

**ANALISA PERBANDINGAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE
KONVENSIONAL DENGAN ELEKTROSTATIS DI RSI SULTAN
AGUNG SEMARANG**

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 :

RAMADHAN SATRIA PUTRA

NIM 30601800035

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

2023

FINAL PROJECT

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CONVENTIONAL AND ELECTROSTATIC
LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS AT RSI SULTAN AGUNG**

SEMARANG

*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 :

RAMADHAN SATRIA PUTRA

NIM 30601800035

**MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISA PERBANDINGAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE KONVENSIONAL DENGAN ELEKTROSTATIS DI RSI SULTAN AGUNG SEMARANG" ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 24-8-2023

Tiru Penguji Tanda Tangan

Dedi Nugroho, ST., MT.

NIDN. 0617426602

Ketua Penguji

Prof. Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT.

NIDN. 0618066301

Penguji I

Dr. Bostanal Arifin, ST., MT.

NIDN. 0614117701

Penguji II

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISA PERBANDINGAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE KONVENSIONAL DENGAN ELEKTROSTATIS DI RSI SULTAN AGUNG SEMARANG" ini disusun oleh:

Nama : RAMADHAN SATRIA PUTRA
NIM : 30601800035
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

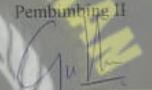
Hari : Kamis
Tanggal : 31 - 8 - 2023

Pembimbing I


Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT

NIDN. 0619076401

Pembimbing II


Gunawan, ST, MT

NIDN. 0607117401

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro


Jenny Putri Hapsari, S.T., MT

NIDN. 0607018501

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramadhan Satria Putra

NIM : 30601800035

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro

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

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

Semarang, 13 Februari 2023

Yang Menyatakan
Mahasiswa



Ramadhan Satria Putra

30601800035

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ramadhan Satria Putra

NIM : 30601800035

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Kp. Slamet No.180, Kelurahan Karangturi, Kecamatan Semarang Timur, Semarang

No. HP/Email : 0895321060661 / ramadhansatria@std.unissula.ac.id

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul : **ANALISA PERBANDINGAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE KONVENSIONAL DENGAN ELEKTROSTATIS DI RSI SULTAN AGUNG SEMARANG**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet 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, 13 februari 2023

Yang menyatakan,

معن سلطان أبو جوح الإسلامية



Ramadhan Satria Putra

30601800035

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan :

Alkhamdulillahirabbil'alamin puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat serta kesempatan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan segala kekurangannya. Tugas Akhir ini didedikasikan sebagai bukti semangat saya untuk usaha, serta cinta dan kasih sayangku kepada orang-orang yang paling berharga dalam hidup saya. Untuk karya yang sederhana ini, penulis persembahkan untuk :

- Ibu dan Bapak saya tercinta yang sampai saat ini membesarkan dan mendidik saya dengan kasih sayang dan kesabaran hingga saat ini, serta doa dan dukungannya selama ini untuk keberhasilanku bisa dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Semoga mereka bangga dengan apa yang sekarang saya peroleh.
- Untuk Mila Aprillia sebagai partner special saya, terima kasih telah menjadi partner dalam segala hal baik, yang selalu mensupport saya dalam segala hal, yang selalu menemani dengan meluangkan waktunya, mendukung saya dalam kesedihan, selalu menghibur dan memberikan semangat untuk maju terus dan pantang menyerah dalam segala hal untuk meraih apa yang menjadi impian saya.
- Untuk seluruh Dosen Fakultas Teknologi Industri Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi dalam menyelesaikan perkuliahan.

HALAMAN MOTTO

Motto :

“Pada akhirnya, ini semua hanyalah permulaan”

~Nadin Amizah : Beranjak dewasa~

“Kita tidak sedang berlomba. Pencapaianmu di usiamu bukan berarti harus menjadi pencapaian di usiaku”

~Fiersa Besari~

“Allah tidak akan pernah membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

~Q.S. AL-Baqarah (2:286)~



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas ridha dan karunia-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dengan judul “ANALISA PERBANDINGAN SISTEM PROTEKSI PETIR TIPE KONVENSIONAL DENGAN ELEKTROSTATIS DI RSI SULTAN AGUNG SEMARANG” dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Strata Satu (S1) di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Butuh doa dan usaha yang keras dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga bisa selesai dengan baik dan lancar. Penulis mengucapkan rasa terimakasih atas semua bantuan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terimakasih tersebut penulis sampaikan 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 Gunawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan juga ilmunya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munaf Ismail, S.T., M.T. selaku koordinator Tugas Akhir dan juga Wali Dosen Elektro angkatan 2018 yang selalu memberikan motivasi dan juga semangat untuk elektro angkatan 2018.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingannya, dan motivasinya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Kedua orang tua saya, Bapak Arif Wahyudi dan Ibu Ika Sulistyoningrum yang saya cintai, selalu memberikan doa, semangat, dukungan, perhatian, kesabaran, dan kasih sayang tiada hentinya kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Untuk teman-teman elektro angkatan 2018 yang selalu mensuport, dan memberikan kebahagiaan.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu dengan kerendahan hati saya mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak untuk Tugas Akhir ini.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh



Semarang, Februari 2023

Rama

Ramadhan Satria Putra

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACK.....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Pengertian Petir	7
2.2.2 Teknik Pemasangan Penangkal Petir	7
2.2.3 Bagian Yang Dipasang Proteksi Petir.....	8
2.2.4 Standar Instalasi Pentanahan dan Petir.....	9
2.2.5 Kerusakan Akibat Sambaran Petir	10

2.2.6 Jenis-Jenis Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan.....	11
2.2.7 Sistem Proteksi Petir Eksternal	14
2.2.8 Pengertian Pentanahan	17
2.2.9 Tahanan Jenis Tanah	17
2.2.10 Jenis Elektroda Pentanahan	20
2.2.11 Besar Kebutuhan Bangunan Akan Sistem Proteksi Petir	24
BAB III.....	36
METODE PENELITIAN	36
3.1 Model Penelitian.....	36
3.2 Objek Penelitian.....	37
3.3 Alat dan Bahan.....	37
3.4 Data Penelitian	37
3.4.1 Data Hari Guruh Kota Semarang.....	38
3.4.2 Hasil Pengukuran Pentanahan.....	39
3.5 Flowchart	40
3.6 Tahapan Penelitian	41
BAB IV	44
HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Data Sistem Proteksi Petir Rumah Sakit Islam Sultan Agung	44
4.2 Kondisi Fisik Sistem Pentanahan Pada Gedung Rumah Sakit	44
4.3 Perhitungan Radius Proteksi Konvensional.....	47
4.3.1 Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)	48
4.3.2 Berdasarkan <i>National fire Protection Association (NFPA) 780</i>	49
4.3.3 Berdasarkan Standar IEC 1024-1-1.....	50
4.4 Hasil Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang	51
4.5 Peralatan Proteksi Petir	54
4.6 RAB (Rancangan Anggaran Biaya) Proteksi Petir.....	56
4.7 Perbandingan Konvensional dengan Elektrostatis.....	58
4.8 Hasil Kajian Pembahasan	59
BAB V.....	66

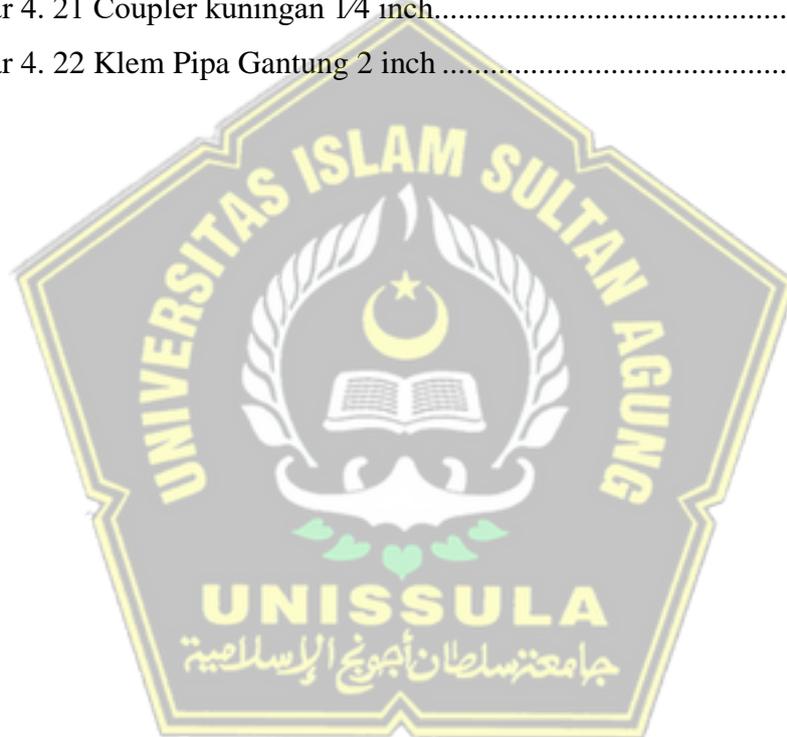
PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penangkal Petir Konvensional Tipe Franklin Rod.....	11
Gambar 2. 2 Penangkal Petir Konvensional Tipe sangkar faraday.....	12
Gambar 2. 3 Penangkal Petir Jenis Radioaktif.....	13
Gambar 2. 4 Terminal Udara Elektrostatis	14
Gambar 2. 5 Bentuk sudut proteksi.....	15
Gambar 2. 6 Metode bola bergulir	16
Gambar 2. 7 Elektroda Batang	20
Gambar 2. 8 Pembumian dengan dua batang elektroda.....	21
Gambar 2. 9 Elektroda Pelat	22
Gambar 2. 10 Elektroda Pita.....	23
Gambar 3. 1 Denah RSI beserta proteksi konvensional.....	36
Gambar 3. 2 Denah Lokasi Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.....	37
Gambar 3. 3 Flowchart Penelitian.....	40
Gambar 3. 4 Earth Tester Merk Kyoritsu-4105A	42
Gambar 4. 1 Konduktor penyalur kebawah Gedung B.....	45
Gambar 4. 2 Bak Kontrol Pada Gedung B.....	45
Gambar 4. 3 Konduktor Pada Gedung D.....	46
Gambar 4. 4 Konduktor Pada Gedung MCEB.....	46
Gambar 4. 5 Radius Proteksi Petir Konvensional Pada Gedung RSI (Tampak Atas).....	52
Gambar 4. 6 Luas Radius Proteksi Petir Setelah Ditambahkan Elektrostatis	53
Gambar 4. 7 Denah Gedung RSI Setelah Ditambahkan Elektrostatis Tampak Atas	53
Gambar 4. 8 Terminasi Udara Elektrostatis Kurn R-150.....	55
Gambar 4. 9 Konduktor BCC 70 mm	55
Gambar 4. 10 Grounding.....	56
Gambar 4. 11 Elektrostatis Merk Kurn R-150.....	60
Gambar 4. 12 Konduktor BCC 70 mm	60

Gambar 4. 13 Pipa PVC 1/2 inch	61
Gambar 4. 14 Pipa Galvanis 2 inch.....	61
Gambar 4. 15 Klem kuku macan 5/8 inch	62
Gambar 4. 16 Klem cincin 5/8 inch.....	62
Gambar 4. 17 Skun Kabel 50mm.....	63
Gambar 4. 18 Bonded Rod 5/8 inch	63
Gambar 4. 19 Bak kontrol PVC dan Busbar tembaga	64
Gambar 4. 20 Kawat 2.5 mm	64
Gambar 4. 21 Coupler kuningan 1/4 inch.....	65
Gambar 4. 22 Klem Pipa Gantung 2 inch	65



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi	16
Tabel 2. 2 Tahanan Jenis Tanah.....	19
Tabel 2. 3 Indeks A : Bahaya berdasarkan jenis bangunan.....	24
Tabel 2. 4 Indeks B : Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan.....	25
Tabel 2. 5 Indeks C : Bahaya berdasarkan tinggi bangunan	25
Tabel 2. 6 Indeks D : Bahaya berdasarkan situasi bangunan.....	25
Tabel 2. 7 Indeks E : Bahaya berdasarkan hari guruh.....	26
Tabel 2. 8 Perkiraan bahaya sambaran petir berdasarkan PUIPP	26
Tabel 2. 9 Indeks A : Jenis struktur.....	26
Tabel 2. 10 Indeks B : Jenis konstruksi.....	28
Tabel 2. 11 Indeks C : Lokasi bangunan.....	29
Tabel 2. 12 Indeks D : Topografi	30
Tabel 2. 13 Indeks E : Penggunaan dan isi bangunan.....	30
Tabel 2. 14 Indeks F : Isokeraunic level	30
Tabel 2. 15 Perkiraan bahaya sambaran petir berdasarkan NFPA 780.....	31
Tabel 3. 1 Data Hari Guruh Kota Semarang Tahun 2021.....	38
Tabel 3. 2 Hasil Pengukuran Pentanahan.....	39
Tabel 4. 1 Data Peralatan Proteksi Petir Di Rumah Sakit Islam Sultan Agung....	44
Tabel 4. 2 Hasil Perbandingan Sistem Proteksi Petir Pada Rumah Sakit	54
Tabel 4. 3 RAB (Rancangan Anggaran Biaya) Konvensional.....	56
Tabel 4. 4 RAB (Rancangan Anggaran Biaya) Elektrostatis.....	57
Tabel 4. 5 Perbandingan Konvensional dengan Elektrostatis	58

ABSTRAK

Abstrak - Mengingat letak dari Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang dekat dengan laut dan juga bangunannya bertingkat yang rawan dengan sambaran petir. Untuk mengurangi dan melindungi akibat kerusakan yang disebabkan oleh sambaran petir, maka dari itu dilakukan pemasangan suatu pengaman sistem pada gedung bertingkat. Salah satu dari sistem pengaman ini yaitu sistem penangkal petir dan juga pentanahannya. Permasalahannya adalah belum diketahui pasti bagaimana kondisi penangkal petir konvensional pada Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang, dan menurut informasi yang didapatkan bahwa penangkal petir pada Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang pernah mengalami kerusakan oleh karena itu perlu dibuat perencanaan sistem proteksi petir tipe elektrostatik yang memiliki tingkat keamanan tinggi sehingga tidak memberikan kerusakan besar terhadap Gedung-gedung bertingkat ataupun peralatan-peralatan yang dilindunginya dan lingkungan sambaran petir.

Pada penelitian ini membahas mengenai perencanaan sistem proteksi petir jenis elektrostatik di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang, setelah itu untuk data pentanahan dilakukan dengan mengukur pentanahan menggunakan alat *earth tester* untuk didapatkan hasil pengukuran pentanahan. Kemudian pengukuran untuk memperoleh data kebutuhan bangunan untuk proteksi petir. Selanjutnya menentukan lokasi terminasi udara yang akan dipasang.

Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa menggunakan 1 buah elektrostatik yang diaplikasikan pada atap gedung MCEB dengan total ketinggian 34 meter dari permukaan tanah sudah mampu mengcover seluruh gedung rumah sakit.

Kata Kunci : Elektrostatik, Sistem proteksi, Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang

ABSTRACT

Abstract – Given the location of the Sultan Agung Islamic Hospital in Semarang close to the sea and also the multi-storey building which is prone to lightning strikes. To reduce and protect the consequences of damage caused by lightning strikes, therefore a safety system is installed in high-rise buildings. One of these security systems is the lightning protection system and also its grounding. The problem is that it is not known exactly how the condition of the conventional lightning rod at the Sultan Agung Islamic Hospital in Semarang is, and according to the information obtained that the lightning rod at the Sultan Agung Islamic in Semarang has been damaged, therefore it is necessary to plan an electrostatic type lightning protection system that has a high level of high security so as not to cause major damage to high-rise buildings or the equipment they protect and the lightning strike environment.

This study discusses the planning of an electrostatic type lightning protection system at the Sultan Agung Islamic Hospital in Semarang, after that the grounding data is carried out by measuring the grounding using an earth tester to obtain the results of grounding measurements. Then measurements to obtain data on building requirements for lightning protection. Next determine the location of the air termination to be installed.

From the results of this study it was found that using one electrostatic device applied to the roof of the MCEB building with a total height of 34 meters from the ground was able to cover the entire hospital building.

Keywords : *Electrostatic, Protection System, Sultan Agung Islamic Hospital Semarang*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang adalah salah satu rumah sakit islam yang ada di Semarang yang dibangun dalam rangka untuk memberikan pelayanan kesehatan. Berawal dari Health Centre lalu Medical Centre, berawal dari lingkup layanan kecil poliklinik umum, poliklinik kesehatan Ibu dan Anak dan Keluarga Berencana pada tahun 1971 kemudian diresmikan sebagai Rumah Sakit Madya pada tanggal 23 Oktober 1975, langkah demi langkah RSISA terus mengayuhkan derap layanan kesehatan secara Istiqamah. Tahun 2002-2010 menyambut makin derasnya kepercayaan umat, wajah baru RSISA berupa sarana bangunan dan peralatan medis baru ditampilkan ke hadapan publik. Semata untuk berkhidmat semaksimal mungkin mempersembahkan yang terbaik untuk masyarakat pengguna (YBW SA). Untuk memastikan bangunan gedung mencapai performa fungsionalnya sesuai persyaratan dan keinginan pengguna juga untuk mempertahankan fisik dan umur bangunan maupun fasilitasnya maka perlu dilakukan pemeliharaan dan perawatan bangunan gedung (Johannes, 2011). Engineering adalah departemen yang membawahi teknisi gedung yang bertugas guna melakukan pemeliharaan dan perawatan terhadap beberapa sistem utilitas bangunan gedung yang ada, di antaranya yaitu sistem elektronik, sistem mekanik, sistem kelistrikan, sistem plumbing, sistem tata udara gedung serta ventilasi, sistem pemadam kebakaran, sistem pengelolaan limbah, sistem telekomunikasi gedung dan sistem transportasi vertikal.

Mengingat letak dari rumah sakit tersebut dekat dengan laut dan juga bangunannya bertingkat yang rawan dengan sambaran petir. Untuk mengurangi dan melindungi akibat kerusakan yang disebabkan oleh sambaran petir, maka dari itu dilakukan pemasangan suatu pengaman sistem pada gedung bertingkat. Salah satu dari sistem pengaman ini yaitu sistem penangkal petir dan juga pentanahannya. Terkait hal ini, gunanya untuk memelihara faktor-faktor lain seperti sistem instalasi listrik secara baik yang terdiri dari pengaman, pelindung, serta berbagai perlengkapan yang lain. Pada umumnya petir akan menyambar gedung-gedung

bertingkat dan gedung-gedung yang memiliki menara tinggi seperti yang berada di kawasan Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang. Aspek-aspek perlindungan suatu gedung terhadap sambaran petir dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu: perlindungan terhadap gedung itu sendiri, perlindungan objek-objek didalam maupun disekitar gedung dan perlindungan manusia (Ujang Mulyadi, 2014).

Untuk situasi di rumah sakit sendiri terdapat banyak sekali pasien-pasien yang di rawat dan juga masyarakat umum yang konsultasi atau check-up mengenai kesehatan mereka, dan juga para dokter, suster, karyawan yang selalu melayani pasien yang ada di rumah sakit. Seperti yang diketahui pada rumah sakit terdapat banyak alat-alat elektronika medis, maka dari itu sistem pentanahan penangkal sangat diperlukan dan harus sesuai standarisasi. Yaitu bertujuan untuk menghindari alat-alat elektronika medis dari kerusakan jika terjadi kebocoran pada sistem pentanahan penangkal petir. Mengingat pentingnya alat-alat elektronika medis tersebut dibutuhkan sistem pentanahan penangkal petir.

Permasalahannya adalah hanya terdapat 3 penangkal petir jenis konvensional pada RSI Sultan Agung Semarang yaitu pada gedung MCEB, gedung B, dan gedung D sedangkan pada RSI Sultan Agung Semarang terdapat 5 gedung, untuk gedung A dan gedung C sendiri belum terpasang proteksi petir. Jadi hanya 3 gedung saja yang terproteksi, maka dari itu diperlukan sistem proteksi petir jenis elektrostatis yang bisa mengcover seluruh area gedung tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini setelah melakukan observasi, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi fisik sistem pentanahan di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang?
2. Bagaimana kondisi penangkal petir konvensional pada rumah sakit?
3. Bagaimana membuat atau merancang penangkal petir elektrostatis yang baik dilingkungan rumah sakit?

1.3 Pembatasan Masalah

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

1. Melakukan pengukuran terhadap grounding penangkal petir yang ada di seluruh gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.
2. Dalam penelitian ini hanya membahas tentang meningkatkan radius proteksi petir dengan menambahkan elektrostatis sebagai terminasi udara agar sistem pentanahan penangkal petir bisa memenuhi syarat PUIL 2011.
3. Pemeriksaan visual dan teknis guna mengetahui kelayakan sistem proteksi petir

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan gambaran mengenai kondisi sistem pentanahan.
2. Memberikan gambaran mengenai kondisi penangkal petir konvensional pada rumah sakit.
3. Memberikan gambaran dan hasil analisa apabila menggunakan penangkal petir dengan tipe elektrostatis.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat, diantaranya sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi pada sistem pentanahan penangkal petir
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengevaluasi ada tidaknya perubahan pada resistansi tanah.

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

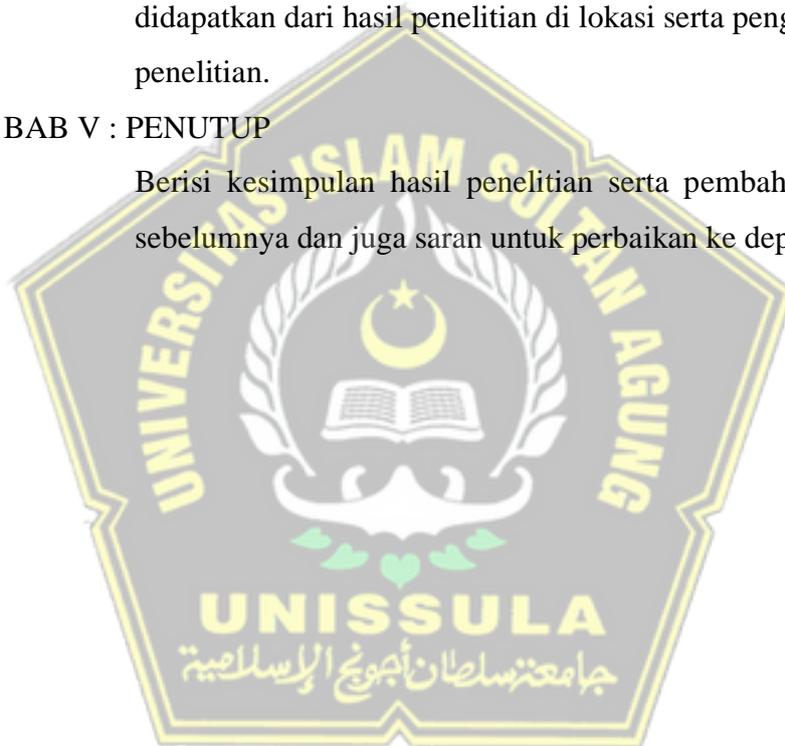
Berisikan model penelitian, objek penelitian, data penelitian, serta beberapa langkah dalam penelitian.

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 DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

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

1. Lukman Aditya, dengan judul “ANALISA SISTEM PENTAHANAN PADA GEDUNG DIRJEN PAJAK”. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara penanaman elektroda pentanahan jenis batang dengan benar dan untuk mengetahui pengaruh kedalaman penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pentanahan dengan konfigurasi *vertical* dan segitiga sama sisi pada elektroda jenis batang. Disebabkan pada tahun 2011 telah terjadi kebakaran pada Gedung Direktorat Jenderal Pajak yang dikarenakan kurang baiknya sistem pentanahan pada area gedung dan komponen listrik yang terpasang, oleh karena itu sistem pentanahan sangat mempunyai peranan yang sangat penting dalam sistem proteksi.[1]
2. Achmad Budiman, dengan judul “STUDI PENGARUH KONDISI TANAH DI DAERAH PESISIR AMAL TERHADAP ELEKTRODA BUMI 1,5METER UNIVERSITAS BORNEO TARA KAN”. Universitas Borneo Tarakan sangat dekat dengan kawasan pesisir pantai amal dan mempunyai karakteristik tanah yang beda dengan kawasan perkotaan. Kondisi tanah berpengaruh terhadap sistem *grounding* untuk peralatan-peralatan listrik. Sistem *grounding* yang rusak dapat menyebabkan arus bocor yang tidak dapat dialirkan secara optimal ke pentanahan, sehingga menimbulkan bahaya keselamatan saat menggunakan peralatan listrik. Semakin rendah resistansi tanah, maka semakin baik pentanahan tersebut. Pada kondisi tanah tertentu, nilai tahanan tanah juga dipengaruhi oleh kedalaman penanaman elektroda. Itulah mengapa sistem pentanahan yang baik sangat penting. Tujuan dari penelitian ini adalah penentuan kedalaman optimal elektroda pasak tunggal dengan nilai pembumian $\leq 5 \Omega$ dan selisih pengukuran

dan perhitungan kurang dari 1% di Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo di Tarakan.[2]

3. Mahadi Septian, dengan judul “DESAIN SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KUALA BEHE KABUPATEN LANDAK” Bangunan PLTS yang berpusat di Dusun Permit ini jaraknya jauh dari pemukiman warga dan berada sekitar 120 meter di atas permukaan laut. Distribusi sambaran petir tergolong sedang, nilai IKL 170 dan rata-rata frekuensi petir tahunan 2.007/tahun. Berdasarkan spesifikasi PLTS terpusat di Dusun Permit, diperlukan persetujuan untuk merancang proteksi internal untuk melindungi peralatan PLTS. Proteksi internal terdiri dari pencegahan petir langsung, pencegahan petir tidak langsung dan ikatan ekuipotensial. Ini dapat dilakukan dengan memasang jalur koneksi dan koneksi yang setara atau dengan membuat jarak aman antara komponen jaringan catu daya, teknologi informasi, dan elemen konduktif lainnya di dalam bangunan atau struktur.[3]
4. Rohani, dengan judul “KAJIAN SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA”. Gedung Rektorat Universitas Negeri Yogyakarta merupakan salah satu gedung bertingkat yang ada di daerah kota Yogyakarta. Jika gedung tersebut merupakan gedung dengan intensitas aktivitas akademik dan birokrasi yang tinggi, maka diperlukan keamanan dan kenyamanan dari berbagai gangguan. Salah satunya adalah gangguan alam, sambaran petir. Sistem proteksi petir diperlukan untuk menghindari risiko sambaran petir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sistem proteksi petir (SPP) eksternal terpasang dan menentukan efektifitas sistem proteksi petir konvensional dengan elektrostatik.[4]

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Petir

Petir adalah fenomena alam, proses pelepasan muatan listrik (*Electrical Discharge*) yang terjadi di atmosfer. Ini karena akumulasi ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan. Ion listrik terbentuk karena gesekan antara awan dan ionisasi. Peristiwa ini disebabkan oleh perubahan air dari cair menjadi gas atau dari padat (es) menjadi cair. Pelepasan ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Petir adalah pelepasan muatan antar awan atau antar pusat muatan awan.
2. Sambaran petir adalah pelepasan muatan antara awan bermuatan dengan tanah.[5]

Jenis-jenis proteksi petir :

1. Proteksi petir konvensional / faraday / franklin
2. Proteksi petir radioaktif
3. Proteksi petir elektrostatik

Sistem proteksi petir harus dapat melindungi seluruh bagian bangunan dan sekitarnya, termasuk orang-orang dan peralatan yang ada di dalamnya, terhadap bahaya dan kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir.

2.2.2 Teknik Pemasangan Penangkal Petir

Pemasangan sistem proteksi petir pada Gedung harus dilakukan sesuai dengan gambar dan spesifikasi yang diperlukan serta acuan yang disetujui dan disepakati oleh kontraktor. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

1. Saluran udara dipasang pada ketinggian yang menutupi seluruh bangunan penangkal petir.
2. Konduktor (penghantar) yang akan dipasang pada bangunan tinggi harus dipasang klemp dengan jarak 1 meter.
3. Kotak sambung harus dipasang dengan tinggi 2 meter di atas tanah.

4. Elektroda pbumian harus ditempatkan secara vertical di dalam tanah, batang tembaga harus dilindungi dari korosi oleh serbuk karbon yang mengelilingi tembaga.
5. Letak titik tanah dipilih dengan menggunakan gambar. Pipa galvanis 1 inci ditanam secara vertikal di dalam tanah sampai resistansi terukur kurang dari 5 ohm. Kemudian tarik kembali tabung sampai ada lubang. Isi lubang dengan debu arang dan masukkan kembali elektroda pertanahan.
6. Terminal pertanahan harus berada di dalam bak control.
7. Tahanan pertanahan harus diperiksa secara teratur dan nilai tahanan pertanahan maksimum adalah 5 ohm.[6]

Selain peraturan di atas, terdapat juga Peraturan Pemerintah tentang Penangkal Petir yang termasuk dalam Peraturan Pemerintah tentang Penangkal Petir. Tujuan dari penangkal petir yaitu sebagai berikut :

1. Menangkap petir
2. Menghantarkan arus petir
3. Menampung petir
4. Perlindungan sistem pentanahan
5. Perlindungan petir di saluran listrik
6. Proteksi petir garis PABX
7. Proteksi petir pada saluran elektronik

2.2.3 Bagian Yang Dipasang Proteksi Petir

Persyaratan konstruksi untuk sistem proteksi guna mencegah risiko petir sangat penting dan jenis konstruksi yang harus dilengkapi dengan penangkal petir memiliki persyaratan yang ditentukan dalam Peraturan Pengawasan Proteksi Petir PER02/MEN/2015, sebagai berikut:

1. Bangunan yang jauh atau tinggi dan lebih tinggi dari bangunan sekitarnya, seperti misalnya: Menara, cerobong asap, silo, antena transmisi, monumen dan sebagainya.
2. Bangunan tempat penyimpanan, pengolahan, atau penggunaan bahan yang mudah meledak atau mudah terbakar seperti: Pabrik amunisi, gudang bahan peledak dan sebagainya.
3. Bangunan yang diperuntukkan untuk kepentingan umum seperti: Tempat ibadah, Rumah Sakit, Sekolah, Bioskop, Hotel, Pasar, Stasiun Kereta Api, Vihara dan sebagainya.
4. Bangunan yang menyimpan barang-barang yang sulit diganti seperti misalnya: Museum, perpustakaan, arsip dan sebagainya.
5. Area terbuka seperti: Perkebunan, lapangan golf, stadion olahraga dan tempat lainnya.[6]

2.2.4 Standar Instalasi Pentanahan dan Petir

1. Menurut PUIL 2011

Nilai yang biasa digunakan yaitu nilai resistansi maksimal 5Ω pada instalasi rumah tangga dan maksimal 5Ω pada instalasi petir. Hal ini juga sesuai dengan PUIL 2011.

2. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja

Peraturan pemerintah tentang aturan pemasangan penangkal petir juga menyebutkan beberapa kriteria yang harus dipenuhi juga sama dengan 5Ω . Bangunan yang menyerupai tower seperti tower air, silo, masjid, gereja, dan sebagainya harus diperhatikan dalam pemasangan penangkal petir. Pemasangan penangkal petir yang berasal dari menara tidak cukup untuk melindungi bangunan di sekitarnya, harus mempertimbangkan:

- 1) Bahaya dari loncatan petir
- 2) Hantaran listrik
- 3) Penempatan penghantar

- 4) Daya tahan terhadap gaya mekanik
- 5) Sambungan antara massa logam bangunan[6]

2.2.5 Kerusakan Akibat Sambaran Petir

A. Sambaran Petir Melalui Jaringan Listrik

Sambaran petir sangat berbahaya dan sambaran petir dikaitkan dengan sesuatu di luar area gedung tetapi mempengaruhi jaringan listrik di dalam gedung. Kondisi tersebut dikarenakan listrik/PLN memiliki sistem jaringan distribusi yang menggunakan kabel udara terbuka serta sangat tinggi letaknya. Saat tersambar petir, arus petir langsung mengalir ke pengguna. Upaya penanggulangannya adalah dengan memasang penangkal petir pada catu daya untuk keselamatan. Pemasangan instalasi surge arrester listrik harus didukung penuh berupa sistem pentanahan.

B. Sambaran Melalui Jaringan Telekomunikasi

Petir jenis ini sama berbahayanya dengan yang pertama, tetapi mempengaruhi peralatan telekomunikasi, contohnya PABX dan telepon. Upaya untuk menangani ini dengan dikaitkannya pemasangan arrester dikhususkan pada jaringan PABX dengan grounding. Jika terdapat jaringan internet pada suatu bangunan yang hendak dilindungi dengan koneksi melalui jaringan telepon, maka ini bisa pula memberikan perlindungan terhadap jaringan internet tersebut.

C. Sambaran Petir Langsung Terhadap Bangunan

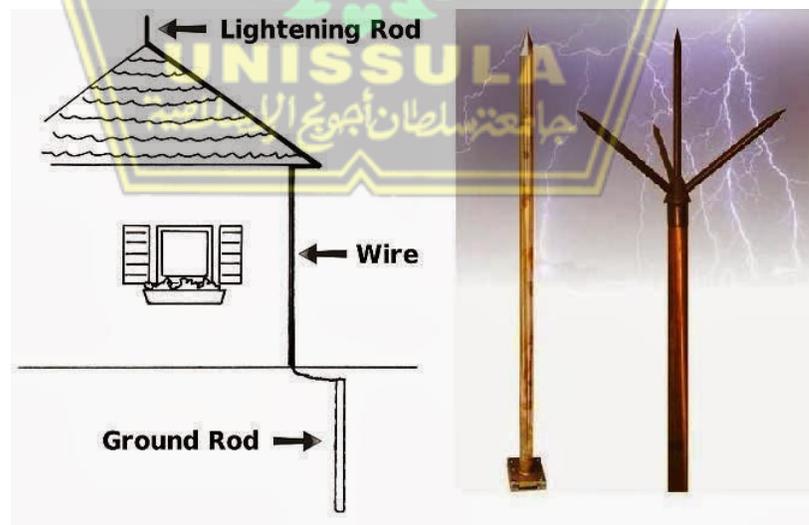
Sambaran petir yang berkaitan langsung dengan struktur bangunan, perkantoran dan tempat tinggal memang berbahaya bagi bangunan dan segala isinya karena dapat menyebabkan kematian, kerusakan peralatan elektronik/elektrik, atau kebakaran. Oleh karena itu, penangkal petir harus dipasang di semua bangunan. Upaya penanggulangannya meliputi pemasangan terminal penerima sambaran petir sesuai standar yang ditetapkan dan pemasangan peralatan penunjang lainnya. Sambaran petir langsung juga dapat mengakibatkan kematian, kecacatan, atau cedera. Tidak sedikit fenomena petir yang menyambar langsung mengenai manusia, dan sering terjadi di tempat terbuka.[7]

2.2.6 Jenis-Jenis Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan

A. Proteksi Petir konvensional

Teknik proteksi petir yang sederhana dan pertama kali diketahui menggunakan prinsip membentuk semacam perisai berupa konduktor yang menyerap sambaran petir. Jenis penangkal petir ini biasa disebut groundwires (kawat tanah) pada jaringan hantaran udara, sedangkan pada bangunan dan perlindungan terhadap struktur, Benjamin Franklin menyebutnya dengan sebutan lightning rod.[8] Proteksi petir konvensional bersifat pasif, menunggu sambaran petir untuk menyambar dengan mengandalkan posisinya yang lebih tinggi dari objek sekitar serta ujung runcingnya berikut tipe proteksi petir konvensional:

1. Tipe Franklin rod, perangkat petir ini memiliki ujung yang tajam di bagian atas bagian yang akan dilindungi. Ujung penangkal petir dibuat tajam sehingga pada kondisi terjadi akumulasi muatan di awan, ujung ini akan diinduksi oleh muatan yang kerapatan muatannya relatif lebih tinggi dibandingkan kerapatan muatan. Jika ada muatan di bagian lain bangunan penangkal petir, diharapkan petir menyambar bagian atas penangkal petir terlebih dahulu.



Gambar 2. 1 Penangkal Petir Konvensional Tipe Franklin Rod

2. Sifat sistem sangkar Faraday bisa dikatakan sama dengan sistem penangkal petir Franklin. Bedanya hanya pada penggunaan pelindung tepi, system penangkal petir Franklin menggunakan batang pemutus udara *vertical* sedangkan system sangkar faraday menggunakan konduktor horizontal. Sangkar penangkal petir faraday lebih efektif dengan menambahkan penangkal petir pendek di atas system penangkal petir yang ditempatkan di lokasi yang mudah dijangkau. Mereka terhubung satu sama lain oleh konduktor-konduktor berikutnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Penangkal Petir Konvensional Tipe Sangkar Faraday

3. Proteksi Petir Radioaktif

Gusta P. Carpart pertama kali mematenkan metode ini pada tahun 1931. Sebelumnya, pada tahun 1941, ilmuwan Hongaria Szilard mengusulkan ide untuk menambahkan bahan radioaktif ke batang Franklin untuk meningkatkan ketahanannya terhadap sambaran petir. Metode ini terdiri dari batang Franklin sumber radioaktif radium atau sumber thorium sebagai penghasil ion yang dihubungkan ke pentanahan melalui konduktor khusus. Sistem proteksi petir Early Streamer Emission adalah pendekatan relatif

solusi terbaru untuk memecahkan masalah kerusakan instalasi petir, yang dilengkapi dengan sistem FR. ESE adalah terminal udara radioaktif yang tidak konvensional, tetapi telah dilarang oleh banyak negara karena sumber radioaktif di dekat terminal tersebut berbahaya bagi kesehatan. Perangkat ESE non-radioaktif yang tersebar luas meliputi Pulsar (dikembangkan oleh Helita, Prancis), Dynasphere (dikembangkan oleh Erico, Australia), Prevector (dikembangkan oleh Indelec, Prancis) dan EF (dikembangkan oleh EF International, Swiss).[8]



Gambar 2. 3 Penangkal Petir Jenis Radioaktif

4. Penangkal Petir Elektrostatis

Penangkal petir elektrostatis memiliki prinsip kerja yang menggunakan beberapa sistem penangkal petir radioaktif. Artinya pada ujung splitzet/finial ditambahkan muatan supaya petir senantiasa memilih ujung ini untuk disambar. Untuk penangkal petir atau proteksi petir elektrostatis menggunakan energi listrik yang diperoleh dari listrik awan yang diinduksi oleh permukaan bumi, sedangkan untuk anti petir radio aktif ataupun

penangkal petir muatan listrik. Disebut juga dengan proteksi petir radius yang cara kerjanya menggunakan prinsip kerja elektroskop, dimana pada ujungnya (*head terminal*) dibuat agar petir hanya mengenai ujung proteksi petir ini dan tidak mengenai sasaran lain dalam radius perlindungan proteksi petir.[8]



Gambar 2. 4 Terminal Udara Elektrostatis

2.2.7 Sistem Proteksi Petir Eksternal

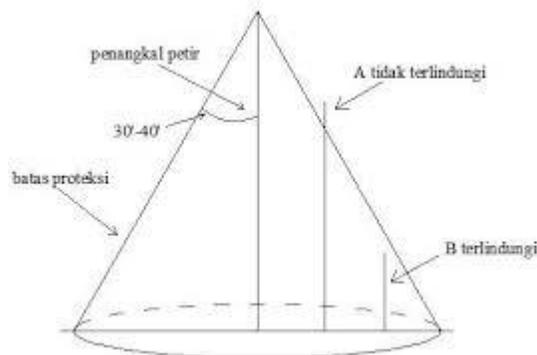
Sistem Proteksi Petir Eksternal menghindari bahaya langsung dari sambaran petir pada bangunan, peralatan, manusia dan lainnya Sistem Proteksi Petir Eksternal pada dasarnya terdiri dari:

1) Terminasi udara (*Air Terminal*)

Untuk menentukan penempatan terminasi udara dan untuk mengetahui daerah proteksi, maka menggunakan metode-metode yang terdapat dalam SNI 03-7015-2004,[8] yaitu :

- Metode sudut proteksi (*Protective Angle Method*)

Metode sudut proteksi proteksi (*protective angle method*). Daerah di dalam kerucut yaitu daerah yang diproteksi yaitu sudut pelindung sebagaimana tabel 2.1.



Gambar 2. 5 Bentuk Sudut Proteksi

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

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

Keterangan :

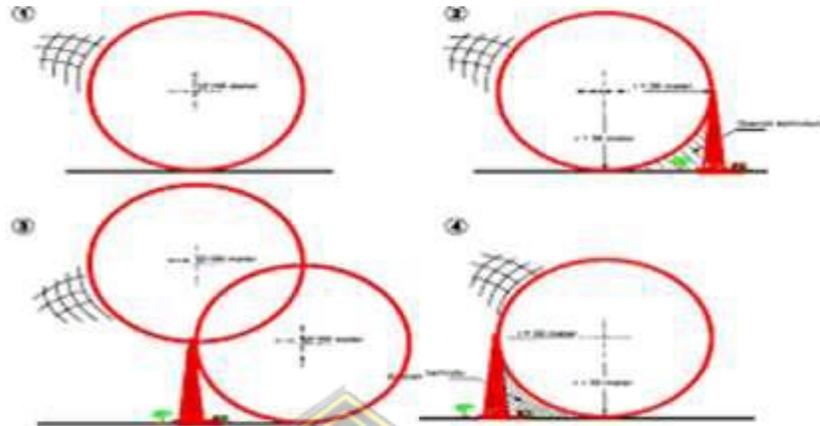
r = Radius daerah perlindungan (meter)

α = Besar sudut perlindungan (derajat)

h = Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah(meter)

- Metode bola bergulir (*Rolling Sphere Method*)

Metode bola bergulir (*rolling sphere method*). Penggunaan metode ini pada bangunan dengan bentuk yang rumit. Dalam metode ini, seperti terdapat sebuah bola beradius R yang mendarat di atas tanah dan berjalan di atas dan di sekeliling struktur menuju berbagai arah sampai dijumpai struktur ataupun tanah yang terkait dengan permukaan tanah yang bertindak sebagai penghantar. Bola dengan titik sentuh yang mengenai struktur merupakan titik di mana petir tidak dapat menyambar dan harus dilindungi oleh konduktor terminasi udara. Semua sambaran petir pada jarak R dari ujung penangkap petir akan berkesempatan sama dalam membuat gedung tersambar.



Gambar 2.6 Metode Bola Bergulir

- Metode jala (*Mesh Sized Method*)

Metode mesh (metode mesh). Penggunaan metode tersebut diperuntukkan dalam kepentingan guna melindungi permukaan yang datar sebab dapat memberikan perlindungan terhadap semua permukaan bangunan. Area yang diproteksi adalah area di dalam seluruh jaringan. Jala berukuran menyesuaikan tingkat keamanan yang ditentukan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.1.[9]

Tabel 2. 1 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi

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

2) Konduktor penyalur (*Down Conductor*)

Down Conductor berfungsi sebagai penyalur arus petir yang menyambur terminal udara (*air terminal*) dan disalurkan ke tanah / bumi. Saat memilih lokasi dan jumlah konduktor penyalur yang dipilih hendaknya memperkirakan fakta bahwasanya apabila dibaginya arus petir ke pada sejumlah konduktor penyalur, maka gangguan elektromagnetik dan risiko loncatan ke samping di dalam gedung akan berkurang.

Mengacu pada standar SNI 7015 2014 dipaparkan bahwa tiap terpasangnya *down conductor* pada rute paling pendek dan tidak memicu bahaya induksi khususnya untuk peralatan sensitif dan bahaya *side-flash* pada manusia.[7]

2.2.8 Pengertian Pentanahan

Sistem pentanahan adalah sistem sambungan konduktor yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus normal. Oleh karena itu, sistem pentanahan sangat penting dalam sistem tenaga listrik.[1]

Secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah :

1. Menjamin keselamatan manusia dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
2. Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik.
3. Menyalurkan energi petir ke tanah.
4. Memperkecil peluang timbulnya flashover dan menstabilkan tegangan.

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

1. Menyediakan jalur arus yang dapat mendeteksi terciptanya hubungan *negative* antara konduktor dalam sistem pentanahan. Pendeteksian ini akan menimbulkan perangkat otomatis untuk menghilangkan daya dari konduktor yang sesuai.
2. Membatasi tegangan yang besar terhadap bumi sehingga masih ada dalam batasan yang diperbolehkan.[10]

2.2.9 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah juga tergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah :

- a) Kadar air

Dalam kasus air tanah dangkal / hujan, nilai resistansi mudah ditentukan.

b) Mineral / garam

Kandungan mineral tanah berpengaruh penting terhadap ketahanan sebaran, karena semakin banyak logam dan semakin tinggi mineralnya, semakin baik tanah menghantarkan arus listrik.

c) Asam

Semakin asam (PH rendah atau $PH < 7$) tanah, semakin sulit menghantarkan listrik.

d) Kepadatan Tanah

Resistansi tanah sangat menentukan resistansi pembumian elektroda. Tabel berikut ini memuat resistansi jenis tanah di Indonesia.[6]

Dari berbagai faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah, maka faktor yang paling mempengaruhi perubahan nilai tahanan jenis tanah adalah kadar mineral/garam, kadar air dan temperatur dari lapisan tanah yang bersangkutan. Elektroda Pentanahan dan Tahanan Pentanahan, adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah:

1. Bentuk elektroda
2. Jenis bahan dan ukuran elektroda
3. Jumlah/konfigurasi elektroda
4. Kedalaman penanaman di dalam tanah
5. Faktor-faktor alam

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

Berikut adalah beberapa teknik dasar untuk digunakan:

1. Pentanahan batang tunggal

Tanah hanya terdiri dari satu titik di mana batang pelepasan arus dimasukkan ke dalam tanah pada kedalaman tertentu.

2. Pentanahan batang paralel

Sistem pentanahan paralel adalah tindakan alternatif jika sistem tunggal masih memberikan hasil yang buruk (di atas 5 Ω).

3. Sistem pentanahan serbaguna

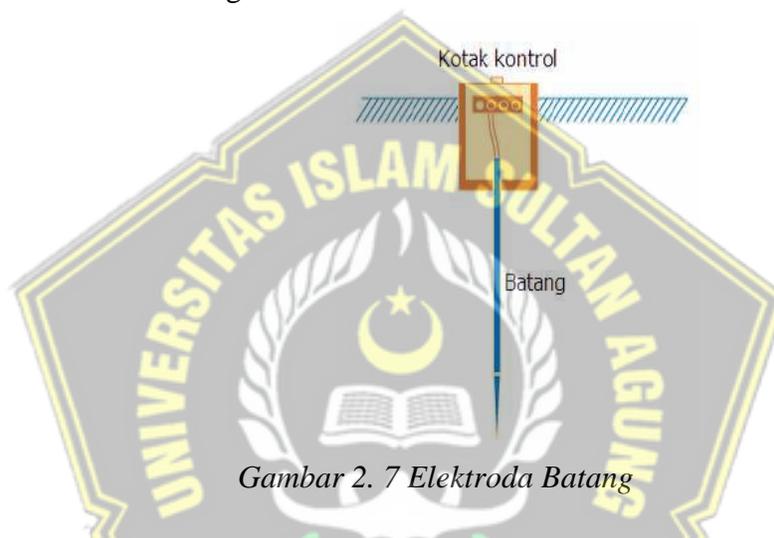
Digunakan bila cara di atas tidak berhasil, yaitu mengebor tempat ujung batang selebar minimal 2 inci, mengisinya dengan tanah lapisan atas hingga penuh, kemudian mengisinya dengan air lalu memasukkan batang tanah. Parit penghubung antara batang dasar (BC) yang ditempatkan dengan kabel penghubung diisi dengan tanah yang kaya humus.

Sistem penghantar petir harus dapat melindungi seluruh bagian bangunan dan sekitarnya, termasuk orang-orang dan peralatan di dalamnya, terhadap bahaya dan kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir.[6]

2.2.10 Jenis Elektroda Pentanahan

Pada dasarnya ada 3 (tiga) jenis elektroda yang digunakan pada sistem pentanahan yaitu :

1. Elektroda Batang



Gambar 2. 7 Elektroda Batang

Elektroda batang adalah elektroda yang terbuat dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda batang di tanam vertikal di dalam tanah. Biasanya dibuat dari bahan tembaga, stainless steel atau galvanised steel. Perlu diperhatikan pula dalam pemilihan bahan agar terhindar dari galvanic couple yang dapat menyebabkan korosi. Apabila tahanan pbumian yang dikehendaki semakin kecil, maka batang elektroda yang perlu ditanam juga semakin banyak. Maka didapat suatu persamaan (2.3).[1]

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

Keterangan :

$R_{bt\ 1}$: Tahanan pbumian elektroda batang (Ω)

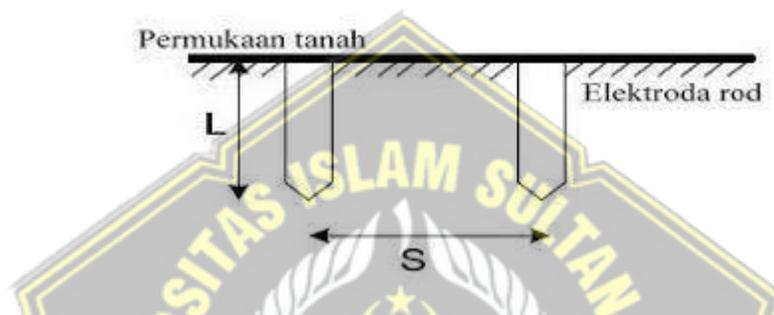
P : Tahanan jenis tanah ($\Omega\ m$)

L : Panjang batang yang tertanam (m)

d : Diameter elektroda batang (m)

Ln : Logaritmus

Pembumian dua batang elektroda, cara memperkecil tahanan pembumian yaitu dengan cara memperbanyak elektroda yang ditanam serta diparalel seperti gambar 2.7.



Gambar 2. 8 Pembumian dengan dua batang elektroda

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

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

Keterangan :

S = Jarak antara kedua konduktor

Pembumian lebih dari satu batang elektroda atau disebut juga multiple rod, penanaman multiple rod secara tegak lurus ke dalam tanah yakni menggunakan persamaan (2.5).

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

Apabila tahanan pembumian pada daerah bangunan diasumsikan sama bisa menggunakan persamaan (2.6).

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

2. Elektroda Pelat



Gambar 2. 9 Elektroda Pelat

Bentuk elektroda pelat biasanya empat persegi atau persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang ditanam didalam tanah. Cara penanaman biasanya secara *vertical*, Sehingga penanaman secara *vertical* lebih praktis dan ekonomis.[1]

$$R = \frac{\rho}{4,1 L} \cdot \frac{1+1,84 b}{t} \quad (2.7)$$

Keterangan :

R = Tahanan pentanahan pelat (Ohm)

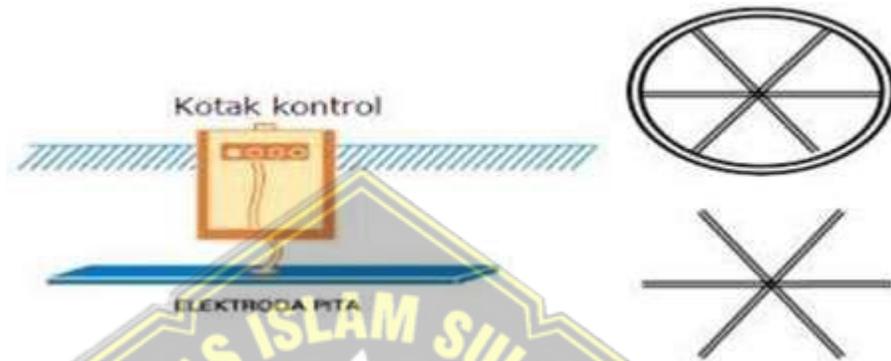
b = Lebar pelat (m)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

t = kedalaman pelat tertanam (m)

L = Panjang pelat (m)

3. Elektroda Pita



Gambar 2. 10 Elektroda Pita

Elektroda pita yaitu elektroda dari hantaran pilin ataupun hantaran berpenampang bulat atau berbentuk pita yang biasanya ditanam secara dalam. Akan timbul masalah pada pemancangannya 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.[1]

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{A} - 1 \right] \quad (2.8)$$

Keterangan :

R = Tahanan pentanahan (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

A = Diameter elektroda (m)

L = Panjang elektroda (m)

2.2.11 Besar Kebutuhan Bangunan Akan Sistem Proteksi Petir

Instalasi proteksi petir harus bisa memberikan perlindungan terhadap seluruh bagian bangunan, termasuk juga peralatan-peralatan elektronik dan manusia didalamnya dari kerusakan dan juga bahaya sambaran petir .

1. Mengacu pada PUIPP, seberapa besar kebutuhan bangunan akan sistem proteksi petir ditentukan lewat penjumlahan suatu indeks yang menjadi kondisi bangunan pada lokasi tertentu dituliskan yaitu persamaan (2.9). Berikut tabel indeks menurut Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP):

Tabel 2. 3 Indeks A: Bahaya berdasarkan jenis bangunan

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tidak perlu mengamankan bangunan atau isinya	-10
Bangunan dan isinya jarang digunakan, misalnya gubuk di tengah sawah atau ladang, menara atau tiang besi	0
Bangunan dengan fasilitas atau tempat tinggal sehari-hari, misalnya rumah tinggal, industri kecil, dan stasiun kereta api	1
Bangunan atau isinya penting, misalnya menara air, toko aset-aset berharga, dan kantor pemerintahan	2
Bangunan dengan banyak orang seperti bioskop, tempat ibadah, sekolah, dan monumen sejarah penting	3
Instalasi gas, minyak atau bbm, dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya untuk lingkungan yang tidak dapat dikendalikan, seperti instalasi nuklir	15

Tabel 2. 4 Indeks B: Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan

Konstruksi Bangunan	Indeks B
Semua bangunan terbuat dari logam dan mudah memancarkan listrik	0
Bangunan rangka beton atau besi bertulang dengan atap logam	1
Bangunan struktur beton bertulang, rangka besi dan atap non-logam	2
Bangunan kayu dengan atap non-logam	3

Tabel 2. 5 Indeks C: Bahaya berdasarkan tinggi bangunan

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

Tabel 2. 6 Indeks D: Bahaya berdasarkan situasi bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Di tanah yang datar di semua ketinggian	0
Di kaki bukit $\frac{3}{4}$ dari ketinggian bukit atau di pegunungan hingga 1000 meter	1
Di puncak gunung atau perbukitan yang tingginya lebih dari 1000 meter	2

Tabel 2. 7 Indeks E: Bahaya berdasarkan hari guruh

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

Tabel 2. 8 Perkiraan bahaya sambaran petir berdasarkan PUIPP

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

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

Keterangan :

R : Perkiraan bahaya sambaran petir atas dasar PUIPP

A : Indeks bahaya menurut jenis bangunan

B : Indeks bahaya menurut konstruksi bangunan

C : Indeks bahaya menurut tinggi bangunan

D : Indeks bahaya menurut situasi bangunan

E : Indeks bahaya menurut hari guruh

2. Mengacu pada standar NFPA 780 yaitu dengan melakukan penjumlahan terhadap beberapa indeks yang mewakili kondisi lokasi bangunan, kemudian

hasilnya dibagi dengan indeks yang mewakili tingkat isoceranic dari wilayah yang terkait dengan persamaan (2.10). Berikut table indeks *National Fire Protection Association* (NFPA) 780:

Tabel 2.9 Indeks A: Jenis Struktur

Jenis Struktur	Indeks A
Rumah kediaman yang kurang dari 465 m ²	1
Rumah kediaman yang lebih dari 465 m ²	2
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi kurang dari 15 meter	
- Melingkupi area kurang dari 2323 m ²	3
- Melingkupi area lebih dari 2323 m ²	5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 15-23 meter	4
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 23-46 meter	5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi lebih dari 46 meter	8
Kantor pelayanan milik pemerintah, misalnya pemadam kebakaran, kantor polisi, dan perusahaan air minum	7
Hangar pesawat terbang	7
Pembangkit listrik dan sentral telpon	8
Menara air dan cooling tower	8
Perpustakaan, museum, dan bangunan bersejarah	8
Bangunan pertanian	9
Tempat bernaung didaerah rekreasi	9
Bangunan yang berisi banyak orang, misalnya sekolah, tempat ibadah, bioskop, dan stadion olahraga	9

Struktur yang ramping dan tinggi, misalnya cerobong asap, menara pengawas, dan mercusuar	10
Rumah sakit, penampungan para lansia dan penyandang cacat	10
Bangunan tempat membuat dan menyimpan bahan berbahaya misalnya zat kimia	10

Tabel 2.10 Indeks B: Jenis Konstruksi

Kerangka Struktur	Jenis Atap	Indeks B
Bukan logam	- Kayu	5
	- Campuran aspal, ter atau genteng	3
	- Logam yang tidak saling terhubung	4
	- Logam yang terhubung secara elektrik	1
Kayu	- Kayu	5
	- Campuran aspal, ter atau genteng	3
	- Logam yang tidak saling terhubung	4
	- Logam yang terhubung secara elektrik	2
Beton bertulang	- Kayu	5
	- Campuran aspal, ter atau genteng	3
		4

	<ul style="list-style-type: none"> - Logam yang tidak saling terhubung - Logam yang terhubung secara elektrik 	1
Kerangka baja	- Kayu	4
	- Campuran aspal, ter atau genteng	3
	- Logam yang tidak saling terhubung	3
	- Logam yang terhubung secara elektrik	1

Tabel 2.11 Indeks C: Lokasi Bangunan

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

Tabel 2.12 Indeks D: Topografi

Lokasi	Indeks D
Pada tanah datar	1
Pada sisi bukit	2
Diatas puncak bukit	4
Diatas puncak gunung	5

Tabel 2.13 Indeks E: Penggunaan dan Isi Bangunan

Penggunaan dan Isi Bangunan	Indeks E
Bahan yang tidak mudah terbakar	1
Perabotan rumah tangga	2
Perlengkapan atau perabotan biasa	2
Ternak peliharaan	3
Bangunan berisi sedikit orang (kurang dari 50 orang)	4
Bahan yang mudah terbakar	5
Bangunan berisi banyak orang (lebih dari 50 orang)	6
Alat-alat atau aset berharga	7
Layanan publik, seperti pemadam kebakaran dan kantor polisi	8
Gas atau cairan yang gampang meledak	8
Perangkat operasi yang sensitive	9
Benda-benda bersejarah	10
Bahan peledak dan bahannya	10

Tabel 2.14 Indeks F: Isokeraunic Level

Isokeraunic Level	Indeks F
--------------------------	-----------------

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

Tabel 2.15 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan NFPA 780

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

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

Keterangan :

R : Perkiraan bahaya sambaran petir atas dasar NFPA 780

A : Indeks jenis struktur

B : Indeks jenis konstruksi

C : Indeks lokasi bangunan

D : Indeks topografi

E : Indeks penggunaan dan isi bangunan

F : Indeks IKL (Isokeraunic Level)

3. Mengacu pada standar IEC 1024-1-1, tingkatan proteksi memadai yang dipilih bagi sebuah sistem proteksi petir yaitu sesuai dengan frekuensi sambaran petir tahunan wilayah itu yang sudah diijinkan dan frekuensi sambaran petir langsung setempat yang berdasar perkiraannya menuju stuktur yang dilindungi. Kerapatan sambaran petir atau kilat petir ke tanah rata-rata tahunannya di wilayah keberadaan sebuah struktur dinyatakan dalam persamaan (2.11).

$$N_g = 0,04 \cdot I_{KL}^{1,25} / \text{km}^2 / \text{tahun} \quad (2.11)$$

Keterangan:

I_{KL} : Tingkat isokeraunic di daerah di mana struktur dilindungi

N_g : Kerapatan kilat petir ke tanah

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} / \text{tahun} \quad (2.12)$$

Keterangan :

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

N_d : Frekuensi sambaran petir langsung setempat

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

Keterangan :

h : Tinggi bangunan (m)

a : Panjang bangunan (m)

b : Lebar bangunan (m)

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

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

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (2.14)$$

Tabel 2. 16 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

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

Keterangan :

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

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

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

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

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

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

Penempatan terminasi udara ditentukan sesuai tingkat proteksi suatu bangunan yang bisa ditentukan berdasarkan Tabel 2.1 dan Tabel 2.3.

2.2.12 Parameter petir

Terdapat pengaruh langsung dan tidak langsung dari sambaran petir pada bangunan. Jenis sambaran langsung bisa pula mengakibatkan korban jiwa. Maka dari itu, dibutuhkan sebuah system perlindungan petir yang mampu menangkap petir secara langsung serta mengarahkannya menuju tanah. Sehingga, resiko dan efek petir bisa diminimalisir. Ada beberapa karakteristik dan parameter petir yang dijadikan perkiraan dalam menentukan sistem proteksi petir eksternal.[7]

1. Nilai Puncak Arus Petir

Pemilihan nilai puncak arus petir ataupun nilai pick-up dipengaruhi oleh tingkat proteksi bangunan yang ditetapkan. Hileman memaparkan bahwa arus puncak yaitu arus puncak serta sambaran balik. Terdapat dua kategori menurut polaritasnya yaitu positif dan negatif. Selain itu dikelompokkan pula menjadi *subsequent stroke* (sambaran susulan) dan *first stroke*

(sambaran pertama). Seberapa besar nilai sambaran mempengaruhi besar tegangan jatuh pada tahanan pentanahan sebesar 10KV-100KV. SNI 03-7015-2004 menetapkan bahwa nilai arus puncak menurut tingkat proteksinya dibedakan menjadi sebagai berikut.[7]

Tabel 2. 17 Nilai Puncak Arus Berdasarkan Tingkat Proteksi

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

2. Muatan Arus

Muatan arus yaitu integral arus satuan waktu atau daerah luasan terpaan petir. Muatan arus ini mengakibatkan objek yang mengalami sambaran petir meluas. Selain itu, integral waktu arus petir bagi semua sepanjang durasi sambaran petir dinamakan dengan muatan total. 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.[7]

Tabel 2. 18 Muatan Listrik Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2003)

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

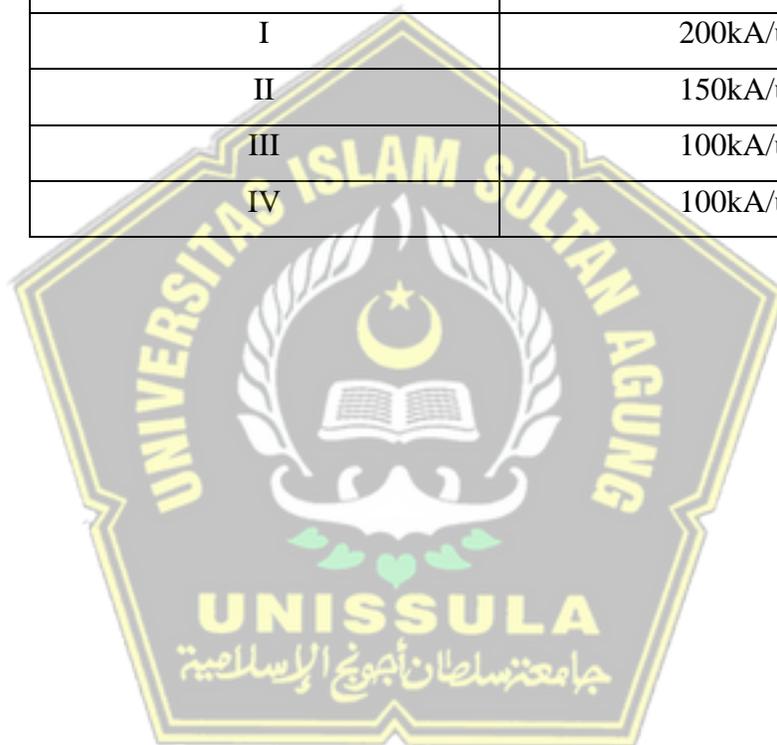
3. Kecuraman Arus

Laju perubahan arus pada satuan waktu dinamakan kecuraman arus. Pelaksanaan pendekatan ini dengan memperbandingkan arus puncak untuk

rentang waktu sambaran petir. Caranya yaitu melakukan perhitungan terhadap perubahan laju petir Ketika arus puncaknya 30-90%. Sebagaimana dalam SNI 03-7015-2003, tingkat proteksi sambaran petir berikut ini mempengaruhi kecuraman arus.[7]

Tabel 2. 19 Kecuraman Arus Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2003)

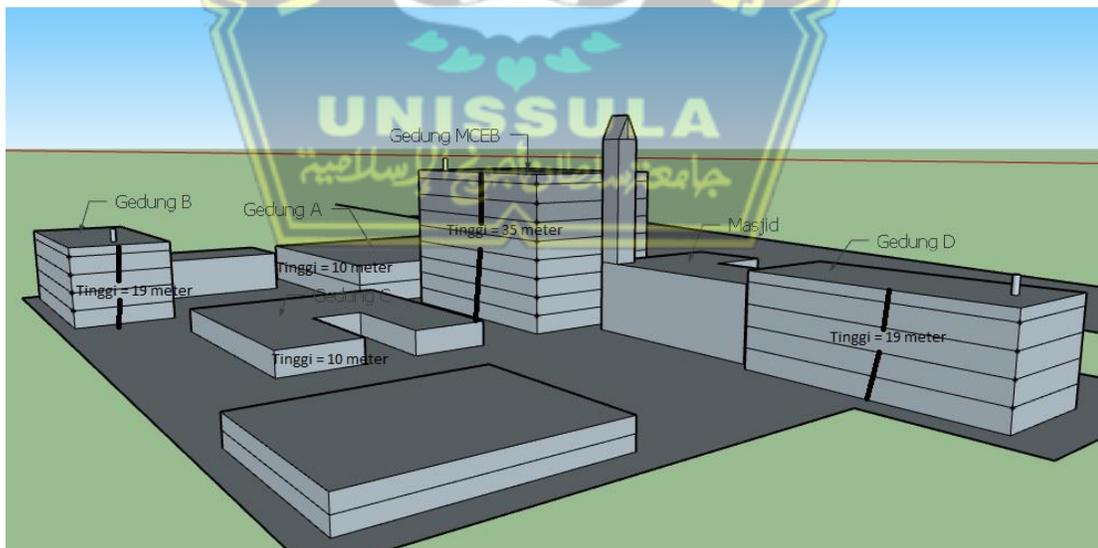
Tingkat Proteksi	Kecuraman Rata-rata (di/dt30/90%) (kA/us)
I	200kA/us
II	150kA/us
III	100kA/us
IV	100kA/us



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Pada penelitian ini penulis pertama-tama menentukan lokasi terlebih dahulu, kemudian melanjutkan dengan mengumpulkan data-data baik dari data primer yang didapatkan langsung melalui sumber yang bersangkutan dengan penelitian ini yang berlokasi di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang, dan juga data sekunder yang didapatkan melalui jurnal-jurnal, buku, ataupun penelitian orang lain yang membahas tentang proteksi petir. Langkah selanjutnya adalah menentukan tahapan dan prosedur penelitian. Selanjutnya untuk data pentanahan dilakukan dengan mengukur pentanahan menggunakan alat *earth tester* untuk didapatkan hasil pengukuran pentanahan. Kemudian pengukuran untuk memperoleh data kebutuhan bangunan untuk proteksi petir. Selanjutnya menentukan lokasi terminasi udara yang akan dipasang, kemudian lanjut dengan analisis dan kesimpulan. Berikut gambar 3.1 yang menunjukkan penempatan proteksi petir konvensional pada RSI Sultan Agung Semarang.



Gambar 3. 1 Denah RSI beserta proteksi konvensional

Dari gambar 3.1 menunjukkan bahwa hanya ada 3 proteksi petir jenis konvensional yang ada di RSI Sultan Agung Semarang, yaitu terdapat pada gedung D, gedung B, dan gedung MCEB. Sedangkan untuk gedung A dan gedung C sendiri belum ada proteksi petirnya.

3.2 Objek Penelitian

Untuk objek penelitiannya yaitu berada di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang yang beralamatkan Jl. Kaligawe Raya No.KM. 4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112.



Gambar 3. 2 Denah Lokasi Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang

3.3 Alat dan Bahan

Untuk alat dan bahannya meliputi :

1. Laptop
2. Eart Tester
3. Alat tulis

3.4 Data Penelitian

Data penelitian yang diperlukan yaitu data hari guruh kota Semarang tahun 2021 dari bulan Januari-Desember guna kebutuhan bangunan Rumah Sakit Islam Sultan

Agung Semarang dan juga hasil pengukuran *grounding* pada RSI Sultan Agung Semarang.

3.4.1 Data Hari Guruh Kota Semarang

Berdasarkan BMKG Stasiun Klimatologi Semarang data hari guruh tahun 2021 wilayah Semarang bisa dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Data Hari Guruh Kota Semarang Tahun 2021

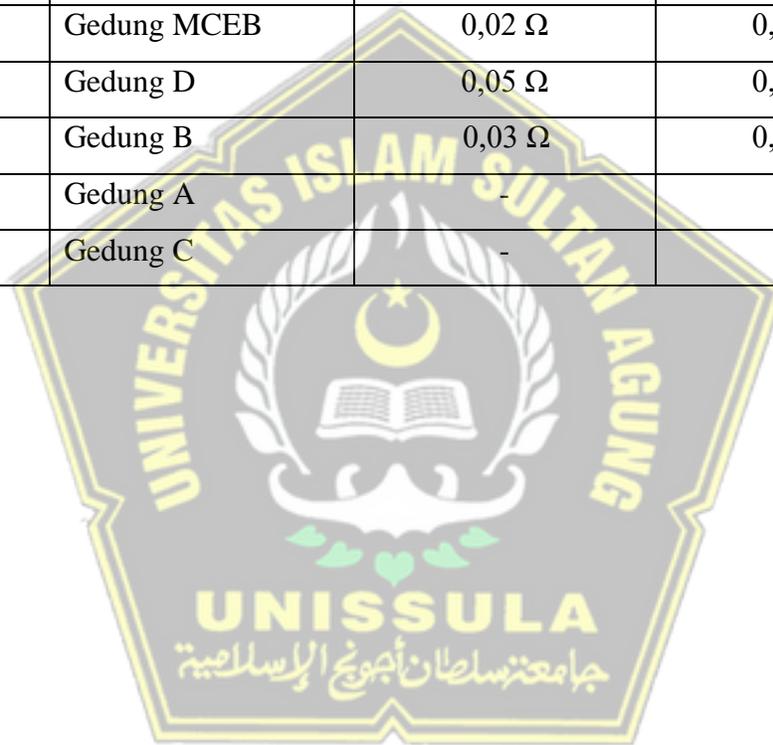
Bulan	Jumlah Hari Guruh
Januari	4
Februari	2
Maret	10
April	4
Mei	4
Juni	5
Juli	1
Agustus	1
September	6
Oktober	7
November	7
Desember	6

3.4.2 Hasil Pengukuran Pentanahan

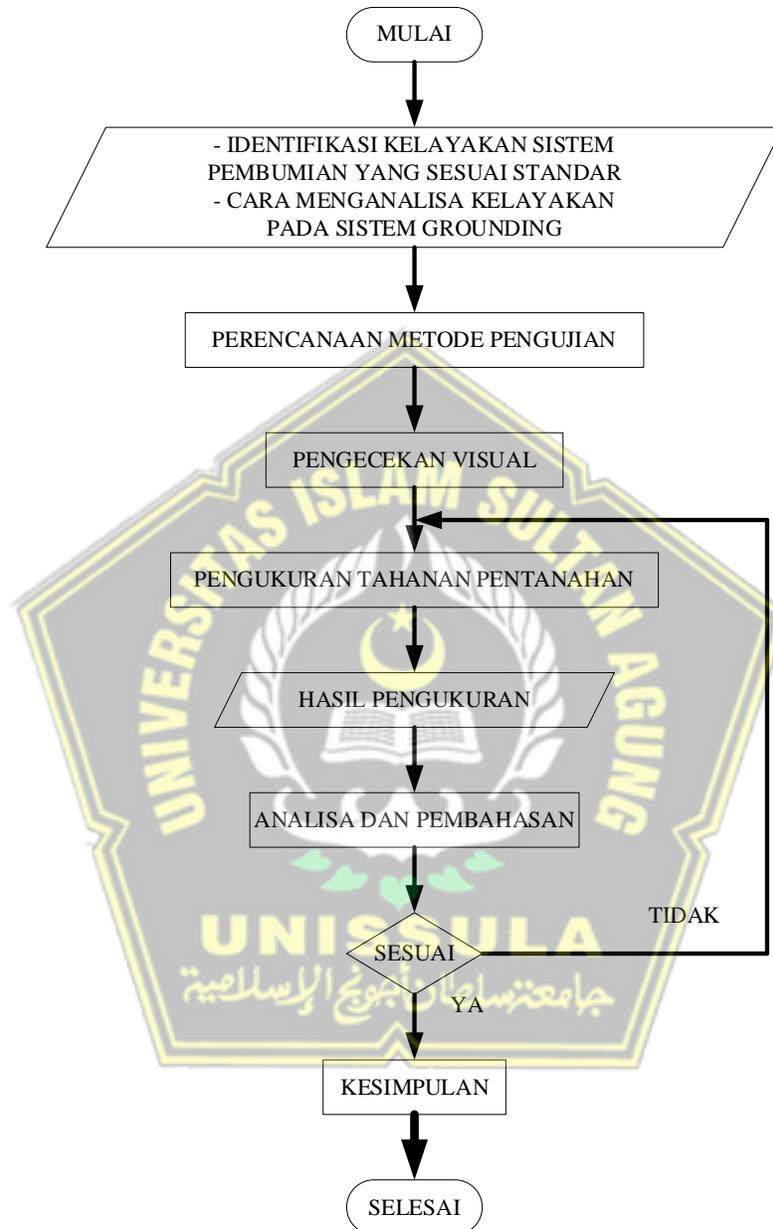
Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang didapatkan hasil pengukuran pentanahan pada proteksi petir sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Hasil Pengukuran Pentanahan

No	Gedung	Hasil Pengukuran	
		Pengukuran ke-1	Pengukuran ke-2
1	Gedung MCEB	0,02 Ω	0,06 Ω
2	Gedung D	0,05 Ω	0,12 Ω
3	Gedung B	0,03 Ω	0,07 Ω
4	Gedung A	-	-
5	Gedung C	-	-



3.5 Flowchart



Gambar 3. 3 Flowchart Penelitian

3.6 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Menentukan model penelitian dan terminasi udara.
2. Melakukan observasi untuk pengamatan dan mengumpulkan data terhadap objek pengamatan seperti denah rumah sakit, luas lahan, dan proteksi petir yang ada.
3. Melakukan pengukuran pentanahan menggunakan alat ukur *earth tester*. Dalam penggunaan alat ukur *earth tester* sendiri yaitu pertama-tama harus dilakukan kalibrasi pada alat *earth tester* setelah dikalibrasi tempatkan kabel konektor pada masing-masing tempat yaitu untuk kabel konektor warna hijau sambungkan ke *grounding* yang sudah terpasang sebelumnya, untuk kabel warna merah dan warna kuning sambungkan pada batang elektroda bantu yang sudah ditancapkan ke tanah dengan jarak 5-10 meter. Setelah itu cek *earth voltage* yaitu dengan cara mengarahkan selector ke *earth voltage* jika tegangan menunjukkan kurang dari 10 V bisa dilanjutkan untuk melakukan pengukuran dan jika tegangan menunjukkan lebih dari 10 V maka tidak bisa dilakukan untuk pengukuran dikarenakan dapat merusak alat tersebut, setelah melakukan pengecekan *earth voltage* bisa dimulai untuk pengukuran dengan cara mengarahkan selector ohm pada posisi 2000 Ω setelah itu turunkan ke 200 Ω , turunkan lagi ke 20 Ω dari range range tersebut akan menampilkan hasil pengukurannya, dan jangan lupa untuk menekan tombol *press to test* dan putar ke arah *lock*. Untuk titik-titik pengukurannya yaitu Gedung MCEB, Gedung D, dan Gedung B. Berikut untuk gambar alat ukur *earth tester* merk Kyoritsu – 4105A yang digunakan untuk melakukan pengukuran



Gambar 3. 4 Earth Tester Merk Kyoritsu-4105A

4. Menghitung radius proteksi petir Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang menggunakan persamaan (2.1)
5. Menentukan kebutuhan akan proteksi petir menggunakan standar PUIPP menggunakan persamaan (2.9). Mengacu pada PUIPP, seberapa besar kebutuhan bangunan akan sistem proteksi petir ditentukan melalui penjumlahan suatu indeks yang menjadi kondisi bangunan pada lokasi tertentu. Jika R atau perkiraan bahaya sambaran petir atas dasar PUIPP memiliki nilai lebih dari 14 maka diperlukan pengamanan proteksi petir dikarenakan memiliki bahaya sambaran petir yang sangat besar.
6. Menentukan kebutuhan akan proteksi petir menggunakan standar NFPA 780 menggunakan persamaan (2.10). Mengacu pada standar NFPA 780 yaitu dengan melakukan penjumlahan terhadap beberapa indeks yang mewakili kondisi lokasi bangunan, kemudian hasilnya dibagi dengan indeks yang mewakili tingkat isokeraunic di wilayah tersebut. Jika R atau perkiraan bahaya petir terukur berdasarkan NFPA 780 memiliki nilai lebih dari 7 maka

sangat diperlukan sistem proteksi petir dikarenakan memiliki perkiraan sambaran petir yang besar.

7. Menentukan kebutuhan proteksi petir Gedung berdasarkan IEC 1024-1-1 menggunakan persamaan (2.11) sampai (2.13). Mengacu pada Standar IEC 1024-1-1, tingkatan proteksi memadai yang dipilih bagi sebuah sistem proteksi petir yaitu sesuai dengan frekuensi sambaran petir tahunan wilayah itu yang sudah diijinkan dan frekuensi sambaran petir langsung setempat yang berdasar perkiraannya menuju struktur yang dilindungi. Setelah menentukan kebutuhan proteksi petir berdasarkan IEC 1024-1-1 dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (2.11) sampai (2.13) dapat digunakan untuk menghitung efisiensi untuk mencari sudut radius proteksi konvensional.
8. Menghitung efisiensi untuk mencari sudut radius proteksi konvensional dengan menggunakan persamaan (2.14).
9. Setelah mencari sudut radius proteksi konvensional, jika radius proteksi petir konvensional belum memback up seluruh bangunan gedung maka ditambahkan proteksi petir jenis elektrostatik.
10. Jika sudah maka melakukan analisa dari perhitungan, pengukuran dan mengambil kesimpulan dari hasil analisa.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Sistem Proteksi Petir Rumah Sakit Islam Sultan Agung

Rumah Sakit Islam Sultan Agung berlokasi di Jalan Raya Kaligawe KM.4 Semarang, Jawa Tengah. Rumah sakit ini memiliki 5 gedung dan juga 1 masjid. Untuk luas lahan rumah sakit sendiri seluas 29.900 meter². Berikut data peralatan proteksi petir yang ada di Rumah Sakit Islam Sultan Agung :

Tabel 4. 1 Data Peralatan Proteksi Petir Di Rumah Sakit Islam Sultan Agung

No	Gedung	Terminasi Udara	Bak Kontrol
1	Gedung MCEB	1 buah	Ada
2	Gedung D	1 buah	Ada
3	Gedung B	1 buah	Ada
4	Gedung A	-	-
5	Gedung C	-	-

4.2 Kondisi Fisik Sistem Pentanahan Pada Gedung Rumah Sakit

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, system pentanahan pada Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang terdapat konduktor penyalur ke bawah tanah dan bak kontrol. Penyalur kebawah tanah pada Gedung rumah sakit menggunakan kawat *Bare Copper Conductor* (BCC).



Gambar 4. 1 Konduktor penyalur kebawah Gedung B

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat kondisi konduktor di tanam pada tembok oleh karena itu untuk melakukan pengukuran dapat dilakukan melalui bak control yang terdapat pada Gedung B, seperti pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4. 2 Bak Kontrol Pada Gedung B



Gambar 4. 3 Konduktor Pada Gedung D

Dari gambar 4.3 dapat dilihat untuk kondisi konduktor yang terdapat pada area bak kontrol pada Gedung D terlihat baik. Dan bak kontrol sudah tertutup dengan paving.



Gambar 4. 4 Konduktor Pada Gedung MCEB

Dari gambar 4.4 dapat dilihat untuk kondisi konduktor yang terdapat pada area bak kontrol pada Gedung MCEB terlihat baik. Dan bak kontrol belum tertutup dengan baik dikarenakan tutup-tutup pada bak control sudah mulai copot.

4.3 Perhitungan Radius Proteksi Konvensional

Berdasarkan data Gedung di Rumah Sakit Islam Sultan Islam Sultan Agung Semarang diketahui Gedung B memiliki tinggi 18 meter dan terminasi udara 1 meter, Gedung D memiliki tinggi 18 meter dan terminasi udara 1 meter, dan Gedung MCEB memiliki tinggi 34 meter dan terminasi udara 1 meter. Radius proteksi dapat menggunakan persamaan (2.1).

Gedung B :

$$\begin{aligned} r &= h \cdot \tan \alpha \\ r &= 19 \cdot \tan 35^\circ \\ r &= 13,30 \text{ meter} \end{aligned}$$

Gedung D :

$$\begin{aligned} r &= h \cdot \tan \alpha \\ r &= 19 \cdot \tan 35^\circ \\ r &= 13,30 \text{ meter} \end{aligned}$$

Gedung MCEB :

$$\begin{aligned} r &= h \cdot \tan \alpha \\ r &= 35 \cdot \tan 35^\circ \\ r &= 24,50 \text{ meter} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan radius proteksi petir konvensional yang didapatkan dari sistem proteksi petir konvensional di Gedung Rumah sakit adalah Gedung B dan gedung D 13,30 meter, Gedung MCEB 24,50 meter. Untuk menetapkan kebutuhan bangunan terhadap proteksi petir dibutuhkan data Gedung Rumah sakit dan data hari guruh kota semarang tahun 2021. Maka dapat ditentukan seberapa besar kebutuhan bangunan terhadap proteksi petir, berikut upaya untuk menentukan kebutuhan proteksi petir :

4.3.1 Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)

Menentukan seberapa besar kebutuhan bangunan terhadap proteksi petir dapat menggunakan beberapa indeks terkait faktor-faktor berdasarkan PUIPP yang terdapat pada tabel 2.3 sampai tabel 2.8 dengan memperhatikan kondisi lokasi yang akan ditentukan tingkat resiko serta indeks-indeks (R) tersebut dijumlahkan dan didapatkan estimasi bahaya akan sambaran petir menggunakan persamaan (2.9).

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

Bertambahnya besar R 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 Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang adalah sebagai berikut :

1. Merujuk pada tabel 2.3, gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks A senilai 5 karena jenis bangunannya rumah sakit.
2. Merujuk pada tabel 2.4, gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks B senilai 1 karena bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam.
3. Merujuk pada tabel 2.5, gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks C senilai 5 karena tinggi bangunan kurang lebih 35 meter.
4. Merujuk pada tabel 2.6, gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks D senilai 0 karena berada di tanah datar pada semua ketinggian.
5. Berdasarkan data hari guruh kota Semarang tahun 2021 gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks E senilai 4 karena memiliki hari guruh sebanyak 57 kali.

Besarnya kebutuhan akan system proteksi petir ini berdasarkan nilai indeks-indeks PUIPP, maka nilai indeks R pada gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang adalah

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

$$R = 5 + 1 + 5 + 0 + 4$$

$$R = 15$$

Berdasarkan kebutuhan sistem proteksi petir tersebut menghasilkan $R = 15$ berdasarkan tabel 2.8 dengan nilai indeks tersebut menunjukkan kalau gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki perkiraan bahaya sambaran petir yang sangat besar. Maka dari itu sangat perlu untuk melakukan pengamanan terhadap sambaran petir.

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

Indeks-indeks yang menyatakan factor-faktor menurut (NFPA) 780 juga bisa dipergunakan dalam penentu besarnya kebutuhan bangunan terhadap perlindungan petir. Cara menentukan besarnya kebutuhan tersebut adalah menggunakan standar NFPA sama dengan standar PUIPP yaitu menjumlahkan indeks dari tabel 2.9 sampai tabel 2.13 dan dibagi indeks f dari tabel 2.14. Merujuk tabel 2.15 dengan memperhatikan kondisi dan keadaan tempat yang akan ditentukan tingkat risikonya serta menjumlahkan indeks-indeks (R) bisa didapatkan perkiraan bahaya akan sambaran petir seperti persamaan (2.10)

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

1. Merujuk pada tabel 2.9 gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks A sebesar 10 dikarenakan rumah sakit, penampungan para lansia, dan penyandang cacat.
2. Merujuk pada tabel 2.10 gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks B sebesar 3 dikarenakan atap berupa campuran aspal, genteng atau tera.
3. Merujuk pada tabel 2.11 gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks C sebesar 5 dikarenakan bangunan besar, melingkupi area lebih dari 929 m².
4. Merujuk pada tabel 2.12 gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks D sebesar 1 dikarenakan lokasi terdapat pada tanah datar.

5. Merujuk pada tabel 2.13 gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks E sebesar 9 dikarenakan terdapat banyak peralatan operasi yang *sensitive*.
6. Merujuk pada tabel 2.14 gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki indeks F sebesar 3 dikarenakan IKL (*Iso Kreaunic Level*) sebanyak 57.

Berdasarkan kebutuhan system proteksi petir merujuk pada nilai indeks-indeks NFPA 780, maka nilai indeks R pada gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang adalah

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

$$R = \frac{10+3+5+1+9}{3}$$

$$R = 9,33$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas besarnya kebutuhan akan sistem proteksi petir NFPA 780 R = 9,33 mengacu pada table 2.15 dengan nilai indeks tersebut menunjukkan bahwa gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang sangat memerlukan pengamanan sistem proteksi petir yang efektif dikarenakan memiliki perkiraan sambaran petir yang besar.

4.3.3 Berdasarkan Standar IEC 1024-1-1

Frekuensi sambaran petir rata-rata tahunan ke dalam tanah (Ng) pada Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang yang memiliki hari guruh 57 hari/tahun berdasarkan persamaan (2.11) adalah

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

$$Ng = 0,04 \times 57^{1,25}$$

$$Ng = 6,264 \text{ sambaran/ km}^2/thn$$

Area cakupan daerah proteksi (Ae) pada Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang memiliki lebar bangunan (b) = 137 m, Panjang bangunan (a) = 223 m, dan tinggi bangunan (h) = 34 m menggunakan persamaan (2.13)

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

$$Ae = (223 \times 137) + (6 \times 34)(223+137) + (9 \times 3,14 \times 34^2)$$

$$Ae = 30.551 + 73.440 + 32.668$$

$$Ae = 136.659 \text{ m}^2$$

Perhitungan frekuensi rata-rata sambaran petir setempat bisa menggunakan persamaan (2.12) adalah

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

$$Nd = 6,264 \times 136.659 \times 10^{-6}$$

$$Nd = 0,856/\text{tahun}$$

Menurut data stasiun klimatologi Semarang didapatkan frekuensi sambaran petir setempat (N_c) senilai $(10)^{-1}/\text{tahun}$ karena N_d bernilai melebihi N_c , maka nilai efisiensi yang dibutuhkan adalah

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

$$E \geq 1 - \frac{0,1}{0,856}$$

$$E \geq 0,88 = 88\%$$

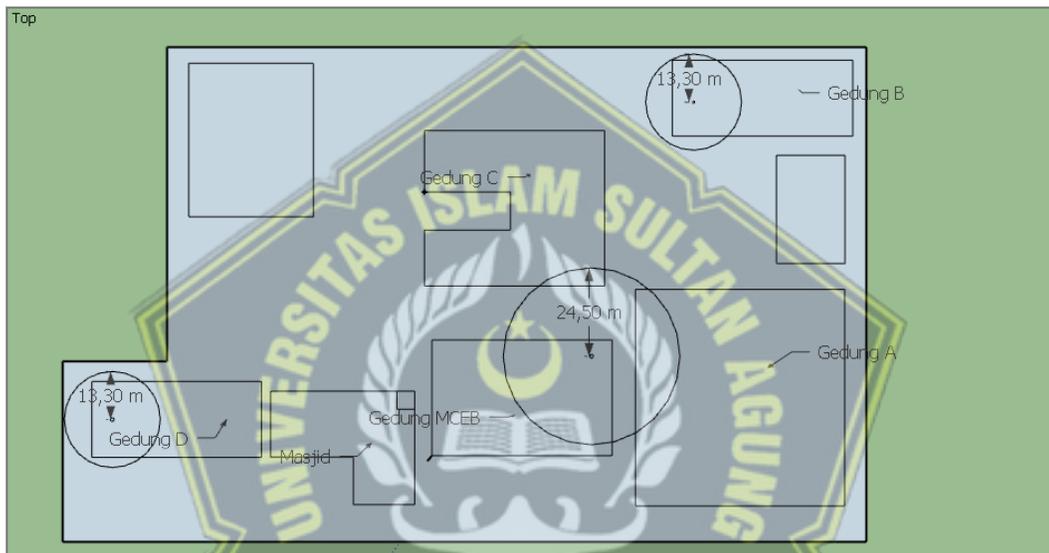
Karena nilai E sebesar 0,88 atau 88% maka berdasarkan tabel 2.16 dengan hasil kurang dari 90% atau $< 0,9$ yaitu berada pada tingkat proteksi III, Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung yang paling tinggi yaitu 34 meter, menurut tabel 2.1 termasuk dalam ketinggian 30 meter, maka dari itu untuk tingkat proteksi Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang adalah tingkat proteksi III dengan sudut proteksi 35°.

4.4 Hasil Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang

Berdasarkan pada perhitungan-perhitungan yang sudah dilakukan maka diperoleh nilai yang dapat digunakan dengan metode sudut proteksi. Sistem proteksi yang terpasang pada Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang adalah proteksi petir jenis konvensional. Dengan menggunakan sudut proteksi dan radius awal

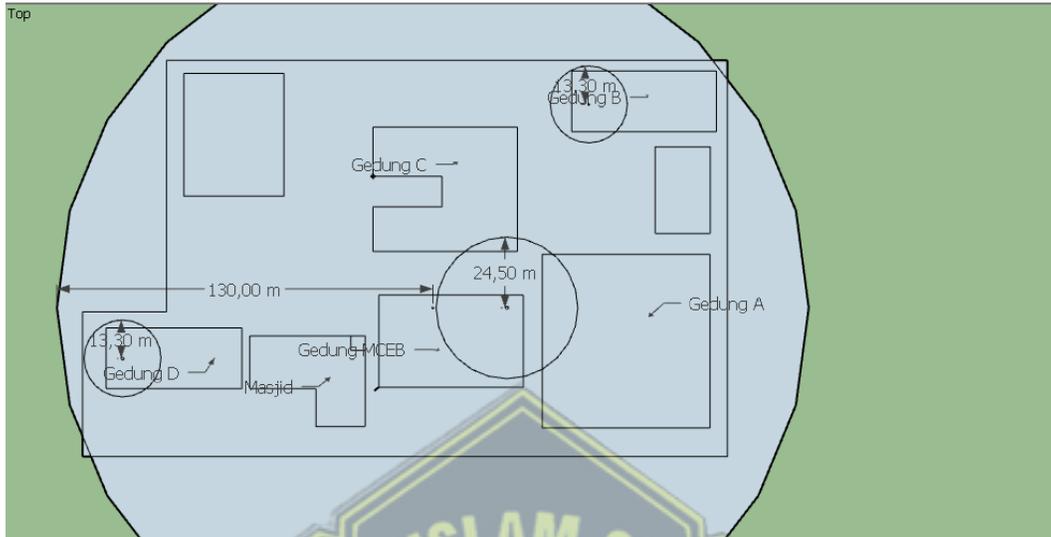
perencanaan proteksi petir eksternal pada Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang ditunjukkan pada gambar 4.5.

Merujuk pada gambar 4.5, bisa dilihat bahwa dengan menggunakan sudut proteksi petir 35° dengan Panjang terminasi 1 meter, Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang tampak dari atas belum sepenuhnya melindungi seluruh bangunan gedung dari sambaran petir.

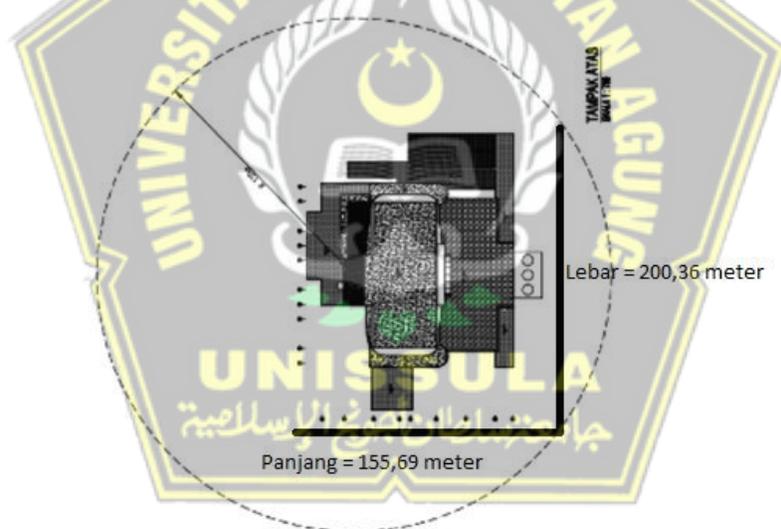


Gambar 4. 5 Radius Proteksi Petir Konvensional Pada Gedung RSI (Tampak Atas)

Berdasarkan hal diatas untuk mendapatkan perlindungan secara optimal dari penangkal petir yaitu dengan cara menambahkan proteksi petir tipe elektrostatis lengkap dengan penyalur kebawah dan juga pembumiannya karena proteksi petir jenis elektrostatis memiliki radius yang lebih luas.



Gambar 4. 6 Luas Radius Proteksi Petir Setelah Ditambahkan Elektrostatik



Gambar 4. 7 Denah Gedung RSI Setelah Ditambahkan Elektrostatik Tampak Atas

Hasil perbandingan sistem proteksi petir tipe elektrostatik pada Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang yang terletak diatas Gedung MCEB tampak dari atas ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Perbandingan Sistem Proteksi Petir Pada Rumah Sakit

No	Keadaan awal	Hasil Perbandingan
1	Hanya 3 gedung yang terdapat proteksi petir yang masing-masing gedung terdapat 1 terminal udara dengan panjang 1 meter	Dibutuhkan proteksi petir jenis elektrostatis karena memiliki jangkauan radius yang sangat luas dan mampu memproteksi seluruh gedung
2	Masih terdapat area sambaran petir pada gedung yang lain dikarenakan berada diluar radius proteksi petir jenis konvensional	Bangunan gedung yang berada diluar radius proteksi petir jenis konvensional telah terlindungi berdasarkan penempatan proteksi petir jenis elektrostatis yang diletakkan diatas gedung MCEB dengan radius 130 meter

4.5 Peralatan Proteksi Petir

1. Terminasi Udara

Penangkal petir ini dipasang di atas Gedung MCEB dengan ketinggian 34 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, dengan spesifikasi berat 2,7 kg dan radius 150 meter.



Gambar 4. 8 Terminasi Udara Elektrostatik Kurn R-150

2. Konduktor Kebawah

Komponen untuk menyalurkan dari terminasi udara menuju pembumian yaitu konduktor penyalur kebawah dengan menggunakan kawat *Bare Copper Conductor* (BCC) 70 mm. Konduktor ini terbuat dari full tembaga yang memiliki warna kuning keemasan. Kawat BCC dilapisi dengan pipa pvc $\frac{1}{2}$ inch untuk melindungi objek yang berada disekitar konduktor penyalur kebawah.

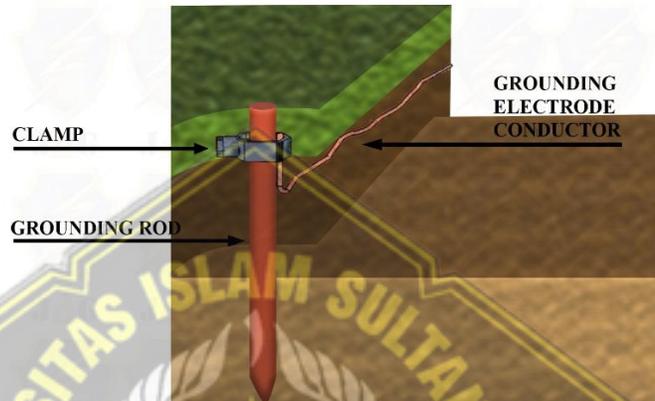


Gambar 4. 9 Konduktor BCC 70 mm

3. Grounding

Grounding adalah sebuah system 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. Dari hal tersebut maka *grounding* termasuk bagian yang sangat penting dari sistem proteksi petir maupun sistem tenaga listrik.



Gambar 4. 10 Grounding

4.6 RAB (Rancangan Anggaran Biaya) Proteksi Petir

Untuk RAB (Rancangan Anggaran Biaya) sendiri terdapat perbedaan harga pada RAB proteksi petir konvensional dengan RAB proteksi petir elektrostatik, bisa dilihat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4.

Tabel 4. 3 RAB (Rancangan Anggaran Biaya) Konvensional

No	Nama Barang	Jumlah	Harga	Total Harga
1	Penangkal petir konvensional	3 buah	455.000	1.365.000
2	Kabel konduktor BCC 70mm	50 meter	63.500	3.175.000
3	Pipa PVC 1/2 inch x 1 meter	50 meter	12.000	600.000
4	Pipa galvanis 2 inch x 6 meter 1.6mm	6 meter	252.000	1.512.000
5	Klem kuku macan 5/8 inch	6 buah	25.000	150.000
6	Klem cincin 5/8 inch	6 buah	15.000	90.000
7	Skun kabel 50mm	6 buah	10.000	60.000

8	Bonded rod $\frac{5}{8}$ inch x 3 meter	2 buah	137.500	275.000
9	Bak control PVC dan busbar tembaga	1 buah	800.000	800.000
10	Kawat 2.5mm 50 meter	1 buah	85.000	85.000
11	Coupler kuningan $\frac{1}{4}$ inch	4 buah	10.000	40.000
12	Klem pipa gantung 2 inch	4 buah	10.000	40.000
	Total			8.192.000

Tabel 4. 4 RAB (Rancangan Anggaran Biaya) Elektrostatik

No	Nama Barang	Jumlah	Harga	Total Harga
1	Elektrostatik Merk Kurn R-150	1 buah	3.750.000	3.750.000
2	Kabel konduktor BCC 70mm	50 meter	63.500	3.175.000
3	Pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch x 1 meter	50 meter	12.000	600.000
4	Pipa galvanis 2 inch x 6 meter 1.6mm	6 meter	252.000	1.512.000
5	Klem kuku macan $\frac{5}{8}$ inch	6 buah	25.000	150.000
6	Klem cincin $\frac{5}{8}$ inch	6 buah	15.000	90.000
7	Skun kabel 50mm	6 buah	10.000	60.000
8	Bonded rod $\frac{5}{8}$ inch x 3 meter	2 buah	137.500	275.000
9	Bak control PVC dan busbar tembaga	1 buah	800.000	800.000
10	Kawat 2.5mm 50 meter	1 buah	85.000	85.000
11	Coupler kuningan $\frac{1}{4}$ inch	4 buah	10.000	40.000
12	Klem pipa gantung 2 inch	4 buah	10.000	40.000
	Total			10.577.000

4.7 Perbandingan Konvensional dengan Elektrostatis

Penangkal petir sendiri berfungsi sebagai alat untuk menyalurkan sambaran petir ke dalam tanah agar menjadi netral. Jenis penangkal petir sendiri sangat beragam, dua diantaranya adalah penangkal petir jenis konvensional dan elektrostatis. Berikut dibawah ini perbedaan penangkal petir jenis konvensional dengan elektrostatis.

Tabel 4. 5 Perbandingan Konvensional dengan Elektrostatis

No	Perincian	Perbedaan	
		Konvensional	Elektrostatis
1	Radius area perlindungan	Penangkal petir konvensional memiliki area perlindungan yang relatif lebih kecil	Jangkauan perlindungan proteksi petir elektrostatis lebih luas dengan radius sekitar 30-150 meter
2	Sifat terhadap sambaran petir	Penangkal petir konvensional bersifat pasif terhadap sambaran petir. Penangkal petir konvensional hanya menunggu petir menyambarnya	Penangkal petir elektrostatis bersifat aktif terhadap sambaran petir, ia menarik ion negative dari awan, memungkinkan petir menyambar tepat di ujung terminal petir elektrostatis
3	Bentuk dan nilai estetika	Penangkal petir konvensional biasanya membutuhkan	Sementara penangkal petir elektrostatis lebih ringkas, cukup dengan pasang satu titik

		banyak kabel Ketika lebih dari satu tombak Splitzen 1 dipasang ke tombak Splitzen berikutnya dalam sistem paralel	penangkal petir elektrostatik dengan radius yang disesuaikan dengan area yang akan diproteksi
--	--	---	---

4.8 Hasil Kajian Pembahasan

Dari hasil pembahasan yang sudah dibuat, didapatkan bahwa untuk kondisi fisik pada bak kontrol, terminasi udara, dan konduktor penyalur kebawah sudah cukup bagus. Tetapi masih ada beberapa bak kontrol yang tidak tertutup dengan baik. Untuk radius proteksi petir pada rumah sakit islam sultan agung semarang yang masih menggunakan proteksi petir jenis konvensional dapat di lihat pada gambar 4.5 dari gambar tersebut bisa dilihat bahwa untuk radius proteksi petir pada rumah sakit islam sultan agung semarang belum seluruhnya memproteksi seluruh bangunan Gedung. Maka dari itu direncanakan untuk menambahkan proteksi petir jenis elektrostatik yang memiliki jangkauan radius yang sangat luas dan mampu memproteksi seluruh gedung. Bisa dilihat pada gambar 4.6 yang sudah ditambahkan proteksi petir jenis elektrostatik yang dipasang diatas Gedung MCEB dengan radius 130 meter sudah mampu memproteksi seluruh bangunan gedung.

Berikut ini gambar-gambar untuk peralatan proteksi petir jenis elektrostatis :

1. Elektrostatis Merk Kurn R-150



Gambar 4. 11 Elektrostatis Merk Kurn R-150

2. Kabel konduktor BCC 70mm



Gambar 4. 12 Konduktor BCC 70 mm

3. Pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch



Gambar 4. 13 Pipa PVC 1/2 inch

4. Pipa galvanis 2 inch



Gambar 4. 14 Pipa Galvanis 2 inch

5. Klem kuku macan $\frac{5}{8}$ inch



Gambar 4. 15 Klem kuku macan $\frac{5}{8}$ inch

6. Klem cincin $\frac{5}{8}$ inch



Gambar 4. 16 Klem cincin $\frac{5}{8}$ inch

7. Skun Kabel 50mm



Gambar 4. 17 Skun Kabel 50mm

8. Bonded Rod $\frac{5}{8}$ inch



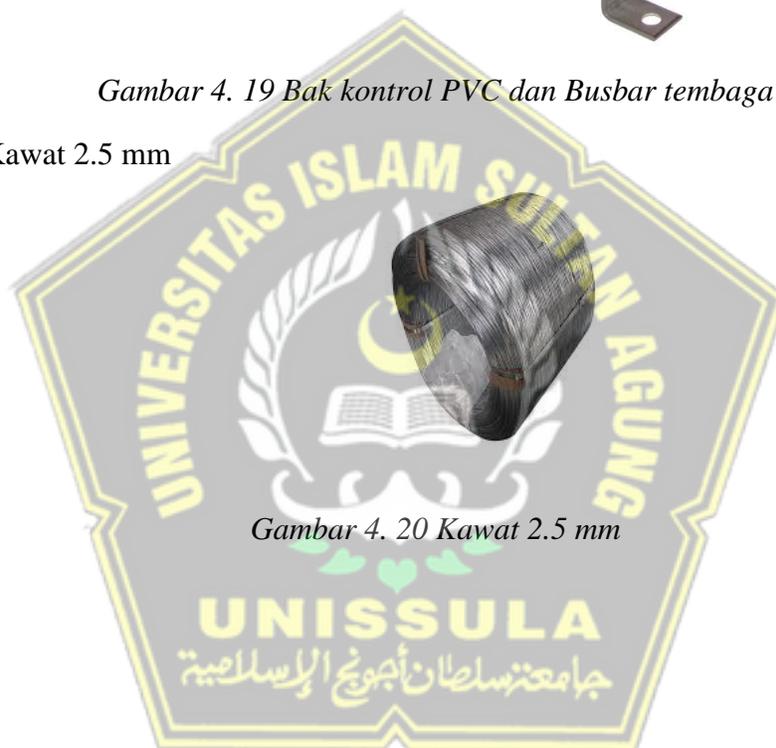
Gambar 4. 18 Bonded Rod $\frac{5}{8}$ inch

9. Bak kontrol PVC dan Busbar tembaga



Gambar 4. 19 Bak kontrol PVC dan Busbar tembaga

10. Kawat 2.5 mm



Gambar 4. 20 Kawat 2.5 mm

11. Coupler kuningan 1/4 inch



Gambar 4. 21 Coupler kuningan 1/4 inch

12. Klem pipa gantung 2 inch



Gambar 4. 22 Klem Pipa Gantung 2 inch

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Perencanaan Sistem Proteksi Petir Tipe Elektrostatis di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang maka didapatkan kesimpulan, yaitu :

1. Didapatkan bahwa kondisi fisik penangkal petir jenis konvensional pada rumah sakit tergolong belum layak karena masih ada beberapa bak kontrol yang terbuka dan juga kabel-kabel tembaga sudah mulai korosi.
2. Didapatkan bahwa untuk kondisi penangkal petir jenis konvensional pada rumah sakit hanya terdapat pada 3 gedung yaitu Gedung MCEB, Gedung B, Gedung D dan belum sepenuhnya bisa mengcover area 3 gedung tersebut.
3. Dengan cara merancang penangkal petir jenis elektrostatis yang diaplikasikan di atas atap Gedung MCEB dikarenakan Gedung MCEB Gedung paling tinggi, maka dari itu bisa mengcover seluruh area Gedung yang ada di rumah sakit.

5.2 Saran

1. Untuk saran dari penulis untuk Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang yaitu untuk menambahkan proteksi petir sesuai dengan hasil penelitian tersebut agar Gedung-gedung yang ada di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang tetap terlindungi dari sambaran petir.
2. Kemudian untuk sistem pentanahan pada proteksi ini agar lebih efisien maka dilakukan penggabungan konduktor dari elektrostatis ke konduktor proteksi konvensional yang ada di atap gedung MCEB karena grounding konvensional pada MCEB sudah bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Aditya, "Analisa Sistem Pentahanan Pada Gedung Dirjen Pajak," *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 5, no. 3, pp. 92–99, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/463>
- [2] M. Roem and A. Laga, "Jurnal Harpodon Borneo Vol.10. No.2. Oktober. 2017 ISSN : 2087-121X," vol. 10, no. 2, pp. 45–53, 2017.
- [3] M. Septian, "Desain Sistem Proteksi Petir Internal Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," 2014.
- [4] R. Rohani, "Evaluasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Di Gedung Rektorat Universitas Negeri Yogyakarta," *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 187–195, 2017, doi: 10.21831/jee.v1i2.17423.
- [5] M. (Maradongan) ' and F. '. (Fri) Murdiya, "Desain dan Analisa Sistem Proteksi Petir pada Rumah Sakit Universitas Riau," *J. Online Mhs. Fak. Tek. Univ. Riau*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2017, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/186858/>
- [6] L. Aditya, "Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 6 No.1 Oktober 2017," vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2017.
- [7] J. Ginting, "Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Pabrik PT Pupuk Sriwijaya," *ITS Repos.*, pp. 1–94, 2012.
- [8] N. Naibaho and A. I. Sofiyan, "Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Tipe Elektrostatis di PT. Pamapersada Nusantara Distrik CCOS Cileungsi-Bogor," *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11)*, 951–952., vol. 9, no. 3, pp. 10–27, 2018.
- [9] Emmy Hosea, Edy Iskanto, and Harnyatris M. Luden, "Penerapan Metode Jala Sudut Proteksi dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal yang Diaplikasikan pada Gedung W Universitas Kristen Petra," *J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2004, [Online]. Available: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/elk/article/view/15880>
- [10] Anon, *Ieee Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.*, vol. 2007. 1974.