

**EVALUASI SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL
PADA GEDUNG PERKULIAHAN
(Studi Pada Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B)**



ABDUL HAFIZH AL FARISI

5115122574

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

ABSTRAK

ABDUL HAFIZH AL FARISI, EVALUASI SISTEM PENANGKAL PETIR PADA GEDUNG PERKULIAHAN (Studi pada Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B). Dosen Pembimbing : Ir. Drs. Parjiman, MT. dan Drs. Daryanto, MT.

Sistem penangkal petir secara umum dipasang dengan maksud mencegah, menghindari, dan mengurangi bahaya yang ditimbulkan oleh kejadian sambaran petir. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kesesuaian sistem penangkal petir yang ada di Universitas Negeri Jakarta kampus A sektor B dengan PUIPP dan SNI 03-7015-2004 dengan melihat pentingnya sistem instalasi penangkal petir.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi komponen utama instalasi sistem penangkal petir, mengukur tahanan pentanahan, dan melakukan uji konektivitas apabila penyalur turun tidak terlihat untuk mengetahui kualitas instalasi sistem penangkal petir. Peneliti harus mengetahui data gambar, data aktual, data analisis, dan data standard sesuai dengan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) tahun 1983.

Berdasarkan hasil penelitian, hanya 3 gedung dari 13 gedung yang ada di Universitas Negeri Jakarta kampus A sektor B yang memiliki sistem instalasi penangkal petir. Dari 3 gedung tersebut, 1 gedung tersambar petir pada tahun 2014 dan bak kontrol sudah tertutup dengan tanah sehingga tidak dapat mengukur pentanahan dan uji konektivitas. Dapat disimpulkan bahwa, hanya 2 gedung dari 13 gedung sudah memenuhi standar PUIPP dan SNI 03-7015-2004. Gedung yang memiliki sistem instalasi penangkal petir tidak cukup mampu melindungi seluruh bangunan yang ada di Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B.

Kata Kunci : Sistem Instalasi Penangkal Petir, Gedung Perkuliahan, Standar PUIPP 1983, SNI 03-7015-2004

ABSTRACT

ABDUL HAFIZH AL FARISI, EVALUATION OF LIGHTNING PROTECTION SYSTEM IN BUILDING COURSE (Studies on State University of Jakarta Campus A Sector B). Preceptor : Ir. Drs. Parjiman, MT. dan Drs. Daryanto, MT.

Lightning protection system is generally installed with the intent to prevent, avoid, and mitigate the dangers posed by the occurrence of lightning strikes. This research purpose to determine the suitability of the existing lightning protection system at State University of Jakarta campus A sector B with PUIPP and SNI 03-7015-2004 to see the importance of the installation of lightning protection system.

Research was conducted by using descriptive method. The data collection is done by observation main components installation of lightning protection system, grounding detention measure, and test the connectivity down if the dealer does not look to determine the quality of the installation of lightning protection system. Researchers to find out the image data, actual data, the data analysis, and data standards in accordance with the General Rules of Installation Lightning (PUIPP) in 1983.

Based on the research, only three buildings of thirteen buildings in State University of Jakarta campus A sector B which has installation of lightning protection system. Of the three buildings, one building was struck by lightning in 2014 and tub control is covered with soil so it can not measure the grounding and test connectivity. It can be concluded that, only two buildings of thirteen buildings already meet the standards PUIPP and SNI 03-7015-2004. Building has a installation of lightning protection system is not sufficiently able to protect all existing buildings at the Jakarta State University Campus A Sector B.



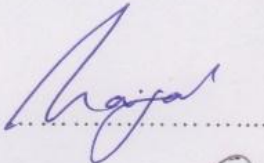
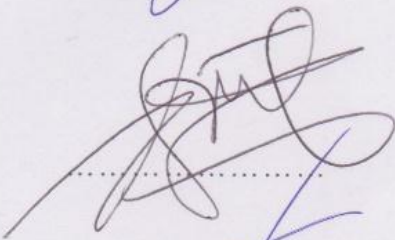

Keywords : Installation of Lightning Protection System, Building Course, Standard PUIPP 1983, SNI 03-7015-2004

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL PADA GEDUNG
PERKULIAHAN (STUDI PADA UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
KAMPUS A SEKTOR B)

ABDUL HAFIZH AL FARISI / 5115122574

PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Dr. Soeprijanto, M.Pd (Ketua Penguji)		13/2-2017
Massus Subekti, MT (Sekretaris)		10-02-2017
Nur Hanifah Yuninda, MT (Dosen Ahli)		20/2-2017
Drs. Ir. Parjiman, MT (Pembimbing 1)		20-2-2017
Drs. Daryanto, MT (Pembimbing 2)		17/2-2017

Tanggal Lulus : 27 Januari 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2017

Yang membuat pernyataan



Abdul Hafizh Al Farisi

5115122574

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur peneliti panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian yang berjudul **“Evaluasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Pada Gedung Perkuliahan (Studi Pada Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B)”** ini dapat diselesaikan sesuai yang direncanakan.

Peneliti secara pribadi mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak-pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini. Diantaranya:

1. Masus Subekti, S.Pd., MT. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan persetujuan kepada peneliti untuk melakukan penelitian sehingga proses penyusunan skripsi bisa berjalan lancar.
2. Ir. Drs. Parjiman, MT. selaku dosen pembimbing I dan Drs. Daryanto, MT. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, dan pikiran dalam mengarahkan dan membimbing peneliti dalam penyusunan skripsi ini.
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan berbagai ilmu kepada peneliti dan membantu peneliti dalam proses administrasi selama mengikuti pendidikan.

4. Arlyta Dwi Anggraini, S.Pd yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga dalam mengarahkan, memotivasi dan membantu peneliti disetiap kesulitan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Orang tua, kakak dan adik peneliti yang telah memotivasi penuh peneliti dan membantu baik dukungan moril maupun materil.
6. Bpk. Mahaputra, Bpk. Ari, Bpk. Sugi, Bpk. Hari, dan pegawai Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan izin kepada peneliti untuk melakukan penelitian dan memberikan data serta informasi yang diperlukan, dan telah menerima kehadiran peneliti dengan keramahan.
7. Teman-teman RETRO '12, Teman-teman se-bimbingan skripsi yang telah membantu dalam memotivasi serta menyemangati peneliti untuk membantu penyusunan skripsi.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan pihak yang telah membantu. Peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi. Oleh karena itu peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi sempurnanya skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi peneliti dan pengembangan selanjutnya.

Jakarta, Januari 2017

Abdul Hafizh Al Farisi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Perumusan Masalah	5
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Kegunaan Penelitian.....	5
 BAB II KAJIAN TEORETIK DAN KERANGKA BERFIKIR	
2.1. Kerangka Teoretik.....	7
2.1.1. Hakikat Evaluasi	7
2.1.2. Petir	7
2.1.2.1. Proses Pembentukan Awan Petir	9
2.1.2.2. Mekanisme Sambaran Petir	12
2.1.2.3. Jenis Sambaran Petir	13
2.1.2.4. Efek Sambaran Petir	14
2.1.2.5. Bahaya Akibat Sambaran Petir	16
2.1.2.6. Frekuensi Sambaran Petir	18
2.1.3. Taksiran Resiko.....	19
2.1.4. Instalasi Penangkal Petir	25
2.1.4.1. Bagian Utama Instalasi Penangkal Petir	26
2.1.4.2. Jenis-jenis Penangkal Petir	38
2.1.4.3. Menentukan Zona Perlindungan	42
2.1.5. Instalasi Penangkal Petir Menurut PUIPP	46

2.1.5.1.	Persyaratan Umum Teknis Instalasi Penangkal Petir	47
2.1.5.2.	Persyaratan Teknis Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir	48
2.1.5.3.	Persyaratan Teknis Penyalur Turun Instalasi Penangkal Petir	48
2.1.5.4.	Persyaratan Teknis Pentanahan Instalasi Penangkal Petir	50
2.1.6.	Persyaratan Dimensi Minimum	51
2.1.7.	Definisi Operasional.....	52
2.2.	Kerangka Berfikir.....	52

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Tempat, Waktu dan Subjek Penelitian	54
3.2.	Metode dan Rancangan Penelitian	54
3.3.	Populasi dan Sampel	55
3.3.1.	Populasi	55
3.3.2.	Sampel	55
3.4.	Instrumen Penelitian.....	55
3.4.1.	AutoCAD	56
3.4.2.	Microsoft Excel	56
3.4.3.	Google Sketch Up	57
3.4.4.	Earth Tester	57
3.4.5.	Multimeter	59
3.4.6.	Pertanyaan / Wawancara	60
3.4.7.	Form Observasi	61
3.5.	Teknik Pengumpulan Data	62
3.6.	Teknik Analisis Data	63

BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1.	Hasil Penelitian	76
4.1.1.	Data Hasil Penelitian.....	76
4.1.2.	Data Gambar Instalasi Sistem Penangkal Petir Sektor B	80
4.1.2.1.	Gambar Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat	80
4.1.2.2.	Gambar Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	81
4.1.2.3.	Gambar Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	84
4.1.3.	Dokumentasi Hasil Penelitian	86
4.1.3.1.	Dokumentasi Hasil Penelitian Gedung Rektorat	86
4.1.3.2.	Dokumentasi Hasil Penelitian Gedung Raden Adjeng Kartini	90
4.1.3.3.	Dokumentasi Hasil Penelitian Gedung Raden Dewi Sartika	93
4.2.	Pembahasan.....	96
4.2.1.	Pentingnya Sistem Penangkal Petir Bahan Pengajaran SMK	

dan D3	96
4.2.2. Pembahasan Hasil Evaluasi Sistem Penangkal Petir UNJ Sektor B	96
4.2.1.1. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat	96
4.2.1.2. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	100
4.2.1.3. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	104
4.2.1.4. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung B	107
4.2.1.5. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung C	108
4.2.1.6. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung CD	109
4.2.1.7. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung D	110
4.2.1.8. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Lembaga Pengabdian Masyarakat (LPM)	111
4.2.1.9. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung P	111
4.2.1.10. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Q	112
4.2.1.11. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung R	113
4.2.1.12. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung R Studio Tari	114
4.2.1.13. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung S	114
4.2.3. Pembahasan Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir UNJ Sektor B	115
4.2.2.1. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat	116
4.2.2.2. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Raden Adjeng Kartini	117
4.2.2.3. Perhitungan Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini dengan Metode Bola Bergulir	119
4.2.2.4. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	121
4.2.2.5. Perhitungan Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika dengan Metode Bola Bergulir	123
4.2.2.6. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Sektor B	125
4.2.2.7. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Kampus A UNJ	128

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	130
5.2. Saran	131

DAFTAR PUSTAKA	132
-----------------------------	------------

LAMPIRAN LAMPIRAN	133
--------------------------------	------------

DAFTAR RIWAYAT	207
-----------------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Indeks A PUIPP Bahaya Berdasarkan Penggunaan dan Isi Bangunan	20
2.2. Indeks B PUIPP Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan	21
2.3. Indeks C PUIPP Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan	21
2.4. Indeks D PUIPP Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan	22
2.5. Indeks E PUIPP Bahaya Berdasarkan Hari Guruh	22
2.6. Indeks R PUIPP Perkiraan Bahaya Sambaran Petir	22
2.7. Efisiensi Sistem Penangkal Petir Sehubungan Dengan Tingkat Proteksi	23
2.8. Kaitan Parameter Arus Petir Dengan Tingkat Proteksi	24
2.9. Penempatan Terminasi Udara Sesuai Dengan Tingkat Proteksi	24
2.10. Dimensi Minimum Bahan Untuk Terminasi Udara	27
2.11. Dimensi Minimum Bahan Untuk Penyalur Turun	32
2.12. Nilai Resistansi Jenis Tanah	33
2.13. Dimensi Minimum Bahan Untuk Elektroda Pentanahan	34
3.1. Taksiran Resiko Menurut PUIPP	64
3.2. Taksiran Resiko Menurut SNI 03-7015-2004	64
3.3. Spesifikasi Sistem Penangkal Petir	64
3.4. Instalasi Penangkal Petir	64
3.5. Tahanan Pentanahan	64
3.6. Hasil Uji Konektivitas	65
3.7. Perhitungan	69
3.8. Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Umum Teknis Instalasi Penangkal Petir	70
3.9. Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir	70
3.10. Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Penyalur Turun Instalasi Penangkal Petir	71

3.11.	Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Pentanahan Instalasi Penangkal Petir	73
3.12.	Dimensi Minimum Untuk Bahan Sistem Penangkal Petir	74
4.1.	Dimensi Gedung UNJ Kampus A Sektor B	76
4.2.	Spesifikasi Penangkal Petir Gedung UNJ Kampus A Sektor B	77
4.3.	Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung UNJ Kampus A Sektor B ..	77
4.4.	Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan Sistem Penangkal Petir Gedung UNJ Kampus A Sektor B	78
4.5.	Hasil Uji Konektifitas Penangkal Petir Gedung UNJ Kampus A Sektor B	78
4.6.	Taksiran Resiko Gedung UNJ Kampus A Sektor B Menurut PUIPP..	79
4.7.	Taksiran Resiko Gedung UNJ Kampus A Sektor B Menurut SNI 03-705-2004	79
4.8.	Evaluasi Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat	96
4.9.	Evaluasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	100
4.10.	Evaluasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.14. Denah UNJ Kampus A Yang Telah Dibatasi Berdasarkan Sektor	3
2.1. Fenomena Petir	8
2.2. Proses Terjadinya Petir (Edward A. Keller, 2006:208)	12
2.3. Posisi Terminasi Udara	24
2.4. Instalasi Penangkal Petir Sederhana	26
2.5. Bentuk Atap Bangunan Datar	28
2.6. Bentuk Atap Bangunan Lancip	30
2.7. Cara Penanaman Elektroda Batang	37
2.8. Penanaman Elektroda Plat	38
2.9. Cara Penanaman Elektroda Pita	38
2.10. Sistem Tongkat Franklin	39
2.11. Sistem Sangkar Faraday	40
2.12. Penangkal Petir Radioaktif	41
2.13. Merk Penangkal Petir Radioaktif	42
2.14. Sistem Proteksi Kerucut	42
2.15. Zona Perlindungan Menggunakan Metode Bola Bergulir	44
3.1. Logo AutoCAD 2007	56
3.2. Logo Microsoft Excel 2007	57
3.3. Earth Tester Model 4105A	57
3.4. Cara Kerja Earth Tester Model 4105A	58
3.5. Cara Penggunaan Earth Tester Model 4105A	59
3.6. Multimeter Ewig YX-360TRe	60
4.1. Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat Tampak Depan Bangunan	81
4.2. Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	82
4.3. Detail Air Terminal Gedung Raden Adjeng Kartini	83
4.4. Detail Bak Kontrol Pentanahan Gedung Raden Adjeng Kartini	83

4.5.	Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	85
4.6.	Detail Air Terminal Gedung Raden Dewi Sartika	85
4.7.	Detail Perencanaan Bak Kontrol Pentanahan Petir Gedung Raden Dewi Sartika	86
4.8.	Splitzen Penangkal Petir Gedung Rektorat	87
4.9.	Tampak Samping Splitzen Gedung Rektorat	87
4.10.	Batang Splitzen Gedung Rektorat	88
4.11.	Kabel Penghantar Sistem Instalasi Penangkal Petir Gedung Rektorat	88
4.12.	Kuku Macan Kabel Konduktor Penangkal Petir Gedung Rektorat	89
4.13.	Klem Kabel Konduktor Penangkal Petir Gedung Rektorat	89
4.14.	Terminal Pentanahan Penangkal Petir Gedung Rektorat	90
4.15.	Terminal Udara Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	91
4.16.	Tiang Penyangga Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	91
4.17.	Kabel Penghantar Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	92
4.18.	Bak Kontrol Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	92
4.19.	Klem/kuku macan Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini ...	93
4.20.	Terminasi Udara Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	94
4.21.	Tiang Penyangga Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	94
4.22.	Kabel penghantar Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	95
4.23.	Bak Gounding Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika yang Tertutup Tanah	95
4.24.	Gedung B Tampak Atas	107
4.25.	Tampak Atas Gedung C	108
4.26.	Tampak Atas Gedung CD	109
4.27.	Tampak Atas Gedung D	110
4.28.	Tampak Atas Gedung Lembaga Pengabdian Masyarakat	110
4.29.	Tampak Atas Gedung P	111
4.30.	Tampak Atas Gedung Q	112
4.31.	Tampak Atas Gedung R	113
4.32.	Tampak Atas Gedung R Studio Tari	113
4.33.	Tampak Atas Gedung S	114

4.34.	Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Rektorat	116
4.35.	Tampak Atas Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	117
4.36.	Tampak Depan Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	117
4.37.	Tampak Depan Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini	118
4.38.	Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini dengan Metode Bola Bergulir Tampak Samping	119
4.39.	Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini dengan Metode Bola Bergulir Tampak Atas	120
4.40.	Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika ..	121
4.41.	Tampak Depan Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	122
4.42.	Tampak Atas Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika	122
4.43.	Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika dengan Metode Bola Bergulir Tampak Samping	123
4.44.	Gambar Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika dengan Metode Bola Bergulir	124
4.45.	Radius Perlindungan Penangkal Petir Sektor B	124
4.46.	Radius Perlindungan Penangkal Petir Berdasarkan Spesifikasi Sektor B Tampak Atas	125
4.47.	Keadaan Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Sektor B dengan Metode Bola Bergulir	126
4.48.	Radius Perhitungan Penangkal Petir Kampus A Sektor B Apabila Aktif Semua	127
4.49.	Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Sektor B dengan Metode Bola Bergulir	127
4.50.	Kondisi sekarang Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Kampus A dengan Metode Bola Bergulir	128

4.51. Kondisi apabila diperbaiki Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Kampus A dengan Metode Bola Bergulir	129
---	-----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan, Dokumentasi, dan Pemeriksaan Gedung	133
Lampiran 2	Form Wawancara	171
Lampiran 3	Denah dan Data Spesifikasi Gedung	177
Lampiran 4	Gambar Radius Perlindungan Spesifikasi Kampus A UNJ	198
Lampiran 5	Gambar Radius Perlindungan Aktual Kampus A UNJ	199
Lampiran 6	Gambar Radius Perlindungan Perencanaan Kampus A UNJ ...	200
Lampiran 7	Surat Penelitian	201
Lampiran 8	Surat Data IKL BMKG	203

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Petir yang menginjeksi mencapai 2.000A, 20.000A, bahkan hingga tak terhingga. Efek yang timbul berupa efek thermis, listrik dan mekanis. Sistem instalasi penangkal petir secara umum dipasang dengan maksud mencegah, menghindari, dan mengurangi bahaya yang ditimbulkan oleh kejadian sambaran petir. Sehingga bentuk dari perlindungan tersebut menjadi bagian yang penting untuk terus dievaluasi agar sistem ini memberi jaminan kerja yang baik. Terlebih bagi bangunan dan gedung-gedung yang diperuntukkan untuk kepentingan umum. Seperti gedung perkuliahan, gedung perkantoran, pusat pembelajaran, apartemen, maupun bangunan lainnya.

Di Sekolah Menengah Kejuruan pada jurusan listrik tidak ada mata pelajaran khusus yang mempelajari sistem penangkal petir, sehingga lulusan Sekolah Menengah Kejuruan kurang handal dalam bidang sistem penangkal petir. Menurut pengamatan dalam dunia kerja di bidang sistem penangkal petir, tenaga atau teknisi belum ada sertifikat khusus yang diakui hanya dari pengalaman dan pembelajaran dari teknisi senior.

Universitas Negeri Jakarta kampus A sebagai tempat perkuliahan dan pusat pembelajaran membutuhkan jaminan keandalan sistem penangkal petir yang baik agar kegiatan pembelajaran berjalan sesuai yang diharapkan, tidak mengganggu kegiatan yang dilakukan masyarakat di sekitar, dan agar petir tidak dapat merusak

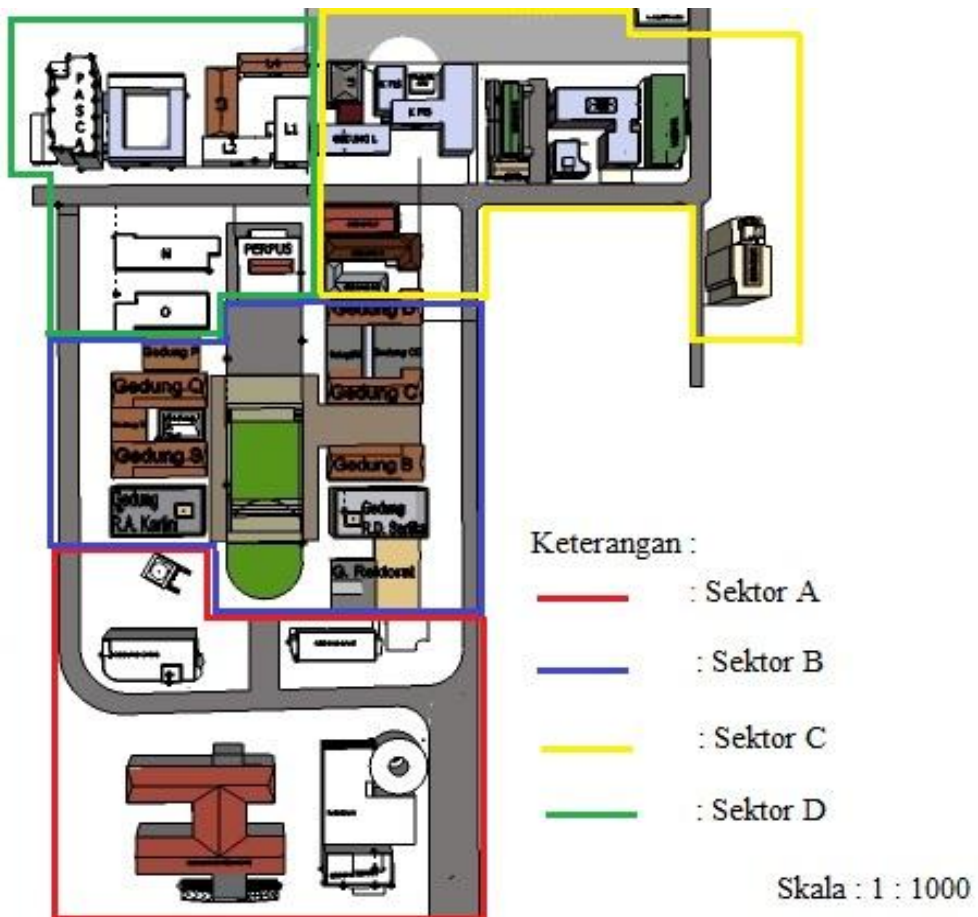
ataupun memakan korban jiwa. Seperti yang telah diatur menurut Undang-Undang No 28 Tahun 2002, setiap bangunan gedung wajib memenuhi persyaratan teknis bangunan gedung yang salah satunya adalah melindungi keselamatan semua bagian bangunan gedung, termasuk manusia di dalamnya terhadap bahaya sambaran petir.

Universitas Negeri Jakarta kampus A termasuk dalam kategori tempat kerja yang mengharuskannya menjamin keselamatan kerja bagi setiap orang yang berada di kawasan tempat kerja (Undang-Undang No.1 Tahun 1970). Keselamatan kerja ini termasuk bahaya akan sambaran petir yang pengawasannya diatur oleh peraturan menteri tenaga kerja Republik Indonesia PER.02/MEN/1989. Dalam peraturan ini telah mencangkup keseluruhan isi dari PUIPP (Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir) Tahun 1983 yang berlaku hingga saat ini.

Di luar dari peraturan-peraturan tersebut terdapat pula Standar Nasional Indonesia No.03-7015-2004 tentang sistem penangkal petir, namun pada SNI ini tidaklah terfokus pada pengawasan instalasi penangkal petir. Sehingga hanya digunakan cara penentuan level proteksi saja dari Standar Nasional Indonesia No.03-7015-2004 . Untuk evaluasi dilakukan dengan membandingkan instalasi penangkal petir yang ada dengan peraturan yang berlaku. Peraturan yang digunakan adalah peraturan menteri tenaga kerja Republik Indonesia PER.02/MEN/1989.

Menurut PER.02/MEN/1989, pada bab IX pasal 50 bahwa instalasi penyalur petir harus diperiksa dan diuji secara berkala setiap dua tahun sekali. Instalasi penangkal petir harus memenuhi standar yang telah ditetapkan dan terus di

evaluasi agar tercapai keandalan sistem yang diharapkan. Terlebih dengan pembangunan yang terus dilakukan oleh Universitas Negeri Jakarta kampus A. Hal inilah yang melandasi penulis melakukan penelitian mengenai evaluasi sistem penangkal petir yang berada di Universitas Negeri Jakarta kampus A khususnya pada sektor B (Gedung Rektorat, Gedung Raden Adjeng Kartini, Gedung Raden Dewi Sartika, Gedung B, Gedung C, Gedung CD, Gedung D, Gedung Lembaga Pengabdian Masyarakat, Gedung P, Gedung Q, Gedung R, Gedung R Studio Tari, dan Gedung S). Berikut adalah denah UNJ yang didapatkan dari aplikasi *Google*



SketchUp yang telah dibatasi berdasarkan sektornya.

Gambar 1.1 Denah UNJ Kampus A yang Telah Dibatasi Berdasarkan Sektor

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung-gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?
2. Bagaimana instalasi sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung-gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?
3. Bagaimana keadaan komponen penangkal petir yang digunakan pada gedung-gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?
4. Bagaimana kesesuaian gedung-gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B dengan peraturan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung ?
5. Bagaimana kesesuaian sistem penangkal petir eksternal yang ada di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B dengan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) dan SNI 03-7015-2004 ?
6. Apakah seluruh Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B sudah terlindungi penangkal petir ?
7. Hal apa yang harus diperbaiki dari sistem penangkal petir yang ada di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan dalam penelitian ini, maka dibatasi pada ruang lingkup penelitian yaitu :

1. Evaluasi yang dilakukan menggunakan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP), dan SNI 03-7015-2004 sebagai acuan pemeriksaan.
2. Objek yang dievaluasi adalah sistem penangkal petir eksternal yang dimiliki gedung-gedung Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah, maka rumusan masalah yang akan dikemukakan dalam penelitian ini adalah “Bagaimanakah kesesuaian sistem penangkal petir eksternal yang ada di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B dengan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) dan SNI 03-7015-2004 ?”

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu “Untuk menambah wawasan mengenai pentingnya sistem penangkal petir dan mengetahui kesesuaian sistem penangkal petir Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B dengan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) dan SNI 03-7015-2004.”

1.6 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat baik dari segi keilmuan maupun dari segi praktis, diantaranya:

1. Evaluasi sistem penangkal petir dapat dijadikan acuan sistem penangkal petir yang baik pada gedung perkuliahan Universitas Negeri Jakarta kampus A.

2. Menambah wawasan tentang sistem penangkal petir secara spesifik bagi pembaca, khususnya mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Elektro.
3. Memberikan informasi kepada pembaca tentang penangkal petir dalam mengatasi dan melindungi bangunan dari akibat-akibat sambaran petir.
4. Memberikan informasi kajian mengenai terminal udara, penyalur turun, dan pentanahan (pembumian) penangkal petir untuk dunia pendidikan khususnya siswa SMK kelistrikan.
5. Memberikan kontribusi bagi dunia pendidikan maupun industri akan kebutuhan buku teks atau media ajar mengenai sistem penangkal petir.
6. Memberikan informasi tentang sistem keamanan fasilitas belajar dari sambaran petir.
7. Mendapatkan informasi hasil dari evaluasi yang berguna sebagai salah satu acuan proses pengkajian untuk perbaikan keandalan sistem penangkal petir dan peningkatan kualitas upaya pemeliharaan sistem bagi keberlangsungan penggunaan bangunan untuk masa yang akan datang.

BAB II

KERANGKA TEORETIK DAN KERANGKA BERFIKIR

2.1. Kerangka Teoretik

2.1.1. Hakikat Evaluasi

Menurut Moh. Suardi di bukunya yang berjudul belajar dan pembelajaran halaman 205, evaluasi adalah pemberian nilai terhadap kualitas sesuatu yang secara keseluruhan dipandang sebagai proses merencanakan, memperoleh, dan menyediakan informasi yang sangat diperlukan untuk membuat alternatif alternatif keputusan (Moh. Suardi, 2015).

Menurut Suprajitno pada bukunya yang berjudul asuhan keperawatan keluarga halaman 57, evaluasi merupakan kegiatan yang membandingkan antara hasil implementasi dengan kriteria dan standar yang telah ditetapkan untuk melihat keberhasilannya (Suprajitno: 2004).

Maka dapat disimpulkan bahwa evaluasi merupakan penilaian terhadap kualitas dengan membandingkan antara hasil implementasi dengan kriteria dan standar yang telah ditetapkan untuk melihat keberhasilannya.

2.1.2. Petir

Petir sering menjadi bagian dari kondisi cuaca yang tiba-tiba mendung, angin bertiup lebih kencang dan kemudian turun hujan lebat. Di saat dan menjelang turun hujan biasanya terlihat kilatan cahaya di langit lalu disusul

semacam busur api yang menjalar di antara awan yang berwarna gelap dari satu titik ke titik lainnya yang tidak tertentu arahnya.

Biasanya, ketika hujan telah reda dan cuaca kembali sediakala, maka petir pun tidak terlihat lagi. Fenomena petir tidak bisa dilepaskan dengan fenomena hujan karena seringkali terjadi secara bersamaan, keduanya erat kaitannya dengan siklus perputaran air yang diawali dengan proses penguapan air di permukaan bumi, lalu dilanjutkan dengan proses pembentukan awan. Hujan merupakan fenomena fisik murni pada siklus air tersebut, sedangkan petir merupakan fenomena fisik karena adanya sifat listrik dari partikel-partikel alam.



Gambar 2.1. Fenomena Petir

Menurut Brian Williams, petir adalah bunga api listrik berukuran sangat besar yang menyambar dari awan petir dan berpercikan di angkasa. Bunga api listrik tersebut terjadi akibat peristiwa pelepasan muatan listrik atau biasa disebut *partial discharge* pada awan ataupun bumi akibat kegagalan dielektrik pada lapisan udara (Williams, 2007: 5).

Petir merupakan bagian dari hujan badai yang digolongkan sebagai “*Hazardous Weather*” atau cuaca yang berbahaya. Pada bukunya yang berjudul *Natural Hazards* menurut Edward A. Keller (2006: 210) menuliskan “*lightning, consisting of flashes of light is produced by the discharge of millions of volts of*

electricity” yang dapat diartikan petir terdiri dari kilatan cahaya yang dihasilkan oleh pelepasan dari jutaan volt muatan listrik. Pada halaman yang sama Edward pun menjelaskan bahwa petir telah membunuh ratusan nyawa, sehingga petir digolongkan menjadi gejala alam yang berbahaya.

Pada buku *Extreme Weather & Climate* menurut C. Donald Ahrens (2011: 230) menuliskan. “*Lightning is simply discharge of electricity, a giant spark, which usually occurs in mature thunderstorms*”, yang dapat diartikan bahwa petir adalah pelepasan muatan listrik, percikan raksasa, yang biasa terjadi pada hujan badai.

Sedangkan pada buku *Skies Of Fury* menurut Patricia Barnes (1999: 88) menyatakan “*Lightning is one of the most fascinating aspects of our surrounding atmosphere. This discharge of electrical energy resembles a giant spark*” yang dapat diartikan petir adalah salah satu aspek yang paling menarik dari atmosfer sekitar kita. Ini merupakan pelepasan dari energi listrik yang menyerupai percikan raksasa.

Dari beberapa pemaparan di atas mengenai petir, dapat disimpulkan bahwa petir merupakan kilatan cahaya raksasa yang dihasilkan oleh pelepasan jutaan energi listrik yang biasa terjadi saat hujan badai. Sambaaran petir dapat terjadi antara awan, antara awan dengan udara dan antara awan dengan permukaan tanah. Yang dibahas pada skripsi ini adalah petir yang terjadi antara awan dengan permukaan tanah.

2.1.2.1. Proses Pembentukan Awan Petir

Awan berasal dari udara yang mengandung uap air hasil penguapan air di setiap permukaan bumi pada siang hari. Uap air tersebut bergerak ke atas daerah

yang lebih tinggi dimana tekanan atmosfer lebih rendah. Pada ketinggian tertentu hingga daerah yang bertemperatur dan bertekanan atmosfer rendah udara yang mengandung uap air ini akan mengembang dan menjadi dingin bahkan menjadi kristal-kristal es dan sebagian uap airnya akan terkondensasi membentuk awan.

Karena kekuatan angin yang kuat, maka akan terpisah antara partikel-partikel es dengan uap air yang mulai mencair menjadi butiran-butiran air dan ketika angin bergerak ke bawah, maka butiran air tersebut akan terdorong jatuh ke bawah (bumi) bahkan partikel es akan terdorong ke bawah dan karena gesekan udara dan temperatur di sekitarnya partikel es mulai mencair menjadi butiran air sehingga terjadi hujan. Karena adanya partikel es inilah terkadang hujan bersifat hujan batu es, karena tidak semua partikel es mencair dengan sempurna.

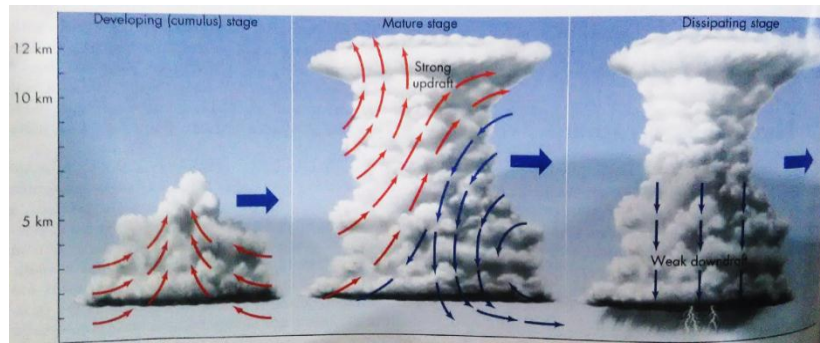
Pembentukan awan petir bermula ketika terdapat awan bermuatan listrik diantara gumpalan-gumpalan di lapisan atmosfer. Awan bermuatan listrik tersebut dapat terbentuk jika pada suatu daerah terdapat unsur-unsur yang mempengaruhi perpindahan muatan, seperti kelembapan udara, gerakan angin ke atas, dan terdapat inti higroskopis sehingga terbentuklah muatan positif dan negative pada awan.

Awan bermuatan ini akan bergerak terus menerus secara teratur dan selama pergerakannya, awan petir berinteraksi dengan awan lain, sehingga terjadi pemisahan muatan, dimana muatan negative akan cenderung berada di bagian bawah awan. Muatan negatif tersebut akan menginduksi permukaan bumi sehingga permukaan bumi menjadi bermuatan positif. Perbedaan muatan antara awan dengan permukaan bumi akan menimbulkan medan listrik. Semakin besar muatan yang terdapat pada awan, maka semakin besar pula medan listrik yang

terjadi. Jika kuat medan listrik telah melebihi batas medan tembus udara, maka awan bermuatan akan melepaskan muatan listrik ke permukaan tanah yang seringkali disebut kilat atau petir.

Awan *cumulus*, *congustus*, dan *comulunimbus* adalah jenis awan yang di dalam proses pembentukan terjadi pemisahan muatan muatan listrik. Sedangkan, awan yang menjadi sumber timbulnya petir adalah awan jenis *comulunimbus*. Awan *comulunimbus* berbentuk gumpalan yang ukuran vertikalnya lebih besar daripada ukuran horizontal. Bagian atas berbentuk paron dan dasar berbentuk rata horizontal. Ukuran horizontal awan ini berkisar antara 1,5 – 1,7 km, sedangkan ukuran vertikalnya berkisar antara 0,5 - 18 km.

Pada buku *Natural Hazards*, menurut Edward A. Keller (2006 : 208) menjelaskan proses terjadinya petir, yaitu mulai dari hasil kondensasi yang membentuk awan cumulus, ketika pasokan air dalam awan bertambah diimbangi suhu yang rendah membuat awan mengandung partikel-partikel es dan awan berkembang menjadi awan cumulus yang besar dan berkembang lagi menjadi awan cumulonimbus yang dapat menyebabkan hujan angin. Ketika menjadi awan cumulonimbus, partikel es yang terdapat pada awan cumulus besar saling bergesekan dan terjadi terus menerus hingga hujan turun. Gesekan yang disebabkan oleh partikel es inilah yang menyebabkan muatan listrik pada awan menjadi tidak seimbang dan hal inilah yang dapat menyebabkan petir. Dan inti dari siklus petir terdiri dari tiga, yaitu developing stage, mature stage, dan yang terakhir adalah dissipating stage. (Edward A. Keller, 2006 : 208)



Gambar 2.2. Proses Terjadinya Petir (Edward A. Keller, 2006: 208)

2.1.2.2. Mekanisme Sambaran Petir

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, petir terjadi akibat adanya pelepasan muatan pada awan. Pelepasan muatan petir dibagi menjadi empat menurut objek sambarannya, yaitu:

1. Pelepasan muatan di dalam awan.
2. Pelepasan muatan antara awan dengan awan
3. Pelepasan muatan antara awan dengan udara
4. Pelepasan muatan antara awan dengan permukaan bumi

Karena pada penelitian ini hanya membahas petir yang terjadi di permukaan bumi, maka berikut ini adalah penjelasan mengenai mekanisme sambaran petir antara awan dengan permukaan bumi dibagi menjadi tiga jenis proses, yaitu:

1. Pelopor Peloncat (*Stepped Leader*)

Pelopor peloncat terjadi karena adanya muatan negatif yang konsentrasinya begitu kuat pada awan, sehingga muatan negatif dalam suatu jalur terdorong ke bawah menuju permukaan tanah. Jalur yang terbentuk ini lah yang disebut dengan *stepped leader*. Disebut *stepped leader* dikarenakan jalur bercahaya ini tampak bergerak ke bawah secara bertahap, hingga mencapai panjang 50m dalam waktu 50 μ s.

2. Sambaran Balik (*Return Stroke*)

Sambaran balik terjadi ketika jalur muatan *stepped leader* telah mencapai bawah, dimana potensial negatif yang tinggi telah mendekati tanah, maka akan dihasilkan medan listrik yang sangat tinggi untuk membuat gerakan pelepasan dari tanah ke ujung jalur. Muka gelombang dari sambaran balik memiliki kecepatan sepertiga sampai sepersepuluh dari kecepatan cahaya. Daerah antara gelombang muka sambaran balik dan tanah dilalui arus yang sangat besar. Setelah sambaran balik yang bergerak ke atas ini mencapai awan, terbentuklah jalur lintasan sambaran utama.

3. *Dart Leader*

Setelah aliran arus berhenti, sambaran petir berakhir. Akan tetapi apabila terdapat tambahan muatan pada puncak kanal *return stroke* dalam waktu kurang dari $10\mu\text{s}$ maka *dart leader* akan menyebrangi kanal *return stroke* meningkatkan tingkat ionisasinya, menyimpan muatan sepanjang kanal dan membawa potensial awan dan tanah sekali lagi. *Dart leader* ini berupa cahaya dengan panjang 50m dan bergerak halus ke tanah. (Ahrens dan Samson, 2011: 34)

2.1.2.3. Jenis Sambaran Petir

Berdasarkan letak objek dan jaraknya dari titik sambaran, dibedakan menjadi dua jenis yaitu sambaran petir langsung dan sambaran petir tidak langsung.

1. Sambaran Petir Langsung

Sambaran petir langsung merupakan sambaran yang langsung menyambar pada gedung yang terproteksi terjadi karena arus impuls yang mengalir ke tanah., misalnya sambaran pada hantaran udara tegangan rendah atau sambaran pada pipa

metal, kabel, dan lain-lain. Pada jenis sambaran ini, instalasi tegangan lebih akan dialiri oleh seluruh atau sebagian arus petir.

2. Sambaran Petir Tidak Langsung

Sambaran petir tidak langsung merupakan sambaran yang menyambar hantaran udara atau induksi dari pelepasan muatan petir awan-awan atau pelepasan energi dari gelombang elektromagnetiknya atau *lightning electromagnetic pulse*, sehingga menimbulkan gelombang berjalan yang menuju ke peralatan listrik atau elektronik. Pada jenis sambaran ini, peralatan proteksi tegangan lebih akan dialiri oleh sebagian kecil arus petir atau arus induksi.

2.1.2.4. Efek Sambaran Petir

Sambaran petir yang mengenai suatu struktur bangunan dapat menyebabkan berbagai kerusakan baik pada bangunan maupun peralatan elektronik yang terdapat didalamnya. Dampak dari sambaran petir diantaranya:

1. Efek Listrik

Ketika arus petir melalui kabel penyalur (konduktor) menuju resistansi elektroda bumi instalasi penangkal petir, akan menimbulkan tegangan jatuh resistif, yang dapat dengan segera menaikkan tegangan sistem proteksi ke suatu nilai yang tinggi dibanding dengan tegangan bumi. Arus ini juga menimbulkan gradient tegangan yang tinggi di sekitar elektroda bumi, yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Dengan cara yang sama induktansi sistem proteksi harus pula diperhatikan karena kecuraman muka gelombang pulsa petir. Dengan demikian tegangan jatuh pada sistem penangkal petir adalah jumlah aritmatik komponen tegangan resistif dan induktif.

2. Efek Tegangan Tembus -Samping

Titik sambaran petir pada sistem penangkal petir bisa memiliki tegangan yang lebih tinggi terhadap unsure logam di dekatnya. Maka dari itu akan menimbulkan resiko tegangan tembus dari sistem penangkal petir yang telah terpasang menuju struktur logam seperti pipa besi dan kawat. Tegangan tembus ini dapat menyebabkan resiko yang sangat berbahaya bagi isi dan kerangka struktur bangunan yang akan dilindungi.

3. Efek Termal

Dalam kaitannya dengan sistem penangkal petir, efek termal pelepasan muatan petir adalah terbatas pada kenaikan temperatur konduktor yang dilalui arus petir. Walaupun arusnya besar, waktunya adalah sangat singkat dan pengaruhnya pada sistem penangkal petir biasanya diabaikan. Pada umumnya luas penampang konduktor instalasi penangkal petir di pilih terutama untuk memenuhi persyaratan kualitas mekanis, yang berarti sudah cukup besar untuk membatasi kenaikan temperatur 1 derajat celsius.

4. Efek Mekanis

Apabila arus petir melalui kabel penyalur paralel (konduktor) yang berdekatan atau pada konduktor dengan tekukan yang tajam akan menimbulkan gaya mekanis yang cukup besar, oleh karena itu diperlukan ikatan mekanis yang cukup kuat. Efek mekanis lain ditimbulkan sambaran petir yang disebabkan kenaikan temperatur udara yang tiba-tiba mencapai 30.000 K dan menyebabkan ledakan pemuaian udara disekitar jalur muatan bergerak. Hal ini dikarenakan jika konduktivitas logam diganti dengan konduktivitas busur api listrik, energi yang

timbul akan meningkatkan sekitar ratusan kali dan energi ini dapat menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan yang dilindungi.

5. Efek Kebakaran Karena Sambaran Langsung

Ada dua penyebab utama kebakaran bahan yang mudah terbakar karena sambaran petir, pertama akibat sambaran langsung pada fasilitas tempat penyimpanan yang mudah terbakar. Bahan yang mudah terbakar ini mungkin terpengaruh langsung oleh efek sekunder, penyebab utama kebakaran minyak. Terdiri dari muatan terkurung, pulsa elektrostatik dan elektromagnetik dan arus tanah.

6. Efek Muatan Terjebak

Muatan statis ini diinduksikan oleh badai awan sebagai kebalikan dari proses pemuatan lain. Jika proses netralisasi muatan berakhir dan jalur sambaran sudah netral kembali, muatan terjebak akan tertinggal pada benda yang terisolasi dari kontak langsung secara listrik dengan bumi, dan pada bahan bukan konduktor seperti bahan yang mudah terbakar. Bahan bukan konduktor tidak dapat memindahkan muatan dalam waktu singkat ketika terdapat jalur sambaran.

2.1.2.5. Bahaya Akibat Sambaran Petir

Bagian utama kilat petir yang menimbulkan kerusakan adalah sambaran balik. Ini adalah bagian kilat, yang berupa muatan petir yang diluahkan ke bumi atau ke tanah. Besar arus yang mengalir pada sambaran ini berkisar antara 2000 A sampai 200 KA. Bahaya akibat sambaran petir diantaranya, sambaran petir langsung melalui bangunan, sambaran petir melalui jaringan listrik, sambaran petir melalui jaringan telekomunikasi.

1. Sambaran Petir Langsung Melalui Bangunan

Sambaran petir yang langsung mengenai struktur bangunan rumah, kantor dan gedung, tentu saja hal ini sangat membahayakan bangunan tersebut beserta seluruh isinya karena dapat menimbulkan kebakaran, kerusakan perangkat elektrik/elektronik atau bahkan korban jiwa. Maka dari itu setiap bangunan diwajibkan memasang instalasi penangkal petir. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang terminal penerima sambaran petir serta instalasi pendukung lainnya yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Terlebih lagi jika sambaran petir langsung mengenai manusia, maka dapat berakibat luka atau cacat bahkan dapat menimbulkan kematian. Banyak sekali peristiwa sambaran petir langsung yang mengenai manusia dan biasanya terjadi di area terbuka.

2. Sambaran Petir Melalui Jaringan Listrik

Bahaya sambaran ini sering terjadi, petir menyambar dan mengenai sesuatu di luar area bangunan tetapi berdampak pada jaringan listrik di dalam bangunan tersebut, hal ini karena sistem jaringan distribusi listrik atau PLN memakai kabel udara terbuka dan letaknya sama tinggi, bilamana ada petir yang menyambar pada kabel terbuka ini maka arus petir akan tersalurkan ke pemakai langsung. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang perangkat arrester sebagai pengaman tegangan lebih atau *over voltage*. Instalasi *surge arrester* listrik ini dipasang harus dilengkapi dengan *sistem pentanahan*.

3. Sambaran Petir Melalui Jaringan Telekomunikasi

Bahaya sambaran petir jenis ini hampir serupa dengan bahaya sambaran petir melalui jaringan listrik, akan tetapi berdampak pada perangkat

telekomunikasi, misalnya telepon dan PABX. Penanganannya dengan cara pemasangan arrester khusus untuk jaringan PABX yang dihubungkan dengan grounding. Bila bangunan yang akan dilindungi mempunyai jaringan internet yang koneksinya melalui jaringan telepon maka alat ini juga dapat melindungi jaringan tersebut.

Pengamanan terhadap suatu bangunan atau objek dari sambaran petir pada prinsipnya adalah sebagai penyedia sarana untuk menghantarkan arus petir yang mengarah ke bangunan yang akan kita lindungi tanpa melalui struktur bangunan yang bukan merupakan bagian dari sistem penangkal petir, tentunya harus sesuai dengan standar pemasangan instalasinya. Ada 2 jenis kerusakan yang disebabkan sambaran petir yaitu Kerusakan Thermis, kerusakan yang menyebabkan timbulnya kebakaran dan Kerusakan Mekanis, kerusakan yang menyebabkan struktur bangunan retak, rusaknya peralatan elektronik bahkan menyebabkan kematian. (Herviansyah, Andrey. <http://solusipetir.com/petir/bahaya-petir.html>. Diunduh pada 23 Juni 2016).

2.1.2.6.Frekuensi Sambaran Petir

Jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun (N_d) dapat dihitung dengan perkalian kepadatan kilat bumi pertahun (N_g) dan luas daerah perlindungan efektif pada gedung (A_e)

$$N_d = N_g \cdot A_e \dots\dots\dots (2.1)$$

Kerapatan sambaran petir ke tanah dipengaruhi oleh hari guruh rata-rata per tahun di daerah tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh hubungan sebagai berikut:

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot Td^{1.26} \dots\dots\dots (2.2)$$

Sedangkan besar A_e dapat dihitung sebagai berikut:

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

Maka dengan ketiga persamaan di atas, nilai N_d dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$Nd = 4 \cdot 10^{-2} \cdot Td^{1.26}(ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2) \dots\dots\dots (2.4)$$

Di mana:

a = Panjang atap gedung (m)

b = Lebar atap gedung (m)

h = Tinggi atap gedung (m)

T_d = Hari guruh pertahun

N_g = Kerapatan sambaran petir ke tanah (Sambaran/km²/tahun)

A_e = Luas daerah yang memiliki angka sambaran petir sebesar N_d (km²)

N_d = Jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung

Area cakupan ekivalen dari bangunan gedung adalah area permukaan tanah yang dianggap sebagai bangunan gedung yang mempunyai frekuensi sambaran petir langsung tahunan.

2.1.3. Taksiran Resiko

Suatu instalasi penangkal petir harus dapat melindungi semua bagian dari struktur bangunan dan area di sekitarnya. Berikut ini adalah cara menentukan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir menggunakan beberapa standar, diantaranya:

1. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)

Berdasarkan PUIPP, jenis bangunan yang perlu diberi penangkal petir dikelompokkan menjadi:

- a. Bangunan tinggi, seperti gedung bertingkat, menara dan cerobong pabrik
- b. Bangunan penyimpan bahan mudah meledak atau terbakar, misalnya pabrik amunisi, gudang bahan kimia
- c. Bangunan untuk kepentingan umum, seperti gedung sekolah, stasiun, bandara, dan sebagainya
- d. Bangunan yang mempunyai empat fungsi khusus dan nilai estetika, misalnya museum, gedung arsip Negara.

Besarnya kebutuhan suatu bangunan akan instalasi proteksi petir ditentukan oleh besarnya kemungkinan kerusakan serta bahaya yang terjadi jika bangunan tersebut tersambar petir. Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP), besarnya kebutuhan tersebut mengacu kepada penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983 : 17) dan dituliskan sebagai berikut:

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

Nilai indeks pada persamaan tersebut dapat dilihat pada tabel yang bersumber dari PUIPP berikut:

Tabel 2.1. Indeks A PUIPP Bahaya Berdasarkan Penggunaan dan Isi Bangunan

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10
Bangunan dan isinya yang jarang digunakan misalnya, danau di tengah sawah atau ladang, menara atau tiang dari metal	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal, misalnya rumah tinggal, industri kecil dan stasiun kereta api	1
Bangunan dan isinya yang cukup penting, misalnya menara air, toko barang-barang berharga, dan kantor pemerintah	2

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan yang berisi banyak sekali orang, misalnya bioskop, saran ibadah, sekolah, dan monumen bersejarah yang penting	3
Instalasi gas, minyak atau bensin, dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak terkendali bagi sekitarnya, misalnya instalasi nuklir	15

Sumber: PUIPP 1983 (2014 : 17)

Tabel 2.2. Indeks B PUIPP Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan

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

Sumber: PUIPP 1983 (2014 : 18)

Tabel 2.3. Indeks C PUIPP Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan

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

Sumber: PUIPP 1983 (2014 : 18)

Tabel 2.4. Indeks D PUIPP Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Di tanah datar dengan semua ketinggian	0
Di kaki bukit sampai $\frac{3}{4}$ tinggi bukit atau di pegunungan hingga 1000 m	1
Di puncak gunung atau pegunungan lebih dari 1000 m	2

Sumber: PUIPP 1983 (2014 : 19)

Tabel 2.5. Indeks E PUIPP Bahaya Berdasarkan Hari Guruh

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

Sumber: PUIPP 1983 (2014 : 19)

Tabel 2.6. Indeks R PUIPP Perkiraan Bahaya Sambaran Petir

R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
< 11	Diabaikan	Tidak perlu
= 11	Kecil	Tidak perlu
=12	Sedang	Dianjurkan
=13	Agak Besar	Dianjurkan
=14	Besar	Sangat dianjurkan
>14	Sangat besar	Sangat perlu

Sumber: PUIPP 1983 (2014 : 19)

2. Berdasarkan SNI 03-7015-2004

Berdasarkan pada SNI 03-7015-2004, pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi didasari pada frekuensi sambaran petir langsung ke tempat yang diperkirakan ke struktur yang di proteksi (N_d) dan frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan (N_c). Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada dapat dengan menghitung persamaan (2.1).

Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya pemasangan sistem proteksi petir pada bangunan mengacu dari dua kondisi, yaitu:

1. Jika $N_d \leq N_c$, maka bangunan tidak memerlukan sistem penangkal petir.
2. Jika $N_d > N_c$, maka diperlukan sistem penangkal petir.

Apabila hasil perbandingan menunjukkan bahwa bangunan memerlukan proteksi petir, maka langkah selanjutnya adalah menghitung efisiensi sistem penangkal petir (E_c) dengan persamaan:

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

Tabel 2.7. Efisiensi Sistem Penangkal Petir Sehubungan Dengan Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	Efisiensi Sistem penangkal petir (E)
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2007: 13)

Bila nilai E dari tabel di atas lebih besar atau sama dengan nilai E_c hasil perhitungan, maka nilai yang paling mendekati nilai E di atas menentukan level proteksi bangunan tersebut. Jika nilai $E \leq E_c$, maka sistem proteksi harus

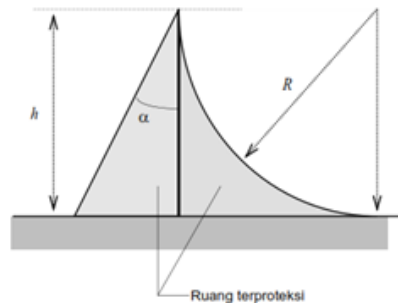
dilengkapi dengan sistem proteksi tambahan dengan menentukan level proteksi. Tingkatan proteksi memiliki keterkaitan dengan nilai parameter petir, seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 2.8. Kaitan Parameter Arus Petir dengan Tingkat Proteksi

Parameter Petir		Tingkat Proteksi		
		I	II	III – IV
Nilai arus puncak	I (kA)	200	150	100
Muatan total	Q_{total} (C)	300	225	150
Muatan impuls	Q_{impuls} (C)	100	75	50
Energi spesifik	W/R (kJ/ Ω)	10.000	5.600	2.500
Kecuraman rata-rata	di/dt30/90% (kA/ μ s)	200	150	100

Sumber: SNI 03-7015-2004 (2007: 5)

Dapat diketahui ketentuan penempatan terminal udara yang dapat diketahui penempatan terminasi udara, dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.3. Posisi Terminasi Udara

Tabel 2.9. 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 (2007: 21)

2.1.4. Instalasi Penangkal Petir

Menurut Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (1983:2), Instalasi penangkal petir adalah instalasi suatu sistem dengan komponen-komponen dan peralatan-peralatan yang secara keseluruhan berfungsi untuk menangkap petir, menyalurkan ke tanah. Sistem tersebut dipasang sedemikian rupa sehingga semua bagian dari bangunan beserta isinya, atau benda-benda yang dilindunginya terhindar dari bahaya sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung. Terdapat dua jenis sistem instalasi penangkal petir yaitu sistem penangkal petir eksternal dan sistem penangkal petir internal. Sistem penangkal petir eksternal adalah berfungsi untuk memberikan perlindungan dari sambaran petir secara langsung. Saat muatan listrik negatif di bagian bawah awan sudah tercukupi, maka muatan positif di tanah akan tertarik.

Muatan listrik kemudian segera merambat naik melalui kabel konduktor menuju ke batang penangkal petir. Pertemuan kedua muatan menghasilkan aliran listrik, yang kemudian aliran listrik itu akan mengalir ke dalam tanah melalui kabel konduktor penangkal petir dengan demikian sambaran petir tidak mengenai bangunan yang terpasang penangkal petir. Dan untuk sistem proteksi internal adalah untuk mencegah sambaran listrik yang merambat ke dalam bangunan melalui kawat jaringan listrik. Agar tidak terjadi kerusakan akibat jaringan listrik tersambar petir, biasanya di dalam bangunan dipasang alat yang disebut penstabil arus listrik.

Sistem penangkal petir yang dikenal terdapat bermacam-macam, namun pada dasarnya memiliki prinsip kerja utama yang sama pada setiap sistem-sistem proteksinya, yaitu:

1. Menangkap petir

Sistem penangkal petir menyediakan sistem penerimaan sambaran petir yang dapat menyambut sambaran petir lebih cepat dari area di sekelilingnya, serta dapat memproteksi secara tepat dengan memperhitungkan besar sambaran petir.

2. Menyalurkan petir

Sambaran petir yang telah ditangkap selanjutnya dialirkan menuju tanah secara aman tanpa mengakibatkan bahaya terhadap bangunan ataupun manusia.

3. Menampung petir

Arus petir yang dialirkan pada sistem pentanahan yang baik sehingga tidak menimbulkan bahaya pada bangunan ataupun manusia. Instalasi sistem penangkal petir eksternal sederhana meliputi terminal udara, penghantar turun (*down conductor*), dan sistem pentanahan (*grounding*) yang tersambung menjadi satu kesatuan sistem penangkal petir, di bawah ini merupakan ilustrasi sederhana sistem penangkal petir:



Gambar 2.4. Ilustrasi Penangkal Petir Sederhana

2.1.4.1. Bagian Utama Instalasi Penangkal Petir

Instalasi penangkal petir memiliki tiga bagian utama yang memang wajib dimiliki apabila memasang penangkal petir, diantaranya:

1. Terminal Udara

Bagian ini berfungsi untuk menangkap sambaran petir. Biasanya berupa elektroda logam yang dipasang vertikal maupun horizontal yang diletakkan sedemikian rupa di titik tertinggi di daerah yang dilindungi. Hal ini ditujukan agar penangkal petir dapat menangkap semua petir yang menyambar tanpa mengenai apapun yang terdapat di dalam zona proteksi dari terminal udara tersebut. Berikut adalah syarat ukuran minimum material konduktor pada terminal udara yang diberlakukan berdasarkan SNI 03-7015-2004 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.10. Dimensi Minimum Bahan untuk Terminasi Udara

Tingkat Proteksi Petir	Bahan	Terminasi Udara (mm²)
I Sampai IV	Cu	35
	Al	70
	Fe	50

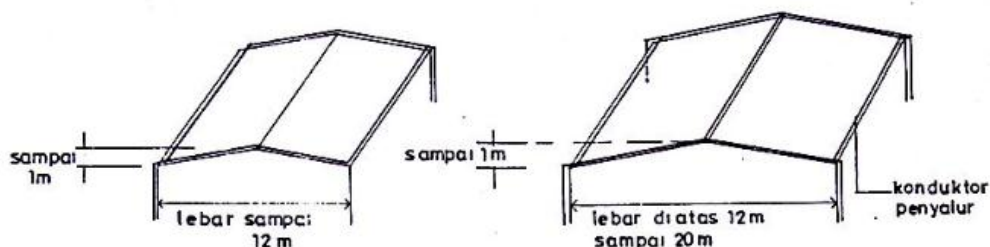
Sumber: SNI 03-7015-2004 (2007: 51)

Terminal udara diletakkan pada posisi paling tinggi suatu bangunan, sehingga sedapat mungkin semua petir akan dapat ditangkap tanpa mengenai bagian lain yang dilindunginya. Hal ini akan terpenuhi jika tidak ada permukaan atap bangunan yang berjarak lebih dari 7,5 meter dari terminal udara. Bentuk dan susunan penghantar di atas atap disesuaikan dengan ukuran atap dan beda tinggi antara bubungan atap dan lisplang. Untuk atap yang menutupi seluruh bagian atas bangunan, maka yang diambil adalah ukuran atapnya. Atap bangunan dapat dibedakan menjadi atap datar dan atap runcing, keduanya memiliki perbedaan pada pemasangan penghantar terminal udara (*air rod*). Perbedaan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Atap Datar

Dapat dikatakan atap datar jika selisih antara bubungan dan lisplang kurang dari 1 meter atau benar-benar datar, seperti pada (Gambar 2.5) . Sistem pengamanan terbaik untuk bangunan seperti ini adalah prinsip Sangkar Faraday. Jarak maksimum antara 2 penghantar adalah 15 meter. Penghantar-penghantar mendatar harus dipasang pada setiap sudut, tepi dan bagian runcing dari atap bangunan.

Untuk terminal udara yang dipasang pada penghantar mendatar, jarak maksimum antara dua buah batang terminal udara yang berdekatan adalah 5 m, dengan tinggi finial minimum 20 cm. Penghantar-penghantar mendatar harus dipasang sepanjang tepi, sudut-sudut dan bagian-bagian runcing dari atap bangunan. Bila bangunan terdiri atas bangunan utama dan bangunan bagian di luar daerah perlindungan penangkal petir di bangunan utama, maka harus dilengkapi dengan penghantar mendatar yang dihubungkan secara listrik. Tetapi bila jarak atap bangunan bagian dengan bangunan utama lebih besar dari 5 meter, maka bangunan bagian itu harus dilengkapi dengan sistem Faraday tersendiri terpisah dari bangunan utama, hanya saja sistem pentanahannya dapat digabungkan.



Gambar 2.5. Bentuk Atap Bangunan Datar

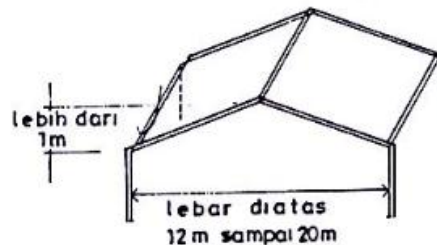
b. Atap Runcing

Dapat dikatakan atap runcing jika selisih antar bubungan dan lisplang lebih dari 1 meter, seperti pada Gambar 2.6. Jika lebar bangunan kurang dari 12 meter maka cukup dipasang penangkal petir sepanjang bubungan dan paling sedikit 2 buah pada setiap ujung. Tetapi jika lebar bangunan lebih dari 12 meter maka penangkal petir harus dipasang pada bubungan dan lisplang. Penangkal petir batang tegak dipasang sepanjang bubungan dengan tinggi minimum 30 cm dan jarak antara dua penghantar 5 meter.

Bagian-bagian logam dari atap dipergunakan sebagai terminal udara. Semua bagian logam tersebut harus disambungkan dengan penghantar penyalur petir di atas atap. Untuk suatu atap yang terbuat dari logam jika akan dipergunakan sebagai terminal udara, maka tebal minimum dari atap adalah 0,5 mm jika terbuat dari tembaga atau setebal 0,8 mm minimum untuk jenis logam lain. Untuk atap dari bahan Folien (lembaran logam tipis), instalasi penangkal petirnya sama seperti untuk bangunan dengan atap tanpa bagian logam. Terminal udara diletakkan pada jarak-jarak yang lebih dekat. Dudukan logam dari penghantar petir harus dihubungkan dengan folien secara listrik, misalnya dengan pengelasan.

Bangunan-bangunan atap runcing dengan genting keras diperbolehkan memasang penghantar penghubung di bawah atap dengan syarat penghantar tersebut harus dapat diperiksa. Akan tetapi pemasangan ini tidak diperbolehkan jika di bawah atap terdapat lapisan atau bahan-bahan yang mudah terbakar. Jika penghantar penghubung dipasang di bawah atap, maka penangkal petirnya berupa batang tegak dengan ujung runcing. Jarak antar batang-batang terminal udara sekitar 4 sampai 5 meter dengan panjang minimum 30 cm di atas permukaan atap.

Atap bangunan terdapat bangunan kecil, jika terbuat dari logam dapat dipergunakan sebagai terminal udara dan dihubungkan ke penghantar penyalur petir. Jika terbuat bukan dari logam maka harus juga dipasang penangkal petir.



Gambar 2.6. Bentuk Atap Bangunan Lancip

2. Penyalur Turun Arus Petir

Penyalur turun arus petir berfungsi untuk menyalurkan arus petir yang mengenai terminal udara untuk diteruskan ke pentanahan. Penghantar penyalur yang umumnya digunakan berupa penghantar terbuka atau *Bare Conductor*, tanpa isolasi karena pertimbangan faktor temperature kerja yang tinggi karena arus petir yang mengalir sangat besar. Tata letak panyalur turun arus petir pada struktur objek harus diperhatikan dengan seksama, memilih jarak terdekat untuk menyalurkan arus petir ke tanah. Setiap bangunan paling sedikit harus mempunyai dua buah penghantar penyalur petir (pasif).

Untuk bangunan yang memiliki lebar lebih dari 12 meter, diperlukan paling sedikit 4 buah penghantar penangkal petir. Jika panjang bangunan lebih dari 20 meter diperlukan lagi tambahan sebuah penghantar penyalur petir berikutnya untuk setiap mulai kelebihan panjang dari 20 meter. Penghantar penyalur petir utama simetris dengan denah dasar bangunan dan diatur sedemikian rupa sehingga berbentuk alur penghantaran yang baik dan dengan jarak yang pendek ke instalasi pentanahan. Penghantar penyalur petir tidak diperbolehkan diletakkan di dalam

pipa talang air hujan Pada bangunan dengan peralatan-peralatan yang mudah terbakar atau meledak, diperlukan sistem instalasi dan bahan yang khusus.

Penghantar pada atap dan dinding harus diletakkan pada penyangga dan diperkuat sehingga tahan terhadap goncangan angin, arus petir dan gangguan lain. Penghantar penangkal petir utama dapat dipasang dalam tembok atau di bawah lantai, dalam hal ini dipergunakan kawat atau plat dari baja atau tembaga. Untuk bangunan yang lebih tinggi dari 30 meter diperlukan suatu cara khusus untuk menghindari sambaran petir yang datangnya dari samping. Pada semua penghantar penyalur petir utama dan pembantu yang disambungkan dengan sistem pentanahan, harus disediakan sambungan ukur yang dapat dijangkau untuk pengukuran tahanan pentanahan. Sambungan ukur tersebut harus tetap dengan mudah dapat dibuka dan siambungkan lagi dengan baik meskipun sudah lama dipasang. Sekrup, paku, pada penyangga sebaiknya dari bahan yang sama dengan penghantar penyalurnya. Sehingga tidak akan terjadi proses korosi karena elektrolisis pada keasaan lembab atau basah.

Menurut Andreas (2000: 59) luas penampang penghantar turun (A) dari suatu instalasi penangkap petir tergantung pada besarnya arus petir maksimum yang berkisar antara 5 kA – 220 kA (Dept PU, 1987). Penentuan luas penghantar turun dari suatu instalasi penangkal petir dengan arus gangguan berlangsung selama 0,001 detik, arus petir maksimum 220 kA dan temperatur konduktor yang diizinkan 1000 C adalah dari persamaan (2.6) :

$$A = I_o \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} S}{\log_{10} \left(\frac{T}{274} + 1 \right)}} \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana: A = Luas Penampang Penghantar Penangkal Petir (mm^2)
 I_o = arus petir maksimum (A)
 S = waktu gangguan arus petir (s)
 T = Temperatur konduktor ($^{\circ}\text{C}$)

Berikut ini adalah standar minimum material panyalur turun arus petir yang berlaku di Indonesia:

Tabel 2.11. Dimensi Minimum Bahan untuk Panyalur turun

Tingkat Proteksi Petir	Bahan	Terminasi Udara (mm^2)
I Sampai IV	Cu	16
	Al	25
	Fe	50

Sumber: SNI 03-7015-2004 (2007: 51)

3. Pentanahan

Pangkal bagian utama sebuah sistem penangkal petir adalah bagian pentanahan. Arus petir yang diterima oleh terminal udara saat petir menyambar disalurkan oleh panyalur turun menuju ke sistem pentanahan. Sistem pentanahan adalah dengan menanam satu atau lebih elektroda ke dalam tanah dengan harapan mendapatkan tahanan pentanahan yang rendah agar tidak terjadi tegangan jatuh ketika dialiri arus petir yang sedemikian besar.

Sistem pertanahan harus dirancang dan diinstalasikan sedemikian rupa sehingga dapat mencapai nilai tahanan pertanahan instalasi penangkal petir yang serendah mungkin. Elektroda pertanahan dapat berupa elektroda plat pita (strip), batang atau elektroda pengebumian pondasi. Elektroda pertanahan plat pita harus ditanam sekurang-kurangnya 50 cm dari permukaan tanah. Pada elektroda

pertanahan menyebar maka sudut antara tiap-tiap strip yang berdekatan tidak boleh lebih kecil dari 60° . Besar tahanan pertanahan tergantung pada sifat tanah, kelembaban tanah, dan khusus pada elektroda pertanahan pondasinya tergantung pada kualitas material beton. **Nilai resistansi jenis tanah**, ρ_t sangat berbeda tergantung komposisi tanah seperti dapat dilihat dalam pasal 320-1 dalam PUIL 1987 atau yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 12. Nilai Resistansi Jenis Tanah

Jenis Tanah	Resistansi jenis tanah ρ_t (Ωm)
Tanah rawa	10.....40
Tanah liat dan tanah lading	20.....100
Pasir basah	50.....200
Kerikil basah	200....3000
Pasir/kerikil kering	< 10000
Tanah berbatu	2000....3000
Air laut dan air tawar	10.....100

Sumber: PUIL 1987 pasal 320-1

Semua elektroda pertanahan sebisa mungkin mempunyai jarak 1 m dari pondasi dan ditanam sedalam sekurang-kurangnya 0,5 m dari permukaan tanah. Penanaman elektroda pertanahan pada daerah yang dilalui oleh sumber-sumber panas harus dihindarkan, karena kondisi tanah yang menjadi kering. Penghantar-penghantar bawah tanah dari bahan plat baja boleh langsung dihubungkan ke sambungan ukur. Pipa pelindung tidak boleh dipakai sebagai penghantar pengebumian.

Penempatan pentanahan elektroda bumi yang digunakan untuk pentanahan instalasi listrik tidak boleh digunakankan untuk pentanahan instalasi penyalur petir. Masing-masing penyalur turun dan suatu instalasi penyalur petir yang mempunyai beberapa penyalur turun harus disambungkan dengan elektroda kelompok. Nilai pentanahan tahanan pentanahan dari seluruh sistem pentanahan tidak boleh lebih dari 5 ohm.

Elektroda bumi dan elektroda kelompok harus dapat diukur tahanan pentanahann secara tersendiri maupun kelompok. Bahan dan ukuran minimum dari penyalur turun adalah:

Tabel 2.13. Dimensi Minimum Bahan untuk Elektroda Pentanahan

Tingkat Proteksi Petir	Bahan	Terminasi Udara (mm²)
I Sampai IV	Cu	50
	Al	-
	Fe	80

Sumber: SNI 03-7015-2004 (2007: 51)

Beberapa **variabel yang memengaruhi sistem pentanahan** penangkal Petir (*Grounding System*) berdasarkan *National Electrical Code (1987, 250-83-3)* diantaranya:

- a. **Panjang elektroda** (minimum 2,5 meter /8 kaki dihubungkan dengan tanah).

Satu cara yang sangat efektif untuk menurunkan tahanan tanah adalah memperdalam elektroda. Tanah tidak tetap tahanannya dan tidak dapat diprediksi. Maka dari itu, ketika memasang elektroda, elektroda berada di bawah garis beku (*frosting line*). Ini dilakukan sehingga tahanan tanah tidak akan dipengaruhi oleh pembekuan tanah di sekitarnya. Secara umum, menggandakan panjang elektroda bisa mengurangi tingkat tahanan 40%.

- b. **Diameter Elektroda.** Menambah diameter elektroda berpengaruh sangat kecil dalam menurunkan tahanan. Misalnya, bila diameter elektroda digandakan, maka tahanan sistem pentanahan penangkal petir hanya menurun sebesar 10%.
- c. **Jumlah Elektroda.** Cara lain menurunkan tahanan tanah adalah dengan menggunakan banyak elektroda. Lebih dari satu elektroda yang dimasukkan ke dalam tanah dan dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan tahanan yang lebih rendah. Agar penambahan elektroda efektif, jarak batang tambahan setidaknya harus sama dalamnya dengan batang yang ditanam.
- d. **Desain.** Sistem pentanahan penangkal petir sederhana terdiri atas satu elektroda yang dimasukkan ke dalam tanah. Penggunaan satu elektroda adalah hal yang umum dilakukan dalam pembuatan sistem pentanahan penangkal petir dan bisa ditemukan di luar rumah atau tempat usaha perorangan. Ada pula sistem pentanahan penangkal petir kompleks terdiri atas banyak batang pentanahan yang terhubung, jaringan bertautan atau kisi-kisi, plat tanah, dan loop tanah. Sistem-sistem ini dipasang secara khusus di substasiun pembangkit listrik, kantor pusat, dan tempat-tempat menara seluler. Jaringan kompleks meningkatkan secara dramatis jumlah kontak dengan tanah sekitarnya dan menurunkan tahanan tanah.

Elektroda pentanahan menurut bentuknya dibagi menjadi tiga jenis elektroda, diantaranya adalah:

a. Elektroda Batang

Sistem pentanahan dengan menggunakan batang-batang elektroda yang ditanam tegak lurus dengan permukaan tanah. Banyak batang yang ditanam di

dalam tanah tergantung besar tahanan pentanahan yang diinginkan, berikut adalah pembagian elektroda batang menurut jumlah elektroda-nya:

1) Pentanahan Satu Batang Elektroda

Untuk menentukan besarnya tahanan pentanahan dengan satu buah elektroda batang dengan persamaan berikut:

$$R_{bt} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

Di mana:

R_{bt} = tahanan pentanahan elektroda batang (Ω)

ρ = tahanan jenis tanah (Ωm)

L = panjang batang yang tertanam (m)

a = diameter elektroda batang (m)

Jika di lihat dari rumus di atas, maka makin panjang konduktor yang ditanam dalam tanah, maka makin kecil tahanan pentanahannya. Demikian juga makin besar diameter konduktor juga makin kecil tahanan pentanahannya.

2) Pentanahan Dua Batang Elektroda

Tahanan pentanahan dapat diperkecil dengan memperbanyak elektroda yang ditanam dan dihubungkan paralel. Untuk dua batang elektroda, dapat diturunkan rumusnya sebagai berikut:

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

Di mana:

S = jarak antara 2 konduktor (m)

a = diameter elektroda batang (m)

3) Pentanahan Beberapa Batang Elektroda (*Multiple Rod*)

Beberapa batang elektroda (multiple rod) yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah yaitu dengan metoda pentanahan bersama yaitu:

$$R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}} \dots\dots\dots (2.9)$$

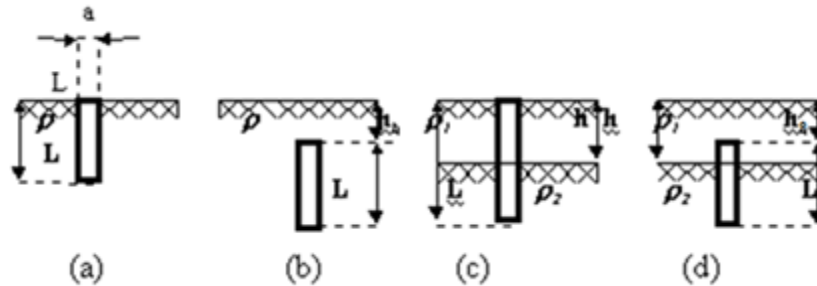
Jika di asumsikan tahanan pentanahan pada daerah bangunan adalah sama, maka dapat berlaku persamaan berikut ini:

$$R_{tot} = \frac{1}{n \times \frac{1}{R_1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Di mana:

n = jumlah elektroda batang

R₁ = tahanan pentanahan sama untuk n buah (Ω)



Gambar 2.7 Cara Penanaman Elektroda Batang

b. Elektroda Plat

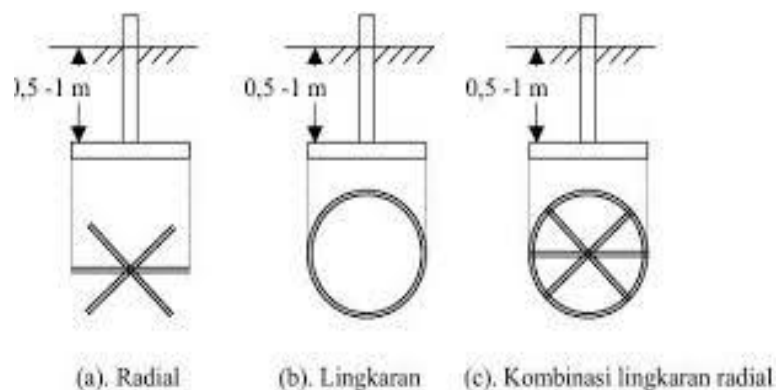
Elektroda plat dibuat dari plat logam berlubang atau kawat kasa. Pada umumnya elektroda jenis ini ditanam secara dalam. Bentuk elektroda ini biasanya berbentuk persegi atau persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau plat tembaga. Biasanya elektroda plat dipasang secara horizontal.



Gambar 2.8.2 Penanaman Elektroda Plat

c. Elektroda Pita

Elektroda yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat atau berpenampang pilin yang pada umumnya ditanamnya secara dangkal. Elektroda ini ditanam sejajar permukaan tanah dengan kedalaman antara 0,5 – 1 m. Elektroda pita ini dapat dipasang pada struktur tanah yang mempunyai tahanan jenis yang rendah dan pada daerah yang tidak mengalami kekeringan.



Gambar 2.9. Cara Penanaman Elektroda Pita

2.1.4.2. Jenis-Jenis Penangkal Petir

Jenis penangkal petir terdapat dua, yaitu jenis penangkal petir aktif dan pasif. Penangkal petir aktif memiliki beberapa jenis, diantaranya:

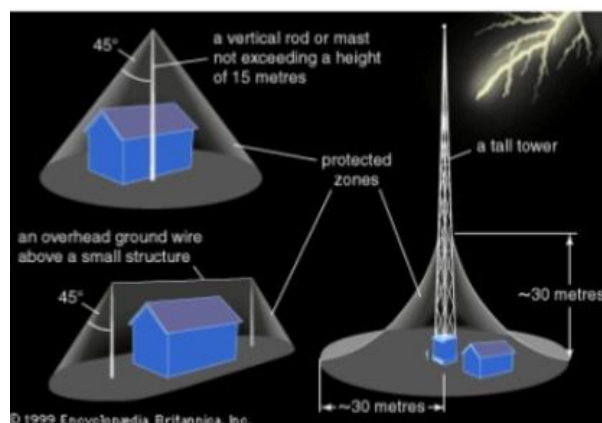
1. Penangkal Petir Pasif

Penangkal petir pasif menggunakan batang konvensional pada terminal udaranya. Batang konvensional adalah batang tembaga konvensional yang

ujungnya runcing. Batang konvensional ini dibuat runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam yang runcing tersebut. Sehingga dapat memperlancar proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan. Batang runcing konvensional ini dipasang pada bagian puncak suatu bangunan atau gedung. Penangkal petir jenis ini dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya :

a. *Franklin Rod* (Tongkat Franklin)

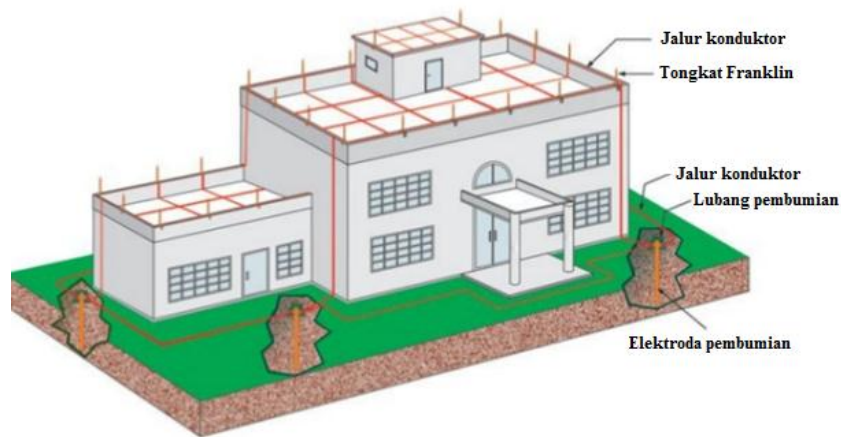
Sistem penangkal petir tongkat franklin termasuk penangkal petir tertua yang pernah ada. Namun, tidak jarang pula yang masih menggunakan sistem tongkat franklin ini terutama pada gedung-gedung yang beratap runcing. Seperti, menara, gereja, dan lain sebagainya. Tongkat franklin berbentuk kerucut tembaga dengan daerah perlindungannya berbentuk kerucut imajiner dengan sudut puncak 112° . Tongkat franklin biasa dipasang 1-3 meter diatas atap dibantu dengan tongkat besi, agar daerah perlindungan besar. Namun, semakin jauh tongkat franklin dipasang dari daerah perlindungan, maka semakin lemah daerah perlindungan tersebut.



Gambar 2.10. Sistem Tongkat Franklin

b. Sangkar Faraday

Untuk mengatasi kelemahan tongkat franklin, maka dibuat sistem sangkar faraday. Sangkar faraday memiliki sistem seperti tongkat franklin, namun pemasangannya di seluruh permukaan atap bangunan dengan tinggi yang lebih rendah.



Gambar 2.11. Sistem Sangkar Faraday

2. Penangkal Petir Aktif

Penangkal petir aktif adalah penangkal petir dimana terminal udara tidak hanya menunggu datangnya petir, namun dengan sistem, bentuknya dan bahan-bahan yang sedemikian pada terminal udara, sehingga membuatnya dapat menarik petir menuju terminal udara yang selanjutnya diteruskan ke sistem instalasi penangkal petir. Penangkal petir jenis ini dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya :

a. Ionisasi *Corona*

Sistem ini bersifat menarik petir untuk menyambar ke ujung penyalur petir dengan cara memancarkan ion-ion ke udara. Pemancaran ion dapat menggunakan generator atau baterai cadangan ataupun secara alami. Area perlindungan dari

sistem ini berupa bola ber-radius hingga 120 meter. Sistem ini dapat dikenali dengan kepalanya yang dikelilingi tiga bilah pembangkit beda tegangan dan dipasang pada tiang tinggi.

b. Radioaktif

Sistem dari penangkal petir ini adalah dengan memakai zat ber radiasi yang dapat menambah muatan pada terminal udara, misalnya Radium 226 dan Ameresium 241. Hal ini dikarenakan dua bahan tersebut mampu menghamburkan ion radiasinya dapat menambah muatan pada terminal udara yang dapat menetralkan muatan listrik awan. Namun, cara ini disepakati untuk tidak digunakan dikarenakan pemakaian zat ber-radiasi di sekitar masyarakat dapat menimbulkan efek negatif pada lingkungan hidup ataupun kesehatan masyarakat.



Gambar 2.12. Penangkal Petir Radioaktif

c. *Elektrostatic Field (EF)*

Sistem penangkal petir ini mengadopsi sebagian sistem radioaktif, yakni menambah muatan pada ujung terminal udara agar petir selalu memilih ujung ini untuk disambar. Namun pada sistem ini muatan pada terminal udara ditingkatkan melalui listrik awan yang menginduksi bumi.



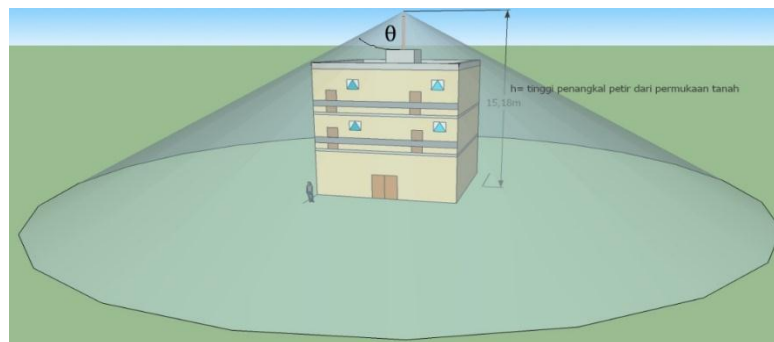
Gambar 2.13. Merk Penangkal Petir Radioaktif

2.1.4.3. Menentukan Zona Perlindungan

Dalam perancangan sistem instalasi penangkal petir biasanya didasari dengan jangkauan perlindungan yang ingin di capai. Jangkauan perlindungan tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan metode yang disesuaikan dengan jenis penangkal petir, untuk menentukan zona perlindungan penangkal petir dibagi menjadi beberapa cara, diantaranya:

1. Sistem proteksi kerucut (untuk penangkal petir pasif)

Sistem proteksi kerucut dapat digunakan baik untuk penangkal petir pasif jenis *Franklin Rod*, maupun penangkal petir pasif jenis Faraday. Berikut ini adalah proyeksi aturan sudut ketika menentukan zona perlindungan dengan sistem proteksi kerucut:



Gambar 2.14. Sistem Proteksi Kerucut

$$r_s = \frac{h}{\sin(90-\theta)} \times \sin \theta \dots\dots\dots (2.11)$$

Di mana:

r_s = Radius daerah perlindungan (m)

h = Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah

θ = Sudut perlindungan

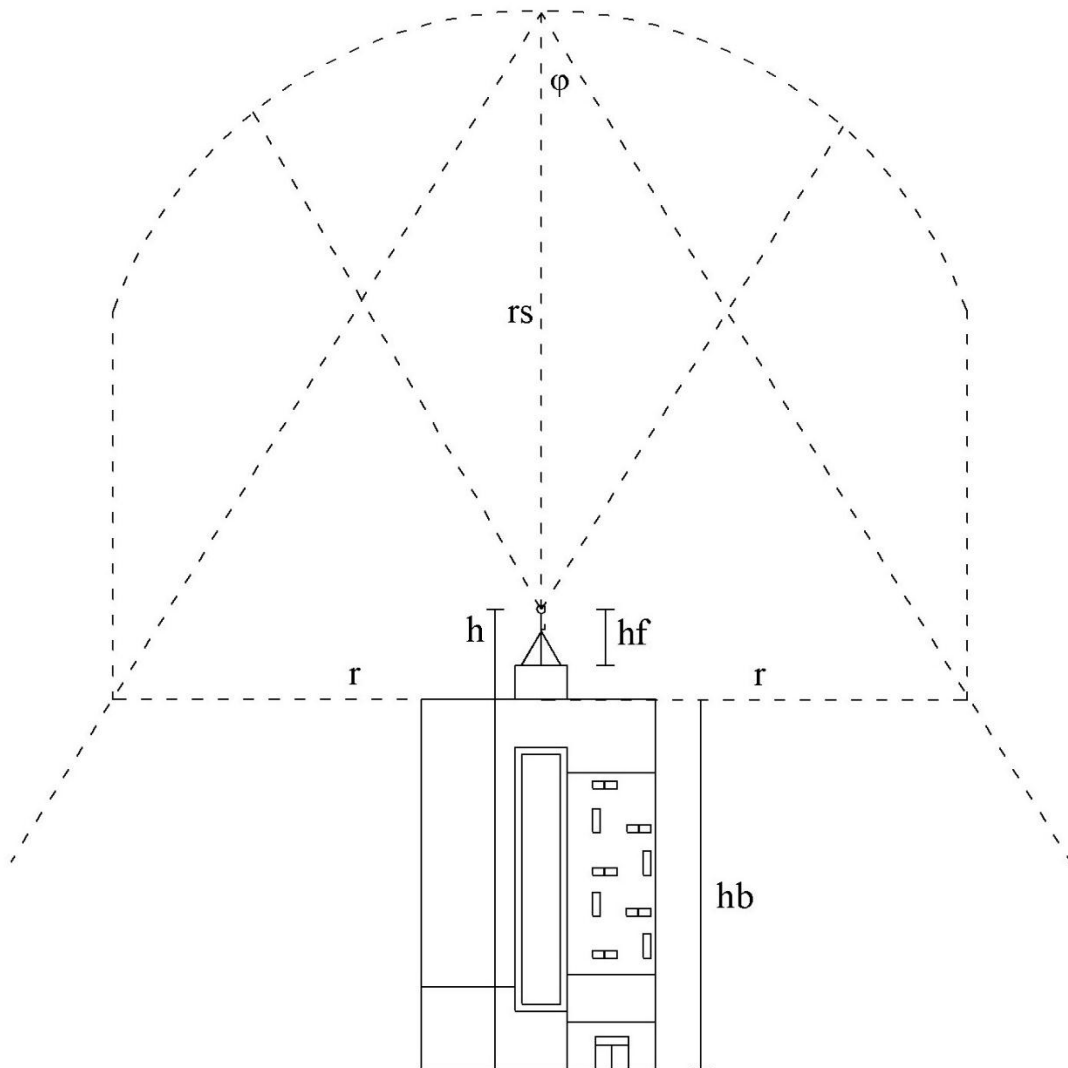
Untuk penentuan sudut perlindungan dari sebuah terminal udara pasif dapat ditentukan berdasarkan ketinggian penangkal petir dari permukaan tanah. Sudut perlindungan sistem penangkal petir pasif yang ditetapkan oleh SNI dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

2. Bola Bergulir (*rolling sphere*)

Metode ini merupakan metode dengan meletakkan suatu bola dengan sudut radius tertentu yang bergulir di atas tanah, disekeliling struktur objek, diatas struktur objek, kesegala arah hingga bertemu dengan permukaan tanah. Titik sentuh bola bergulir pada struktur merupakan titik yang harus diproteksi oleh konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak R dari ujung penangkap petir akan mempunyai kesempatan yang sama untuk menyambar bangunan. Besarnya R berhubungan dengan besar arus petir yang dinyatakan dengan persamaan:

$$R (m) = I^{0,75} \dots\dots\dots (2.12)$$

Bila ada arus petir yang besarnya lebih kecil dari nilai I mengenai bangunan, bangunan tersebut masih bisa menahan. Tetapi bila arus petir lebih besar dari nilai I, maka arus tersebut akan ditangkap oleh penangkap petir.



Gambar 2.15. Zona Perlindungan Menggunakan Metode Bola Bergulir

Metode bola bergulir memiliki beberapa parameter, yaitu Jarak Sambar, Distribusi Arus Puncak, Sudut Lindung dan Daerah Lindung.

a. Jarak Sambar

Jarak sambar atau *striking distance* adalah jarak antara ujung lidah petir yang bergerak ke bawah (*downward leader*) bertemu dengan petir penghunung yang bergerak ke atas (*connecting leader*) pada satu titik, dan titik ini disebut titik

sambar. Teori elektrogeometri adalah teori yang mengkorelasi hubungan antara sifat fisik listrik sambaran petir dengan geometri system penangkal petir. Secara empiris jarak sambar merupakan fungsi dari arus puncak petir, hubungan besar arus dengan jarak sambaran (r_s) ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$r_s = 10 I^{0,65} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

r_s = Jarak sambaran petir (m)

I = Arus puncak petir (kA)

b. Distribusi Arus Puncak

Arus puncak petir yang digunakan dalam menentukan jarak sambar atau sudut lindung ditentukan dari tingkat proteksi yang diinginkan. Untuk keperluan *engineering* diperlukan arus puncak dengan statistik 50%.

c. Sudut Lindung

Sudut lindung adalah sudut diantara garis singgung bola gelinding mengenai terminal udara dengan permukaan tanah. Sudut lindung juga dapat didekati dengan persamaan Hasse dan Wiesinger berikut ini:

$$\varphi = \sin^{-1} \left\{ 1 - \left(\frac{h}{r_s} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.14)$$

Untuk $h < r_s$

Dimana:

h = Tinggi batang tegak penangkal petir dari permukaan tanah (m)

r_s = Jarak sambar (m)

φ = Sudut perlindungan ($^{\circ}$)

Sedangkan sudut lindung dua buah batang tegak yang terpisah jarak S didapatkan dengan:

$$\varphi = \cos^{-1} \left\{ 1 - \left(\frac{S}{2r_s} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

r_s = Jarak sambar (m)

φ = Sudut perlindungan ($^{\circ}$)

S = Jarak antara dua buah batang tegak (m)

d. Daerah Lindung

Daerah lindung adalah area yang terlindungi oleh penyalur petir dari sambaran. Daerah lindung dapat dicari dengan mengetahui radius daerah perlindungannya. Besar radius daerah perlindungan (r) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$r = \sqrt{2r_s h - h^2} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

r = Radius daerah perlindungan (m)

r_s = Jarak sambaran (m)

h = Tinggi batang tegak penangkal petir dari permukaan (m)

2.1.5. Instalasi Penangkal Petir Menurut Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir

Universitas Negeri Jakarta merupakan suatu tempat kerja, karena menurut Undang-undang No.1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja, tempat kerja merupakan tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap dimana tenaga kerja bekerja. Salah satu dari tempat kerja adalah tempat dilakukan pendidikan, pembinaan, percobaan, penyelidikan atau riset (penelitian) yang menggunakan alat teknis.

Instalasi penangkal petir pada tempat kerja termasuk dalam pengawasan menteri tenaga kerja Republik Indonesia. Pengawasan ini tertuang dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No. PER.02/ MEN/1989. Pada peraturan menteri ini diatur banyak hal tentang pengawasan sistem penangkal petir yang didasari pada peraturan umum instalasi penangkal petir. Hal-hal tersebut pada penelitian ini dikelompokkan kedalam beberapa jenis, diantaranya adalah :

2.1.5.1. Persyaratan Umum Teknis Instalasi Penangkal Petir

Persyaratan umum teknik instalasi penangkal petir yang wajib dipatuhi oleh tempat kerja diantaranya :

1. Gambar instalasi penangkal petir sesuai dengan yang terpasang
 - a. Setiap pemasangan instalasi penangkal petir harus dilengkapi dengan gambar perencanaan yang meliputi gambar beserta keterangan terperinci sehingga dapat dipakai sebagai pegangan untuk perancangan, pemasangan, pengujian, dan pemeliharaan dari instalasi tersebut.
 - b. Setelah pemasangan harus tersedia gambar akhir (*as build drawing*).
2. Pemeliharaan, Diadakan pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala sebagai upaya agar penangkal petir berfungsi untuk jangka waktu yang lama.
3. Denah bangunan yang sesuai : Keterangan lengkap mengenai jenis, ukuran, serta tata letak.
4. Pemeriksaan berkala :
 - a. Terhadap karat.
 - b. Terhadap kerusakan.

2.1.5.2. Persyaratan Teknis Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir

Persyaratan teknik instalasi terminal udara penangkal petir yang wajib dipatuhi oleh tempat kerja diantaranya :

1. Penempatan terminal udara:
 - a. Terminal udara dipasang di tempat atau di bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir.
 - b. Pemasangan terminal udara pada atap mendatar harus benar- benar menjamin bahwa seluruh luas atap yang bersangkutan termasuk dalam daerah perlindungan.
 - c. Penerima yang dipasang di atas atap yang datar sekurang-kurangnya bagian bangunan yang bukan logam lebih tinggi 15 cm dari pada sekitarnya.
2. Untuk bagian bangunan yang bukan logam terminal udara dipasang menjulang keatas. Untuk bangunan dengan tinggi lebih dari 1 (satu) meter dari atap harus dipasang penerima tersendiri
3. Jumlah terminal udara, Untuk jumlah terminal udara yang dipasang pada penghantar mendatar, diatur dengan menggunakan jarak maksimum antara dua buah batang terminal udara yang berdekatan adalah 5 m.

2.1.5.3. Persyaratan Teknis Penyalur Turun Instalasi Penangkal Petir

Persyaratan teknik instalasi penyalur turun penangkal petir yang wajib dipatuhi oleh tempat kerja diantaranya :

1. Penempatan penyalur turun:
 - a. Penghantar penyalur turun harus dipasang sepanjang bubungan (nok) dan atau sudut sudut bangunan ke tanah sehingga penyalur turun merupakan suatu sangkar dari bangunan yang akan dilindungi.
 - b. Jarak antara alat-alat pemegang penyalur turun satu dengan yang lainnya tidak boleh lebih dari 1,5 meter.
 - c. Penyalur turun harus dipasang lurus ke bawah dan jika terpaksa dapat mendatar atau melampaui penghalang.
 - d. Penyalur turun harus dipasang dengan jarak tidak kurang 15 cm dari atap yang dapat terbakar.
 - e. Untuk mengamankan bangunan terhadap loncatan petir dari pohon yang letaknya dekat bangunan dan yang diperkirakan dapat tersambar petir, bagian bangunan yang terdekat dengan pohon tersebut harus dipasang penyalur turun.
 - f. Jarak minimum antara penyalur turun yang satu dengan yang lain:
 - 1) pada bangunan yang tingginya kurang dari 25 meter maximum 20 meter,
 - 2) pada bangunan yang tingginya antara 25-50 meter maka jaraknya $(30 - 0,4 \times \text{tinggi bangunan})$,
 - 3) pada bangunan yang tingginya lebih dari 50 meter maximum 10 meter.
 - g. Tidak memasang penyalur turun di bawah atap atau dalam bangunan.
 - h. Jarak antara kaki penerima dan titik pencabangan penyalur turun paling besar 5 (lima) meter.

- i. Penyalur turun harus selalu dipasang pada bagian- bagian yang menonjol yang diperkirakan dapat tersambar petir.
2. Pemasangan penyalur turun
 - a. Untuk bangunan yang tingginya kurang dari 25 meter dan mempunyai bagian-bagian yang menonjol kesamping harus dipasang beberapa penyalur turun.
 - b. Penyalur turun harus dipasang sedemikian rupa, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak mudah rusak.
 3. Jumlah penyalur turun
 - a. Instalasi penyalur petir dari suatu bangunan paling sedikit harus mempunyai 2 (dua) buah penyalur turun.
 - b. Instalasi penyalur petir yang mempunyai lebih dari satu penerima, dari penerima tersebut harus ada paling sedikit 2 (dua) buah penyalur turun.
 - c. Untuk bangunan yang memiliki lebar lebih dari 12 meter, diperlukan paling sedikit 4 buah penghantar penangkal petir.
 - d. Jika panjang bangunan lebih dari 20 meter diperlukan lagi tambahan sebuah penghantar penyalur petir berikutnya untuk setiap mulai kelebihan panjang dari 20 meter.

2.1.5.4. Persyaratan Teknis Pentanahan Instalasi Penangkal Petir

Persyaratan teknik instalasi pentanahan penangkal petir yang wajib dipatuhi oleh tempat kerja diantaranya :

1. Penempatan pentanahan
 - a. Elektroda bumi yang digunakan untuk pentanahan instalasi listrik tidak boleh digunakankan untuk pentanahan instalasi penyalur petir.

- b. Masing-masing penyalur turun dan suatu instalasi penyalur petir yang mempunyai beberapa penyalur turun harus disambungkan dengan elektroda kelompok.
 - c. Penghantar penyalur utama dihubungkan pada:
 - Elektroda pentanahan plat pita dengan panjang minimal 20 meter
 - 2 buah elektroda batang dengan masing-masing minimal 3 meter dan berjarak minimal 3 meter satu dengan yang lain
 - 1 buah elektroda batang dengan panjang minimal 6 meter
2. Nilai pentanahan tahanan pentanahan dari seluruh sistem pentanahan tidak boleh lebih dari 5 ohm.
 3. Elektroda bumi dan elektroda kelompok harus dapat diukur tahanan pentanahann secara tersendiri maupun kelompok.

2.1.6. Persyaratan Dimensi Minimum Untuk Komponen Sistem Penangkal Petir

Untuk pemilihan besar dimensi minimum suatu komponen instalasi penangkal petir pasif menggunakan acuan SNI 03-7015-2004, acuan ini berisi nilai minimum dimensi komponen instalasi penangkal petir yang dibagi berdasarkan bahan penyusunnya. Berikut ini adalah standar dimensi minimum untuk komponen instalasi penangkal petir pasif eksternal:

1. Terminasi Udara

Bahan dan ukuran minimum dari terminasi udara adalah sebagai berikut:

- Untuk terminasi udara berbahan tembaga / *cuprum* (Cu) adalah 35mm^2
- Untuk terminasi udara berbahan alumunium (Al) adalah 70mm^2
- Untuk terminasi udara berbahan besi / ferum (Fe) adalah 50mm^2

2. Konduktor Penyalur

Bahan dan ukuran minimum dari Konduktor Penyalur adalah sebagai berikut:

- Untuk konduktor penyalur berbahan tembaga / *cuprum* (Cu) adalah 16mm^2 .
- Untuk konduktor penyalur berbahan aluminium (Al) adalah 25mm^2 .
- Untuk konduktor penyalur berbahan besi / ferum (Fe) adalah 50mm^2 .

3. Terminasi Bumi/ Elektroda

Bahan dan ukuran minimum dari terminasi bumi adalah sebagai berikut:

- Untuk terminasi bumi berbahan tembaga / *cuprum* (Cu) adalah 50mm^2 .
- Untuk terminasi bumi berbahan besi / ferum (Fe) adalah 80mm^2 .

2.1.7. Definisi Operasional

Evaluasi sistem penangkal petir yang dilakukan pada penelitian ini adalah penilaian terhadap kualitas penangkal petir dengan cara membandingkan keadaan sesungguhnya terhadap standar yang telah ditetapkan untuk melihat keberhasilannya. Peraturan yang digunakan adalah Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Tahun 1983 dan Standar Nasional Indonesia 03-7105-2004.

2.2. Kerangka Berfikir

Petir seringkali menimbulkan kerusakan peralatan dan tidak jarang pula jatuh korban jiwa pada makhluk hidup yang terkena sambarannya. Dengan adanya penerapan sistem penangkal petir yang baik, aman, dan sesuai dengan standar yang berlaku dapat meningkatkan tingkat keamanan baik itu dari segi sistem elektrik, bangunan, maupun makhluk hidup yang berada di bangunan tersebut.

Langkah dalam melakukan penelitian diawali dengan melakukan observasi tempat penelitian yaitu Universitas Negeri Jakarta kampus A. Langkah yang selanjutnya adalah melakukan perhitungan dan pengukuran. Segala bentuk pengukuran dan perhitungan yang dilakukan bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan dengan keadaan yang sebenarnya pada lapangan.

Setelah menganalisis perhitungan serta melakukan pengukuran dengan observasi lapangan, diambil beberapa kesimpulan berdasarkan analisis tersebut dan beberapa saran guna meningkatkan sistem penangkal petir yang sudah ada.

2 BAB III

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian

Tempat dilakukannya penelitian ini adalah di Universitas Negeri Jakarta Kampus A sektor B, pada semester 104, yaitu terhitung sejak awal Maret 2016 hingga selesai dengan subjek penelitian sistem penangkal petir yang terdapat di gedung-gedung Universitas Negeri Jakarta Kampus A sektor B.

3.2. Metode dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode survey dengan pendekatan deskriptif, dimana pada penelitian ini peneliti hanya memaparkan saja gambaran yang terjadi pada fenomena yang dalam hal ini kegiatan yang diteliti, kemudian diambil kesimpulan. Penelitian deskriptif yang dilakukan lebih menekankan tindakan evaluasi. Penelitian evaluasi menuntut persyaratan yang harus dipenuhi yaitu adanya kriteria, tolak ukur atau standar yang digunakan sebagai pembanding bagi data yang diperoleh (Arikunto, 2010:36).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey dengan cara observasi. Observasi akan dilakukan pada objek yang akan diteliti yaitu penangkal petir eksternal pada gedung dan lingkungan Universitas Negeri Jakarta

kampus A sektor B, dengan mengamati secara langsung dan mengambil data dengan cara mengukur resistansi pentanahan serta mengecek resistivitas pada objek penelitian. Setelah memperoleh data, maka akan dilakukan evaluasi dengan cara data yang diperoleh akan dibandingkan dengan kriteria atau standar yang telah ditetapkan, yaitu SNI 03-7015-2004, dan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) tahun 1983. Hasil evaluasi berupa narasi yang dapat dijadikan sebagai saran atas tindakan selanjutnya.

3.3. Populasi dan Sampel

3.1.1 Populasi

Dalam (Sugiyono, 2009: 80) populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/ subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk diteliti dan ditarik kesimpulannya. Dalam penelitian ini populasi yang digunakan adalah seluruh penangkal petir eksternal yang ada di gedung dan lingkungan yang terdapat di Universitas Negeri Jakarta kampus A sektor B.

3.1.2 Sampel

Dalam (Sugiyono, 2009: 81) sampel adalah bagian dari karakteristik yang dimiliki oleh populasi. Sampel dalam penelitian ini adalah seluruh penangkal petir eksternal yang dimiliki oleh Universitas Negeri Jakarta kampus A sektor B. Teknik penentuan sampel diambil pada semua anggota populasi yang memiliki penangkal petir. Maka dari itu, teknik sampel dalam penelitian ini disebut *sampling jenuh* (Sugiyono, 2009:85).

3.4. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik, dalam arti lebih cermat, lengkap dan sistematis sehingga lebih mudah diolah (Arikunto, 2010:203). Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

2.1.1. *AutoCAD*

AutoCAD adalah perangkat lunak disain grafis untuk menggambar 2 dimensi dan 3 dimensi yang dikembangkan oleh *Autodesk*. *AutoCAD* digunakan oleh berbagai bidang keteknikan dan juga arsitektur. Format data asli *AutoCAD* adalah DWG. Format data yang bisa dipertukarkan adalah DXF yang secara de facto menjadi standard data CAD. Akhir-akhir ini *AutoCAD* sudah mendukung format data DWF, sebuah format yang diterbitkan dan dipromosikan oleh *Autodesk* untuk mempublikasikan data CAD.



Gambar 3.1. Logo AutoCAD 2007

2.1.2. *Microsoft Excel*

Microsoft Excel atau *Microsoft Office Excel* adalah sebuah program aplikasi lembar kerja *spreadsheet* yang dibuat dan didistribusikan oleh *Microsoft Corporation* yang dapat dijalankan pada *Microsoft Windows*, *Mac OS*, ataupun aplikasi *office* yang mendukung di Android. Aplikasi ini memiliki fitur kalkulasi

dan pembuatan grafik. Aplikasi ini digunakan sebagai operasional perhitungan dengan memasukkan fungsi yang dibutuhkan.



Gambar 3.2. Logo Microsoft Excel 2007

2.1.3. *Google Sketch Up*

Sama halnya seperti *AutoCAD*, *Google Sketch Up* merupakan perangkat lunak desain grafis untuk menggambar 2 dimensi dan 3 dimensi. Berbeda dengan tampilan *AutoCAD*, *Google Sketch Up* menampilkan desain 3 dimensi yang lebih mudah untuk dipahami oleh orang awam. Kegunaan *Google Sketch Up* selain untuk mendesain, hasil yang telah dibuat berupa model dapat diletakkan di *Google Earth* atau dipamerkan di *3D Warehouse*.

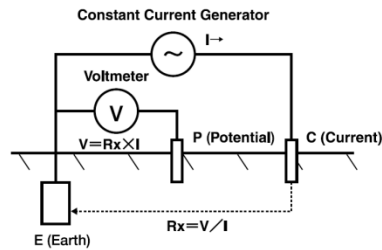
2.1.4. *Earth Tester*

Menurut Bhattacharya (2003: 233), *earth resistance can also be measured by means of an earth tester. The earth tester is a special type of ohmmeter which sends ac through earth and dc through the measuring instruments...* (Bhattacharya dan Rastogi, 2003: 233). Tahanan pembumian dapat pula diukur dengan alat *earth tester*. *Earth tester* adalah tipe ohmmeter spesial yang dapat mengalirkan arus bolak balik ke tanah dan arus searah ke instrumen pengukuran. *Earth tester* yang digunakan pada penelitian ini adalah kyoritsu digital *earth tester* model 4105A.



Gambar 3.1. Earth Tester Model 4105A

Cara kerja alat ini menurut manual book yang dikeluarkan oleh KYORITSU ELECTRICAL INSTRUMENTS WORKS, LTD. Adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4. Cara Kerja Earth Tester Model 4105A

Alat ini membuat pengukuran resistansi bumi dengan metode fall-of-potential, yang merupakan metode untuk mendapatkan nilai resistansi bumi R_x dengan menerapkan arus AC yang konstan konstan antara objek yang akan diukur E (elektroda bumi) dan C (elektroda arus), dan mencari tahu perbedaan potensial V antara E dan P (potensial elektroda).

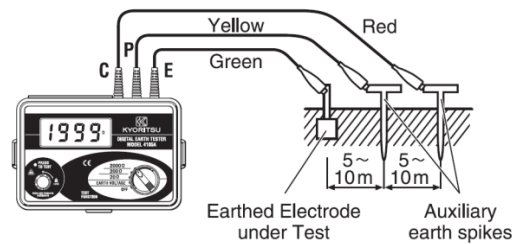
$$R_x = V / I \dots\dots\dots (3.1)$$

Dan berikut ini adalah cara penggunaan alat ini:

1. Menguji Koneksi Probe

Masukan T paku bumi P dan C ke dalam tanah. paku bumi tersebut harus sejajar pada jarak antara 5 – 10 meter dari alat pembumian yang sedang diuji. Sambungkan kabel warna hijau ke alat pembumian yang akan diuji, lalu kabel warna kuning disambungkan ke paku bumi P dan kabel warna merah ke paku bumi C dari terminal E, P, dan C sesuai dengan urutan.

Catatan : pastikan untuk menancapkan paku bumi pada bagian tanah yang lembab. Apabila paku bumi harus ditancapkan pada tanah yang kering, berbatu atau berpasir, berikan air yang cukup sampai tanah tersebut cukup lembab. Dalam kasus konkret, bisa juga dengan menaruh paku bumi di bawah lalu diberi air, atau tempelkan lap basah atau semacamnya pada paku bumi ketika melakukan pengukuran.



Gambar 3.5. Cara Penggunaan Earth Tester Model 4105A

2. Pengukuran Tegangan Bumi

Arahkan saklar ke posisi *Earth Voltage* pada kondisi 1. Hasil Tegangan Bumi akan ditunjukkan pada layar. Pastikan tegangan yang dihasilkan dibawah dari 10 V. Ketika layar menunjukkan lebih dari 10V, maka hal tersebut dapat menyebabkan error pada saat pengukuran resistansi bumi. Untuk menghindari hal tersebut, lakukan pengukuran ulang setelah mengurangi tegangan dengan cara mematikan power supply pada alat yang sedang diuji.

3. Pengukurang yang tepat

Atur saklar pada posisi 2000Ω lalu tekan tombol test. LED akan menyala/berkedip saat testing. Putar saklar pada posisi 200Ω dan 20Ω ketika resistansi bumi yang dihasilkan rendah. Nilai yang ditunjukkan adalah hasil resistansi bumi pada alat yang sedang diujikan.

2.1.5. Multimeter

Multimeter pada penelitian ini digunakan sebagai alat untuk menguji konektivitas antara terminal udara dengan kabel pada terminal pentanahan. Multimeter yang kami gunakan pada penelitian ini adalah multimeter Ewig YX-360TRe.



Gambar 3.6. Multimeter Ewig YX-360TRe

Cara menguji konektivitas antara terminal udara dengan kabel pada terminal pentanahan adalah sebagai berikut:

1. Mengatur selektor pada posisi Ohmmeter.
2. Memilih skala batas ukur X 1 Ω .
3. Menghubungkan salah satu probe dengan kabel yang telah dihubungkan dengan terminal udara dan probe lainnya pada terminal pentanahan.
4. Baca hasil ukur konektivitas.
5. Jika jarum multimeter tidak menunjuk kemungkinan kabel atau terminal tersebut putus.

3.4.6. Pertanyaan / Wawancara

Poin yang menjadi topik wawancara yang dilakukan selama penelitian, baik selama pengolahan data maupun saat observasi dilapangan diantaranya:

1. Tipe penangkal petir yang dipakai

- a. Jenis terminal udara, dan bahan.
 - b. Jenis *down conductor*.
 - c. Sistem pentanahan
2. Desain sistem penangkal petir.
 3. Instalasi penangkal petir yang terdapat di setiap gedung Universitas Negeri Jakarta

3.4.7. Form Observasi

Berikut adalah isi dari form observasi yang digunakan pada penelitian ini guna membantu dalam penganalisisan data.

Nama Gedung :

Dimensi Gedung :

Panjang :

Lebar :

Tinggi :

Spesifikasi Penangkal Petir :

Merk Penangkal Petir:

Jenis :

Tipe :

Radius Perlindungan :

Tingkat Korosi :

Detail Peralatan Instalasi Sistem Penangkal Petir :

Terminal Udara :

Bahan tiang penyangga :

Panjang tiang penyangga :

Diameter tiang penyangga :
Lampu indikator :
Tingkat korosi :

Konduktor :

Jenis kabel :
Konstruksi konduktor :
Diameter konduktor :
Tingkat korosi :

Elektroda Pembumian :

Ukuran bak kontrol :
Konstruksi bak kontrol :
Jenis elektroda :
Bahan elektroda :
Panjang elektroda :
Diameter elektroda :
konduktor pentanahan :
Luas penampang :
Tingkat korosi :
Resistivitas :

Instalasi Sistem Penangkal Petir:

Konektivitas :

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Dalam melakukan suatu penulisan, agar berjalan lancar dan mencapai sasaran yang diharapkan, maka harus didukung dengan teknik pengumpulan data yang tepat. Teknik pengumpulan data yang peneliti gunakan diantaranya:

1. Studi Literatur

Dengan mempelajari buku- buku referensi, peraturan, dan standarisasi yang telah dibukukan, sehingga peneliti dapat memperoleh landasan teori dan rumus-rumus yang digunakan sebagai alat untuk menganalisa data sesuai dengan penelitian.

2. Observasi dan Wawancara

Observasi dan wawancara dilakukan guna memperoleh data guna melakukan analisa dan untuk memperoleh bahan atau keterangan dalam melengkapi penulisan. Observasi di lapangan termasuk mengukur tahanan tanah menggunakan *Earth Megger* dan menguji konektivitas menggunakan multimeter analog.

3. Bimbingan

Dengan melaksanakan bimbingan aktif dengan dosen yang dapat menambah pemahaman mengenai apa yang diteliti.

4. Analisa

Ketika data terkumpul sudah lengkap, peneliti melakukan analisa tentang apa yang didapat, sehingga dapat menyimpulkan penelitian ini dengan akurat dan dapat memberi saran guna kemajuan sistem proteksi petir di Universitas Negeri Jakarta.

Tabel 3.5. Tahanan Pentanahan

No	Nama Gedung	Urutan Terminal Ukur/ Penyalur Turun	Ketetapan	Aktual
1				
2				
...

Tabel 3.6. Hasil Uji Konektivitas

No	Nama Gedung	Hasil Uji Konektivitas	Keterangan
1			
2			
...

Setelah data-data pendukung di tabel-tabel tersebut telah dilengkapi, selanjutnya dilakukan analisis beberapa objek dengan perhitungan melalui persamaan tertentu, berikut ini adalah persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisis data-data yang telah di dapat :

1. Luas Penampang Konduktor

Untuk menganalisis luas penampang konduktor digunakan rumus luas penampang yang disesuaikan pada tingkat proteksi yang dibutuhkan oleh gedung. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan :

$$A = I_0 \times \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} S}{\log_{10} \left(\frac{T}{274} + 1 \right)}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

- A = Luas penampang (m²)
- I₀ = Arus petir maksimum (A)
- S = Lama arus gangguan (s)
- T = Temperatur konduktor yang diizinkan (°C)

Untuk setiap penampang kabel konduktor yang dilewatkan oleh arus petir tidak boleh kurang dari luas penampang yang dianalisis.

2. Diameter Elektroda

Untuk menganalisis diameter elektroda digunakan rumus diameter elektroda yang disesuaikan dengan kebutuhan hambatan pentanahan. Berikut ini adalah persamaan tersebut:

$$a = \frac{4L}{e \frac{R4\pi L}{\rho} + 1} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

a = Diameter elektroda (m)

L = Panjang elektroda (L)

R = Tahanan pentanahan (Ω)

ρ = Tahanan pentanahan (Ωm)

Untuk diameter elektroda tidak boleh kurang dari diameter yang telah di analisis. Agar mendapatkan tahanan yang ditetapkan.

3. Tahanan Pentanahan

Untuk menganalisis tahanan pentanahan digunakan persamaan berikut ini:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right\} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

R = Tahanan pentanahan (Ω)

ρ = Tahanan pentanahan (Ωm)

L = Panjang elektroda (L)

a = Diameter elektroda (m)

4. Panjang Elektroda Pentanahan

Untuk menganalisis panjang elektroda pentanahan digunakan persamaan yang sama dengan tahanan pentanahan, yaitu :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right\} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

R = Tahanan pentanahan (Ω)

ρ = Tahanan pentanahan (Ωm)

L = Panjang elektroda (L)

a = Diameter elektroda (m)

Namun dalam hal ini, untuk menganalisis panjang elektroda pentanahan minimum digunakan bantuan program microsoft excel untuk mendapatkan angka yang sesuai dengan hambatan, tahanan pentanahan, diameter elektroda dan masa jenis tanah.

5. Radius Perlindungan

Untuk mendapatkan radius perlindungan penangkal petir, digunakan bantuan *software* autocad dan google sketchup nilai radius perlindungan, terdapat dua cara yang digunakan, pemilihan cara tersebut disesuaikan dengan jenis penangkal petir yang terpasang.

a. Radius Perlindungan Penangkal Petir Pasif

Untuk penangkal petir pasif, digunakan radius perlindungan sudut proteksi dengan memanfaatkan rumus berikut ini:

$$r = \frac{h}{\sin(90-\theta)} \times \sin \theta \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan:

r = Radius perlindungan

h = Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah

θ = Sudut perlindungan

Sudut perlindungan yang digunakan disesuaikan dengan tinggi penangkal petir dari permukaan tanah.

b. Radius Perlindungan Penangkal Petir Aktif

Beberapa langkah untuk mencari radius perlindungan penangkal petir aktif diantaranya:

1) Menentukan arus puncak

$$R_{(m)} = I^{0,75}$$

$$I = \sqrt[0,75]{R_{(m)}} \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana :

$R_{(m)}$ = Jari- jari bola bergulir (tergantung level proteksi petir)

I = Arus sembar petir (kA)

2) Menentukan jarak sambar petir

$$r_s = 10 \times I^{0,65} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana :

r_s = Jarak sambar petir

I = Arus sembar petir (kA)

3) Sudut perlindungan

$$\varphi = \sin^{-1} \left\{ 1 - \left(\frac{h}{r_s} \right) \right\} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana :

φ = Sudut perlindungan

h = Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah (m)

r_s = Jarak sambar petir

4) Radius perlindungan

$$r = \sqrt{2r_s h - h^2} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana :

r = Radius perlindungan

h = Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah (m)

r_s = Jarak sambar petir

Tabel 3.7. Perhitungan

No.	Benda	Spesifikasi	Aktual	Analisis	Standar	Keterangan
1.	Luas Penampang Konduktor penghubung					
2.	Diameter elektroda					
3.	Tahanan pentanahan					
4.	Panjang elektroda pentanahan					
5.	Radius perlindungan					

Setelah melakukan observasi, pengukuran dan perhitungan, kemudian membandingkan hasil temuan pada acuan standar yang berlaku di Indonesia dengan bantuan tabel cek list berikut ini:

Tabel 3.8. Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Umum Teknis Instalasi

Penangkal Petir

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
1	Gambar instalasi penangkal petir sesuai dengan yang terpasang	- Setiap pemasangan instalasi penangkal petir harus dilengkapi dengan gambar perencanaan yang meliputi gambar beserta keterangan terperinci sehingga dapat dipakai sebagai pegangan untuk perancangan, pemasangan, pengujian, dan pemeliharaan dari instalasi tersebut.			
		- Keterangan lengkap mengenai jenis, ukuran, serta tata letak.			
2	Pemeliharaan	- Diadakan pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala sebagai upaya agar penangkal petir berfungsi untuk jangka waktu yang lama			
3	Pemeriksaan berkala	- Terhadap karat			
		- Terhadap kerusakan			
		- Diadakan pemeriksaan dan pengujian secara berkala dua tahun sekali.			

Tabel 3.9. Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir

No	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
1	Penempatan terminal udara	- Terminal udara dipasang di tempat atau bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir.			
		- Pemasangan penerima pada atap yang mendarat harus benar-benar menjamin bahwa seluruh luas atap yang bersangkutan termasuk dalam daerah perlindungan			
		- Penerima yang dipasang di atas atap yang datar sekurang-kurangnya lebih tinggi 15 cm dari pada sekitarnya			
2	Bagian bangunan yang bukan logam	- Semua bagian bangunan yang terbuat dari bukan logam terminal udara yang dipasang menjulang keatas. Untuk bangunan dengan tinggi lebih dari 1 (satu) meter dari atap harus dipasang penerima tersendiri.			

No	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi	Ket.
----	-------------	--------------------------------	---------	------

			Ya	Tidak	
3	Jumlah terminal udara	- Jumlah terminal udara yang dipasang menggunakan jarak maksimum antara dua buah batang terminal udara yang berdekatan adalah 5 meter.			

Tabel 3.10. Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Penyalur Turun Instalasi Penangkal Petir

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket
			Ya	Tidak	
1	Penempatan penyalur turun	- Penghantar penyalur turun harus dipasang sepanjang bubungan (nok) dan atau sudut sudut bangunan ke tanah sehingga penyalur turun merupakan suatu sangkar dari bangunan yang akan dilindungi			
		- Jarak antara alat-alat pemegang penyalur turun satu dengan yang lainnya tidak boleh lebih dari 1,5 meter.			
		- Penyalur turun harus dipasang lurus ke bawah dan jika terpaksa dapat mendatar atau melampaui penghalang.			
		- Penyalur turun harus dipasang dengan jarak tidak kurang 15 cm dari atap yang dapat terbakar.			
		- Bagian bangunan yang terdekat dengan pohon yang mengakibatkan loncatan petir tersebut harus dipasang penyalur turun.			
		- Jarak maksimum antara penyalur turun yang satu dengan yang lain: a. pada bangunan yang tingginya kurang dari 25 meter maximum 20 meter; b. pada bangunan yang tingginya antara 25-50 meter maka jaraknya $(30 - 0,4 \times \text{tinggi bangunan})$; c. pada bangunan yang tingginya lebih dari 50 meter maximum 10m			

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket
			Ya	Tidak	
		- Tidak memasang penyalur turun di bawah atap atau dalam bangunan.			
		- Jarak antara kaki penerima dan titik percabangan penyalur turun paling besar 5meter.			
		- Penyalur turun harus selalu dipasang pada bagian- bagian yang menonjol yang diperkirakan dapat tersambar petir			
2	Pemasangan penyalur turun	- Untuk bangunan yang mempunyai bagian-bagian yang menonjol kesamping harus dipasang beberapa penyalur turun.			
		- Penyalur turun harus dipasang sedemikian rupa, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak mudah rusak.			
3	Jumlah penyalur turun	- Instalasi penyalur petir dari suatu bangunan paling sedikit harus mempunyai 2 (dua) buah penyalur turun.			
		- Instalasi penyalur petir yang mempunyai lebih dari satu penerima, dari penerima tersebut harus ada paling sedikit 2 (dua) buah penyalur turun.			
		- Untuk bangunan yang memiliki lebar lebih dari 12 meter, diperlukan paling sedikit 4 buah penghantar penangkal petir.			
		- Jika panjang bangunan lebih dari 20 meter diperlukan lagi tambahan sebuah penghantar penyalur petir berikutnya untuk setiap mulai kelebihan panjang dari 20 meter.			

Tabel 3.11. Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Pentanahan Instalasi Penangkal Petir

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket
			Ya	Tidak	
1	Penempatan terminal pentanahan	- Elektroda bumi yang digunakan untuk pembumian instalasi listrik tidak boleh digunakannya untuk pembumian instalasi penyalur petir.			
		- Masing-masing penyalur turun dan suatu instalasi penyalur petir yang mempunyai beberapa penyalur turun harus disambungkan dengan elektroda kelompok			
		- Penghantar penyalur utama dihubungkan pada: <ol style="list-style-type: none"> a. Elektroda pentanahan plat pita dengan panjang minimal 20 meter b. 2 buah elektroda batang dengan masing-masing minimal 3 meter dan berjarak minimal 3 meter satu dengan yang lain c. 1 buah elektroda batang dengan panjang minimal 6 meter 			
2	Nilai pentanahan	- Tahanan pembumian dan seluruh sistem pembumian tidak boleh lebih dan 5 ohm			
3	Pemasangan pentanahan	- Elektroda bumi dan elektroda kelompok harus dapat diukur tahanan pembumiannya secara tersendiri maupun kelompok			

Untuk pemilihan besar dimensi minimum suatu komponen instalasi penangkal petir pasif menggunakan acuan SNI 03-7015-2004, acuan ini berisi nilai minimum dimensi komponen instalasi penangkal petir yang dibagi berdasarkan bahan penyusunnya. Berikut ini adalah tabel dimensi minimum untuk komponen instalasi penangkal petir pasif yang digunakan sebagai acuan pengecekan pada saat penelitian berlangsung:

Tabel 3.12. Dimensi Minimum Untuk Bahan Sistem Penangkal Petir

No	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan SNI	Kondisi		Ket
			Ya	Tidak	
1.	Terminasi Udara	- Bahan dan ukuran minimum dari terminasi udara adalah sebagai berikut: a. Untuk terminasi udara berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 35 mm ² b. Untuk terminasi udara berbahan alumunium (Al) adalah 70 mm ² c. Untuk terminasi udara berbahan besi / Ferum (Fe) adalah 50 mm ²			
2.	Konduktor Penyalur	- Bahan dan ukuran minimum dari Konduktor Penyalur adalah sebagai berikut: a. Untuk konduktor penyalur berbahan tembaga/Cuprum (Cu) adalah 16 mm ² b. Untuk konduktor penyalur berbahan alumunium (Al) adalah 25 mm ² c. Untuk konduktor penyalur berbahan besi / Ferum (Fe) adalah 50 mm ²			
3.	Terminasi Bumi	- Bahan dan ukuran minimum dari terminasi bumi adalah sebagai berikut: a. Untuk terminasi bumi berbahan tembaga/Cuprum (Cu) adalah 50 mm ² b. Untuk terminasi bumi berbahan besi / Ferum (Fe) adalah 80 mm ²			

Data yang telah diperoleh dari lapangan selanjutnya akan dianalisis secara deskriptif dengan bantuan **Tabel 3.1.** sampai dengan **Tabel 3.6.** dan **perhitungan** yang hasilnya ditampilkan pada **Tabel 3.7.** untuk mendapat kesimpulan dari penelitian ini. Analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran di lapangan dilakukan perhitungan dan menentukan radius perlindungan setiap penangkal petir. Lalu membandingkan dengan

data yang didapat dari pengukuran agar diketahui kesesuaian data dan radius perlindungan yang diperlukan mencakup seluruh Sektor B.

2. Setelah melakukan observasi, pengukuran dan perhitungan, kemudian membandingkan hasil temuan pada acuan standar penangkal petir SNI 03-7015-2004, dan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) tahun 1983.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh beberapa hasil observasi lapangan yaitu berupa data, gambar dan pengumpulan dokumentasi instalasi penangkal petir berupa foto, serta hasil wawancara oleh pengelola gedung sebagai narasumber. Berikut ini merupakan hasil penelitian mengenai evaluasi penangkal petir di Universitas Negeri Jakarta khususnya pada kampus A sektor B.

4.1.1. Data Hasil Penelitian

Data penelitian yang diambil meliputi data dimensi gedung yang dapat dilihat pada Tabel 4.1, data spesifikasi sistem penangkal petir pada Tabel 4.2, data instalasi penangkal petir pada Tabel 4.3, data hasil pengukuran tahanan pentanahan dapat dilihat di Tabel 4.4, data uji konektifitas dapat dilihat pada Tabel 4.5, data taksiran resiko terhadap PUIPP dapat dilihat pada Tabel 4.6, data tarksiran resiko terhadap SNI 03-7015-2004 pada Tabel 4.7.

Tabel 4.1. Dimensi Gedung UNJ Kampus A Sektor B

No.	Gedung	Panjang (meter)	Lebar (meter)	Tinggi (meter)	Luas (meter ²)
1.	Rektorat	26,51	26,58	19,675	704,64
2.	Raden Adjeng Kartini	44	24	43,5	1056
3.	Raden Dewi Sartika	44	24	43,5	1056
4.	B	47,071	18	10,431	847,278
5.	C	47,071	18	10,431	847,278
6.	CD	18,25	21	7,3	383,25
7.	D	47,071	18	10,431	847,278
8.	LPM	16,8	10,75	5,4	180,6
9.	P	24	15	5,9	360
10.	Q	46,5	17,82	10,431	828,63

11.	R	24,84	13,7	8,1	340,308
12.	R STUDIO TARI	17,5	13,7	8,1	239,75
13.	S	46,5	17,82	10,431	828,63

Tabel 4.2. Spesifikasi Penangkal Petir Gedung UNJ Kampus A Sektor B

No	Gedung	Jenis Penangkal Petir	Merk	Jumlah Terminal Udara	Kabel penghantar	Radius (m)	Tinggi Batang Penyangga	Terminal Pengujian
1.	Rektorat	Pasif	-	4	BC 50 mm ²	-	1,75 meter	-
2.	Raden Adjeng Kartini	Aktif	-	1	BC 70 mm ²	60	6 meter	1
3.	Raden Dewi Sartika	Aktif	-	1	BC 70 mm ²	60	6 meter	1
4.	B	-	-	-	-	-	-	-
5.	C	-	-	-	-	-	-	-
6.	D	-	-	-	-	-	-	-
7.	CD	-	-	-	-	-	-	-
8.	LPM	-	-	-	-	-	-	-
9.	P	-	-	-	-	-	-	-
10.	Q	-	-	-	-	-	-	-
11.	R	-	-	-	-	-	-	-
12.	R studio tari	-	-	-	-	-	-	-
13.	S	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4.3. Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung UNJ Kampus A Sektor B

No	Gedung	Gambar Instalasi		Klem Kabel Konduktor	Kondisi Penyalur Turun	Sambungan		
		Posisi	Detail			Ada	Tidak	Ket
1.	Rektorat	Tidak Ada	Tidak Ada	Ada	Masuk ke dalam bangunan	-	-	Tidak dapat dilepas
2.	Raden Adjeng Kartini	Ada	Ada	Ada	Masuk ke dalam bangunan	√	-	Dapat dilepas
3.	Raden Dewi Sartika	Ada	Ada	Ada	Masuk ke dalam bangunan	-	-	Bak tertutup tanah
4.	B	-	-	-	-	-	-	-

No	Gedung	Gambar Instalasi		Klem Kabel Konduktor	Kondisi Penyalur Turun	Sambungan		
		Posisi	Detail			Ada	Tidak	Ket.
5.	C	-	-	-	-	-	-	-
6.	D	-	-	-	-	-	-	-
7.	CD	-	-	-	-	-	-	-
8.	LPM	-	-	-	-	-	-	-
9.	P	-	-	-	-	-	-	-
10.	Q	-	-	-	-	-	-	-
11.	R	-	-	-	-	-	-	-
12.	R studio Tari	-	-	-	-	-	-	-
13	S	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4.4. Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan Sistem Penangkal Petir Gedung UNJ Kampus A Sektor B

No.	Gedung	Bak Kontrol	Ketentuan*	Aktual	Keterangan
1.	Rektorat	1	≤ 5 ohm	0,17 ohm	Diuji pada saat tanah lembab
2.	Raden Adjeng Kartini	1		1,03 ohm	-
3.	Raden Dewi Sartika	-		-	Bak grounding tertimbun tanah
4.	B	-	-	-	-
5.	C	-	-	-	-
6.	D	-	-	-	-
7.	CD	-	-	-	-
8	LPM	-	-	-	-
9.	P	-	-	-	-
10.	Q	-	-	-	-
11.	R	-	-	-	-
12.	R Studio Tari	-	-	-	-
13.	S	-	-	-	-

(*) Ketentuan yang berlaku adalah menurut Peraturan Menteri Nomor Per.02/MEN/1989

Tabel 4.5. Hasil Uji Konektifitas Penangkal Petir Gedung UNJ Kampus A Sektor B

No.	Nama Gedung	Uji Konektifitas	Keterangan
1.	Rektorat	Tersambung	
2.	Raden Adjeng Kartini	Tersambung	
No.	Nama Gedung	Uji Konektifitas	Keterangan
3.	Raden Dewi Sartika	Tidak Tersambung	Terminal udara rusak tersambar petir & Bak grounding tertimbun tanah
4.	B	-	Tidak ada penangkal petir
5.	C	-	Tidak ada penangkal petir
6.	D	-	Tidak ada penangkal petir
7.	CD	-	Tidak ada penangkal petir
8.	LPM	-	Tidak ada penangkal petir
9.	P	-	Tidak ada penangkal petir
10.	Q	-	Tidak ada penangkal petir
11.	R	-	Tidak ada penangkal petir
12.	R Studio Tari	-	Tidak ada penangkal petir
13.	S	-	Tidak ada penangkal petir

Tabel 4.6 Taksiran Resiko Gedung UNJ Kampus A Sektor B Menurut PUIPP

No.	Gedung	Indeks						Perkiraan Bahaya	Pengamanan
		A	B	C	D	E	R		
1.	Rektorat	3	1	4	0	5	13	Agak besar	Dianjurkan
2.	Raden Adjeng Kartini	3	2	6	0	5	16	Sangat Besar	Sangat perlu
3.	Raden Dewi Sartika	3	2	6	0	5	16	Sangat Besar	Sangat perlu
4.	B	3	2	2	0	5	12	Sedang	Dianjurkan
5.	C	3	2	2	0	5	12	Sedang	Dianjurkan
6.	D	3	2	2	0	5	12	Sedang	Dianjurkan
7.	CD	3	2	2	0	5	12	Sedang	Dianjurkan
8.	LPM	3	2	1	0	5	11	Kecil	Tidak perlu
9.	P	3	2	1	0	5	11	Kecil	Tidak perlu
10.	Q	3	2	2	0	5	12	Sedang	Dianjurkan
11.	R	3	2	2	0	5	12	Sedang	Dianjurkan
12.	R Studio Tari	3	1	2	0	5	11	Kecil	Tidak perlu
13.	S	3	2	2	0	5	12	Sedang	Dianjurkan

Tabel 4.7. Taksiran Resiko Gedung UNJ Kampus A Sektor B Menurut SNI 03-7015-2004

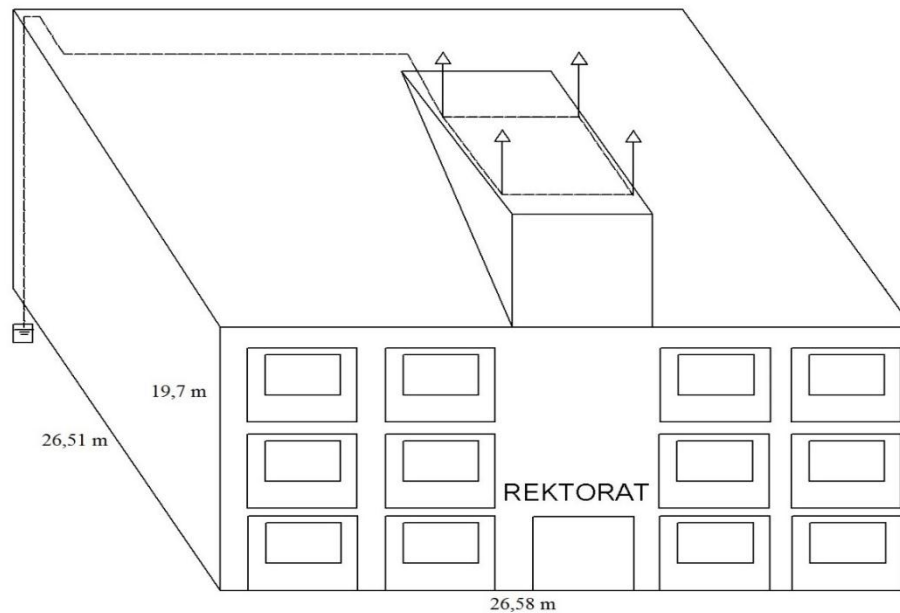
No.	Gedung	A (m)	B (m)	h (m)	Ae ($ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2$) (m ²)	Ng ($0,04 Td^{1,25}$) (km ² /thn)	Nd ($Ng \times Ae \times 10^{-6}$) (per thn)	Nc	Kebutuhan		Ec	Level
									Ya	Tidak		
1.	Rektorat	26,51	26,58	19,675	17911.51	6,13	0.11	0,1	√		0,09	4

No.	Gedung	A (m)	B (m)	h (m)	Ae (ab + 6h(a+b) + 9πh ²) (m ²)	Ng (0,04 Td ^{1,25}) (km ² /thn)	Nd (Ng x Ae x 10 ⁻⁶) (per thn)	Nc	Kebutuhan		Ec	Level
									Ya	Tidak		
2.	Raden Adjeng Kartini	44	24	43,5	72278,98	6,13	0,44	0,1	√		0,77	4
3.	Raden Dewi Sartika	44	24	43,5	72278,98	6,13	0,44	0,1	√		0,77	4
4.	B	47,071	18	10,431	7994,66	6,13	0,049	0,1		√	-	-
5.	C	47,071	18	10,431	7994,66	6,13	0,049	0,1		√	-	-
6.	CD	18,25	21	7,3	3608,38	6,13	0,022	0,1		√	-	-
7.	D	47,071	18	10,431	7994,66	6,13	0,049	0,1		√	-	-
8.	LPM	16,8	10,75	5,4	1897,29	6,13	0,011	0,1		√	-	-
9.	P	24	15	5,9	2724,34	6,13	0,016	0,1		√	-	-
10.	Q	46,5	17,82	10,431	7928,04	6,13	0,048	0,1		√	-	-
11.	R	24,84	13,7	8,1	4067,49	6,13	0,024	0,1		√	-	-
12.	R Studio Tari	17,5	13,7	8,1	3564,71	6,13	0,021	0,1		√	-	-
13.	S	46,5	17,82	10,431	7928,04	6,13	0,048	0,1		√	-	-

4.1.2. Data Gambar Instalasi Sistem Penangkal Petir Sektor B

4.1.2.1. Gambar Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat

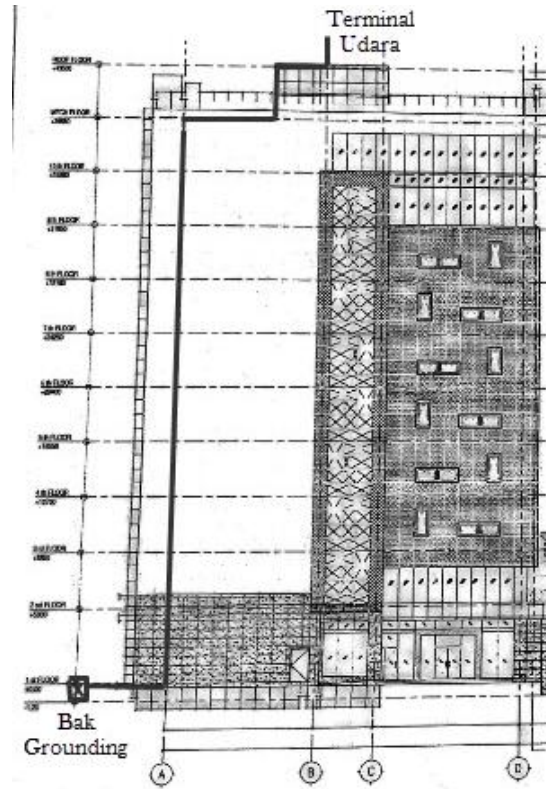
Gedung Rektorat tidak memiliki gambar spesifikasi sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti, gedung rektorat memiliki empat buah batang splitzen jenis pasif yang terpasang dibagian atap tertinggi gedung. Instalasi penghantar turun pada gedung ini sebanyak satu buah yang terpasang dibagian atap luar gedung, selanjutnya turun dibagian sisi gedung langsung ke dalam tanah tanpa terhubung terminal pentanahan atau bak grounding. Instalasi sistem penangkal petir Gedung Rektorat dapat dilihat pada Gambar 4.1



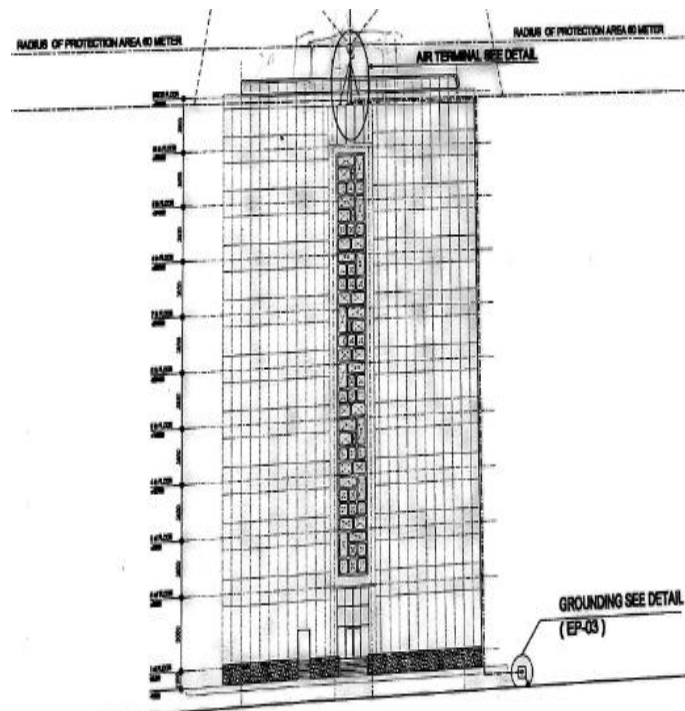
Gambar 4.1. Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat Tampak Depan Bangunan

4.1.2.2. Gambar Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

Gedung Raden Adjeng Kartini memiliki satu buah terminasi udara penangkal petir jenis aktif yang terpasang dibagian atap gedung dengan tinggi tiang penyangga 6 meter, untuk detail terminasi udara dapat di lihat pada Gambar 4.3. Jenis sistem instalasi penangkal petir gedung Raden Adjeng Kartini adalah *Elektrostatic Field* (EF). Raden Adjeng Kartini Instalasi penghantar turun pada gedung Raden Adjeng Kartini di pasang di sisi gedung (masuk tembok). Penghantar turun yang dipasang sebanyak satu buah, selanjutnya dipasang ke dalam bak grounding yang berada di bagian utara gedung. Instalasi sistem pentanahan penangkal petir Gedung Raden Adjeng Kartini menggunakan pipa galvanis yang tertanam kedalam tanah dengan kedalaman 12 meter, untuk detail detail bak kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.4.

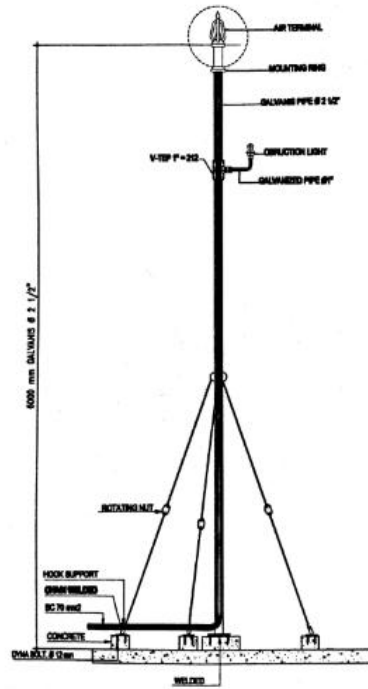


(a)

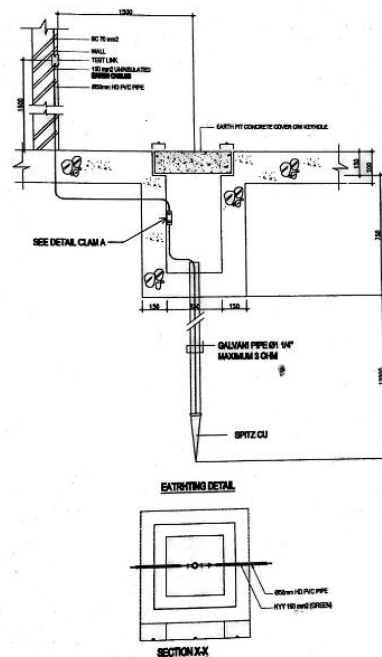


(b)

Gambar 4.2. Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini (a). Tampak Depan Bangunan (b). Tampak Belakang Bangunan



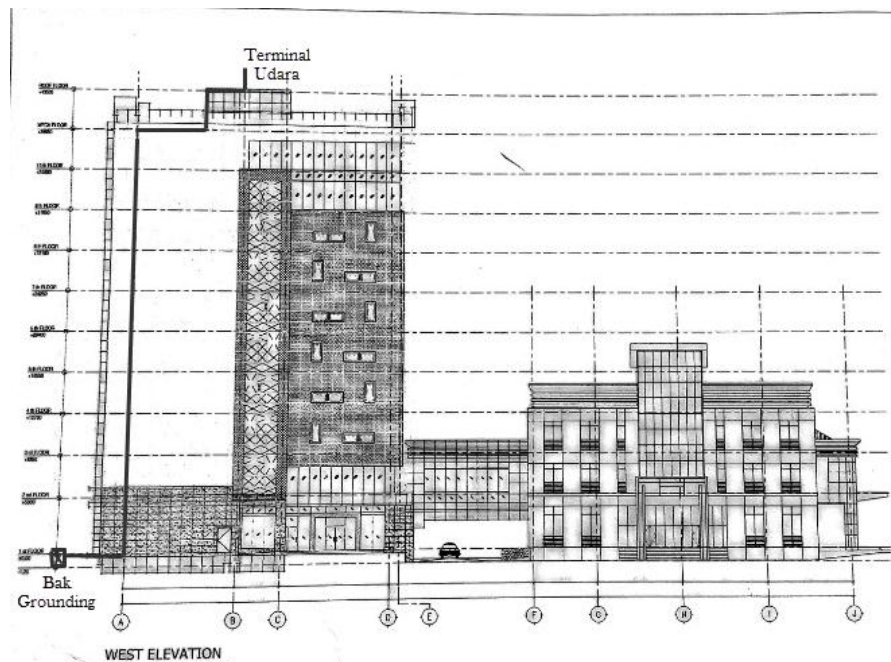
Gambar 4.3. Detail Air Terminal Gedung Raden Adjeng Kartini



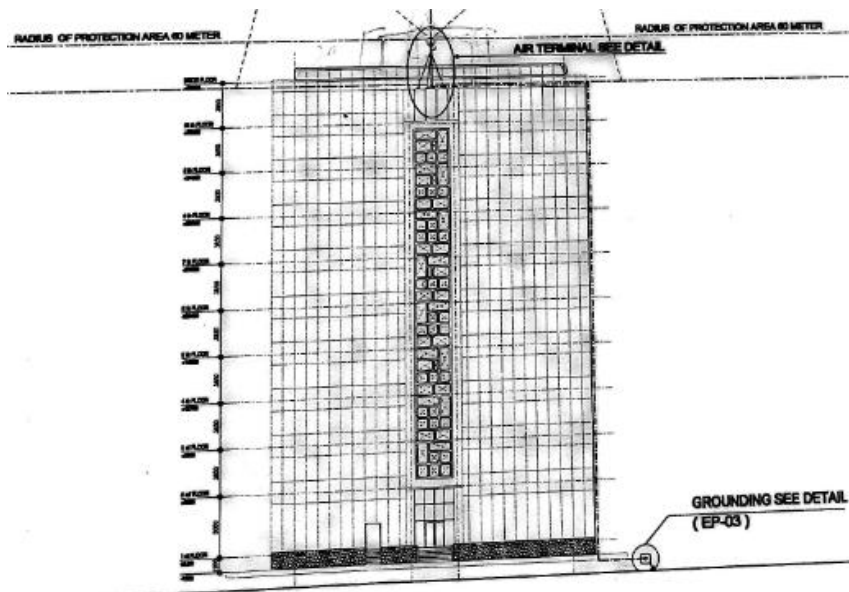
Gambar 4.4. Detail Bak Kontrol Pentanahan Gedung Raden Adjeng Kartini

4.1.2.3. Gambar Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika

Gedung Raden Dewi Sartika memiliki satu buah terminasi udara penangkal petir jenis aktif yang terpasang dibagian atap gedung dengan tinggi tiang penyangga 6 meter, untuk detail terminasi udara dapat di lihat pada Gambar 4.3. Jenis sistem instalasi penangkal petir gedung Raden Dewi Sartika adalah *Elektrostatic Field* (EF). Instalasi penghantar turun pada gedung Raden Dewi Sartika di pasang di sisi gedung (masuk tembok). Penghantar turun yang dipasang sebanyak satu buah, selanjutnya dipasang ke dalam bak grounding yang berada di bagian utara gedung. Instalasi sistem pentanahan penangkal petir Gedung Raden Adjeng Kartini menggunakan pipa galvanis yang tertanam kedalam tanah dengan kedalaman 12 meter, untuk detail detail bak kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.4.

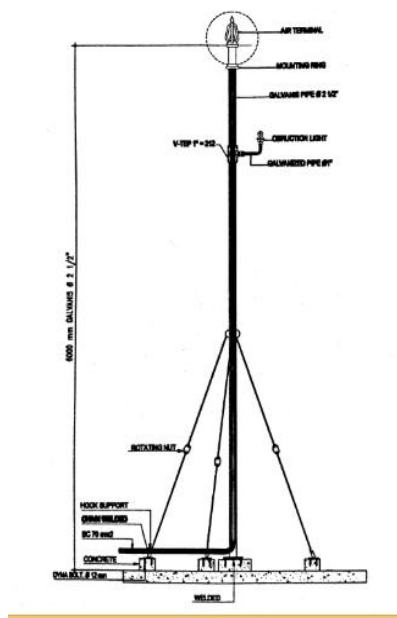


(a)

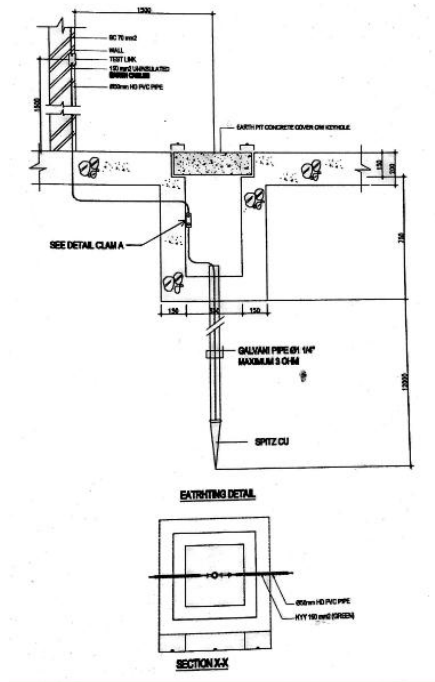


(b)

**Gambar 4.5. Instalasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika
(a). Tampak Depan Bangunan (b). Tampak Belakang Bangunan**



Gambar 4.6. Detail Air Terminal Gedung Raden Dewi Sartika



Gambar 4.7. Detail Perencanaan Bak Kontrol Pentanahan Petir Gedung Raden Dewi Sartika

4.1.3. Dokumentasi Hasil Penelitian

Dokumentasi hasil penelitian yang didapat adalah berupa data foto hasil observasi secara langsung pada tiap gedung yang memiliki sistem penangkal petir di dalam sektor B. Berikut ini adalah hasil temuan yang di dapat pada masing-masing gedung.

4.1.3.1. Dokumentasi Hasil Penelitian Gedung Rektorat

Rektorat yaitu gedung yang menjadi tempat kerja para pimpinan Universitas Negeri Jakarta yaitu Rektor beserta para jajarannya. Gedung Rektorat ini terdiri dari 4 lantai dan menggunakan penangkal petir pasif yang terpasang dibagian paling atas gedung. Sistem penangkal petir terdiri dari 3 tahapan yaitu : (1) Terminasi Udara, (2) Kabel penghantar, (3) Pentanahan. Berikut adalah penjelasannya :

1. Terminasi Udara

Gedung Rektorat memiliki sistem penangkal petir pasif. Gedung ini memiliki 4 batang terminasi udara (*splitzen*) yang dipasang mengelilingi atap gedung. Masing-masing batang *splitzen* diperkuat dengan tiang penyangga sepanjang 1,75 meter dengan bahan Pipa Gip dengan diameter 3,2 cm. Semua *splitzen* dalam keadaan kokoh dan terpasang dengan baik.



Gambar 4.8. Splitzen Penangkal Petir Gedung Rektorat



Gambar 4.9. Tampak Samping Splitzen Gedung Rektorat



Gambar 4.10. Batang Splitzen Gedung Rektorat

2. Kabel penghantar

Penyalur/penghantar pentanahan yang digunakan untuk menghubungkan terminal udara dengan tanah menggunakan kabel *Bare Copper* (Tembaga Terbuka) BC-50 mm². Kabel penghantar yang mengenai atap gedung yang berbahan metal dilindungi oleh pipa pvc kemudian terpasang pada tembok sisi gedung menggunakan klem. Kabel penghantar yang berfungsi untuk menghantarkan petir yang menuju ketanah yang dipasang di sisi utara tembok gedung.



Gambar 4.11. Kabel Penghantar Sistem Instalasi Penangkal Petir Gedung Rektorat



Gambar 4.12. Kuku Macan Kabel Konduktor Penangkal Petir Gedung Rektorat



Gambar 4.13. Klem Kabel Konduktor Penangkal Petir Gedung Rektorat

3. Pentanahan

Sistem pentanahan yang terpasang terdapat pada gedung rektorat yaitu, 1 kabel BC-50 mm² langsung masuk kedalam tanah tanpa terminal atau bak control hanya terdapat kabel penghanta yang di lindungi oleh pipa PVC. Elektroda pentanahan yang digunakan berbahan tembaga yang sudah digalvaniskan (pipa

galvanis) dengan diameter 1 inci dan panjang 6 meter, dimasukkan ke dalam tanah dengan posisi vertikal.



Gambar 4.14. Terminal Pentanahan Penangkal Petir Gedung Rektorat

4.1.3.2. Dokumentasi Hasil Penelitian Gedung Raden Adjeng Karini

Gedung Raden Adjeng Kartini atau biasa disebut *Islamic Development Bank 1* (IBD 1) gedung ini adalah golongan gedung baru di UNJ. Gedung ini setiap harinya digunakan untuk kegiatan perkuliahan. Gedung IDB 1 memiliki 11 lantai. Gedung IDB 1 dilengkapi dengan sistem penangkal petir aktif. Sistem penangkal petir terdiri dari 3 tahapan yaitu : (1) Terminasi Udara, (2) Kabel penghantar, (3) Pentanahan. Berikut adalah penjelasannya :

1. Terminasi Udara

Jenis penangkal petir yang digunakan adalah *Electrostatic Field* (EF) dengan radius 60 meter dengan merk kurn. Terminal udara menggunakan tiang penyangga setinggi 6 meter dengan bahan pipa galvanis diameter 76 mm. Serta memiliki lampu indikator yang terpasang di bawah terminal udara.



Gambar 4.15. Terminasi Udara Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini



Gambar 4.16. Tiang Penyangga Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

2. Kabel penghantar

Penghantar pentanahan yang digunakan untuk menghubungkan terminasi udara dengan tanah menggunakan *Coaxial Cable* dan kabel Bare Copper (Tembaga Terbuka) BC 70 mm² yang dilindungi oleh pipa pvc. Kemudian kabel

penghantar masuk kedalam bangunan yang terpasang di sisi gedung dan turun ketanah.



Gambar 4.17. Kabel penghantar Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

3. Pentanahan

Sistem pentanahan terdiri dari terminal pentanahan (bak kontrol) dan elektroda pentanahan. Bak kontrol yang terpasang terdapat 2 buah di sisi bangunan. Bak yang pertama untuk pentanahan beban listrik, bak yang kedua untuk pentanahan penangkal petir. Bak kontrol tersebut berukuran $40 \times 40 \times 40 \times 1 \text{ cm}^3$ dengan konstruksi bak terbuat dari tembok beton. Elektroda pentanahan yang digunakan berbahan tembaga yang sudah digalvaniskan (pipa galvanis) dengan diameter 31,75 mm maximum 3 ohm dan panjang 12 meter, di ujung elektroda spitz cu yang dimasukkan ke dalam tanah dengan posisi vertikal.



Gambar 4.18. Bak Kontrol Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini



Gambar 4.19. Klem/kuku macan Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

4.1.3.3. Dokumentasi Hasil Penelitian Gedung Raden Dewi Sartika

Gedung Raden Dewi atau biasa disebut *Islamic Development Bank 2* (IDB 2) gedung ini adalah golongan gedung baru di UNJ. Gedung ini setiap harinya digunakan untuk kegiatan perkuliahan. Gedung IDB 2 memiliki 11 lantai. Gedung IDB 2 dilengkapi dengan sistem penangkal petir aktif. Sistem penangkal petir terdiri dari 3 tahapan yaitu : (1) Terminasi Udara, (2) Kabel penghantar, (3) pentanahan. Berikut adalah penjelasannya :

1. Terminasi Udara

Jenis penangkal petir yang digunakan adalah *Electrostatic Field* (EF) dengan radius 60 meter. Terminal udara menggunakan tiang penyangga setinggi 6 meter dengan bahan pipa galvanis diameter 63,5 mm. Serta memiliki lampu indikator yang terpasang di bawah terminal udara. Pada bulan Desember 2014, gedung Raden Dewi Sartika tersambar petir yang mengakibatkan terminasi udara pada gedung ini rusak . Sampai saat ini terminasi udara pada gedung Raden Dewi Sartika belum ada perbaikan sehingga sistem instalasi penangkal petir tidak berfungsi.



Gambar 4.20. Terminasi Udara Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika



Gambar 4.21. Tiang Penyangga Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika

2. Kabel penghantar

Penghantar pentanahan yang digunakan untuk menghubungkan terminasi udara dengan tanah menggunakan *Coaxial Cable* dan kabel Bare Copper (Tembaga Terbuka) BC 70 mm² yang dilindungi oleh pipa pvc. Kemudian kabel

penghantar masuk kedalam bangunan yang terpasang di sisi gedung dan turun ketanah.



Gambar 4.22. Kabel penghantar Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika

3. Pentanahan

Sistem pentanahan pada gedung Raden Dewi Sartika pada tahun 2014 sudah tidak berfungsi , Karena bak grounding tertimbun tanah untuk kebutuhan taman.



Gambar 4.23. Bak Gounding Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika yang Tertutup Tanah

4.2. Pembahasan

4.2.1. Pentingnya Sistem Penangkal Petir Untuk Bahan Pengajaran SMK dan D3

Berdasarkan bahaya sambaran petir menurut taksiran resiko dari indeks PUIPP yang mengenai penggunaan dan isi bangunan, konstruksi bangunan, tinggi bangunan, situasi bangunan, dan hari guruh akan didapatkan hasil perkiraan bahaya dan pengamanan dari sambaran petir. Sistem penangkal petir berpengaruh dalam pengamanan bangunan dari sambaran petir. Instalasi sistem penangkal petir memiliki tiga bagian utama yang wajib yaitu terminal udara, penyalur turun arus listrik, dan pentanahan. Pemasangan instalasi sistem penangkal petir yang sesuai dengan standar akan menjaga bangunan dan isinya dari efek sambaran petir. Maka dari itu, pembelajaran mengenai sistem penangkal petir sangat penting dipelajari untuk menghindari bahaya dari sambaran petir.

4.2.2. Pembahasan Hasil Evaluasi Sistem Penangkal Petir UNJ Sektor B

Berikut ini adalah pembahasan hasil penelitian mengenai evaluasi sistem penangkal petir di UNJ pada sektor B. Pembahasan yang dilakukan adalah mengevaluasi setiap gedung pada sektor B mengenai Sistem penangkal petir kemudian melihat radius perlindungan keseluruhan pada Sektor B.

4.2.1.1. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 13 yang nilainya mencapai angka sama dengan 13 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **agak besar** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong

dianjurkan. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir sangat diperlukan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung Rektorat.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai Nd yaitu 0,11 per tahun lebih besar daripada nilai Nc yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **memerlukan** sistem penangkal petir.

Gedung ini **sudah dilengkapi** sistem penangkal petir pasif yang radius perlindungannya dapat menjangkau seluruh bagian gedung rektorat. Sehingga gedung ini memenuhi aturan berdasarkan PUIPP dan SNI 03-7015-2004 di atas.

Hasil evaluasi tentang kondisi sistem penangkal petir pada gedung ini dapat dilihat pada tabel 4.8. sebagai berikut :

Tabel 4.8. Evaluasi Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat

No	Spesifikasi	Data Aktual	Analisis	Standar*	Ket
Terminal Udara					
1.	Bahan tiang penyangga	Pipa Besi	-	-	
	Panjang tiang penyangga	1,75 m	-	≥15 cm	
	Diameter tiang penyangga	32 mm	-	-	
	Lampu Indikator	-	-	-	
	Tingkat Korosi	-	-	-	
Konduktor					
2	Jenis kabel	BC	-	-	
	Konstruksi konduktor	Silindris	-	-	
	Bahan	Tembaga	-	Tembaga/ Besi/Alumunium	
	Luas penampang konduktor	38,46 mm ²	≥ 25 mm ²	≥16 mm ²	
	Tingkat Korosi	Terisolasi	-		
Elektroda Pentanahan					
3	Ukuran bak control	-	-	-	
	Konstruksi bak kontrol	-	-	-	

No	Spesifikasi	Data Aktual	Analisis	Standar*	Ket
3	Bahan elektroda	Kabel BC dengan pipa galvanis	-	Tembaga/ Besi/Alumunium	
	Bahan konduktor pentanahan	Kabel BC	-	Tembaga/ Besi/Alumunium	
	Panjang elektroda	-	1. Bahan Tembaga: 1140 m 2. Bahan Besi : 1120 m	≥ 3 m	Tidak dilakukan pengukuran
	Diameter elektroda	-	8,280 mm	≥ 16 mm ² $\varnothing 2,26$ mm	Tidak dilakukan pengukuran
	Diameter konduktor pentanahan	7 mm	5,64 mm	≥ 16 mm ² $\varnothing 2,26$ mm	
	Tingkat Korosi	-	-	-	
	Resistivitas	0,17 ohm	1. Tembaga: 18,60 ohm 2. Besi : 17,97 ohm	< 5 ohm	
Instalasi Sistem Penangkal Petir					
4.	Konektivitas	Bak 1: terhubung	-	-	

Keterangan: (*) Sesuai dengan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) tahun 1983.

Berdasarkan tabel 4.8. dapat diuraikan mengenai hasil evaluasi sistem penangkal petir yang terpasang pada gedung Rektorat dari bagian terminal udara, penyalur penurunan dan sistem pentanahan.

1. Terminal Udara

Gedung Rektorat memiliki sistem penangkal petir pasif. Gedung ini memiliki 4 batang splitzen yang dipasang mengelilingi atap gedung. Terminal udara pada gedung Rektorat masih dalam keadaan bagus dan utuh, sehingga masih dapat digunakan dengan baik. Posisi peletakan sistem penangkal petir sudah ditempatkan diposisi paling tinggi seluruh gedung. Tinggi penangkal petir

dengan tinggi 1,75 m juga sudah melewati batas minimal yang ditentukan standar yang digunakan yaitu minimal setinggi 15 cm.

2. Pentalur Penurunan

Penghantar pentanahan yang digunakan untuk menghubungkan terminal udara dengan tanah menggunakan kabel *Bare Copper* (Tembaga Terbuka) 38,46 mm². Menurut hasil uji konektifitas, Antara terminal udara dan elektroda pentanahan masih terhubung, sehingga dapat disimpulkan bahwa penangkal petir gedung Rektorat masih berfungsi.

3. Sistem pentanahan

Pada gedung Rektorat tidak terdapat bak kontrol maupun terminal pentanahan. Seharusnya bak control maupun terminal pentanahan ada, tetapi karena gedung sedang dalam perbaikan jadi kabel penghubung langsung ke tanah.

Berdasarkan perhitungan nilai tahanan pentanahan sudah cukup baik karena tidak melebihi aturan yang berlaku 5 Ω yaitu sebesar 18,60 Ω apabila bahan elektroda merupakan tembaga, sebesar 17,97 Ω apabila bahan elektroda merupakan besi. Dan seluruh pengukuran nilainya lebih kecil dari perhitungan yaitu sebesar 0,17 Ω , itu lebih baik karena semakin kecil nilai tahanan suatu elektroda pentanahan, maka semakin baik kualitas pentahanannya.

Berdasarkan hasil perhitungan diameter elektroda pentanahan sebesar 8,280 mm dengan menggunakan asumsi dengan panjang elektroda 6 m dan tahanan pentanahan sesuai dengan pengukuran yaitu 0,17 Ω . Pengukuran diameter elektroda tidak dilakukan maka dapat dicari nilainya dengan memasukan data tahanan yang sudah diukur.

Berdasarkan data tahanan pentanahan $0,17 \Omega$, maka peneliti mengansumsikan jika bahan elektroda dari tembaga dan besi. Jika menggunakan bahan tembaga, dengan diameter elektroda $0,00798$ maka panjang elektroda 1140 m. Jika menggunakan bahan besi, dengan diameter elektroda $0,010094$ maka panjang elektroda 1120 m.

4.2.1.2. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 16 yang nilainya mencapai angka lebih dari 14 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sanget besar** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **sangat perlu**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir sangat dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung Raden Adjeng Kartini.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu $0,44$ per tahun lebih besar daripada nilai N_c yaitu $0,1$ per tahun, maka gedung ini **memerlukan** sistem penangkal petir.

Gedung ini **sudah dilengkapi** sistem penangkal petir aktif yang radius perlindungannya dapat melindungi seluruh bagian gedung Raden Adjeng Kartini. Sehingga gedung ini memenuhi aturan berdasarkan PUIPP dan SNI 03-7015-2004 di atas.

Hasil evaluasi tentang kondisi sistem penangkal petir pada gedung ini dapat dilihat pada tabel 4.9. sebagai berikut:

Tabel 4.9. Evaluasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

No	Spesifikasi	Data Gambar	Data Aktual	Analisis	Standar*	Ket
Terminal Udara						
1.	Bahan tiang penyangga	Baja dilapisi seng (galvanis)	Baja dilapisi seng (galvanis)	-	-	
	Panjang tiang penyangga	6 m	5,8 m	-	>15 cm	
	Diameter tiang penyangga	63,5 mm	76 mm	-	-	
	Lampu Indikator	Ada	Ada	-	-	
	Tingkat Korosi	-	-	-	-	
Konduktor						
2.	Jenis kabel	<i>Coaxial cable</i>	<i>Coaxial cable</i>	-	-	
	Konstruksi konduktor	Silindris	Terisolasi	-	-	
	Bahan	Tembaga	Tembaga		Tembaga/ Besi/Aluminium	
	Luas penampang konduktor	70 mm ²	69,36 mm ²	≥ 25 mm ²	> 16 mm ²	
	Tingkat Korosi	-	Terisolasi	-		
Elektroda Pentanahan						
3.	Ukuran bak control	20cm x 20cm	20cm x 20cm	-	-	
	Konstruksi bak control	Beton	Beton	-	Dapat melindungi dari cuaca	
	Jenis elektroda	Batang	-	-	Batang/plat/plat pita	
	Bahan elektroda	Pipa Galvanis Batang	-	-	Tembaga/ Besi/Aluminium	
	Bahan konduktor pentanahan	Tembaga (Kabel BC)	Tembaga (Kabel BC)	-	Tembaga/ Besi/Aluminium	
	Panjang elektroda	12 m	-	53,1 m	≥ 3 m	Tidak dilakukan pengukuran
	Diameter elektroda	31,75 mm	-	4,999 mm	> 16 mm ² Ø 2,26 mm	Tidak dilakukan pengukuran

No	Spesifikasi	Data Gambar	Data Aktual	Analisis	Standar*	Ket
	Diameter konduktor pentanahan	-	Bak 1: 10,23mm	$\geq 25 \text{ mm}^2$ $\varnothing 5,64 \text{ mm}$	$> 16 \text{ mm}^2$ $\varnothing 2,26 \text{ mm}$	
	Tingkat Korosi	-	-	-	-	
	Resistivitas	Max 3 ohm	1,03 ohm	8,38 ohm	$< 5 \text{ ohm}$	-
Instalasi Sistem Penangkal Petir						
4.	Konektivitas	-	Bak 1: terhubung	-	-	

Keterangan: (*) Sesuai dengan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) tahun 1983.

Berdasarkan tabel 4.9. dapat diuraikan mengenai hasil evaluasi sistem penangkal petir yang terpasang pada gedung Raden Adjeng Kartini dari bagian terminal udara, penyalur penurunan dan sistem pentanahan.

1. Terminal Udara

Terminal udara pada gedung Raden Adjeng Kartini masih dalam keadaan terpasang rapi dan utuh, sehingga sistem instalasi penangkal petir masih berfungsi dengan baik. Posisi peletakan terminasi udara sistem penangkal petir gedung Raden Adjeng Kartini sudah ditempatkan diposisi paling tinggi pada seluruh gedung. Tinggi tiang penyangga penangkal petir menurut data spesifikasi adalah 6 meter berbeda dengan data aktual yaitu, 5,8 meter. Data tersebut sudah melewati batas minimal yang ditentukan standar yang digunakan yaitu minimal setinggi 15 cm.

2. Penyalur Penurunan

Penyalur penurunan yang digunakan adalah kabel berisolasi *coaxial cable*, kabel tersebut masih utuh dan terpasang kuat. Kabel penghantar turun yang keluar dari terminal udara sudah dilindungi pipa PVC dan masih dalam kondisi rapi teratur, instalasi selanjutnya masuk ke dalam gedung. Menurut hasil uji konektivitas, antara terminal udara dan elektroda pentanahan masih terhubung,

sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem penangkal petir gedung ini masih berfungsi dengan baik.

Berdasarkan perhitungan luas penampang penghantar penurunan terdapat perbedaan pada data spesifikasi sebesar 70 milimeter² dengan data pengukuran aktual sebesar 69,36 mm². Namun ukuran luas penampang yang terpasang masih lebih besar dari ukuran minimal luas penampang yaitu dengan nilai 25 mm², jadi masih dapat dikatakan cukup baik.

3. Sistem pentanahan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti, konstruksi pada bak control tergolong baik karena terbuat dari beton yang dapat melindungi dari cuaca, data yang sudah ada dengan data aktual yang telah diteliti oleh peneliti sudah sesuai. Berdasarkan data yang sudah ada, jenis elektroda yang ada pada gedung Raden Adjeng Kartini ini yaitu batang, peneliti tidak bisa meneliti jenis elektroda pada gedung Raden Adjeng Kartini karena posisinya ada pada dalam tanah. Berdasarkan data yang sudah ada, bahan elektroda yang ada pada gedung Raden Adjeng Kartini ini yaitu pipa galvanis batang, peneliti tidak bisa meneliti bahan elektroda pada gedung Raden Adjeng Kartini karena posisinya ada pada dalam tanah. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti, bahan konduktor pentanahan yaitu tembaga (kabel BC), data yang sudah ada dengan data aktual yang telah diteliti oleh peneliti sudah sesuai.

Berdasarkan perhitungan nilai tahanan pentanahan gedung Raden Adjeng Kartini adalah 8,38 Ω . Pengukuran nilai tahanan pentanahan lebih kecil dari perhitungan yaitu sebesar 1,03 Ω , hasil tersebut lebih baik karena semakin kecil

nilai tahanan suatu elektroda pentanahan, maka semakin baik kualitas pentahanannya.

Berdasarkan hasil perhitungan diameter elektroda pentanahan berdasarkan data pengukuran sebesar 4,999 mm, dengan data yang tercantum di spesifikasi yaitu sebesar 31,75 mm. Pengukuran diameter konduktor pentanahan tidak dapat dilakukan maka dapat dicari nilainya dengan memasukan data tahanan yang sudah diukur, menunjukkan ukuran kabel yang digunakan lebih kecil dari spesifikasi. Namun bukan berarti data spesifikasi salah, karena pengaruh kondisi lokasi, menjadikan nilai tahanan pada data pemasangan dan pengukuran yang peneliti lakukan bisa saja berbeda.

Berdasarkan perhitungan panjang elektroda, terdapat perbedaan panjang elektroda pada setiap gedung yaitu 53,1 meter, dengan data spesifikasi yaitu sebesar 12 meter, itu terjadi karena ada pengaruh dari nilai tahanan yang terukur dan tahanan jenis tanah.

4.2.1.3. Hasil Penelitian sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 16 yang nilainya mencapai angka diatas 14 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sangat besar** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **sangat perlu**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir sangat dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung Raden Dewi Sartika.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,44 per tahun lebih besar daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **memerlukan** sistem penangkal petir.

Gedung ini **sudah dilengkapi** sistem penangkal petir aktif yang radius perlindungannya dapat menjangkau seluruh gedung. Sehingga gedung ini memenuhi aturan berdasarkan PUIPP dan SNI 03-7015-2004 di atas.

Hasil evaluasi tentang kondisi sistem penangkal petir pada gedung ini dapat dilihat pada tabel 4.10. sebagai berikut:

Tabel 4.10. Evaluasi Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika

No	Spesifikasi	Data Gambar	Data Aktual	Analisis	Standar*	Ket
Terminal Udara						
1.	Bahan tiang penyangga	Baja dilapisi seng (galvanis)	Baja dilapisi seng (galvanis)	-	-	
	Panjang tiang penyangga	6 m	5,8 m	-	>15 cm	
	Diameter tiang penyangga	63,5 mm	76 mm	-	-	
	Lampu Indikator	Ada	Ada	-	-	
	Tingkat Korosi	-	-	-	-	
Konduktor						
2.	Jenis kabel	<i>Coaxial cable</i>	<i>Coaxial cable</i>	-	-	
	Konstruksi konduktor	Silindris	Terisolasi	-	-	
	Bahan	Tembaga	Tembaga		Tembaga/ Besi/Alumunium	
	Luas penampang konduktor	70 mm ²	69,36 mm ²	≥ 25 mm ²	> 16 mm ²	
	Tingkat Korosi	-	Terisolasi	-		
Elektroda Pentanahan						
3.	Ukuran bak control	20cm x 20cm	-	-	-	
	Konstruksi bak control	Beton	-	-	Dapat melindungi dari cuaca	
	Jenis elektroda	Batang	-	-	Batang/plat/plat pita	
	Bahan elektroda	Pipa Galvanis Batang	-	-	Tembaga/ Besi/Alumunium	
	Bahan konduktor pentanahan	Tembaga (Kabel BC)	-	-	Tembaga/ Besi/Alumunium	
	Panjang elektroda	12 m	-	53,1 m	≥ 3 m	Tidak dilakukan pengukuran
	Diameter elektroda	31,75 mm	-	4,999 mm	> 16 mm ² Ø 2,26 mm	Tidak dilakukan pengukuran

No	Spesifikasi	Data Gambar	Data Aktual	Analisis	Standar*	Ket
	Diameter konduktor pentanahan	-	-	$\geq 25 \text{ mm}^2$ $\varnothing 5,64 \text{ mm}$	$> 16 \text{ mm}^2$ $\varnothing 2,26 \text{ mm}$	
	Tingkat Korosi	-	-	-	-	
	Resistivitas	Max 3 ohm	-	8,38 ohm	$< 5 \text{ ohm}$	Tidak ada bak kontrol
Instalasi Sistem Penangkal Petir						
4.	Konektivitas	-	-	-	-	

Keterangan: (*) Sesuai dengan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) tahun 1983.

Berdasarkan tabel 4.10. dapat diuraikan mengenai hasil evaluasi sistem penangkal petir yang terpasang pada gedung Raden Dewi Sartika dari bagian terminal udara, penyalur penurunan dan sistem pentanahan.

1. Terminal Udara

Terminal udara pada gedung Raden Dewi Sartika tersambar petir pada tahun 2014 yang menyebabkan terminal udara rusak sudah tidak berfungsi. Posisi peletakan sistem penangkal petir sudah ditempatkan diposisi paling tinggi seluruh gedung. Tinggi penangkal petir dengan tinggi 5,8 m juga sudah melewati batas minimal yang ditentukan standar yang digunakan yaitu minimal setinggi 15 cm. Namun data yang terdapat di dalam spesifikasi berbeda dengan data aktual, sehingga perlu ada perbaikan data pada dokumen tersebut.

2. Penyalur Penurunan

Penyalur penurunan yang digunakan adalah kabel berisolasi, kabel tersebut masih utuh dan terpasang kuat. Kabel yang keluar dari terminal udara sudah dilindungi pipa PVC masih dalam kondisi yang bagus, instalasi selanjutnya masuk ke dalam gedung. Menurut hasil uji konektivitas, antara terminal udara dan elektroda pentanahan tidak terhubung, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem penangkal petir gedung ini tidak berfungsi.

Berdasarkan perhitungan luas penampang penghantar penurunan terdapat perbedaan pada data spesifikasi sebesar 70 mm^2 dengan data pengukuran aktual sebesar $69,36 \text{ mm}^2$. Namun ukuran luas penampang yang terpasang masih lebih besar dari ukuran minimal luas penampang yaitu dengan nilai 25 mm^2 , jadi masih dapat dikatakan baik.

3. Sistem pentanahan

Penangkal petir yang ada pada gedung Raden Dewi Sartika telah tersambar pada tahun 2014. Sehingga peneliti tidak dapat memperoleh data aktual elektroda pentanahan pada gedung Raden Dewi Sartika. Tahanan pentanahan tidak dapat dihitung karena bak grounding tertimbun tanah. Karena tidak dilakukan pengukuran, peneliti menghitung berdasarkan data yang ada.

Berdasarkan perhitungan nilai tahanan pentanahan gedung Raden Dewi Sartika adalah $8,38 \Omega$, melebihi nilai maksimal standart yang berlaku yaitu 5Ω , dikarenakan faktor tahanan jenis tanah yang digunakan sebesar 100Ω . Berdasarkan hasil perhitungan diameter elektroda pentanahan berdasarkan data pengukuran sebesar $4,999 \text{ mm}$, dengan data yang tercantum di spesifikasi yaitu sebesar $31,75 \text{ mm}$. Pengukuran diameter konduktor pentanahan tidak dilakukan maka dapat dicari nilainya dengan memasukan data tahanan yang sudah diukur, menunjukkan ukuran kabel yang digunakan lebih kecil dari spesifikasi. Berdasarkan perhitungan panjang elektroda, terdapat perbedaan panjang elektroda pada setiap gedung yaitu $53,1 \text{ m}$ dengan data spesifikasi yaitu sebesar 12 m .

4.2.1.4. Hasil Penelitian sistem Penangkal Petir Gedung B

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 12 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sedang** dan tingkat penggunaan sistem

penangkal petir tergolong **dianjurkan**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung B.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,049 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.24., sehingga gedung B tidak memenuhi aturan berdasarkan PUIPP, namun tetap memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.24. Gedung B Tampak Atas

4.2.1.5. Hasil Penelitian sistem Penangkal Petir C

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 12 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sedang** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **dianjurkan**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung C.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,049 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.25, sehingga gedung C tidak memenuhi aturan berdasarkan PUIPP, namun tetap memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.25. Tampak Atas Gedung C

4.2.1.6. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung CD

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 12 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sedang** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **dianjurkan**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung CD.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,022 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang

terlihat pada Gambar 4.26, sehingga gedung CD tidak memenuhi aturan berdasarkan PUIPP, namun tetap memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.26. Tampak Atas Gedung CD

4.2.1.7. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung D

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 12 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sedang** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **dianjurkan**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung D.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,049 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.27, sehingga gedung D tidak memenuhi aturan berdasarkan PUIPP, namun tetap memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.27. Tampak Atas Gedung D

4.2.1.8. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Lembaga Pengabdian Masyarakat (LPM)

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 11 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **kecil** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **tidak perlu**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir tidak perlu untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung Lembaga Pengabdian Masyarakat.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,011 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.28, sehingga gedung Lembaga Pengabdian Masyarakat memenuhi aturan berdasarkan PUIPP dan memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.28. Tampak Atas Gedung Lembaga Pengabdian Masyarakat

4.2.1.9. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung P

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 11 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **kecil** dan tingkat penggunaan sistem penangkal

petir tergolong **tidak perlu**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir tidak perlu untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung P.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,016 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.29, sehingga gedung P memenuhi aturan berdasarkan PUIPP dan memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.29. Tampak Atas Gedung P

4.2.1.10. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung Q

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 12 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sedang** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **dianjurkan**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung Q.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,048 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.30, sehingga gedung Q tidak memenuhi aturan berdasarkan PUIPP, namun tetap memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.30 Tampak Atas Gedung Q

4.2.1.11. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung R

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 12 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sedang** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **dianjurkan**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung R.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,024 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.31, sehingga gedung R tidak memenuhi aturan berdasarkan PUIPP, namun tetap memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.31 Tampak Atas Gedung R

4.2.1.12. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung R Studio Tari

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 12 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sedang** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **dianjurkan**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung R Studio Tari.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai Nd yaitu 0,021 per tahun lebih kecil daripada nilai Nc yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.32, sehingga gedung R Studio Tari tidak memenuhi aturan berdasarkan PUIPP, namun tetap memenuhi SNI 03-7015-2004



Gambar 4.32. Tampak Atas Gedung R Studio Tari

4.2.1.13. Hasil Penelitian Sistem Penangkal Petir Gedung S

Berdasarkan PUIPP, didapat Indeks R sebesar 12 sehingga kebutuhan akan proteksi sambaran petir tergolong **sedang** dan tingkat penggunaan sistem penangkal petir tergolong **dianjurkan**. Sehingga pemasangan sistem penangkal petir dianjurkan untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada gedung S.

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 disebabkan nilai N_d yaitu 0,048 per tahun lebih kecil daripada nilai N_c yaitu 0,1 per tahun, maka gedung ini **tidak memerlukan** sistem penangkal petir.

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, gedung ini **tidak dilengkapi** sistem penangkal petir seperti yang terlihat pada Gambar 4.33, sehingga gedung S tidak memenuhi aturan berdasarkan PUIPP, namun tetap memenuhi SNI 03-7015-2004.



Gambar 4.33. Tampak Atas Gedung S

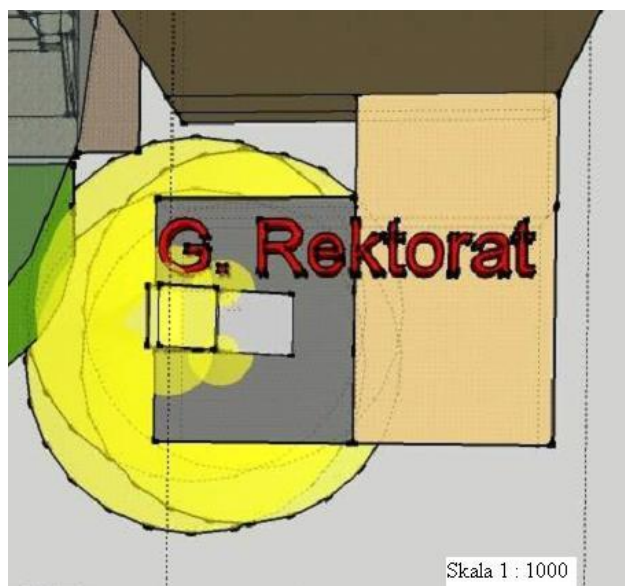
4.2.3. Pembahasan Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir UNJ Sektor B

Berdasarkan penelitian di wilayah Sektor B Universitas Negeri Jakarta tidak semua gedung memiliki sistem penangkal petir. Gedung yang memiliki sistem penangkal petir pada UNJ Sektor B adalah Gedung Rektorat, Gedung Raden Adjeng Kartini dan Gedung Raden Dewi Sartika. Gedung-gedung yang tidak memiliki penangkal petir yaitu, Gedung B , Gedung C, Gedung CD, Gedung D,

Gedung LPM, Gedung P, Gedung Q, Gedung R, Gedung R Studio Tari dan Gedung S. Gedung-gedung tersebut tidak memiliki perlindungan bangunan terhadap sambaran petir, namun masih dapat terlindungi dari radius perlindungan gedung lain yang memiliki sistem penangkal petir, yang akan dibahas sebagai berikut:

4.2.2.1. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Rektorat

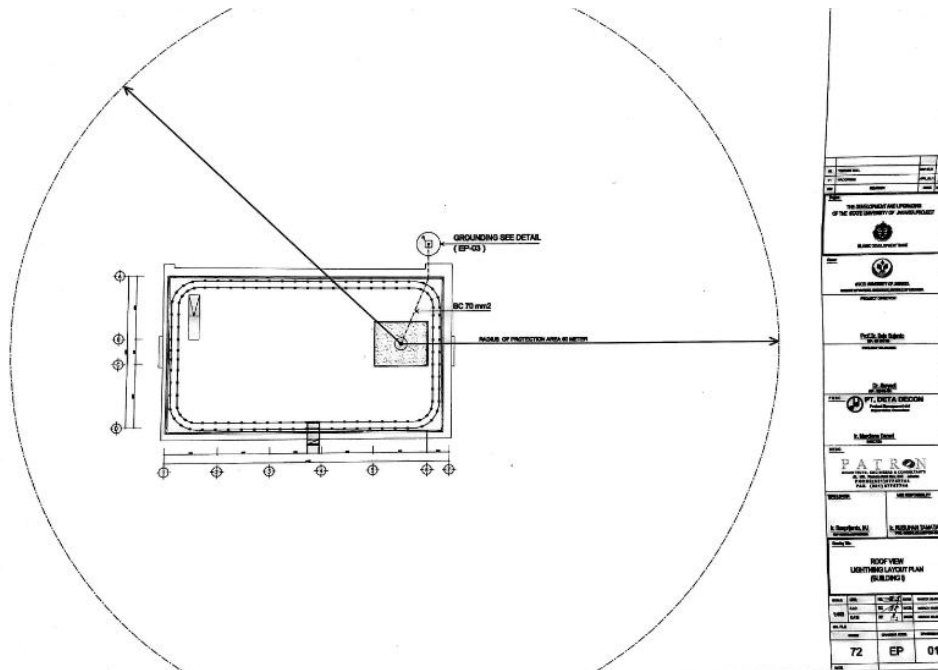
Gedung rektorat memiliki tinggi bangunan 19,68 meter dan tinggi penangkal petir 1,75 meter. Gedung Rektorat memiliki 4 buah *spitzen* yang terpasang di atas atap bangunan. Berdasarkan tinggi gedung lebih dari 20 meter maka sudut perlindungannya adalah 45° . Masing-masing splitzen memiliki radius perlindungan 21,43 meter. Jenis penangkal petir yang dimiliki oleh gedung rektorat adalah penangkal petir pasif Faraday. Berdasarkan hasil perhitungan radius perlindungan, sebagian gedung rektorat sudah terlindungi oleh sistem penangkal petir. Luas perlindungan penangkal petir yang dimiliki gedung Rektorat dapat dilihat pada Gambar 4.34.



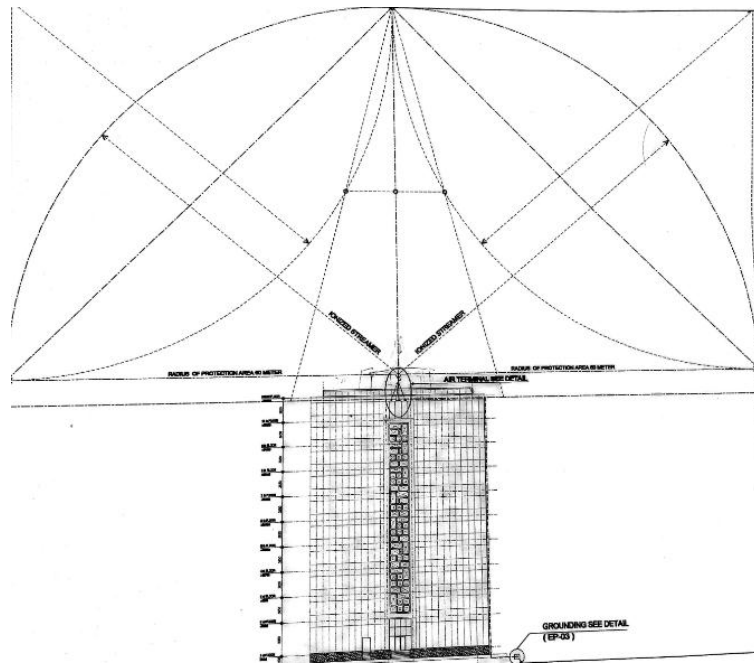
Gambar 4.34. Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Rektorat

4.2.2.2. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

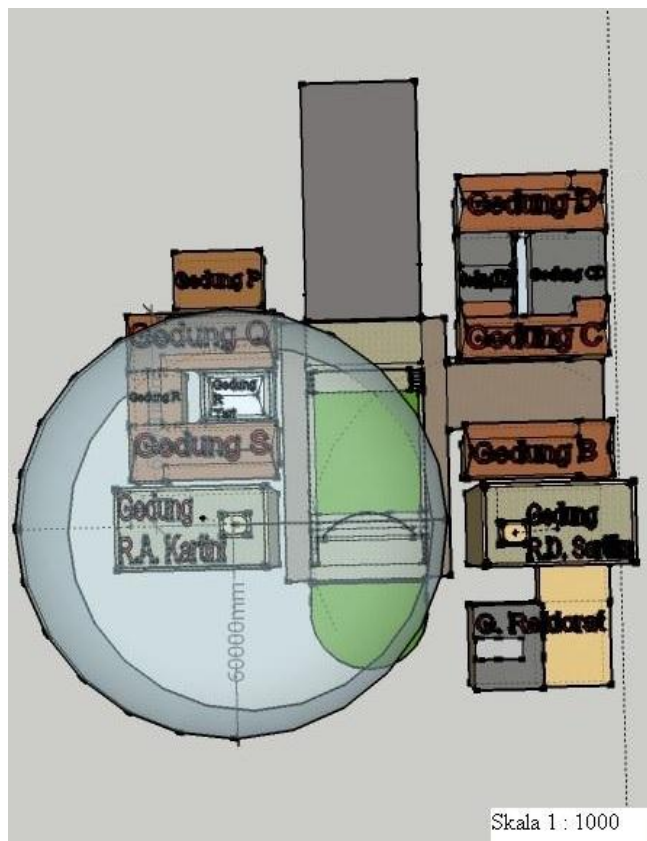
Berdasarkan hasil analisis dari gambar spesifikasi sistem penangkal petir pada Gedung Raden Adjeng Kartini memiliki sistem penangkal petir aktif dengan radius 60 meter, dengan tiang penyangga galvanis setinggi 6 meter dan kabel penghantar BC 70mm². Luas perlindungan penangkal petir yang dimiliki Gedung Raden Adjeng Kartini dapat dilihat pada Gambar 4.35., Gambar 4.36., dan Gambar 4.37.



Gambar 4.35. Tampak Atas Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini



Gambar 4.36. Tampak Depan Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

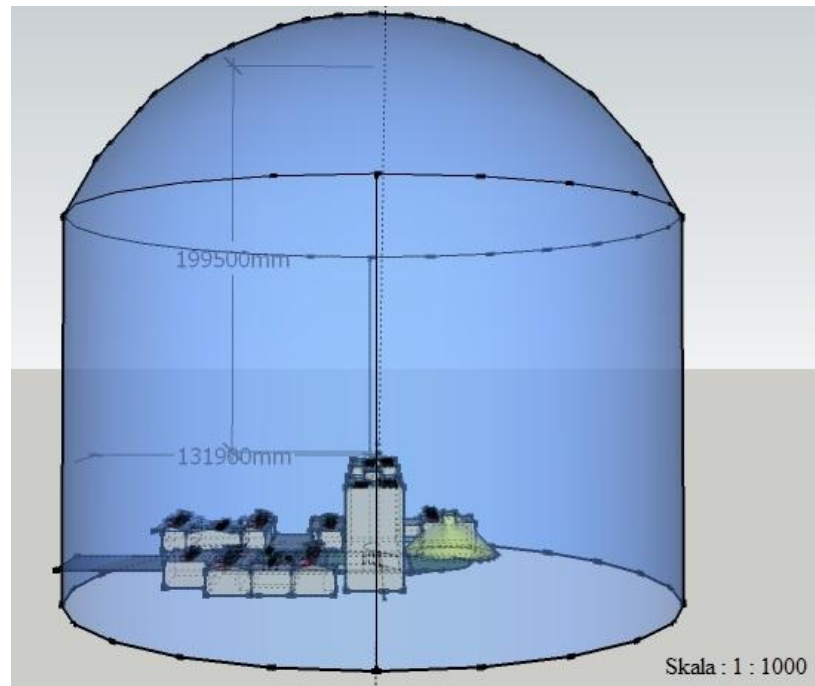


Gambar 4.37. Tampak Depan Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini

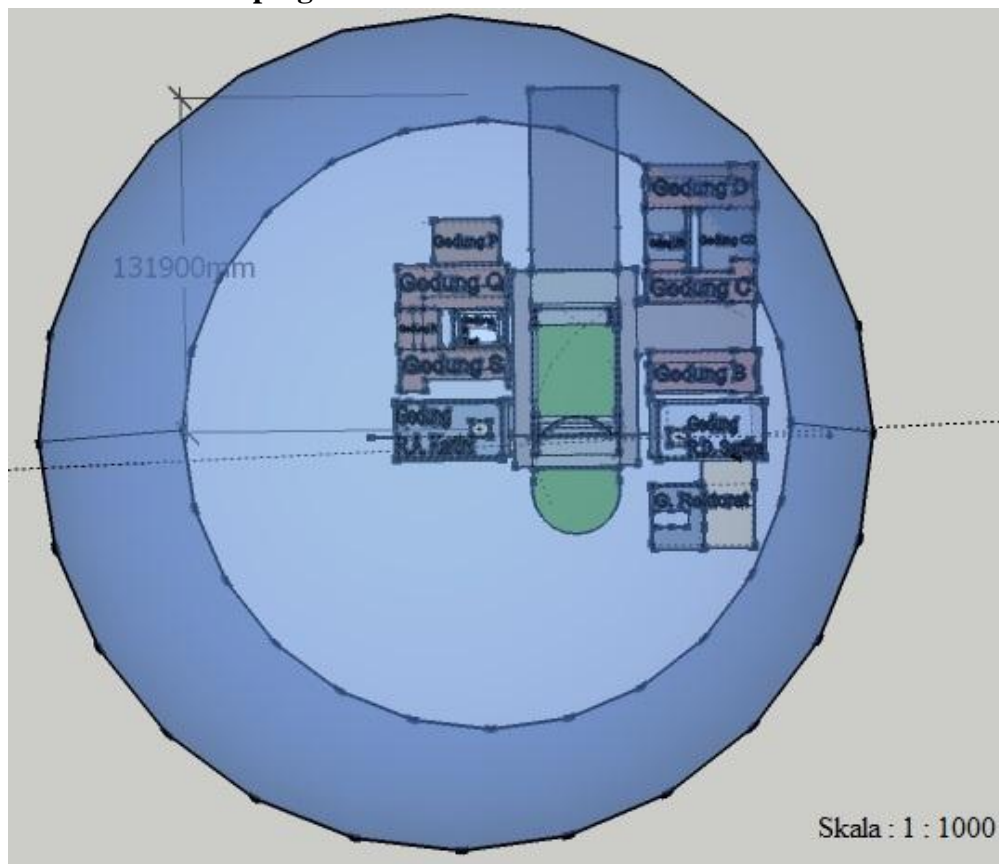
4.2.2.3. Perhitungan Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini dengan Metode Bola Bergulir

Berdasarkan perhitungan dengan metode bola bergulir memiliki beberapa parameter, yaitu Jarak Sambar, Distribusi Arus Puncak, Sudut Lindung dan Daerah Lindung. Besarnya arus puncak petir untuk daerah gedung UNJ berdasarkan dengan parameter arus petir dengan tingkat proteksi gedung Raden Adjeng Kartini adalah level IV, maka nilai puncak arus petirnya adalah 100 kA. Artinya, bangunan dapat menahan arus hingga 100 kA, tetapi jika arus petir muncul lebih dari 100 kA, maka akan ditangkap oleh penangkal petir. Hubungan besar arus puncak dengan sambaran diperoleh sebesar 199,5 meter. Berdasarkan perhitungan sudut perlindungan penangkal petir, tinggi bangunan ditambah dengan tinggi penangkal petir dapat dihasilkan tinggi penangkal petir dari tanah yaitu 49,8 meter. Sudut perlindungan penangkal petir gedung Raden Adjeng Kartini adalah sebesar $48,62^\circ$.

Besar radius perlindungan penangkal petir dapat berubah-ubah pada setiap gedung berdasarkan ketinggian dari gedung itu sendiri. Pada alat penangkal petir yang dipasang pada gedung Raden Adjeng Kartini memiliki radius 60 m, namun setelah dipasang pada gedung tersebut, sesuai perhitungan radiusnya menjadi sebesar 131,9 meter. Untuk besar radius tersebut, sudah dapat melindungi seluruh area gedung Raden Adjeng Kartini dan lingkungan di dalam sektor B. Perhitungan besar radius perlindungan terdapat pada lampiran. Besar radius perlindungan pada gedung Raden Adjeng Kartini, dapat dilihat tampak samping pada Gambar 4.38. dan tampak atas pada Gambar 4.39. berikut:



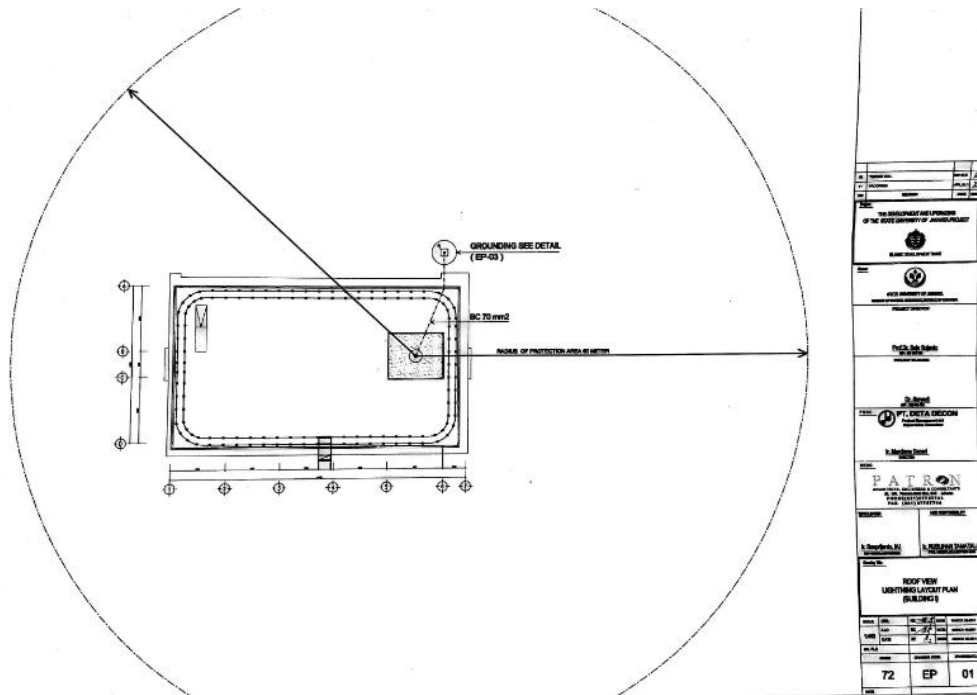
Gambar 4.38. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini dengan Metode Bola Bergulir Tampak Samping



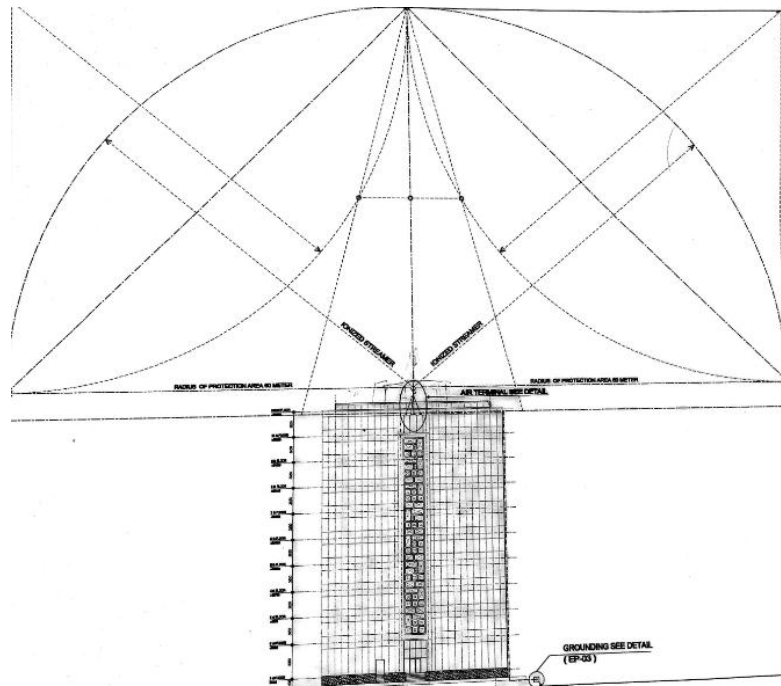
Gambar 4.39. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini dengan Metode Bola Bergulir Tampak Atas

4.2.2.4. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika

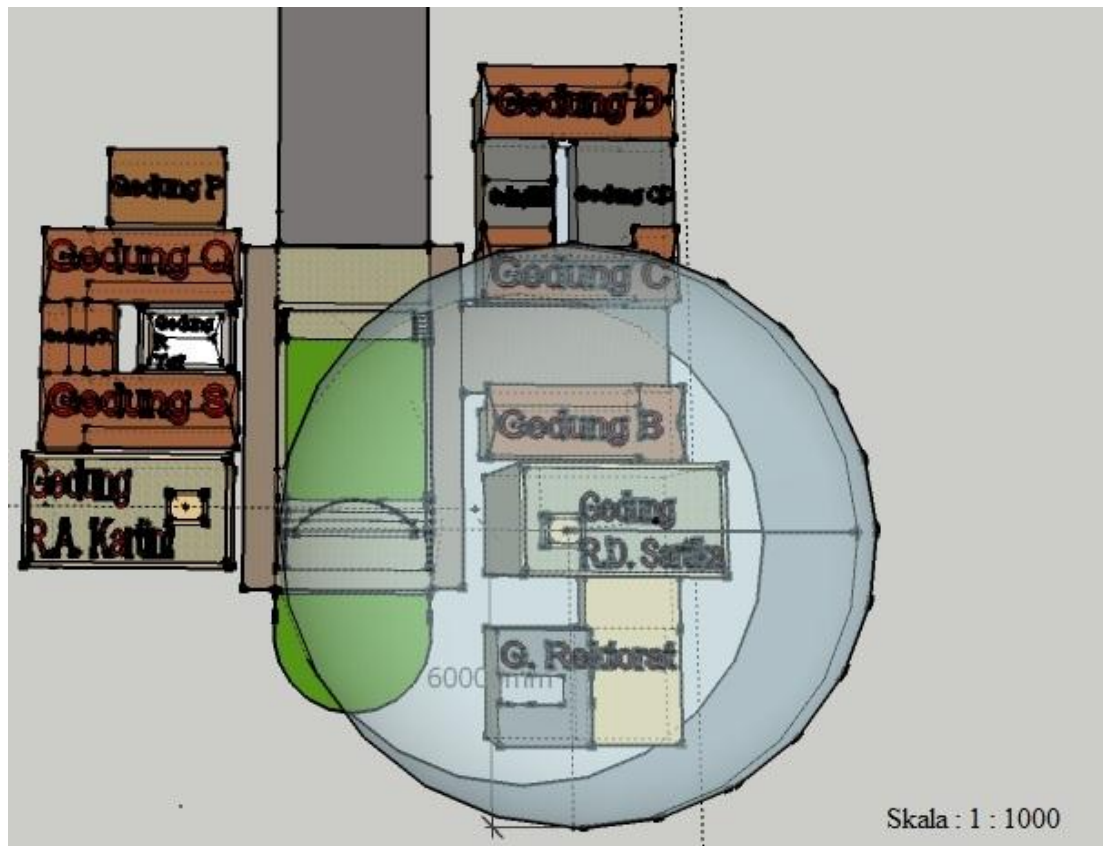
Berdasarkan hasil analisis dari gambar spesifikasi sistem penangkal petir pada Gedung Raden Dewi Sartika, Gedung ini memiliki sistem penangkal petir aktif dengan radius 60 meter, dengan tiang penyangga galvanis setinggi 6 meter dan kabel penghantar BC 70mm². Luas perlindungan penangkal petir yang dimiliki Gedung Raden Dewi Sartika dapat dilihat pada Gambar 4.40., Gambar 4.41., dan Gambar 4.42.



Gambar 4.40. Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika



Gambar 4.41. Tampak Depan Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika

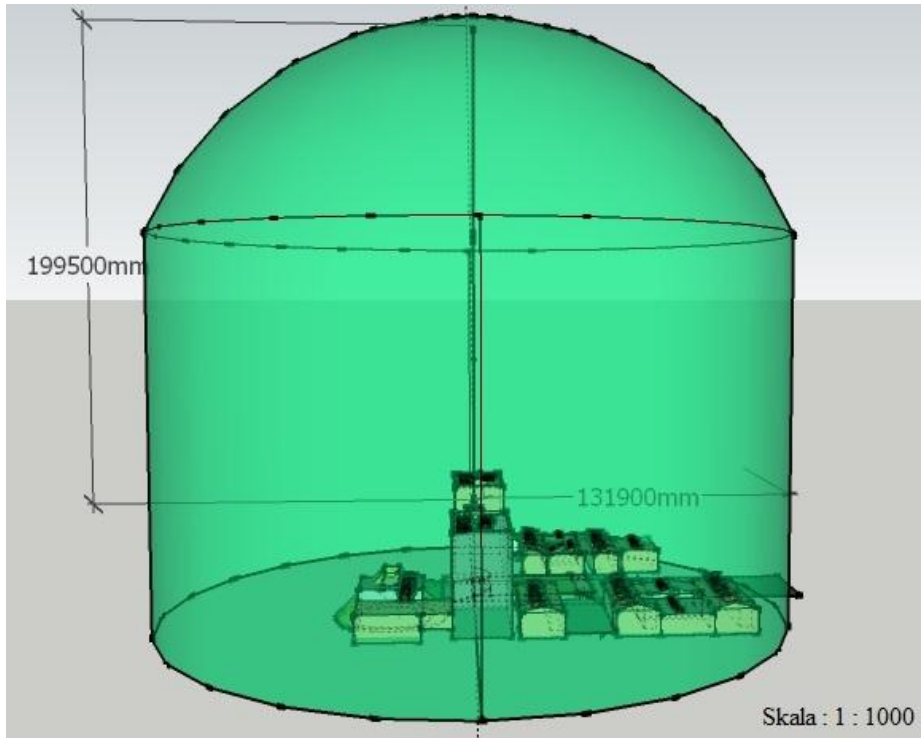


Gambar 4.42. Tampak Atas Radius Perlindungan Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika

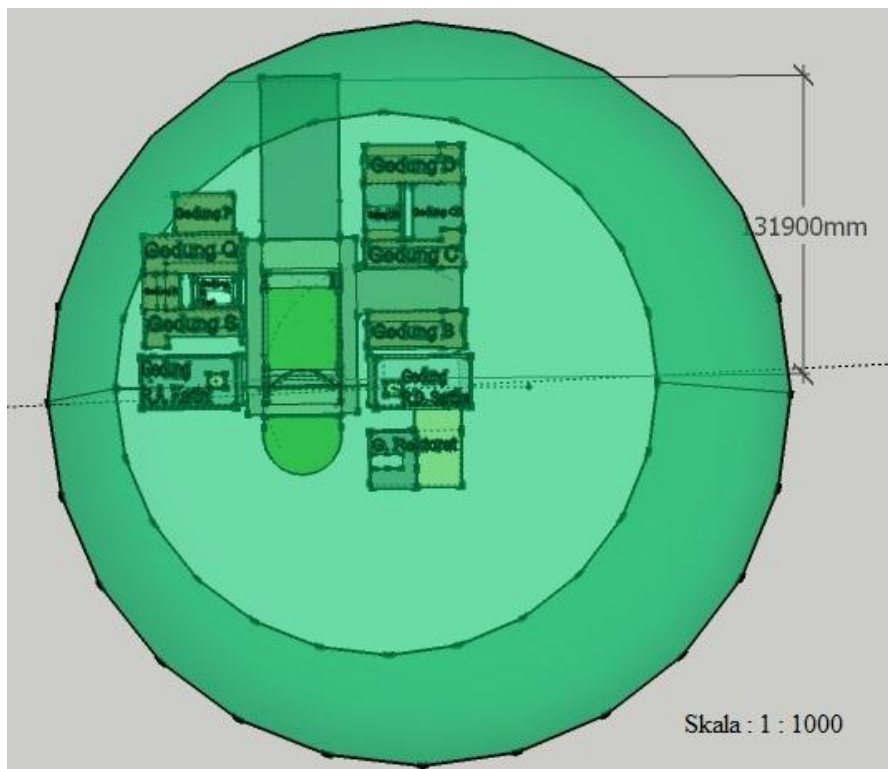
4.2.2.5. Perhitungan Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika dengan Metode Bola Bergulir

Berdasarkan perhitungan dengan metode bola bergulir memiliki beberapa parameter, yaitu Jarak Sambar, Distribusi Arus Puncak, Sudut Lindung dan Daerah Lindung. Besarnya arus puncak petir untuk daerah gedung UNJ berdasarkan dengan parameter arus petir dengan tingkat proteksi gedung Raden Adjeng Kartini adalah level IV, maka nilai puncak arus petirnya adalah 100 kA. Artinya, bangunan dapat menahan arus hingga 100 kA, tetapi jika arus petir muncul lebih dari 100 kA, maka akan ditangkap oleh penangkal petir. Hubungan besar arus puncak dengan sambaran diperoleh sebesar 199,5 meter. Berdasarkan perhitungan sudut perlindungan penangkal petir, tinggi bangunan ditambah dengan tinggi penangkal petir dapat dihasilkan tinggi penangkal petir dari tanah yaitu 49,8 meter. Sudut perlindungan penangkal petir gedung Raden Dewi Sartika adalah sebesar $48,62^\circ$.

Besar radius perlindungan penangkal petir dapat berubah-ubah pada setiap gedung berdasarkan ketinggian dari gedung itu sendiri. Pada alat penangkal petir yang dipasang pada gedung Raden Adjeng Kartini memiliki radius 60 m, namun setelah dipasang pada gedung tersebut, sesuai perhitungan radiusnya menjadi sebesar 131,9 meter. Untuk besar radius tersebut, sudah dapat melindungi seluruh area gedung Raden Dewi Sartika dan lingkungan di dalam sektor B. Perhitungan besar radius perlindungan terdapat pada lampiran. Besar radius perlindungan pada gedung Raden Dewi Sartika, dapat dilihat tampak samping pada Gambar 4.43. dan tampak atas pada Gambar 4.44 berikut :



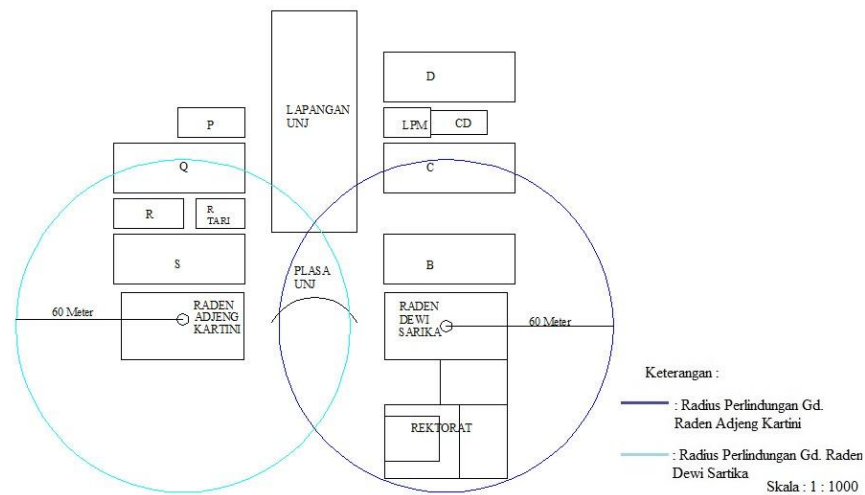
Gambar 4.43. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika dengan Metode Bola Bergulir Tampak Samping



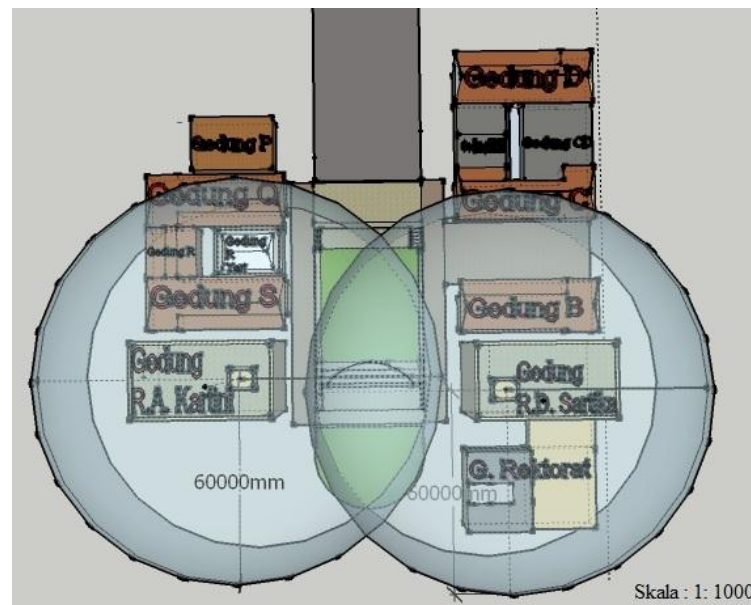
Gambar 4.44. Gambar Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika dengan Metode Bola Bergulir

4.2.2.6. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Sektor B

Bedasarkan hasil penelitian sesuai dengan data spesifikasi sistem penangkal petir, terdapat 2 gedung yang memiliki sistem penangkal petir yang memungkinkan dapat melindungi sebagian wilayah sektor B. Untuk lebih jelasnya luas perlindungan penangkal petir yang terdapat di sektor B dapat dilihat pada gambar 4.45. dan gambar 4.46.



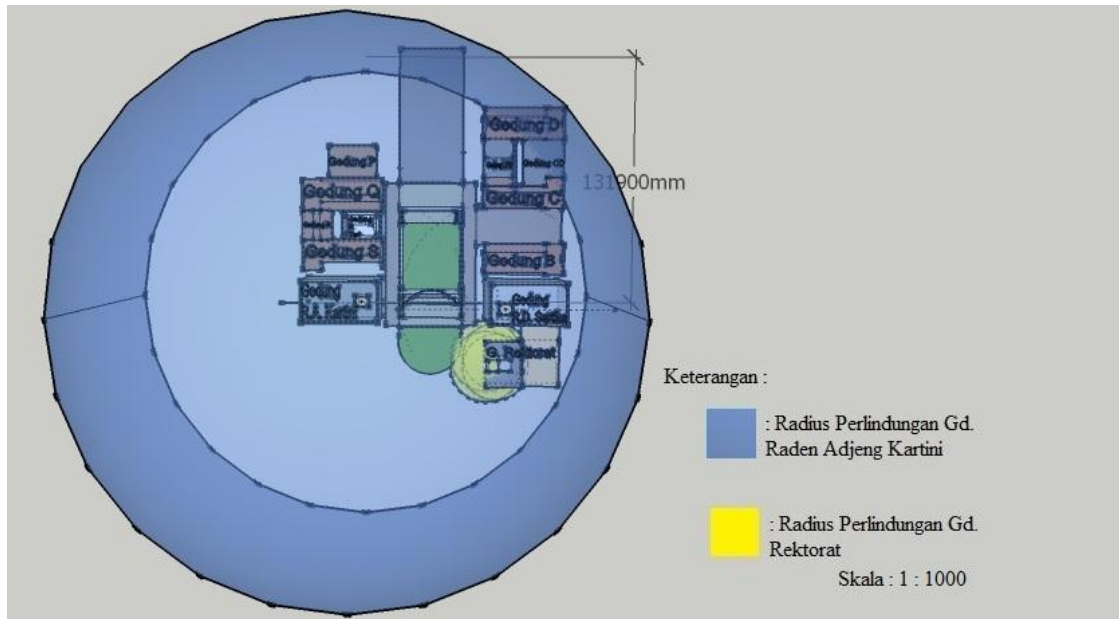
Gambar 4.45. Radius Perlindungan Penangkal Petir Sektor B



Gambar 4.46. Radius Perlindungan Penangkal Petir Berdasarkan Spesifikasi Sektor B Tampak Atas

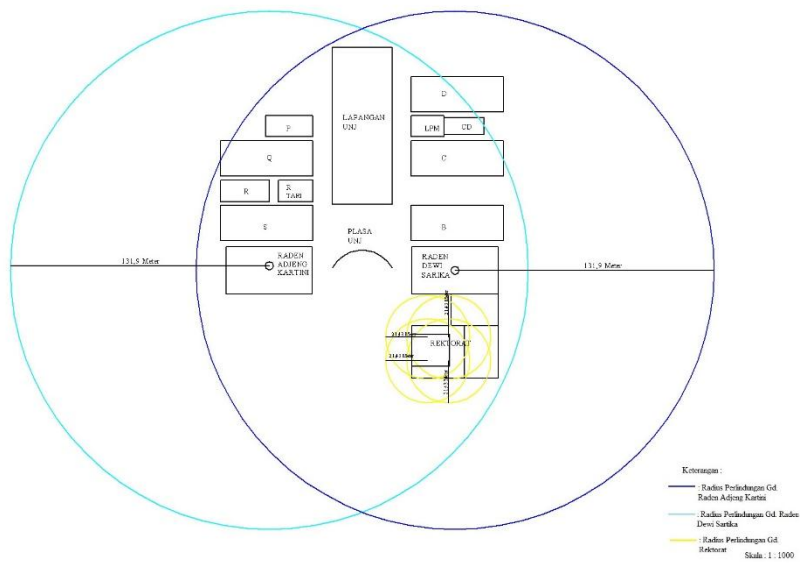
Berdasarkan data spesifikasi radius perlindungan sistem penangkal petir dapat di lihat pada gambar 4.46. tidak seluruh gedung yang ada di area sektor B terlindungi oleh penangkal petir yang ada. gedung-gedung yang dapat terlindungi dari penangkal petir yang terpasang adalah gedung Rektorat, gedung Raden Dewi Sartika, gedung B, gedung C, gedung Raden Adjeng Kartini, gedung S, gedung R, gedung R tari dan gedung Q. Gedung-gedung yang tidak dapat terlindungi dari penangkal petir yang terpasang adalah gedung LPM, gedung CD, gedung D, gedung P dan lapangan.

Berdasarkan hasil penelitian sesuai dengan kondisi nyata (*real*), didapatkan hasil bahwa sistem penangkal petir yang ada di gedung Raden Dewi Sartika sudah tidak aktif lagi karena tersambar petir sejak Desember Tahun 2014 yang mengakibatkan kerusakan pada terminasi udara, sehingga penangkal petir tidak berfungsi dan tidak dapat melindungi gedung dari sambaran petir. Perhitungan sistem penangkal petir gedung Rektorat dan gedung Raden Adjeng Kartini dengan menggunakan metode bola bergulir, didapatkan radius perlindungan terhadap sambaran petir pada wilayah sektor B semua terlindungi. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.47. berikut.



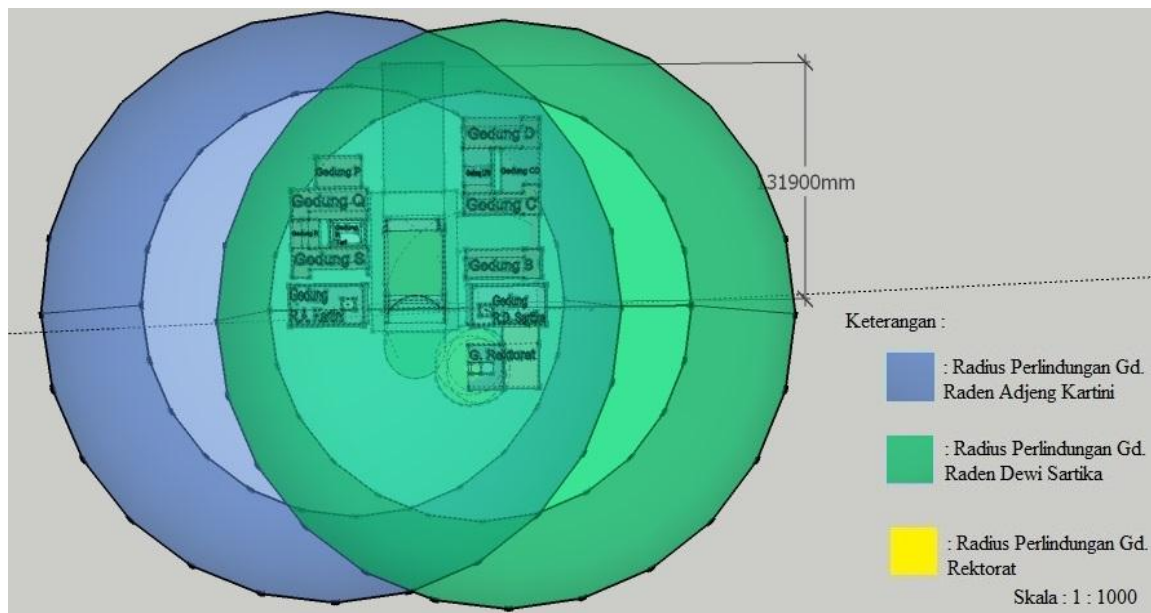
Gambar 4.47. Keadaan Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Sektor B dengan Metode Bola Bergulir

Sistem penangkal petir di kampus A sektor B saat ini yang masih aktif hanya gedung Rektorat dan gedung Raden Adjeng Kartini. Sesuai dengan perhitungan apabila sistem penangkal petir yang ada di Kampus A Sektor B diperbaiki dan aktif semua, dapat dilihat pada Gambar 4.48. dan Gambar 4.49.



Gambar 4.48. Radius Perhitungan Penangkal Petir Kampus A Sektor B

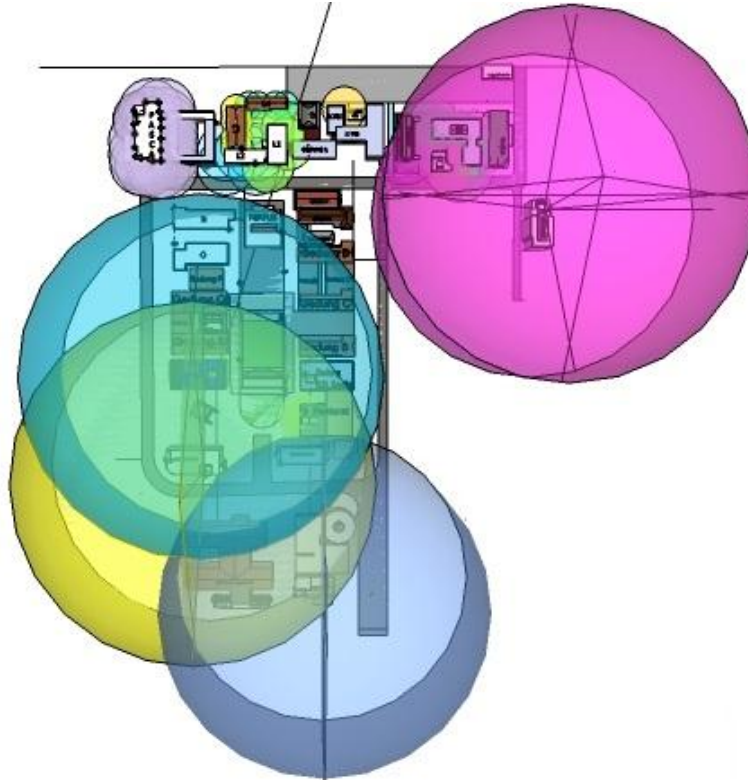
Apabila Diperbaiki



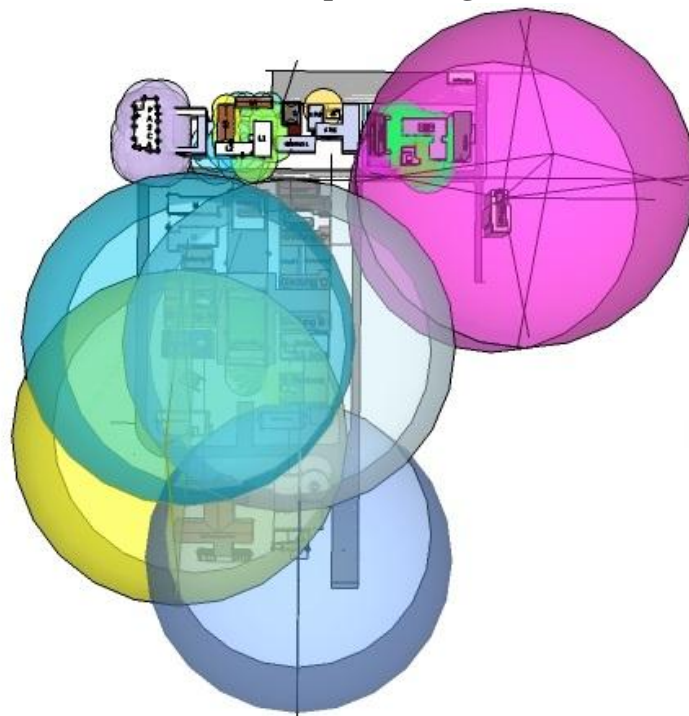
Gambar 4.49. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Sektor B Apabila Diperbaiki dengan Metode Bola Bergulir

4.2.2.7. Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir Universitas Negeri Jakarta Kampus A.

Kampus A Universitas Negeri Jakarta terbagi dalam 4 sektor yaitu Sektor A, Sektor B, Sektor C, dan Sektor D. Sesuai dengan penelitian dan perhitungan radius perlindungan yang telah dilakukan oleh peneliti, tidak semua gedung yang ada di Kampus A Universitas Negeri Jakarta memiliki sistem penangkal petir dan tidak semua gedung yang memiliki sistem penangkal petir yang ada di Kampus A Universitas Negeri Jakarta aktif. Untuk keadaan saat ini sesuai dengan radius perlindungan sistem penangkal petir dengan menggunakan metode bola bergulir, dapat dilihat pada Gambar 4.50. Apabila sistem penangkal petir yang ada di Kampus A Universitas Negeri Jakarta diperbaiki, dapat dilihat pada Gambar 4.51.



Gambar 4.50. Kondisi Real Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir UNJ Kampus A dengan Metode Bola Bergulir



Gambar 4.51. Kondisi Radius Perlindungan Sistem Penangkal Petir UNJ Kampus A dengan Metode Bola Bergulir Apabila diperbai

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian untuk 13 gedung di Sektor B, hanya 3 gedung yang memiliki sistem penangkal petir yaitu gedung Rektorat, gedung Raden Adjeng Kartini dan gedung Raden Dewi Sartika.
2. Gedung Rektorat memiliki sistem penangkal petir pasif yang terpasang sudah sesuai karena komponen sistem penangkal petir dalam kondisi berfungsi dengan baik, nilai tahanan pentanahan tidak melebihi standar tertinggi, dan sudah sesuai dengan standar sistem penangkal petir yaitu PUIPP dan SNI 03-705-2004.
3. Gedung Raden Adjeng Kartini memiliki sistem penangkal petir aktif yang terpasang sudah sesuai karena komponen sistem penangkal petir dalam kondisi berfungsi dengan baik, nilai tahanan pentanahan tidak melebihi standar tertinggi, dan sudah sesuai dengan standar sistem penangkal petir yaitu PUIPP dan SNI 03-705-2004.
4. Sistem penangkal petir pada Gedung Raden Dewi Sartika sudah tidak berfungsi karena sudah tersambar petir pada bulan Desember 2014, sistem penangkal petir tidak sesuai dengan standar PUIPP dan SNI 03-705-2004 karena tidak terdapat bak grounding yang sudah tertimbun oleh tanah yang menyebabkan nilai tahanan pentanahan tidak dapat di ukur.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian, Universitas Negeri Jakarta disarankan :

1. Karena masih ada gedung yang tidak mempunyai gambar instalasi sistem penangkal petir, segera membuat gambar instalasi penangkal petir yang sesuai dengan yang terpasang pada gedung.
2. Pada gedung Raden Dewi Sartika harus segera diperbaiki sistem penangkal petir, mengingat perkiraan bahaya pada sambaran petir gedung Raden Dewi Sartika sangat besar. Jika diperbaiki, seluruh sektor B dapat terlindungi.
3. Pada setiap kabel penghantar BC sebaiknya dibiarkan terlanjang tidak perlu dilindung oleh pipa pvc.
4. Pada gedung Rektorat dibuat terminal pentanahan agar mempermudah pemeriksaan dan pemeliharaan.
5. Melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan berkala pada instalasi penangkal petir minimal dua tahun sekali berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor : PER.02/MEN/1989.
6. Mengingat cara menghitung dan mengukur kualitas sistem penangkal petir, bisa dijadikan sebagai bahan pembelajaran dan dipraktikkan.
7. Perlu adanya sertifikat ahli dalam bidang penangkal petir khusus untuk teknisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, C. Donald dan Perry Samson. (2011). *Extreme Weather & Climate*. USA: Brooks/ Cole.
- Arikunto, Suharsimi. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7015-2004*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Barnes, Patricia dan Thomas E. Svarney. (1999) *Skies Of Fury*. USA: Touchstone.
- Bhattacharya, Rabindra Nath dan Rastogi, K. M. (2003). *Experiments in Basic Electrical Engineering*. New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). *Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk Bangunan di Indonesia*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Hermawan, D.A. 2010. Optimalisasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Menggunakan Jenis *Early Streamer*: Studi Kasus UPT LAGG BPPT [skripsi] Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Keller, A. Edward. (2006). *Natural Hazards*. Oxford: Routledge.
- Septiyanthy, Ria. 2015. Analisis Penerapan Sistem Penangkal Petir yang Digunakan pada Gedung Pusat Perbelanjaan. [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Suardi, Moh. (2015). *Belajar & Pembelajaran*. Yogya: Dee Publish.
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharnoto, Y. (2012) Evaluasi Sistem Proteksi Listrik Kantor Bupati Landak. *Jurnal ELKHA*, 4:47-52.
- Suhartanto, Tri. 2006. Penentuan Kebutuhan Proteksi Petir Pada Gedung Teknik Elektro UNDIP Dengan Adanya Bangunan Menara *Base Transceiver Station* [skripsi]. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Suprajitno. (2003). *Asuhan Keperawatan Keluarga: Aplikasi dalam Praktik*. 2003. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

LAMPIRAN PERHITUNGAN, DOKUMENTASI, DAN PEMERIKSAAN

Nama Gedung : Rektorat

Dimensi Gedung

Dimensi Bangunan	Ukuran (m)
Panjang	26,51
Lebar	26,58
Tinggi	19,68

Spesifikasi Penangkal Petir

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Merk Penangkal Petir	-
2	Jenis	Pasif
3	Tipe	-
4	Radius Perlindungan	-
5	Tingkat Korosi	-

Detail Peralatan Instalasi Sistem Penangkal Petir

No	Nama	Spesifikasi	Data Aktual
1	Terminal Udara	Bahan tiang penyangga	Pipa Besi
		Panjang tiang penyangga	1,75 m
		Diameter tiang penyangga	32,0 mm
		Lampu indicator	Ada
		Tingkat Korosi	-
2	Konduktor	Jenis kabel	Bare Cooper (BC)
		Konstruksi konduktor	Silindris
		Diameter konduktor	7,00 mm
		Tingkat Korosi	-
3	Elektroda Pembedahan	Ukuran bak control	-
		Konstruksi bak kontrol	-
		Jenis elektroda	Batang
		Bahan elektroda	Kabel BC dengan pipa gavanis batang
		Panjang elektroda	-
		Diameter elektroda	-
		Luas penampang konduktor pentanahan	-
		Tingkat Korosi	-
Resistivitas	0,17 ohm		
4	Instalasi sistem penangkal petir	Konektivitas	Terhubung

Analisis Perhitungan

1. Luas Penampang Konduktor Penghubung

Luas penghantar turun dapat dihitung dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Arus petir maksimum : 220 kA

Arus gangguan berlangsung : 0,001 detik

Temperatur konduktor yang diizinkan : 1000°C

Maka ukuran minimal luas penampang konduktor penangkal petir yang digunakan adalah:

$$A = I_o \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} S}{\log 10\left(\frac{T}{274}+1\right)}}$$
$$A = 220. 10^3 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \times 0,001}{\log 10\left(\frac{1000}{274}+1\right)}}$$
$$A = 220. 10^3 \sqrt{1,27 \times 10^{-8}}$$
$$A = 25 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Data Pengukuran

Diketahui:

Diameter : 7,0 mm

Jari-jari : 3,5 mm

Maka didapat luas penghantar sebagai berikut:

$$L = \pi r^2$$

$$L = 3,14 \times (3,5\text{mm})^2$$

$$L = 38,46 \text{ mm}^2 \text{ (tidak mendekati } 50 \text{ mm}^2)$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan hasil pengukuran lebih kecil dibanding ukuran minimal yang diperlukan. Sehingga, ukuran luas penghantar penangkal petir gedung Rektorat sudah baik.

2. Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan pada gedung Rektorat dapat dihitung dengan persamaan matematis dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Perhitungan Data Spesifikasi

Jika tahanan jenis tanah (ρ) : 100 Ω m

Panjang elektroda (L) : 6m (Sesuai Standart PUIPP)

Diameter penampang (a) : 1. Tembaga : 0,00798m

2. Besi : 0,010094m

Banyaknya elektroda : 1 buah

Maka tahanan pentanahannya adalah:

1. Tembaga

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$R = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot 6}{0,00798} \right) - 1 \right\}$$

$$R = 18,60 \Omega$$

2. Besi

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$R = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot 6}{0,010094} \right) - 1 \right\}$$

$$R = 17,97 \Omega$$

Data Pengukuran

$$R = 0,17 \Omega$$

Nilai pengukuran tahanan pentanahan sudah baik karena tidak melebihi aturan yang berlaku yaitu 5Ω . Perhitungan nilai tahanan pentanahan di asumsikan jika tahanan jenis tanahnya 100Ω maka dapat dihasilkan nilai perhitungan lebih besar dari pada nilai pengukuran tahanan pentanahan.

3. Diameter Elektroda Pentanahan

Dari rumus yang digunakan untuk menghitung nilai tahanan pentanahan dapat ditentukan besar diameter elektroda. Berikut ini adalah perhitungannya:

Perhitungan Data Pengukuran

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$0,17 = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot 6}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$a = 8,28 \text{ mm}$$

Hasil dari perhitungan berdasarkan data spesifikasi dan pengukuran memiliki perbedaan. Menunjukkan semakin besar ukuran konduktor yang digunakan semakin besar maka tahanan pentanahannya akan semakin kecil. Karena pengukuran diameter elektroda tidak dilakukan maka dapat dicari nilainya dengan memasukan data tahanan yang sudah diukur, menunjukkan ukuran kabel yang digunakan lebih kecil dari spesifikasi. Namun bukan berarti data spesifikasi salah, karena kondisi lokasi yang merupakan tanah gundukan, menjadikan nilai tahanan pada data pemasangan dan pengukuran yang saya lakukan bisa saja berbeda.

4. Menghitung Panjang Elektroda Pentanahan

Dari rumus yang digunakan untuk menghitung nilai tahanan pentanahan dapat ditentukan panjang elektroda. Berikut ini adalah perhitungannya:

Perhitungan Data Pengukuran

1. Tembaga

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$0,17 = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{0,00798} \right) - 1 \right\}$$

$L = 1140$ meter

2. Besi

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$
$$0,17 = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{0,010094} \right) - 1 \right\}$$

$L = 1120$ meter

Berdasarkan perhitungan terdapat selisih besar panjang elektroda aktual dengan spesifikasi, yaitu sebesar 186 meter pada elektroda tembaga dan 182 pada elektroda besi. Apabila tahanan pentanahan diinginkan sebesar spesifikasi, maka panjang elektroda harus ditambahkan sesuai dengan besaran tersebut.

5. Radius Perlindungan Penangkal Petir

Sudut perlindungan penangkal petir

Sudut perlindungan dapat dihitung dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Tinggi bangunan utama : 19,68meter

Tinggi penangkal petir : 1,75meter

Tinggi penangkal petirdari tanah : 19,68 m + 1,75 m = 21,43 meter

Dengan tinggi $h > 20$ m, maka $\theta = 45^\circ$

Radius perlindungan penangkal petir yang telah terpasang dapat dihitung:

$$r = \frac{h}{\sin(90 - \theta)} \times \sin \theta$$
$$r = \frac{21,43}{\sin(90 - 45)} \times \sin 45$$
$$r = 21,43$$

Besar radius perlindungan penangkal petir adalah 21,43 meter. Untuk besar radius tersebut, sudah dapat melindungi seluruh area gedung Rektorat.

Tabel Pengukuran

No.	Benda	Aktual	Analisis	Keterangan
1.	Tinggi Terminal udara	1,75 m	-	Disesuaikan dengan radius perhitungan
2.	Luas Penampang Konduktor penghubung	-	38,46 mm ²	
3.	Diameter Konduktor pentanahan	7 mm	-	Sudah baik karena ukuran kabel lebih besar dari ukuran minimal yang diperlukan.
4.	Diameter elektroda	-	6450mm	Tidak dilakukan pengukuran
5.	Diameter tiang penyangga	32 mm	-	Sudah baik karena semakin besar tiangnya, akan semakin kuat
6.	Tahanan pentanahan	0,17 ohm	1. Bahan tembaga : 18,60 ohm 2. Bahan besi : 17,97 ohm	Besar tahanan sudah cukup baik
7.	Panjang elektroda pentanahan	-	1. Bahan tembaga : 1140m 2. Bahan Besi : 1120m	Tidak dilakukan pengukuran
8.	Radius perlindungan	-	21,43m	Tidak dilakukan pengukuran

Lampiran Foto

	
<p>Kondisi Terminal Udara</p>	<p>Pengukuran Tinggi Penangkal Petir</p>



**Pengukuran Diameter Kabel
Konduktor**



**Pengukuran Diameter Batang
Penyanga**



**Kondisi Sistem Pentanahan
(Bak Pertama)**



Hasil Uji Pentanahan



Hasil Uji Konektivitas



Kondisi Klem

Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir Gedung Rektorat Berdasarkan Peraturan Menteri No.PER.02/MEN/1989

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir					
1	Penempatan terminal udara	- Terminal udara dipasang di tempat atau bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir.	√		

		- Pemasangan penerima pada atap yang mendatar harus benar-benar menjamin bahwa seluruh luas atap yang bersangkutan termasuk dalam daerah perlindungan	√		
		- Penerima yang dipasang di atas atap yang datar sekurang-kurangnya lebih tinggi 15 cm dari pada sekitarnya	√		
2	Bagian bangunan yang bukan logam	- Semua bagian bangunan yang terbuat dari bukan logam terminal udara yang dipasang menjulang keatas. Untuk bangunan dengan tinggi lebih dari 1 (satu) meter dari atap harus dipasang penerima tersendiri.	√		
3	Jumlah terminal udara	- Jumlah terminal udara yang dipasang menggunakan jarak maksimum antara dua buah batang terminal udara yang berdekatan adalah 5 meter.	√		
4	Bahan terminal udara	- Bahan dan ukuran minimum dari terminasi udara adalah sebagai berikut: a. Untuk terminal udara berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 35 mm ² b. Untuk terminal udara berbahan Alumunium (Al) adalah 70 mm ² c. Untuk terminal udara berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm ²	√		

**Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Penyalur TurunInstalasi
Penangkal Petir Gedung Rektorat Berdasarkan Peraturan Menteri
No.PER.02/MEN/1989**

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
Penyalur TurunInstalasi Penangkal Petir					

1	Penempatan penyalur turun	- Penghantar penyalur turun harus dipasang sepanjang bubungan (nol) dan atau sudut sudut bangunan ke tanah sehingga penyalur turun merupakan suatu sangkar dari bangunan yang akan dilindungi	√		
		- Jarak antara alat-alat pemegang penyalur turun satu dengan yang lainnya tidak boleh lebih dari 1,5 meter.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang lurus ke bawah dan jika terpaksa dapat mendatar atau melampaui penghalang.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang dengan jarak tidak kurang 15 cm dari atap yang dapat terbakar.	√		
		- Semua bubungan (nol) harus dilengkapi dengan penyalur turun, dan untuk atap yang datar harus dilengkapi dengan penyalur turun pada sekeliling pinggirnya	√		
		- Bagian bangunan yang terdekat dengan pohon yang mengakibatkan loncatan petir tersebut harus dipasang penyalur turun.		√	
		- Jarak maksimum antara penyalur turun yang satu dengan yang lain: a. pada bangunan yang tingginya kurang dari 25 meter maximum 20 meter; b. pada bangunan yang tingginya antara 25-50 meter maka jaraknya (30 - 0,4 x tinggi bangunan); c. pada bangunan yang tingginya lebih dari 50 meter maximum 10 meter	√		
		- Tidak memasang penyalur turun di bawah atap atau dalam bangunan.	√		
		- Jarak antara kaki penerima dan titik percabangan penyalur turun paling besar 5 (lima) meter	√		
		- Penyalur turun harus selalu dipasang pada bagian-bagian yang menonjol yang diperkirakan dapat tersambar petir	√		

2	Pemasangan penyalur turun	- Untuk bangunan yang mempunyai bagian-bagian yang menonjol kesamping harus dipasang beberapa penyalur turun.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang sedemikian rupa, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak mudah rusak.	√		
3	Bahan penyalur turun	- Bahan dan ukuran minimum dari penyalur turun adalah sebagai berikut: a. Untuk penyalur turun berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 16 mm ² b. Untuk penyalur turun berbahan Alumunium (Al) adalah 25 mm ² c. Untuk penyalur turun berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm ²	√		
4	Jumlah penyalur turun	- Instalasi penyalur petir dari suatu bangunan paling sedikit harus mempunyai 2 (dua) buah penyalur turun.	√		
		- Instalasi penyalur petir yang mempunyai lebih dari satu penerima, dari penerima tersebut harus ada paling sedikit 2 (dua) buah penyalur turun.	√		
		- Untuk bangunan yang memiliki lebar lebih dari 12 meter, diperlukan paling sedikit 4 buah penghantar penangkal petir.	√		
		- Jika panjang bangunan lebih dari 20 meter diperlukan lagi tambahan sebuah penghantar penyalur petir berikutnya untuk setiap mulai kelebihan panjang dari 20 meter.	√		

Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Pentanahan Instalasi Penangkal Petir Gedung Rektorat Berdasarkan Peraturan Menteri No.PER.02/MEN/1989

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	

Pentanahan Instalasi Penangkal Petir					
1	Penempatan terminal pentanahan	- Elektroda bumi yang digunakan untuk pembumian instalasi listrik tidak boleh digunakankan untuk pembumian instalasi penyalur petir.	√		
		- Masing-masing penyalur turun dan suatu instalasi penyalur petir yang mempunyai beberapa penyalur turun harus disambungkan dengan elektroda kelompok	√		
2	Nilai pentanahan	- Tahanan pembumian dan seluruh sistem pembumian tidak boleh lebih dan 5 ohm	√		
3	Pemasangan pentanahan	- Elektroda bumi dan elektroda kelompok harus dapat diukur tahanan pembumiann secara tersendiri maupun kelompok	√		
4	Bahan pentanahan	- Bahan dan ukuran minimum dari penyalur turun adalah sebagai berikut: a. Untuk penyalur turun berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 16 mm ² b. Untuk penyalur turun berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm ²	√		

Nama Gedung : Raden Adjeng Kartini

Dimensi Gedung

Dimensi Bangunan	Ukuran (m)
Panjang	44
Lebar	27
Tinggi	43,5

Spesifikasi Penangkal Petir

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Merk Penangkal Petir	Kurn
2	Jenis	Aktif
3	Tipe	EF
4	Radius Perlindungan	60 meter
5	Tingkat Korosi	-

Detail Peralatan Instalasi Sistem Penangkal Petir

No	Nama	Spesifikasi	Data Gambar	Data Aktual
1	Terminal Udara	Bahan tiang penyangga	Baja dilapisi seng (galvanis)	Baja dilapisi seng (galvanis)
		Panjang tiang penyangga	6 m	5,8 m
		Diameter tiang penyangga	63,5 mm	76 mm
		Lampu indicator	Ada	Ada
		Tingkat Korosi	-	-
2	Konduktor	Jenis kabel	Coaxial cable	Coaxial cable
		Konstruksi konduktor	Silindris	Tidak tampak
		Diameter konduktor	9,4 mm	5,71 mm
		Tingkat Korosi	-	-
3	Elektroda Penumbumian	Ukuran bak control	20cm x 20cm	20cm x 20cm
		Konstruksi bak kontrol	Beton	Beton
		Jenis elektroda	Batang	-
		Bahan elektroda	Pipa Galvanis Batang elektroda maksimal 3 OHM	-
		Panjang elektroda	12 m	-
		Diameter elektroda	31,75 mm	-
		Luas penampang konduktor pentanahan	70 mm ²	-
		Tingkat Korosi	-	Sambungan: korosi sebagian Kabel: korosi sebagian
Resistivitas	Max 3 ohm	1,03 ohm		
4	Instalasi sistem penangkal petir	Konektivitas	-	Terhubung

Analisis Perhitungan

1. Luas Penampang Konduktor Penghubung

Luas penghantar turun dapat dihitung dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Arus petir maksimum : 220 kA

Arus gangguan berlangsung : 0,001 detik

Temperatur konduktor yang diizinkan : 1000°C

Maka ukuran minimal luas penampang konduktor penangkal petir yang digunakan adalah:

$$A = I_o \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} S}{\log 10\left(\frac{T}{274}+1\right)}}$$
$$A = 220. 10^3 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \times 0,001}{\log 10\left(\frac{1000}{274}+1\right)}}$$
$$A = 220. 10^3 \sqrt{1,27 \times 10^{-8}}$$
$$A = 25 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Data Spesifikasi

Diketahui:

Diameter : 9,4 mm

Jari-jari : 4,7 mm

Maka didapat luas penghantar sebagai berikut:

$$L = \pi r^2$$

$$L = 3,14 \times (4,7\text{mm})^2$$

$$L = 69,36 \text{ mm}^2 \text{ (mendekati } 70 \text{ mm}^2)$$

Perhitungan Data Pengukuran

Diketahui:

Diameter : 5,71 mm

Jari-jari : 2,85 mm

Maka didapat luas penghantar sebagai berikut:

$$L = \pi r^2$$

$$L = 3,14 \times (2,85 \text{ mm})^2$$

$$L = \mathbf{25,50 \text{ mm}^2}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan hasil pengukuran lebih kecil dibanding ukuran minimal yang diperlukan. Sehingga, ukuran luas penghantar penangkal petir gedung Raden Adjeng Kartini sudah baik. Namun terdapat perbedaan di dalam data spesifikasi yang dimiliki gedung Raden Adjeng Kartini dengan data hasil pengukuran, sehingga nilai yang ditunjukkan tidak sesuai. Namun di dalam spesifikasi tidak dijelaskan bentuk kabel yang digunakan, karena pengukuran yang dilakukan adalah pada kabel konduktor yang memiliki isolasi yang tebal, namun tidak dapat diukur ketebalan isolasinya. Untuk ukuran minimal luas penampang konduktor penghubung adalah ukuran konduktor tanpa isolasi.

2. Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan pada gedung Raden Adjeng Kartini dapat dihitung dengan persamaan matematis dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Perhitungan Data Spesifikasi

Jika tahanan jenis tanah (ρ) : 100 Ωm

Panjang elektroda (L) : 12 m

Diameter penampang (a) : 31,75mm

Banyaknya elektroda : 1 buah

Maka tahanan pentanahannya adalah:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$R = \frac{100}{2.3,14.12} \left\{ \left(\ln \frac{4.12}{0,03175} \right) - 1 \right\}$$

$$\mathbf{R = 8,38\Omega}$$

Data Pengukuran

$$\mathbf{R = 1,03\Omega}$$

Nilai tahanan pentanahan sudah baik karena tidak melebihi aturan yang berlaku yaitu 5 Ω . Perhitungan nilai tahanan pentanahan di asumsikan jika tahanan jenis tanahnya 100 Ω maka dapat dihasilkan nilai perhitungan lebih besar dari pada nilai pengukuran tahanan pentanahan.

3. Diameter Elektroda Pentanahan

Dari rumus yang digunakan untuk menghitung nilai tahanan pentanahan dapat ditentukan besar diameter elektroda. Berikut ini adalah perhitungannya:

Perhitungan Data Spesifikasi

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

$$1,67 = \frac{100}{2.3,14.12} \left\{ \left(\ln \frac{4.12}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$\mathbf{a = 4,999 mm}$$

Perhitungan Data Pengukuran

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

$$1,03 = \frac{20}{2.3,14.12} \left\{ \left(\ln \frac{4.12}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$\mathbf{a = 8,12 mm}$$

Hasil dari perhitungan berdasarkan data spesifikasi dan pengukuran memiliki perbedaan. Menunjukkan semakin besar ukuran konduktor yang digunakan

semakin besar maka tahanan pentanahannya akan semakin kecil. Karena pengukuran diameter elektroda tidak dilakukan maka dapat dicari nilainya dengan memasukan data tahanan yang sudah diukur, menunjukkan ukuran kabel yang digunakan lebih kecil dari spesifikasi. Namun bukan berarti data spesifikasi salah, karena kondisi lokasi yang merupakan tanah gundukan, menjadikan nilai tahanan pada data pemasangan dan pengukuran yang saya lakukan bisa saja berbeda.

4. Menghitung Panjang Elektroda Pentanahan

Dari rumus yang digunakan untuk menghitung nilai tahanan pentanahan dapat ditentukan panjang elektroda. Berikut ini adalah perhitungannya:

Perhitungan Data Spesifikasi

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$2 = \frac{20}{2.3,14 \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{0,025} \right) - 1 \right\}$$

$$L = 65 \text{ meter}$$

Perhitungan Data Pengukuran

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$

$$2,42 = \frac{20}{2.3,14 \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{0,025} \right) - 1 \right\}$$

$$L = 53,1 \text{ meter}$$

Berdasarkan perhitungan terdapat selisih besar panjang elektroda aktual dengan spesifikasi, yaitu sebesar 2 meter. Apabila tahanan pentanahan diinginkan sebesar spesifikasi, maka panjang elektroda harus ditambahkan sesuai dengan besaran tersebut.

5. Jarak Sambaran Petir

Besarnya arus puncak petir untuk daerah gedung UNJ berdasarkan dengan parameter arus petir dengan tingkat proteksi gedung Raden Adjeng Kartini adalah level IV, maka nilai puncak arus petir sebesar 100 kA. Artinya, bangunan dapat menahan arus hingga 100 kA, tetapi jika arus petir muncul lebih dari 100 kA, maka akan ditangkap oleh penangkal petir.

Hubungan besar arus puncak dengan jarak sambaran diperoleh adalah:

$$r_s = 10 \times I^{0,65}$$

$$r_s = 10 \times 100^{0,65}$$

$$r_s = 199,5 \text{ meter}$$

6. Sudut Perlindungan Penangkal Petir

Sudut perlindungan dapat dihitung dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Tinggi bangunan : 44 meter

Tinggi penangkal petir : 5,8 meter

Tinggi penangkal petir dari tanah : 44 m + 5,8 m = 49,8 meter

Jarak sambaran petir : 199,5 meter

Maka radius perlindungannya:

$$\varphi = \sin^{-1} \left\{ 1 - \left(\frac{h}{r_s} \right) \right\}$$

$$\varphi = \sin^{-1} \left\{ 1 - \left(\frac{49,8}{199,5} \right) \right\}$$

$$\varphi = 48,62^\circ$$

7. Radius Perlindungan Penangkal Petir

Radius perlindungan penangkal petir yang telah terpasang dapat dihitung:

$$r = \sqrt{2r_s h - h^2}$$

$$r = \sqrt{[(2 \times 199,5 \times 49,8) - (49,8^2)]}$$

$$r = 131,9 \text{ meter}$$

Besar radius perlindungan penangkal petir dapat berubah-ubah pada setiap gedung berdasarkan ketinggian dari gedung itu sendiri. Pada alat penangkal petir yang dipasang pada gedung Raden Adjeng Kartini memiliki radius 60 m, namun setelah dipasang pada gedung tersebut, sesuai perhitungan radiusnya menjadi sebesar 131,9 meter. Untuk besar radius tersebut, sudah dapat melindungi seluruh area gedung Raden Adjeng Kartini dan lingkungan di dalam sector B.

Tabel Pengukuran

No.	Benda	Spesifikasi	Aktual	Analisis	Keterangan
1.	Tinggi Terminal udara	6 m	5,8 m	-	Disesuaikan dengan radius perhitungan
2.	Luas Penampang Konduktor penghubung	70mm ²	-	69,36mm ²	
3.	Diameter Konduktor pentanahan	9,4 mm	5,71 mm	-	Sudah baik karena ukuran kabel lebih besar dari ukuran minimal yang diperlukan.
4.	Diameter elektroda	31,75 mm	-	4,999 mm	Tidak dilakukan pengukuran
5.	Diameter tiang penyangga	63,5 mm	76 mm	-	Sudah baik karena semakin besar tiangnya, akan semakin kuat
6.	Tahanan pentanahan	3 ohm	1,03 ohm	8,38 ohm	Besar tahanan sudah cukup baik
7.	Panjang elektroda pentanahan	12 m	-	53,1 meter	Tidak dilakukan pengukuran
8.	Radius perlindungan	60 m	-	131,9 m	Tidak dilakukan pengukuran

Lampiran Foto

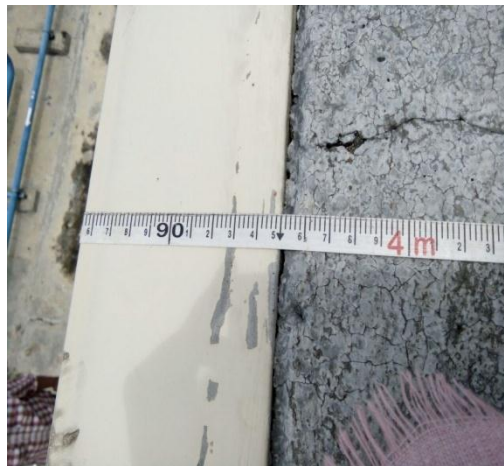
	
<p>Kondisi Terminal Udara</p>	<p>Pengukuran Tinggi Penangkal Petir</p>



**Pengukuran Diameter Kabel
Konduktor**



**Pengukuran Diameter Batang
Penyangga**



**Pengukuran Tinggi Bangunan
Tambahan**



**Kondisi Sistem Pentanahan
(Bak Pertama)**



Kondisi Sistem Pentanahan (Bak Pertama)



Kondisi Sistem Pentanahan (Bak Pertama)

Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini Berdasarkan Peraturan Menteri No.PER.02/MEN/1989

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir					
1	Penempatan terminal udara	- Terminal udara dipasang di tempat atau bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir.	√		

		- Pemasangan penerima pada atap yang mendatar harus benar-benar menjamin bahwa seluruh luas atap yang bersangkutan termasuk dalam daerah perlindungan	√		
		- Penerima yang dipasang di atas atap yang datar sekurang-kurangnya lebih tinggi 15 cm dari pada sekitarnya	√		
2	Bagian bangunan yang bukan logam	- Semua bagian bangunan yang terbuat dari bukan logam terminal udara yang dipasang menjulang keatas. Untuk bangunan dengan tinggi lebih dari 1 (satu) meter dari atap harus dipasang penerima tersendiri.	√		
3	Jumlah terminal udara	- Jumlah terminal udara yang dipasang menggunakan jarak maksimum antara dua buah batang terminal udara yang berdekatan adalah 5 meter.	√		
4	Bahan terminal udara	- Bahan dan ukuran minimum dari terminasi udara adalah sebagai berikut: d. Untuk terminal udara berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 35 mm ² e. Untuk terminal udara berbahan Alumunium (Al) adalah 70 mm ² f. Untuk terminal udara berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm ²	√		

Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Penyalur TurunInstalasi Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini Berdasarkan Peraturan Menteri No.PER.02/MEN/1989

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
Penyalur TurunInstalasi Penangkal Petir					

1	Penempatan penyalur turun	- Penghantar penyalur turun harus dipasang sepanjang bubungan (nol) dan atau sudut sudut bangunan ke tanah sehingga penyalur turun merupakan suatu sangkar dari bangunan yang akan dilindungi	√		
		- Jarak antara alat-alat pemegang penyalur turun satu dengan yang lainnya tidak boleh lebih dari 1,5 meter.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang lurus ke bawah dan jika terpaksa dapat mendatar atau melampaui penghalang.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang dengan jarak tidak kurang 15 cm dari atap yang dapat terbakar.	√		
		- Semua bubungan (nol) harus dilengkapi dengan penyalur turun, dan untuk atap yang datar harus dilengkapi dengan penyalur turun pada sekeliling pinggirnya	√		
		- Bagian bangunan yang terdekat dengan pohon yang mengakibatkan loncatan petir tersebut harus dipasang penyalur turun.		√	
		- Jarak maksimum antara penyalur turun yang satu dengan yang lain: a. pada bangunan yang tingginya kurang dari 25 meter maximum 20 meter; b. pada bangunan yang tingginya antara 25-50 meter maka jaraknya (30 - 0,4 x tinggi bangunan); c. pada bangunan yang tingginya lebih dari 50 meter maximum 10 meter	√		
		- Tidak memasang penyalur turun di bawah atap atau dalam bangunan.	√		
		- Jarak antara kaki penerima dan titik percabangan penyalur turun paling besar 5 (lima) meter	√		
		- Penyalur turun harus selalu dipasang pada bagian-bagian yang menonjol yang diperkirakan dapat tersambar petir	√		

2	Pemasangan penyalur turun	- Untuk bangunan yang mempunyai bagian-bagian yang menonjol kesamping harus dipasang beberapa penyalur turun.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang sedemikian rupa, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak mudah rusak.	√		
3	Bahan penyalur turun	- Bahan dan ukuran minimum dari penyalur turun adalah sebagai berikut: d. Untuk penyalur turun berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 16 mm ² e. Untuk penyalur turun berbahan Aluminium (Al) adalah 25 mm ² f. Untuk penyalur turun berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm ²	√		
4	Jumlah penyalur turun	- Instalasi penyalur petir dari suatu bangunan paling sedikit harus mempunyai 2 (dua) buah penyalur turun.	√		
		- Instalasi penyalur petir yang mempunyai lebih dari satu penerima, dari penerima tersebut harus ada paling sedikit 2 (dua) buah penyalur turun.	√		
		- Untuk bangunan yang memiliki lebar lebih dari 12 meter, diperlukan paling sedikit 4 buah penghantar penangkal petir.		√	Pena ngkal Petir Aktif
		- Jika panjang bangunan lebih dari 20 meter diperlukan lagi tambahan sebuah penghantar penyalur petir berikutnya untuk setiap mulai kelebihan panjang dari 20 meter.	√		

Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Pentanahan Instalasi Penangkal Petir Gedung Raden Adjeng Kartini Berdasarkan Peraturan Menteri No.PER.02/MEN/1989

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	

Pentanahan Instalasi Penangkal Petir					
1	Penempatan terminal pentanahan	- Elektroda bumi yang digunakan untuk pembumian instalasi listrik tidak boleh digunakan untuk pembumian instalasi penyalur petir.	√		
		- Masing-masing penyalur turun dan suatu instalasi penyalur petir yang mempunyai beberapa penyalur turun harus disambungkan dengan elektroda kelompok	√		
2	Nilai pentanahan	- Tahanan pembumian dan seluruh sistem pembumian tidak boleh lebih dan 5 ohm	√		
3	Pemasangan pentanahan	- Elektroda bumi dan elektroda kelompok harus dapat diukur tahanan pembumiann secara tersendiri maupun kelompok	√		
4	Bahan pentanahan	- Bahan dan ukuran minimum dari penyalur turun adalah sebagai berikut: c. Untuk penyalur turun berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 16 mm ² d. Untuk penyalur turun berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm ²	√		

Nama Gedung : Raden Dewi Sartika

Dimensi Gedung

Dimensi Bangunan	Ukuran (m)
Panjang	44
Lebar	27
Tinggi	43,5

Spesifikasi Penangkal Petir

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Merk Penangkal Petir	Kurn
2	Jenis	Aktif
3	Tipe	EF
4	Radius Perlindungan	60 meter
5	Tingkat Korosi	-

Detail Peralatan Instalasi Sistem Penangkal Petir

No	Nama	Spesifikasi	Data Gambar	Data Aktual
1	Terminal Udara	Bahan tiang penyangga	Baja dilapisi seng (galvanis)	Baja dilapisi seng (galvanis)
		Panjang tiang penyangga	6 m	5,8 m
		Diameter tiang penyangga	63,5 mm	76 mm
		Lampu indicator	Ada	Ada
		Tingkat Korosi	-	-
2	Konduktor	Jenis kabel	Coaxial cable	Coaxial cable
		Konstruksi konduktor	Silindris	Tidak tampak
		Diameter konduktor	9,4 mm	5,71 mm
		Tingkat Korosi	-	-
3	Elektroda Pembedaan	Ukuran bak control	20cm x 20cm	-
		Konstruksi bak kontrol	Beton	-
		Jenis elektroda	Batang	-
		Bahan elektroda	Pipa Galvanis Batang elektroda maksimal 3 OHM	-
		Panjang elektroda	12 m	-
		Diameter elektroda	31,75 mm	-
		Luas penampang konduktor pentanahan	70 mm ²	-
		Tingkat Korosi	-	Sambungan: korosi sebagian Kabel: korosi sebagian
		Resistivitas	Max 3 ohm	-

4	Instalasi sistem penangkal petir	Konektivitas	-	Tidak ada bak kontrol
---	----------------------------------	--------------	---	-----------------------

Analisis Perhitungan

1. Luas Penampang Konduktor Penghubung

Luas penghantar turun dapat dihitung dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Arus petir maksimum : 220 kA

Arus gangguan berlangsung : 0,001 detik

Temperatur konduktor yang diizinkan : 1000°C

Maka ukuran minimal luas penampang konduktor penangkal petir yang digunakan adalah:

$$A = I_o \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} S}{\log 10\left(\frac{T}{274}+1\right)}}$$

$$A = 220.10^3 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \times 0,001}{\log 10\left(\frac{1000}{274}+1\right)}}$$

$$A = 220.10^3 \sqrt{1,27 \times 10^{-8}}$$

$$A = 25 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Data Spesifikasi

Diketahui:

Diameter : 9,4 mm

Jari-jari : 4,7 mm

Maka didapat luas penghantar sebagai berikut:

$$L = \pi r^2$$

$$L = 3,14 \times (4,7 \text{ mm})^2$$

$$L = 69,36 \text{ mm}^2 \text{ (mendekati } 70 \text{ mm}^2)$$

Perhitungan Data Pengukuran

Diketahui:

Diameter : 5,71mm

Jari-jari : 2,85 mm

Maka didapat luas penghantar sebagai berikut:

$$L = \pi r^2$$

$$L = 3,14 \times (2,85 \text{ mm})^2$$

$$L = 25,50 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan hasil pengukuran lebih kecil dibanding ukuran minimal yang diperlukan. Sehingga, ukuran luas penghantar penangkal petir gedung Raden Adjeng Kartini sudah baik. Namun terdapat perbedaan di dalam data spesifikasi yang dimiliki gedung Raden Adjeng Kartini dengan data hasil pengukuran, sehingga nilai yang ditunjukkan tidak sesuai. Namun di dalam spesifikasi tidak dijelaskan bentuk kabel yang digunakan, karena pengukuran yang dilakukan adalah pada kabel konduktor yang memiliki isolasi yang tebal, namun tidak dapat diukur ketebalan isolasinya. Untuk ukuran minimal luas penampang konduktor penghubung adalah ukuran konduktor tanpa isolasi.

2. Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan pada gedung Raden Adjeng Kartini dapat dihitung dengan persamaan matematis dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Perhitungan Data Spesifikasi

Jika tahanan jenis tanah (ρ) : 100 Ωm

Panjang elektroda (L) : 12 m

Diameter penampang (a) : 31,75mm

Banyaknya elektroda : 1 buah

Maka tahanan pentanahannya adalah:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$
$$R = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 12} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot 12}{0,03175} \right) - 1 \right\}$$
$$R = 8,38 \Omega$$

Data Pengukuran

$$R = 1,03\Omega$$

Nilai tahanan pentanahan sudah cukup baik karena tidak melebihi aturan yang berlaku yaitu $5\ \Omega$. Perhitungan nilai tahanan pentanahan di asumsikan jika tahanan jenis tanahnya $100\ \Omega$ maka dapat dihasilkan nilai perhitungan lebih besar dari pada nilai pengukuran tahanan pentanahan.

3. Diameter Elektroda Pentanahan

Dari rumus yang digunakan untuk menghitung nilai tahanan pentanahan dapat ditentukan besar diameter elektroda. Berikut ini adalah perhitungannya:

Perhitungan Data Spesifikasi

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$
$$1,67 = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 12} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot 12}{a} \right) - 1 \right\}$$
$$a = 4,999\ mm$$

Perhitungan Data Pengukuran

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$
$$1,03 = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 12} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot 12}{a} \right) - 1 \right\}$$
$$a = 8,12\ mm$$

Hasil dari perhitungan berdasarkan data spesifikasi dan pengukuran memiliki perbedaan. Menunjukkan semakin besar ukuran konduktor yang digunakan semakin besar maka tahanan pentanahannya akan semakin kecil. Karena pengukuran diameter elektroda tidak dilakukan maka dapat dicari nilainya dengan memasukan data tahanan yang sudah diukur, menunjukkan ukuran kabel yang digunakan lebih kecil dari spesifikasi. Namun bukan berarti data spesifikasi salah,

karena kondisi lokasi yang merupakan tanah gundukan, menjadikan nilai tahanan pada data pemasangan dan pengukuran yang saya lakukan bisa saja berbeda.

4. Menghitung Panjang Elektroda Pentanahan

Dari rumus yang digunakan untuk menghitung nilai tahanan pentanahan dapat ditentukan panjang elektroda. Berikut ini adalah perhitungannya:

Perhitungan Data Spesifikasi

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$
$$2 = \frac{100}{2.3,14 \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{0,025} \right) - 1 \right\}$$
$$L = 65 \text{ meter}$$

Perhitungan Data Pengukuran

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} \right) - 1 \right\}$$
$$2,42 = \frac{100}{2.3,14 \cdot L} \left\{ \left(\ln \frac{4 \cdot L}{0,025} \right) - 1 \right\}$$
$$L = 53,1 \text{ meter}$$

5. Jarak Sambaran Petir

Besarnya arus puncak petir untuk daerah gedung UNJ berdasarkan dengan parameter arus petir dengan tingkat proteksi gedung Raden Adjeng Kartini adalah level IV, maka nilai puncak arus petir sebesar 100 kA. Artinya, bangunan dapat menahan arus hingga 100 kA, tetapi jika arus petir muncul lebih dari 100 kA, maka akan ditangkap oleh penangkal petir.

Hubungan besar arus puncak dengan jarak sambaran diperoleh adalah:

$$r_s = 10 \times I^{0,65}$$

$$r_s = 10 \times 100^{0,65}$$

$$r_s = 199,5 \text{ meter}$$

6. Sudut Perlindungan Penangkal Petir

Sudut perlindungan dapat dihitung dengan diketahui data-data sebagai berikut:

Tinggi bangunan : 44 meter

Tinggi penangkal petir : 5,8 meter

Tinggi penangkal petir dari tanah : 44 m + 5,8 m = 49,8 meter

Jarak sambaran petir : 199,5 meter

Maka radius perlindungannya:

$$\varphi = \sin^{-1} \left\{ 1 - \left(\frac{h}{r_s} \right) \right\}$$

$$\varphi = \sin^{-1} \left\{ 1 - \left(\frac{49,8}{199,5} \right) \right\}$$

$$\varphi = 48,62^\circ$$

7. Radius Perlindungan Penangkal Petir

Radius perlindungan penangkal petir yang telah terpasang dapat dihitung:

$$r = \sqrt{2r_s h - h^2}$$

$$r = \sqrt{[(2 \times 199,5 \times 49,8) - (49,8^2)]}$$

$$r = 131,9 \text{ meter}$$

Besar radius perlindungan penangkal petir dapat berubah-ubah pada setiap gedung berdasarkan ketinggian dari gedung itu sendiri. Pada alat penangkal petir yang dipasang pada gedung Raden Dewi Sartika memiliki radius 60 m, namun setelah dipasang pada gedung tersebut, sesuai perhitungan radiusnya menjadi sebesar 131,9 meter. Untuk besar radius tersebut, sudah dapat melindungi seluruh area gedung Raden Dewi Sartika dan lingkungan di dalam sektor B.

Tabel Pengukuran

No.	Benda	Spesifikasi	Aktual	Analisis	Keterangan
1.	Tinggi Terminal udara	6 m	5,8 m	-	Disesuaikan dengan radius perhitungan
2.	Luas Penampang Konduktor penghubung	70mm ²	-	69,36mm ²	
3.	Diameter Konduktor pentanahan	9,4 mm	5,71 mm	-	Sudah baik karena ukuran kabel lebih besar dari ukuran minimal yang diperlukan.
4.	Diameter elektroda	31,75 mm	-	4,999 mm	Tidak dilakukan pengukuran
5.	Diameter tiang penyangga	63,5 mm	76 mm	-	Sudah baik karena semakin besar tiangnya, akan semakin kuat
6.	Tahanan pentanahan	3 ohm	-	8,38 ohm	Tidak ada bak kontrol
7.	Panjang elektroda pentanahan	12 m	-	53,1 meter	Tidak dilakukan pengukuran
8.	Radius perlindungan	60 m	-	131,9 m	Tidak dilakukan pengukuran

Lampiran Foto





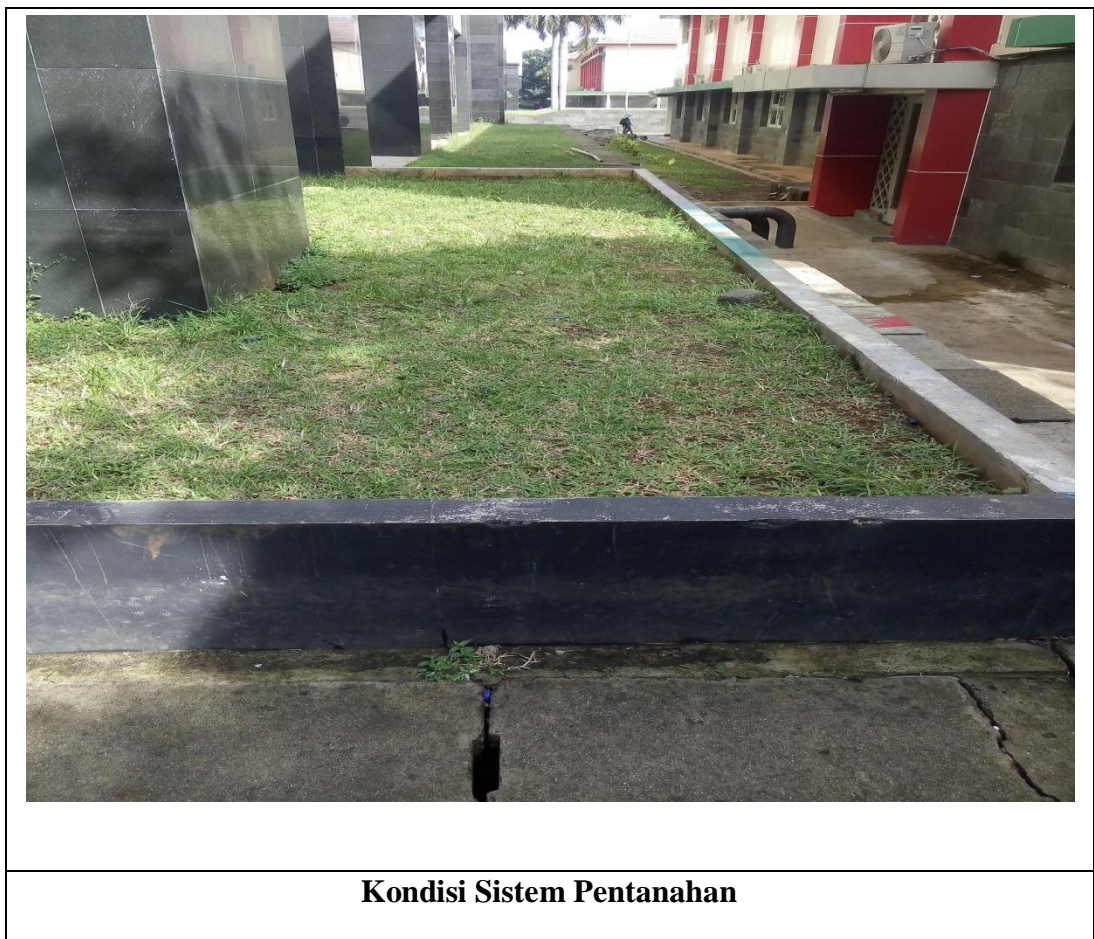
Pengukuran Tinggi Penangkal Petir



Pengukuran Diameter Kabel Konduktor



Pengukuran Diameter Batang Penyangga	Pengukuran Tinggi Bangunan Tambahan
---	--



**Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Terminal Udara Instalasi
Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika Berdasarkan Peraturan Menteri
No.PER.02/MEN/1989**

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
Terminal Udara Instalasi Penangkal Petir					
1	Penempatan terminal udara	- Terminal udara dipasang di tempat atau bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir.	√		
		- Pemasangan penerima pada atap yang mendatar harus benar-benar menjamin bahwa seluruh luas atap yang bersangkutan termasuk dalam daerah perlindungan	√		

		- Penerima yang dipasang di atas atap yang datar sekurang-kurangnya lebih tinggi 15 cm dari pada sekitarnya	√		
2	Bagian bangunan yang bukan logam	- Semua bagian bangunan yang terbuat dari bukan logam terminal udara yang dipasang menjulang keatas. Untuk bangunan dengan tinggi lebih dari 1 (satu) meter dari atap harus dipasang penerima tersendiri.	√		
3	Jumlah terminal udara	- Jumlah terminal udara yang dipasang menggunakan jarak maksimum antara dua buah batang terminal udara yang berdekatan adalah 5 meter.	√		
4	Bahan terminal udara	- Bahan dan ukuran minimum dari terminasi udara adalah sebagai berikut: g. Untuk terminal udara berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 35 mm ² h. Untuk terminal udara berbahan Alumunium (Al) adalah 70 mm ² i. Untuk terminal udara berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm ²	√		

Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Penyalur Turun Instalasi Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika Berdasarkan Peraturan Menteri No.PER.02/MEN/1989

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
Penyalur Turun Instalasi Penangkal Petir					
1	Penempatan penyalur turun Penempatan penyalur turun	- Penghantar penyalur turun harus dipasang sepanjang bubungan (nol) dan atau sudut sudut bangunan ke tanah sehingga penyalur turun merupakan suatu sangkar dari bangunan yang akan dilindungi	√		

		- Jarak antara alat-alat pemegang penyalur turun satu dengan yang lainnya tidak boleh lebih dari 1,5 meter.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang lurus ke bawah dan jika terpaksa dapat mendatar atau melampaui penghalang.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang dengan jarak tidak kurang 15 cm dari atap yang dapat terbakar.	√		
		- Semua bubungan (nok) harus dilengkapi dengan penyalur turun, dan untuk atap yang datar harus dilengkapi dengan penyalur turun pada sekeliling pinggirnya	√		
		- Bagian bangunan yang terdekat dengan pohon yang mengakibatkan loncatan petir tersebut harus dipasang penyalur turun.		√	
		- Jarak maksimum antara penyalur turun yang satu dengan yang lain: a. pada bangunan yang tingginya kurang dari 25 meter maximum 20 meter; b. pada bangunan yang tingginya antara 25-50 meter maka jaraknya (30 - 0,4 x tinggi bangunan); c. pada bangunan yang tingginya lebih dari 50 meter maximum 10 meter	√		
		- Tidak memasang penyalur turun di bawah atap atau dalam bangunan.	√		
		- Jarak antara kaki penerima dan titik pencabangan penyalur turun paling besar 5 (lima) meter	√		
		- Penyalur turun harus selalu dipasang pada bagian-bagian yang menonjol yang diperkirakan dapat tersambar petir	√		
2	Pemasangan penyalur turun	- Untuk bangunan yang mempunyai bagian-bagian yang menonjol kesamping harus dipasang beberapa penyalur turun.	√		
		- Penyalur turun harus dipasang sedemikian rupa, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak mudah rusak.	√		

3	Bahan penyalur turun	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan dan ukuran minimum dari penyalur turun adalah sebagai berikut: g. Untuk penyalur turun berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 16 mm² h. Untuk penyalur turun berbahan Alumunium (Al) adalah 25 mm² i. Untuk penyalur turun berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm² 	√		
4	Jumlah penyalur turun	- Instalasi penyalur petir dari suatu bangunan paling sedikit harus mempunyai 2 (dua) buah penyalur turun.	√		
		- Instalasi penyalur petir yang mempunyai lebih dari satu penerima, dari penerima tersebut harus ada paling sedikit 2 (dua) buah penyalur turun.	√		
		- Untuk bangunan yang memiliki lebar lebih dari 12 meter, diperlukan paling sedikit 4 buah penghantar penangkal petir.		√	Penangkal Petir Aktif
		- Jika panjang bangunan lebih dari 20 meter diperlukan lagi tambahan sebuah penghantar penyalur petir berikutnya untuk setiap mulai kelebihan panjang dari 20 meter.	√		

Pemeriksaan Terhadap Persyaratan Teknis Pentanahan Instalasi Penangkal Petir Gedung Raden Dewi Sartika Berdasarkan Peraturan Menteri No.PER.02/MEN/1989

No.	Pemeriksaan	Standarisasi Berdasarkan PUIPP	Kondisi		Ket.
			Ya	Tidak	
Pentanahan Instalasi Penangkal Petir					
1	Penempatan terminal pentanahan	- Elektroda bumi yang digunakan untuk pembumian instalasi listrik tidak boleh digunakan untuk pembumian instalasi penyalur petir.	√		
		- Masing-masing penyalur turun dan suatu instalasi penyalur petir yang mempunyai beberapa penyalur turun harus disambungkan dengan elektroda kelompok	√		

2	Nilai pentanahan	- Tahanan pbumian dan seluruh sistem pbumian tidak boleh lebih dan 5 ohm			Tidak terdapat bak kontrol
3	Pemasangan pentanahan	- Elektroda bumi dan elektroda kelompok harus dapat diukur tahanan pbumiann secara tersendiri maupun kelompok			Tidak terdapat bak kontrol
4	Bahan pentanahan	- Bahan dan ukuran minimum dari penyalur turun adalah sebagai berikut: e. Untuk penyalur turun berbahan tembaga/ Cuprum (Cu) adalah 16 mm ² f. Untuk penyalur turun berbahan besi/ Ferum (Fe) adalah 50 mm ²	√		

FORM WAWANCARA

Narasumber : Mahaputra

Pertanyaan dan Jawaban :

1. Apakah ada penangkal petir di gedung Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B (Gedung Rektorat, Gedung Raden Adjeng Kartini, Gedung Raden Dewi Sartika, Gedung B, Gedung C, Gedung CD, Gedung D, Gedung LPM, Gedung P, Gedung Q, Gedung R, Gedung R Tari, Gedung S) ?
 - Ada, Gedung Rektorat, Gedung R.A. Kartini dan Gedung Dewi Sartika. Tapi setahu saya dahulu Gedung B, Gedung C, Gedung D, Gedung , Gedung P, Gedung Q, Gedung R, Gedung S ada penangkal petirnya sebelum renovasi atap pada tahun 2012 – 2013. Setelah berdirinya Gedung R.A. Kartini dan Gedung Dewi Sartika penangkal petir di gedung tersebut di lepas.
2. Siapa pengelola dan penanggung jawab atas gedung di Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B ?
 - Penanggung jawab gedung adalah Rektor, tapi untuk reknis nya dibawah kendali biro umum kepegawaian.
3. Sejak kapan penangkal petir yang ada di gedung Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B dipasang ?

- Gedung Rektorat kena renovasi pada tahun 2010 dan penangkal petirnya di ganti pada saat itu. Gedung R.A Kartini dan Gedung Raden Dewi Sartika dibangun tahun 2012, diresmikan pada tahun 2013.
4. Sistem penangkal petir apa yang digunakan di gedung Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B ?
 - Gedung Rektorat menggunakan sistem penangkal petir pasif, Gedung R.A Kartini dan Gedung Raden Dewi Sartika menggunakan sistem penangkal petir aktif.
 5. Bagaimana penerapan sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?
 - Penerapan sistem penangkal petir pada gedung baru cukup baik. Di gedung Raden Dewi Sartika tersambar petir menyebabkan rusak splitzen penangkal petirnya dan panel MCFA pun rusak.
 6. Bagaimana kondisi komponen penangkal petir yang digunakan pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?
 - Gedung Rektorat kondisi penangkal petirnya masih utuh, lengkap dan berfungsi dengan baik. Gedung R.A Kartini kondisinya penangkal petirnya pun masih utuh, lengkap dan berfungsi dengan baik. Gedung R. Dewi Sartika kondisi penangkal petirnya sudah rusak tersambar petir pada bulan Desember tahun 2014, bak grounding nya tertimbun oleh tanah dikarenakan ada kepentingan taman.
 7. Bagaimana instalasi sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?

- Gedung rektorat dan R.A Kartini instalasi sistem penangkal petirnya baik dan benar sesuai prosedur, namun pada gedung R.Dewi Sartika spitzen penangkal petirnya rusak dan kondisi pada bak grounding nya tertimbun oleh tanah.
8. Bagaimana kesesuaian sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di UniversitasNegeri Jakarta kampus ASektor B dengan SNI 03/7015/2004 ?
- Menurut saya sudah sesuai dengan SNI 03/7015/2004.
9. Bagaimana kesesuaian sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di UniversitasNegeri Jakarta kampus ASektor B dengan peraturanmenteritenagakerjaRepublikIndonesia nomor: PER.02/MEN/1989 ?
- Menurut saya semua gedung sudah sesuai dengan peraturanmenteritenagakerjaRepublikIndonesia nomor: PER.02/MEN/1989.
10. Gedung apa saja yang terlindungi oleh penangkal petir yang digunakan pada gedung di UniversitasNegeri Jakarta kampus ASektor B ?
- Gedung rektorat, Masjid Nurul Irfan, Gedung R.A Kartini, Gedung R. Dewi Sartika, Gedung B, Gedung C, Gedung , Gedung Q, Gedung R, dan Gedung S. Menurut saya semua di sektor B sudah terlindungi.
11. Kendala apa yang ada pada sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di UniversitasNegeri Jakarta kampus ASektor B ?
- Gedung Raden Dewi Sartika tersambar petir pada desember 2013 dan bak grounding tertutup oleh tanah karena keperluan taman, lalu pada operasional gedung dan pemeliharaan dan pengelola gedung.

12. Bagaimana mengatasi kendala yang ada pada sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?
- Cara mengatasi kendala untuk gedung yang tersambar petir adalah segera di ganti, panel MCFA harus segera di perbaiki. Untuk kendala operasional gedung harus sesuai dengan Standar Operasional Pengelolaan (SOP).
13. Apakah ada agenda rutin pengecekan sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?
- Kalau di *building management* pada gedung R.A. Kartini dan Gedung R. Dewi Sartika ada agenda pengecekan rutin pada 6 bulan sekali.
14. Apa harapan yang diinginkan oleh penanggung jawab pada sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B ?
- Harapnya berjalan dengan baik semua sistem dan ada kepedulian pimpinan terhadap kebijakan terkait dengan pemeliharaan gedung-gedung tinggi, karna kurang ada kepedulian untuk itu.

Kesimpulan :

Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B meliputi 13 gedung, yaitu Gedung Rektorat, Gedung Raden Adjeng Kartini, Gedung Raden Dewi Sartika, Gedung B, Gedung C, Gedung CD, Gedung D, Gedung LPM, Gedung P, Gedung Q, Gedung R, Gedung R Tari, dan Gedung S. Sebelum ada renovasi atap pada tahun 2012 – 2013 Gedung B, Gedung C, Gedung D, Gedung P, Gedung Q, Gedung R, Gedung S memiliki penangkal petir. Tetapi setelah berdirinya Gedung R. A. Kartini dan Gedung Dewi Sartika penangkal petir di gedung tersebut di lepas. Saat ini yang

memiliki penangkal petir hanya Gedung Rektorat, Gedung R.A. Kartini dan Gedung Dewi Sartika. Penanggung jawab gedung yang ada di Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B yaitu Rektor, tetapi untuk teknis dalam lapangannya di bawah kendali biro umum kepegawaian. Penangkal petir yang ada di Gedung Rektorat terpasang pada tahun 2010 pada saat renovasi, sedangkan Gedung R.A Kartini dan Gedung Raden Dewi Sartika terpasang pada saat tahun 2012 dalam proses pembangunan yang diresmikan pada tahun 2013. Terdapat perbedaan sistem penangkal petir yang digunakan di gedung Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor B. Pada Gedung Rektorat menggunakan sistem penangkal petir pasif, sedangkan Gedung R.A Kartini dan Gedung Raden Dewi Sartika menggunakan sistem penangkal petir aktif. Dalam penerapan sistem penangkal petir yang digunakan di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B untuk penangkal petir yang ada pada gedung yang baru cukup baik. Di gedung Raden Dewi Sartika mendapati masalah yaitu tersambar petir yang menyebabkan rusak splitzen penangkal petirnya dan panel MCFA pun rusak. Pada saat ini kondisi komponen penangkal petir yang digunakan pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus A Sektor B tidak semuanya utuh dan berfungsi dengan baik. Gedung Rektorat dan Gedung R.A Kartini kondisi penangkal petirnya masih utuh, lengkap, dan berfungsi dengan baik. Sedangkan Gedung Raden Dewi Sartika kondisi penangkal petirnya sudah rusak akibat tersambar petir pada bulan Desember tahun 2014, bak groundingnya tertimbun oleh tanah dikarenakan ada kepentingan taman. Instalasi sistem penangkal petir yang digunakan di Gedung Rektorat dan Gedung R.A Kartini baik dan sesuai dengan prosedur, sedangkan Gedung Raden Dewi Sartika spitzen penangkal petirnya rusak dan kondisi pada

bak grounding nya tertimbun oleh tanah. Sistem penangkal petir yang digunakan pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus ASektor B sudah sesuai dengan SNI 03/7015/2004 dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor PER.02/MEN/1989. Menurut narasumber, Gedung yang ada di Universitas Negeri Jakarta kampus ASektor B semua sudah terlindungi oleh penangkal petir. Kendala yang ada pada gedung di Universitas Negeri Jakarta kampus ASektor B yaitu Gedung Raden Dewi Sartika yang tersambar petir pada desember 2013 yang mungkin disebabkan oleh bak grounding yang tertutup oleh tanah karena keperluan taman, lalu pada operasional gedung, pemeliharaan dan pengelola gedung. Cara mengatasi kendala tersebut yaitu gedung yang tersambar petir harus segera diganti penangkal petirnya, dan panel MCFA harus segera diperbaiki. Untuk kendala operasional gedung, pemeliharaan dan pengelola gedung harus sesuai dengan Standar Operasional Pengelolaan (SOP). Di *building management*, Gedung R.A. Kartini dan Gedung R. Dewi Sartika ada agenda pengecekan rutin sistem penangkal petir pada 6 bulan sekali. Harapan yang diinginkan oleh narasumber yaitu semua sistem berjalan dengan baik dan ada kepedulian pimpinan terhadap kebijakan terkait dengan pemeliharaan gedung-gedung tinggi yang ada di Universitas Negeri Jakarta kampus ASektor B, karena pimpinan kurang ada kepedulian untuk hal tersebut.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Abdul Hafizh Al Farisi. Lahir di Jakarta, 7 Februari 1995. Anak kedua dari tiga bersaudara yang merupakan pasangan dari Awah Koharudin dan Nining Yuningsih. Bertempat tinggal di Jalan Tipar Kavling DKI, Rumah Dinas SDN Pondok Kelapa 01 Rt. 12 Rw. 04 Kel. Pondok Kelapa, Kec. Duren Sawit, Jakarta Timur, 13450. Jenjang pendidikan formal yang telah diselesaikan, yaitu SDN Pondok Kelapa 04 Pagi, SMP Negeri 255 Jakarta, dan SMK Negeri 5 Jakarta. Pernah

mengikuti ekstrakurikuler Voli pada saat SD, SMP, SMK. Pernah berkesempatan untuk mengajar di SMK Budi Murni 1 dan PKL di PT. Wireles Network Indonesia (Winet). Pernah terlibat sebagai staf dalam organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik periode 2014-2015. Selama kuliah pernah mengikuti beberapa seminar dan pelatihan.