yang disebabkan baik oleh daya yang kurang baik, ataupun kualitas komponen yang tidak standar.

2.6.1 Tahanan Jenis Tanah dan Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah adalah hal yang penting dan wajib diketahui dalam perencanaan instalasi penangkal petir. Petir harus dengan cepat disalurkan ke dalam bumi, karena maka dari itu meneliti terhadap sifat-sifat tanah yang sehubungan dengan pengukuran tahanan tanah merupakan faktor yang penting dalam menentukan hasil arus tahanan tanah.

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.31

^[9] SNI 03-7015-2004, *Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, (2004), hal.63

Jenis Tanah	Tanah Rawa	Tanah Liat dan Tanah ladang	Pasir Basah	Krikil Basah	Pasir dan Krikil Kering	Tanah Berbatu
Tahanan Jenis (Ω)	30	100	200	500	1000	3000

Tabel 2.12 Tahanan jenis tanah

Sumber : Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1*, (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, (2008 : 170)

Jenis tanah sangat menentukan hasil tahanan tanah nya. Banyak faktor penentu, tidak hanya bergantung pada jenis tanah saja, dipengaruhi juga oleh kadar air, kandungan mineral, dan suhu (suhu tidak berpengaruh bila berada di atas titik beku air). Ketahanan tanah dapat berbeda-beda dari satu tempat ke tempat lain tergantung pada sifat-sifatnya ^[10]

2.6.2 Tahanan Tanah

Tahanan tanah maksimal 5 Ohm atau harus sekecil mungkin agar menghindari bahaya yang ditimbulkan oleh arus gangguan tanah ^[10]

Faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah:

1. Bentuk elektroda.

Ada bermacam-macam bentuk elektroda yang banyak digunakan, seperti jenis batang, pita dan pelat.

2. Jenis bahan dan ukuran elektroda.

Jenis elektro yang digunakan harus memiliki penghantar yang baik, tahan dari kerusakan akibat tanah seperti korosi. Untuk ukuran elektroda yang mempunyai kontak efektif dengan tanah.

^[10] Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1*, (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008) hal.170

^[10] Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1*, (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008) hal.167

3. Jumlah atau konfigurasi elektroda.

Untuk jumlah elektroda yang dipasang dapat disesuaikan, jika satu tidak cukup, maka bisa ditambahkan lagi agar sesuai dengan hasil yang terbaik

4. Kedalaman pemancangan atau penanaman di dalam tanah.

Kedalaman pemancangan berpengaruh dengan hasil tahanan tanah, semakin dalam pemancangannya, semakin bagus tetapi tergantung kebutuhan, ada yang perlu dipancarkan dangkal dan ada yang perlu dipancarkan dalam.

5. Faktor alam.

a. Jenis tanah: tanah gembur, berpasir, berbatu, dan lain-lain.

b. tekstur tanah: semakin tinggi kandungan air dalam tanah atau kelembaban semakin rendah nilai tahanan jenis tanah.

c. kandungan mineral tanah: air tanpa kandungan garam adalah isolator yang baik dan semakin tinggi kandungan garam akan memperendah tahanan jenis tanah, namun meningkatkan korosi.

d. suhu tanah: Untuk suhu tanah, di Indonesia tidak terlalu berpengaruh karena wilayah tropis sehingga suhu tanah berada diatas titik beku.

2.6.3 Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan adalah penghantar yang membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi ditanam dianggap sebagai bagian dari elektroda pentanahan^[7].

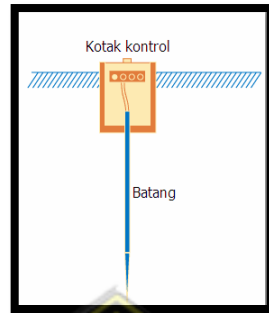
Pada prinsipnya, jenis elektroda yang dipilih memberikan kontak yang sangat baik dengan tanah. Di bawah ini kita akan membahas jenis-jenis elektroda grounding dan rumus menghitung tahanan groundingnya.

1. Elektroda batang

Elektroda batang adalah elektroda yang terbuat dari pipa atau profil baja yang ditancapkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda pertama yang digunakan dan teori bermula dari jenis elektroda ini.

^[7] SPLN. 102, tentang elektroda bumi jenis batang bulat berlapis tembaga, (Jakarta: Dep. Pertambangan & PLN, 1993), hal 1.

Elektroda batang banyak digunakan di gardu induk. Secara teknis, elektroda batang ini mudah dipasang, cukup disekrupkan ke dalam tanah. Selain itu, elektroda ini tidak memerlukan lahan yang luas.



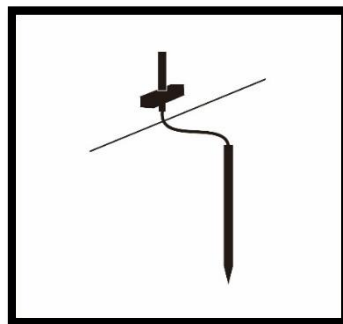
Gambar 2.10 Elektroda batang

Sumber gambar : Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1* (2008 : 168)

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode *single rod* dan *multiple rod* menggunakan persamaan dibawah :

a.metode *single rod*

Sistem pentanahan yang menggunakan satu batang rod tunggal dan ditancapkan dengan kedalaman tertentu misal 5 meter. hanya terdiri batang pelepas tunggal di dalam tanah dengan kedalaman tertentu (misalnya 6 meter). Untuk wilayah yang memiliki karakter tanah konduktif, mudah untuk mendapatkan nilai tahanan tanah dibawah 5 Ohm.



Gambar 2.11 Elektroda Batang metode single rod.

Sumber gambar : Galeri pribadi

Perhitungan Nilai tahanan pentanahan menggunakan metode single rod, dengan rumus ^[4].

$$R_p = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

R_p = Tahanan pentanahan (Ohm)

R_R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)

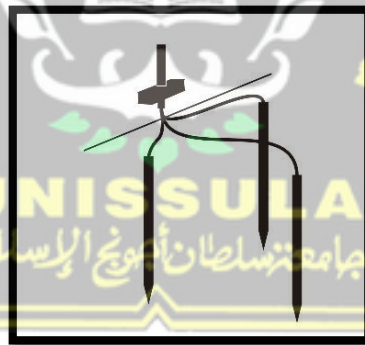
ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

L_R = Panjang elektroda (meter)

a = Diameter elektroda (meter)

b. Metode *multiple rod*

Apabila nilai tahanan dengan metode single rod belum mendapatkan hasil yang baik, maka dapat ditambahkan batang rod elektroda sesuai kebutuhan. Jarak yang dipasang dari batang elektroda pertama dengan batang elektroda selanjutnya minimal dua meter, kemudian dipasang pada kabel elektroda.



Gambar 2.12 Elektroda Batang metode multiple rod.

Sumber gambar : Galeri pribadi

^[4] T.S Hutaaruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*, (Jakarta : Erlangga, 1991), hal.145

Rumus Metode *multiple rod* ^[4]:

$$R_p = R_R = \frac{\rho}{4\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right] + \frac{\rho}{4\pi s} \left[1 - \left(\frac{L^2}{3s^2} + \frac{2}{5} \frac{L^4}{s^4} \right) \right] \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

R_p = Tahanan pentanahan (Ohm)

R_R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

L_R = Panjang elektroda (meter)

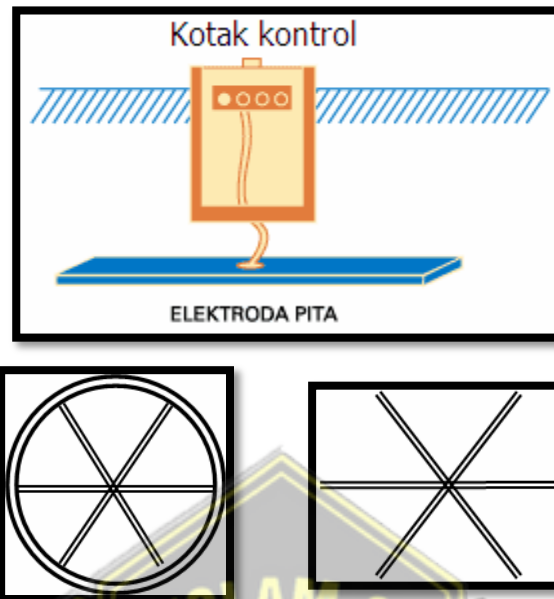
a = Diameter elektroda (meter)

s = Jarak antar batang

2. Elektroda pita

Elektroda pita adalah elektroda yang terbuat dari bahan penghantar yang berbentuk pita atau berpenampang bulat atau penghantar terpilin yang umumnya ditanam dangkal. Untuk elektroda tipe batang, umumnya ditanam dalam-dalam. Pengendalian ini akan bermasalah jika menemukan lapisan tanah berbatu, selain sulit untuk dikendarai, mendapatkan nilai resistansi yang rendah juga bermasalah. Ternyata, alih-alih mengemudi secara vertikal ke dalam tanah, hal itu bisa dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar (horisontal) dan dangkal.

^[4] T.S Hutaeruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*, (Jakarta : Erlangga, 1991), hal.145



Gambar 2.13 Elektroda Pita dalam beberapa konfigurasi

Sumber gambar : Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I* (2008 : 169).

Rumus elektroda pita^[10]:

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left[\ln\left(\frac{2L}{d}\right) \right] \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan : sama sumber gambar

R = Tahanan dengan kisi-kisi (grid) kawat(Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

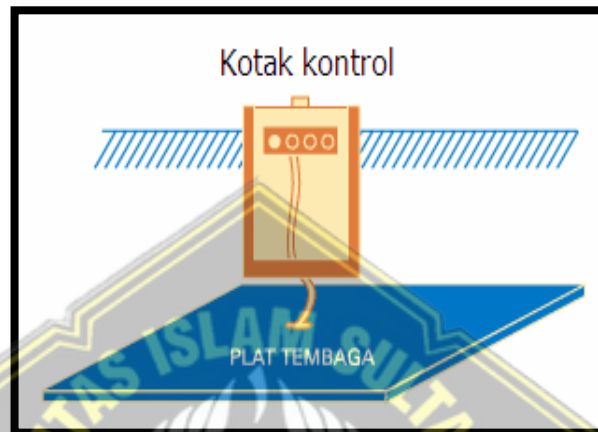
L = Panjang total grid kawat (m)

d = diameter kawat (m)

^[10] Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I*, (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008) hal.169

3. Elektroda Pelat

Elektroda pelat ialah elektroda dari bahan pelat logam dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam. Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain.



Gambar 2.14 Elektroda Pelat

Sumber gambar : Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I* (2008 : 169).

Rumus Elektroda plat^[10]:

$$R = \frac{\rho}{4,1L} \left(1 + 1,84 \frac{b}{t} \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan : sama sumber gambar

R = Tahanan pentanahan pelat (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

L = Panjang pelat (m)

b = Lebar pelat (m)

t = Kedalaman pelat tertanam dari permukaan tanah (m)

^[10] Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I*, (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008) hal.169

BAB III METODE PENELITIAN

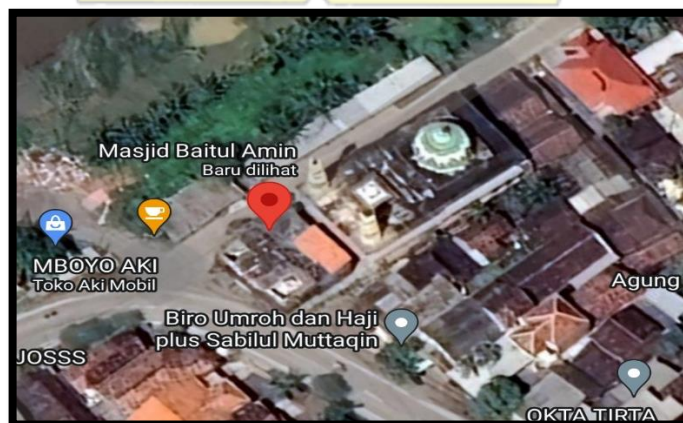
3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kabupaten Demak, di Masjid Baitul Amin, Jl. Raya guntur, Karang Sari, Kecamatan Karangtengah, Kabupaten Demak, Jawa Tengah, 59561.

Berikut kadaan Masjid Baitul Amin yang di tunjukkan pada gambar 3.1 dan pada gambar 3.2 adalah gambaran letak Masjid Al-Ahrom yang dilihat dari aplikasi Maps Satelit.

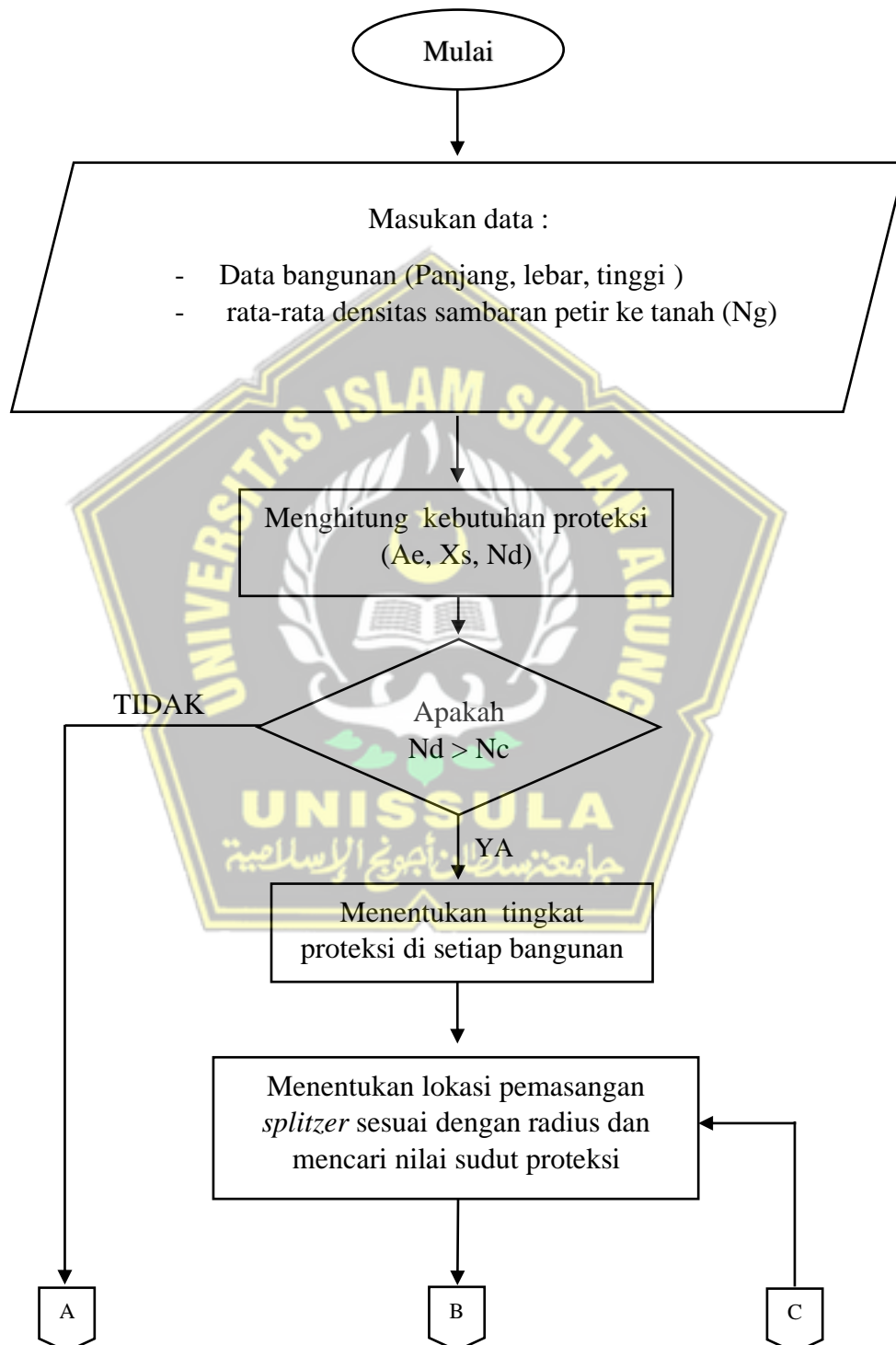


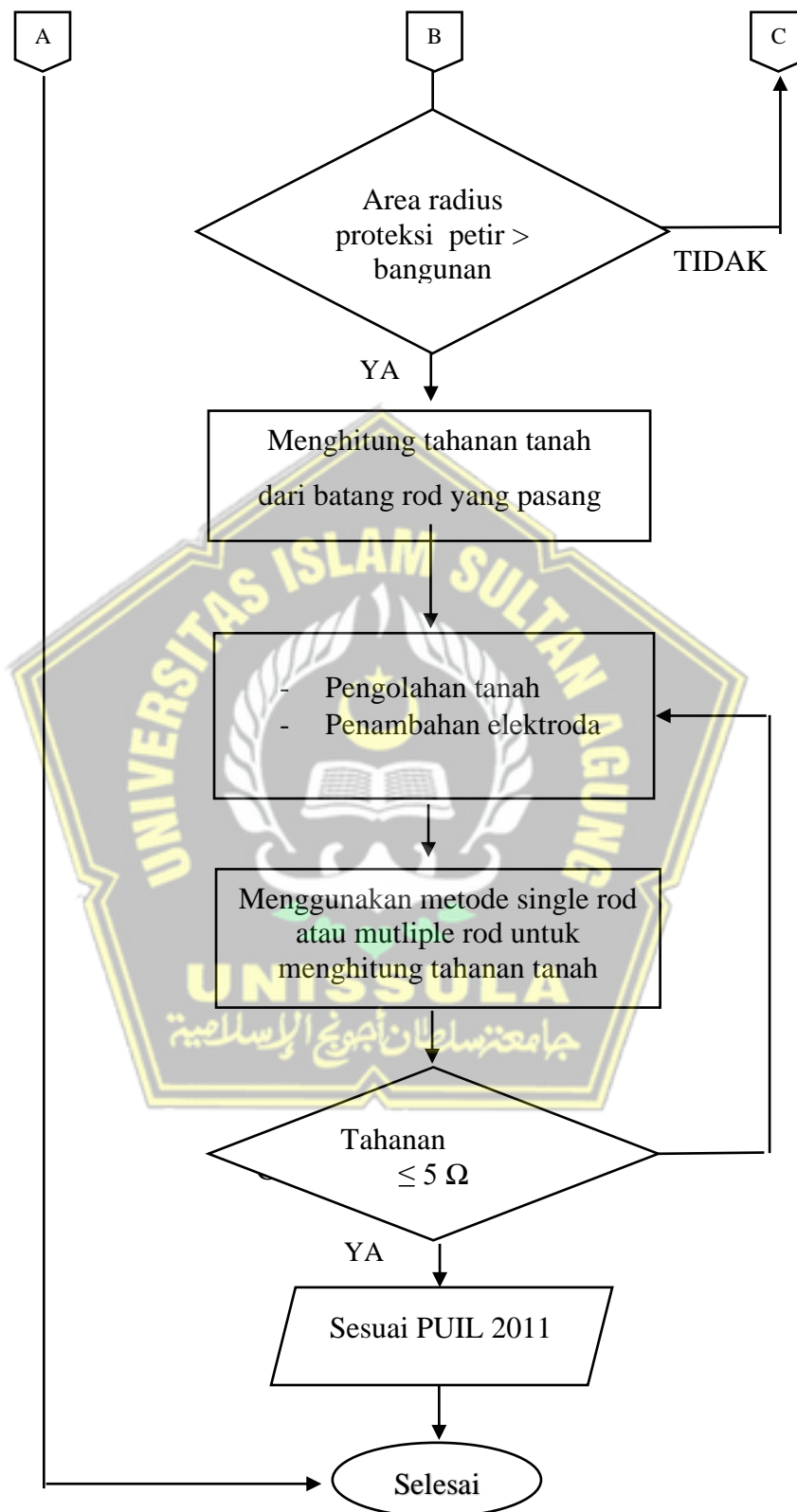
Gambar 3.1 Masjid Baitul amin



Gambar 3.2 Gambar Lokasi Masjid Baitul amin

3.2 Flowchart Metodologi Penelitian





Pada gambar 3.1 merupakan diagram alur dari serangkaian proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

1. Proses diawali dengan pengumpulan data bangunan (panjang, lebar, tinggi) dan menghitung densitas sambaran petir (N_g).
2. kemudian akan dilanjutkan dengan proses menghitung kebutuhan proteksi bangunan seperti menghitung area cakupan ekivalen (A_e), menghitung pengaruh dari jarak benda sekitar (X_s) dan frekuensi rata – rata sambaran petir ke bangunan $km^4 / tahun$ (N_d).
3. Kemudian ketika hasil perhitungan frekuensi rata – rata sambaran petir ke bangunan $km^4 / tahun$ (N_d) lebih kecil dari nilai fekuensi maksimal sambaran yang diperbolehkan (N_c), maka bangunan tidak membutuhkan proteksi, akan tetapi jika nilai (N_d) lebih besar dari (N_c) maka akan dilakukan langkah selanjutnya.
4. menentukan tingkatan proteksi pada setiap bangunan dari hasil perhitungan rumus yang ada.
5. dilanjutkan dengan menentukan titik penempatan *splitzer* dan menghitung nilai radius proteksi.
6. dan langkah selanjutnya adalah memasang batang elektroda dan menghitung tahanan tanah hinga hasil nya kecil atau $\leq 5\Omega$ menggunakan metode single rod dan multiple rod.
7. Jika nilai tahanan belum mencapai 5Ω , maka perlu dilakukan pengolahan tanah dan penambahan batang elektroda hingga mencapai tahanan $\leq 5\Omega$.

3.3 Alat dan bahan

Alat yang digunakan untuk perencanaan sistem proteksi penangkal petir pada bangunan Masjid Baitul Amin:

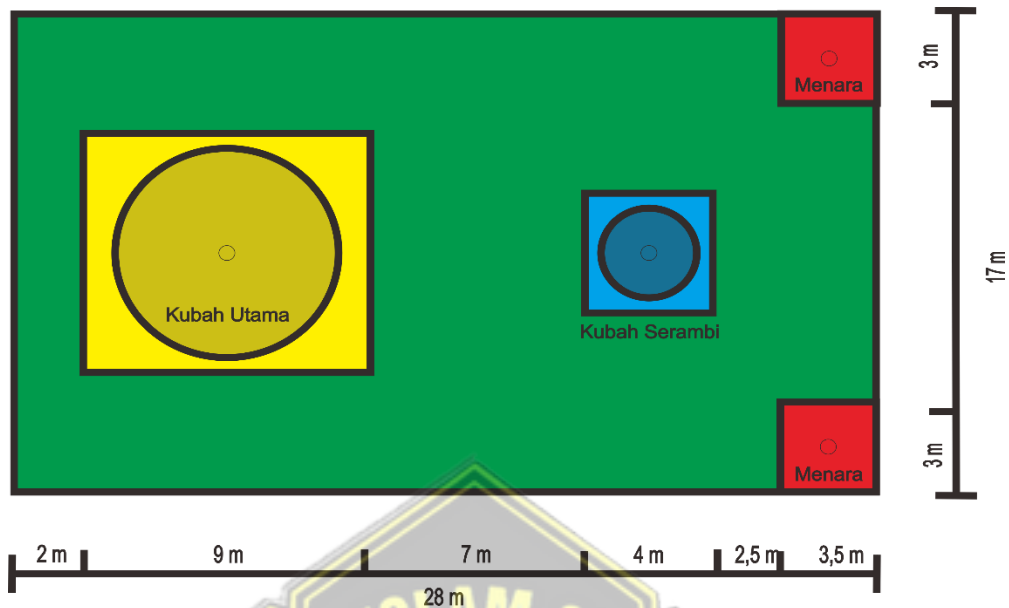
1. Meteran konvensional untuk mengukur data ukuran bangunan seperti panjang, lebar, tinggi, dan jarak dengan bangunan lain
2. Aplikasi seperti CorelDraw X7 untuk menggambar bangunan yang ada, guna melihat apakah bangunan sudah terproteksi dengan baik.
3. *Digital Earth Resistance Tester*, dua buah besi dan tiga buah kabel beda warna masing-masing 10 m dan 20 digunakan untuk mengukur nilai pentanahan melalui batang elektroda yang sudah ditancapkan.
4. Batang rod yang ditancapkan agar mendapatkan nilai tahanan tanah serta menentukan proteksi yang dibutuhkan.

3.4 Data bangunan

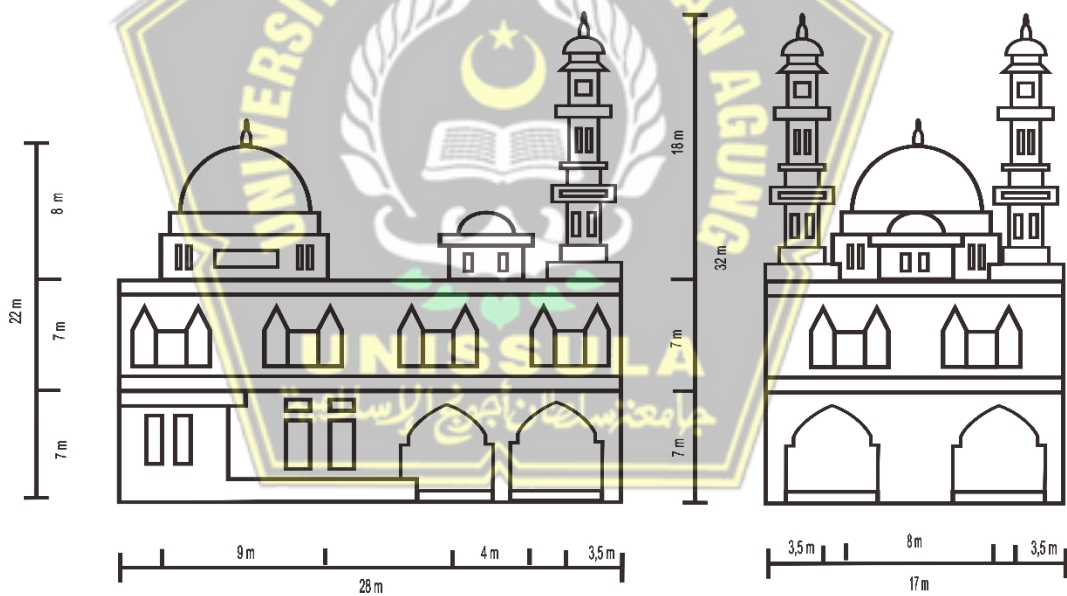
Setelah dilakukan observasi pada bangunan masjid di dapatkan hasil ukuran bangunan masjid yang dapat dilihat dari tabel dan gambar berikut:

Tabel 3.1 Data Bangunan Masjid

Nama Bangunan		Lebar	Panjang	Tinggi
Menara tower	Kanan	3,5 m	3,5 m	32 m
	Kiri	3,5 m	3,5 m	32 m
Bangunan Utama		17 m	16 m	22 m
Bangunan Serambi		17 m	12 m	16 m



Gambar 3.2 Denah Bangunan Masjid

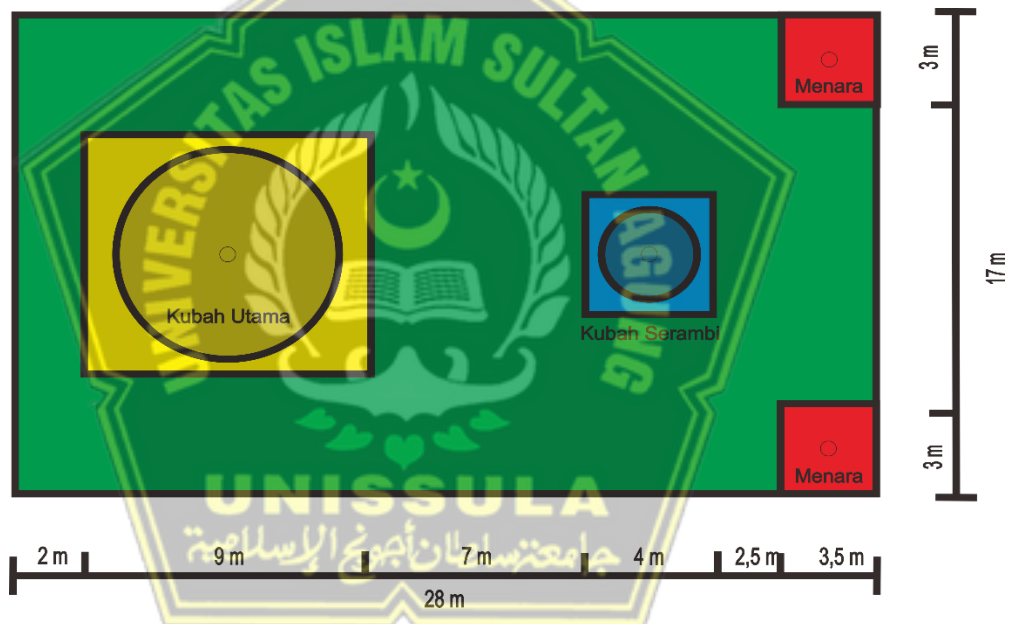


Gambar 3.3 Masjid Tampak Samping dan Tampak Depan

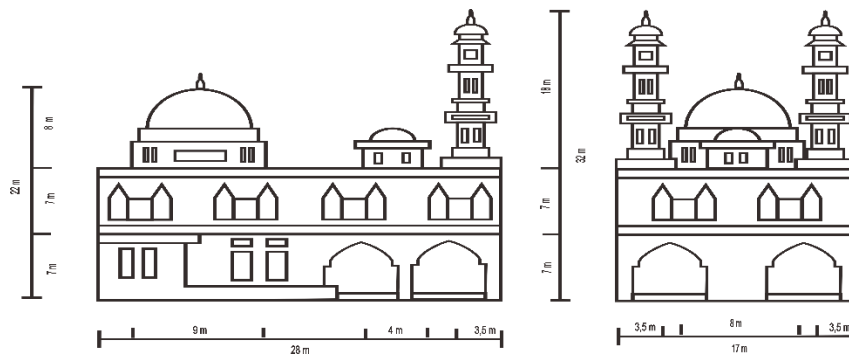
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengukuran secara langsung dengan mengukur bangunan yang akan diteliti serta melakukan wawancara dengan pihak yang menangani pembagunan dan perenovasian bangunan Masjid Baitul Amin Demak, adapun data bangunan yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 4.1 dan 4.2 serta pada tabel 4.1



Gambar 4.1 Denah bangunan masjid tampak atas



Gambar 4.2 Gambar masjid tampak samping

Tabel 4.1 Ukuran bangunan Masjid

Bagian bangunan		panjang	Lebar	Tinggi
Menara tower	Kanan	3,5 m	3,5 m	32 m
	Kiri	3,5 m	3,5 m	32 m
Bangunan Utama		16 m	17 m	22 m
Bangunan Serambi		12 m	17 m	16 m

Tabel 4.2 Taksiran Resiko sesuai Perencanaan Umum Instalasi Penangkal Petir

NO	Bangunan	Indeks						Perkiraan Bahaya	Pengaman
		a	b	c	d	e	r		
1	Menara Kanan	3	2	5	0	6	16	Sangat Besar	Sangat Perlu
2	Menara Kiri	3	2	5	0	6	16	Sangat Besar	Sangat Perlu
3	Bangunan Utama	3	2	4	0	6	15	Sangat Besar	Sangat Perlu
4	Bangunan Serambi	3	2	3	0	6	13	Agak Besar	Dianjurkan

Contoh perhitungan taksiran resiko menurut PUIPP :

1. Nama bangunan : Menara kanan

Indeks A PUIPP, bahaya berdasarkan fungsi bangunan tersebut :

Bangunan sebagai tempat berkumpulnya orang banyak, misalnya masjid, kampus, gor atau gedung serbaguna (3 poin)

Indek B PUIPP, bahaya berdasarkan konstruksi bangunan :

Bangunan dengan konstruksi beton bertulang, kerangka besi, dan atap bukan logam (2 poin)

Indeks C PUIPP, bahaya berdasarkan tinggi bangunan :

Bangunan setinggi 32 meter (5 poin)

Indeks D PUIPP, bahaya berdasarkan situasi bangunan :

Di tanah datar dengan semua ketinggian (0 poin)

Indeks E PUIPP, sesuai hari guruh :

sebesar 148 (6 poin)

Indeks R PUIPP bahaya berdasarkan situasi bangunan :

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

$$= 3 + 2 + 5 + 0 + 6$$

$$= 16$$

Karena nilai Indeks R = 16 maka menurut tabel indek R, taksiran resiko menurut PUIPP perkiraan bahaya bangunan sangat besar dan sangat perlu di berikan proteksi.

Setelah dilakukan taksiran resiko menurut PUIPP, kemudian menentukan apakah bangunan perlu di proteksi atau tidak, dilakukan perhitungan mencari nilai densitas sambaran petir pertahun, mencari nilai area ekivalen, nilai rata-rata

frekuensi rata – rata sambaran petir ke area bangunan, serta efisiensi menurut SNI 03-7015-2004, pada tabel 4.3 merupakan hasil perhitungan yang di dapat:

Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan Menurut SNI 03-7015-2004

Bangunan	Ng/Tahun	A_e/m^2	$N_d/km^4/$ <i>Tahun</i>	$N_c/km^4/$ <i>Tahun</i>	E	Keterangan
Menara kanan	20.64 km^2	30260.49	0.62457	0.1	84%	Perlu
Menara kiri	20.64 km^2	30260.49	0.62457	0.1	84%	Perlu
Bangunan utama	20.64 km^2	18293.34	0.3775	0.1	73%	Perlu

Setelah melakukan penelitian, Hasil dari tabel diatas 4.3, bangunan yang memerlukan pemasangan sistem proteksi penangkal petir eksternal adalah bangunan menara kanan, bangunan menara kiri dan bangunan utama masjid. Pada bangunan menara kiri dan kanan memiliki area cakupan ekivalen yang paling besar yaitu $30260.49 m^2$, hal ini sangat di pengaruhi oleh tingginya bangunan itu sendiri, sedangkan pada bagian serambi hanya memiliki area cakupan ekivalen sebesar $18293.34 m^2$, sehingga setelah dilakukan perhitungan frekuensi sambaran petir ke bangunan (Nd) hanya pada bangunan serambi ini yang menghasilkan nilai yang lebih kecil dari frekuensi maksimal sambaran petir yang di perbolehkan (Nc) , dan pada bangunan serambi ini tidak diperlukan pemasangan sistem proteksi penangkal petir.

Dari tabel 4.1 data bangunan masjid, tabel 4.2 dan tabel 4.3 hasil perhitungan, titik terbaik penempatan *splitzer* seharusnya berada pada 3 titik yaitu pada bagian tengah bangunan utama di atas kubah, dan di bagian ujung kedua menara masjid, dengan nilai radius yang digunakan adalah 60m dengan nilai sudut proteksi yang dihasilkan adalah 27.83° pada bagian utama masjid, dan 39.29° pada kedua bagian menara masjid. Dan hasilnya sesuai yang diharapkan karena seluruh bagian masjid sudah terlindungi dengan baik.

4.2. Perhitungan Densitas sambaran petir, Kebutuhan proteksi bangunan, dan Tahanan pentanahan

1. Menghitung Densitas Sambaran Petir (menggunakan persamaan 2.2)

Diketahui : $Td = 148$

$$Ng = 0.04 Td^{1.25}$$

$$Ng = 0.04 \times 148^{1.25}$$

$$Ng = 20.64 / km^2$$

2. Menghitung Kebutuhan proteksi bangunan (Area ekivalen, Pengaruh jarak benda sekitar, Frekuensi sambaran petir ke bangunan, Efisiensi dan Sudut lindung).

1. Bagian menara kanan :

a. Area ekivalen (Ae)

Diketahui : $a = 3.5$ meter $b = 3.5$ meter $h = 32$ meter

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

$$Ae = 3.5 \times 3.5 + 6 \times 32 (3.5 + 3.5) + 9 \times 3.14 \times 32^2$$

$$Ae = 12.25 + 192 \times 7 + 28938.24$$

$$Ae = 12.25 + 1344 + 28938.24$$

$$Ae = 30294.49 m^2$$

b. Pengaruh jarak benda sekitar (Xs) (dengan menara kiri)

Diketahui : $d = 12$ m $hs = 32$ m

$$x_s = \frac{d+3(hs-h)}{2}$$

$$x_s = \frac{12 + 3(32 - 32)}{2}$$

$$x_s = \frac{12 + 0}{2}$$

$$x_s = 6 m^2$$

- c. Pengaruh jarak benda sekitar (X_s) (dengan kubah serambi)

Diketahui : $d = 8 \text{ m}$ $h_s = 16 \text{ m}$

$$x_s = \frac{d+3(h_s-h)}{2}$$

$$x_s = \frac{8 + 3(32-16)}{2}$$

$$x_s = \frac{8 + 48}{2}$$

$$x_s = 28 \text{ m}^2$$

$$x_s \text{ total} = 6 + 28 = 34 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} A_e \text{ menara kanan} &= A_e - X_s \text{ total} = 30294.49 - 34 \\ &= 30260.49 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- d. Frekuensi sambaran ke bangunan (N_d)

Diketahui : $N_g = 20.64$ $A_e = 30260.49 \text{ m}^2$

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6}$$

$$N_d = 20.64 \times 30260.49 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 0.62457$$

- e. Efisiensi (E)

Diketahui : $N_d = 0.62457$ $N_c = 0.1$

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

$$E \geq 1 - \frac{0.1}{0.62}$$

$$E \geq 1 - 0.16$$

$$E \geq 0.84$$

Nilai efisiensi yang dihasilkan adalah 0.84 atau 84% sehingga berdasarkan Tabel 2.1 dan 2.2 pada bagian ini digunakan proteksi tingkat IV dengan nilai radius bola bergulir adalah 60m.

- f. Sudut Lindung

Diketahui : $h = 32 \text{ m}$ $r = 60 \text{ m}$

$$a^\circ = \sin^{-1} \left(1 - \frac{h}{r} \right)$$

$$a^\circ = \sin^{-1} \left(1 - \frac{32}{60} \right)$$

$$a^\circ = 27.83^\circ$$

2. Bagian menara kiri :

a. Area ekivalen (A_e)

Diketahui : $a = 3.5$ meter $b = 3.5$ meter $h = 32$ meter

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

$$A_e = 3.5 \times 3.5 + 6 \times 32 (3.5 + 3.5) + 9 \times 3.14 \times 32^2$$

$$A_e = 12.25 + 192 \times 7 + 28938.24$$

$$A_e = 12.25 + 1344 + 28938.24$$

$$A_e = 30294.49 \text{ m}^2$$

b. Pengaruh jarak benda sekitar (X_s) (dengan menara kanan)

Diketahui : $d = 12$ m $h_s = 32$ m

$$x_s = \frac{d+3(h_s-h)}{2}$$

$$x_s = \frac{12 + 3(32 - 32)}{2}$$

$$x_s = \frac{12 + 0}{2}$$

$$x_s = 6 \text{ m}^2$$

c. Pengaruh jarak benda sekitar (X_s) (dengan kubah serambi)

Diketahui : $d = 8$ m $h_s = 16$

$$x_s = \frac{d+3(h_s-h)}{2}$$

$$x_s = \frac{8 + 3(32 - 16)}{2}$$

$$x_s = \frac{8 + 48}{2}$$

$$x_s = 28 \text{ m}^2$$

$$x_s \text{ total} = 6 + 28 = 34 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} A_e \text{ menara kiri} &= A_e - X_s \text{ total} = 30294.49 - 34 \\ &= 30260.49 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

d. Frekuensi sambaran ke bangunan (N_d)

Diketahui : $N_g = 20.64$ $A_e = 30260.49 \text{ m}^2$

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6}$$

$$N_d = 20.64 \times 30260.49 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 0.62457$$

e. Efisiensi (E)

$$\text{Diketahui : } Nd = 0.62457 \quad Nc = 0.1$$

$$E \geq 1 - \frac{Nc}{Nd}$$

$$E \geq 1 - \frac{0.1}{0.62}$$

$$E \geq 1 - 0.16$$

$$E \geq 0.84$$

Nilai efisiensi yang dihasilkan adalah 0.84 atau 84% sehingga berdasarkan Tabel 2.1 dan 2.2 pada bagian ini digunakan proteksi tingkat IV dengan nilai radius bola bergulir adalah 60m.

f. Sudut Lindung

$$\text{Diketahui : } h = 32 \text{ m} \quad r = 60 \text{ m}$$

$$a^\circ = \sin^{-1} \left(1 - \frac{h}{r} \right)$$

$$a^\circ = \sin^{-1} \left(1 - \frac{32}{60} \right)$$

$$a^\circ = 27.83^\circ$$

3. Bagian utama masjid :

a. Area ekivalen (Ae)

$$\text{Diketahui : } a = 16 \text{ meter} \quad b = 17 \text{ meter} \quad h = 22 \text{ meter}$$

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

$$Ae = 16 \times 17 + 6 \times 22 (16 + 17) + 9 \times 3.14 \times 22^2$$

$$Ae = 272 + 132 \times 33 + 13677.84$$

$$Ae = 272 + 4356 + 13677.84$$

$$Ae = 18305.84 \text{ m}^2$$

b. Pengaruh jarak benda sekitar (Xs) (dengan kubah serambi)

$$\text{Diketahui : } d = 7 \text{ m} \quad hs = 16 \text{ m}$$

$$x_s = \frac{d+3(h-hs)}{2}$$

$$x_s = \frac{7+3(22-16)}{2}$$

$$x_s = \frac{7+18}{2}$$

$$x_s = 12.5 \text{ m}^2$$

$$x_s \text{ total} = 12.5 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Ae bagian utama masjid} &= \text{Ae} - \text{Xs total} = 18305.84 - 12.5 \\ &= 18293.34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Frekuensi sambaran ke bangunan (Nd)

$$\text{Diketahui : } N_g = 20.64 \quad \text{Ae} = 18293.34 \text{ m}^2$$

$$N_d = N_g \times \text{Ae} \times 10^{-6}$$

$$N_d = 20.64 \times 18293.34 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 0.3775$$

d. Efisiensi (E)

$$\text{Diketahui : } N_d = 0.3775 \quad N_c = 0.1$$

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

$$E \geq 1 - \frac{0.1}{0.3775}$$

$$E \geq 1 - 0.264$$

$$E \geq 0.736$$

Nilai efisiensi yang dihasilkan adalah 0.736 atau 73% dibulatkan menjadi 70% sehingga berdasarkan Tabel 2.1 dan 2.2 pada bagian ini digunakan proteksi tingkat IV dengan nilai radius bola bergulir adalah 60m.

e. Sudut Lindung

$$\text{Diketahui : } h = 22 \text{ m} \quad r = 60 \text{ m}$$

$$a^\circ = \sin^{-1} \left(1 - \frac{h}{r} \right)$$

$$a^\circ = \sin^{-1} \left(1 - \frac{22}{60} \right)$$

$$a^\circ = 39,29^\circ$$

3. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Tahanan Pentanahan



Gambar 4.3 Nilai tahanan pentanahan

Pada pengukuran tahanan pentanahan, metode yang digunakan adalah single rod, panjang batang rod 150 cm, diameter 1.4 cm, kemudian setelah dilakukan pengukuran rod terpasang di 3 titik bak kontrol menggunakan earth tester, nilai yang dapat dilihat di gambar 3.15 dan tabel 4.4. Untuk mengetahui tahanan pentanahan secara perhitungan dapat dihitung dengan persamaan (2.8)

Diketahui : $L = 150 \text{ cm}$ $\rho = 100 \ \Omega$ $a = 1.4 \text{ cm}$

$$R_p = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$$

$$R_p = \frac{100}{2 \times 3.14 \times 150} \left[\ln \left(\frac{4 \times 150}{1.4} \right) - 1 \right]$$

$$R_p = \frac{100}{942} \left[\ln (5.060) - 1 \right]$$

$$R_p = 0.106 \times 5.060$$

$$R_p = 0.536 \Omega$$

Maka tahanan pentanahan hasil perhitungan adalah 0.536Ω

Tabel 4.4 Tabel Tahanan pentanahan

NO	Perhitungan	Pengukuran	Selisih
1	0.536Ω	1.5Ω	0.964Ω
2	0.536Ω	1.5Ω	0.964Ω
3	0.536Ω	1.5Ω	0.964Ω

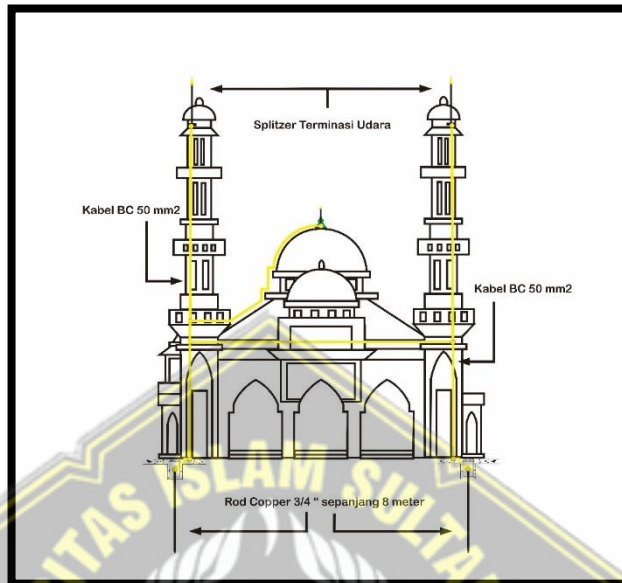
Hasil pada pengukuran nilai tahanan pentanahannya, hasilnya tidak terlalu jauh dengan perhitungan, hasilnya telah memenuhi ketentuan PUIL 2011 yaitu $\leq 5 \Omega$. Berikut adalah kalimat yang menjadi rujukan nilai tahanan pentanahan dalam PUIL 2011 pada halaman 36 yang mengacu pada PUIL 2000. Ketentuan ini dapat dilihat pada sub bagian 3.13.2.10 halaman 68:

4.3 Gambar Hasil

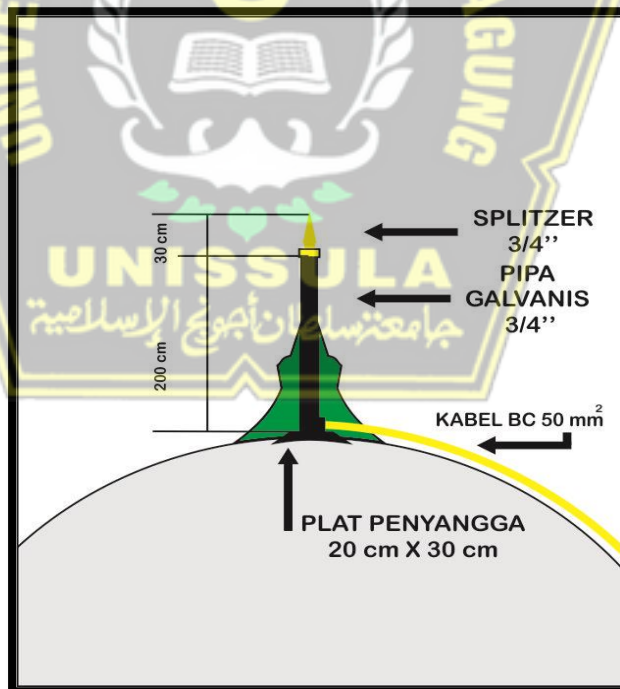
4.3.1. Gambar Wiring Sistem Proteksi Petir

Bangunan Masjid Baitul Amin memiliki sistem proteksi petir yang terdiri dari 3 buah Splitzer dengan panjang tiang penyangga galvanis 1,5 meter untuk bagian kubah bangunan utama dan 4 meter pada bagian menara, kabel penghantar turun menggunakan kabel konduktor BC 35 mm^2 di pasang di sisi dalam ruangan menara, di masukkan kedalam pipa pvc $\frac{3}{4}$ " dan di hubungkan dari splitzer terminasi udara menuju ke rod pentanahan yang terdapat didalam bak pemantauan, rod pentanahan yang digunakan adalah jenis rod tembaga tunggal sepanjang 1,5 meter dengan diameter 1,4 cm, di tempatkan di 3 titik sebagai antisipasi kegagalan penyaluran pentanahan, hasil ini berdasarkan

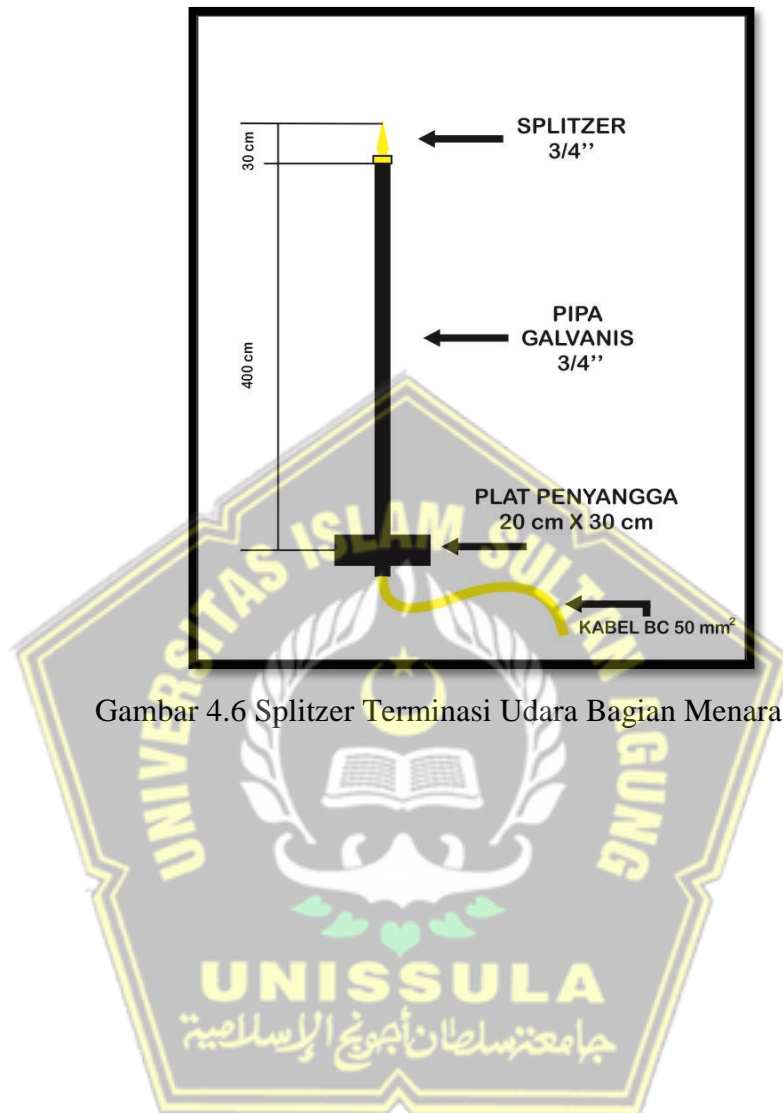
perhitungan data dan taksiran resiko menurut standar PUIPP 1983 dan SNI 03-7015-2004 dan dapat dilihat pada gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 untuk detailnya



Gambar 4.4 Wiring sistem proteksi



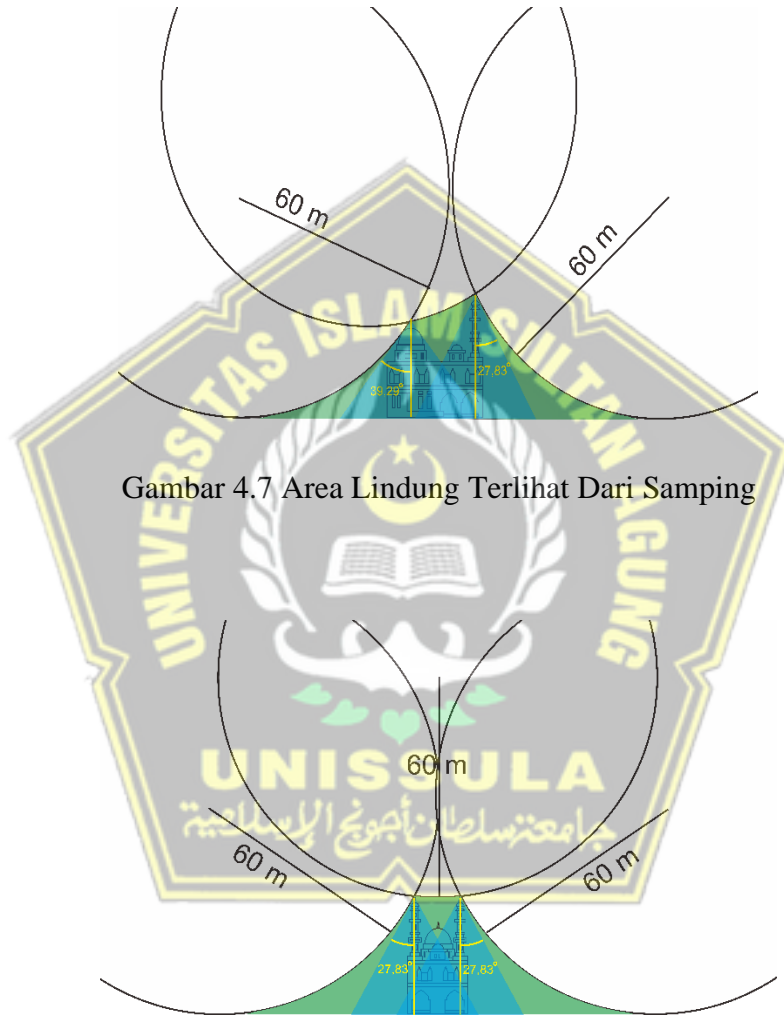
Gambar 4.5 gambar Splitzer Terminasi Udara Bagian Kubah



Gambar 4.6 Splitzer Terminasi Udara Bagian Menara

4.3.2 Gambar Hasil Metode Rolling Sphere, Sudut Proteksi, dan Area Terproteksi

Pada gambar hasil 4.7 dan 4.8 adalah gambar yang menjelaskan sesuai data dan aturan SNI 03-7015-2004 penerapan metode *Rolling Sphere* dengan sudut lindung dan radius.



Gambar 4.7 Area Lindung Terlihat Dari Samping

Gambar 4.8 Area Lindung Tampak Depan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

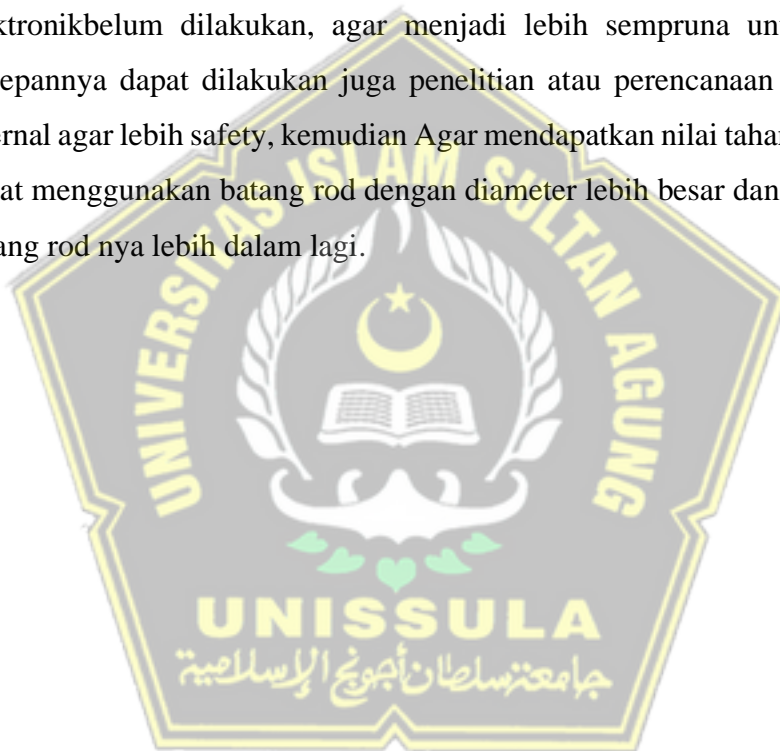
Kesimpulan dari hasil pengujian secara langsung dilapangan melalui perhitungan sesuai teori yang ada, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yang ada yaitu:

1. Berdasarkan SNI 03-7015, 2004 dan PUIPP 1983, karena bangunan masjid Baitul Amin ini cukup tinggi, maka titik area yang perlu di beri proteksi terbaik adalah di 3 bagian bangunan masjid yang harus diproteksi yaitu bangunan menara kanan dan kiri serta bangunan utama masjid
2. Berdasarkan PUIPP taksiran resiko pada bangunan menara kanan dan menara kiri nilai nya adalah 16 (sangat besar / pengamanan sangat perlu), bangunan utama dan bangunan serambi nilainya adalah 15 dan 13 (sangat besar dan cukup besar / pengamanan perlu dan dianjurkan)
3. Berdasarkan standar SNI 03-715-2004 penempatan 3 splitzer di area tower kanan dan tower kiri serta di bangunan utama, dipasang 1-1.5m lebih tinggi dari bangunan, menghasilkan sudut lindung 27.83° pada bangunan menara dan 39.29° pada bangunan utama masjid. kabel konduktor yang dipakai adalah kabel tembaga (*BCC = Bare Cooper Cable*) dengan ukuran 35 mm^2 . Menggunakan 3 batang elektroda, 1 splitzer dihubungkan langsung ke tiap 1 batang rod yang dipasang dengan panjang 1.5 meter dengan diameter 1.4 cm yang di tanam dari permukaan tanah sampai kedalaman 1.5 meter dan menghasilkan nilai tahanan pentanahan sebesar 1.5Ω yang telah sesuai dengan aturan PUIL.

5.2 Saran

Untuk saran pada penelitian kali ini adalah :

Pada penitilan kali ini, yang dilakukan hanya perencanaan sistem proteksi eksternal dengan metode rolling sphere metode atau bola bergulir dan pemasangan penangkal petir secara konvensional, untuk kedepannya peneliti selanjutnya dapat menggunakan metode yang lain maupun pemasangan secara elektrostatis, kemudian untuk internal seperti proteksi pada peralatan elektronik belum dilakukan, agar menjadi lebih sempurna untuk penelitian kedepannya dapat dilakukan juga penelitian atau perencanaan proteksi pada internal agar lebih safety, kemudian Agar mendapatkan nilai tahanan lebih kecil dapat menggunakan batang rod dengan diameter lebih besar dan menancapkan batang rod nya lebih dalam lagi.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bijang, N. L., Parassa, Y., Pairunan, T. T., Rongre, E. M., Mellolo, O., & Mappadang, J. L. (2023). *Analisa Dan Perancangan Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Gereja Musafir Buha Manado.*”
- [2] Dali, S. W., Wiharya, C., & Asror, A. A. (2022). *Perencanaan Instalasi Penangkal Petir Pada Bangunan Industri Furniture. Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(2), 52-57
- [3] Pratiwi, A. I. (2023). *Analisa Kebutuhan Sistem Proteksi Petir Pada Gedung Pascasarjana Universitas Ichsan Gorontalo. JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(2), 278-285.
- [4] *Standarisasi Nasional, Badan*,(2011). *Peraturan Umum Instalasi Listrik(PUIL 2011)*. Jakarta: Yayasan PUIL
- [5] SNI 03-7015-2004 “*Sistem proteksi petir pada bangunan gedung.*” 2004
- [6] Firnando, H., Tessal, D., & Manab, A. (2024). *Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Di Gedung B Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi. Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3).
- [7] Bachtiar, M. I., & Riyadi, K. (2020). *Studi Kabel Penghantar pada Instalasi Listrik Gedung Pertemuan Unhas Berstandarisai PUIL 2011. J. Teknol. Elekerika*, 18(2), 60-64.
- [8] Teten Dian Hakim, T. (2023). *ANALISIS SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR EKSTERNAL DENGAN METODE BOLA BERGULIR PADA GEDUNG SOPO DEL TOWER A DAN B–JAKARTA SELATAN. Jurnal Elektro*, 11(1), 1-14
- [9] Karta, A., Agung, A. I., & Widartono, M. (2020). *Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat. Jurnal Teknik Elektro*, 9(3), 773-780.