

SKRIPSI

**ANALISIS SISTEM PENANGKAL PETIR PADA BTS
DI PT. DAYAMITRA TELEKOMUNIKASI (MITRATEL)**



NURWINA ARIANA 105 82 1549 15

ELFIRA RIANI 105 82 1691 15

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019

**ANALISIS SISTEM PENANGKAL PETIR PADA BTS DI
PT. DAYAMITRA TELEKOMUNIKASI (MITRATEL)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Disusun dan di ajukan oleh

NURWINA ARIANA

105 82 1549 15

ELFIRA RIANI

105 82 1691 15

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS SISTEM PENANGKAL PETIR PADA BTS DI PT. DAYAMITRA TELEKOMUNIKASI (MITRATTEL)**

Nama : 1. Nurwina Ariana

2. Elfira Riani

Stambuk : 1. 10582 1549 15

2. 10582 1691 15


Makassar, 19 Juni 2019

Telah Diperiksa dan Ditetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc


Rahmania, S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro




Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Nurwina Ariana** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1549 15 dan **Elfira Riani** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1691 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 17 Juni 2019.

Panitia Ujian : Makassar, 15 Syawal 1440 H
19 Juni 2019 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekretaris : Suryani, S.T. M.T

3. Anggota

1. Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T


2. Dr. Umar Katu, S.T., M.T

3. Dr. Rossy Timur Wahyuningsih, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I


Pembimbing II


Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc


Rahmania, S.T., M.T

Dekan




Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T., IPM

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah swt. yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Sistem Penangkal Petir pada BTS di PT. Dayamitra Telekomunikasi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Universitas Muhammadiyah Makassar.

Skripsi ini dapat penulis selesaikan dengan bantuan berbagai pihak, sehingga sudah sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Penulis ingin memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT. yang senantiasa melimpahkan rahmatnya kepada hamba-Nya. Shalawat dan taslim selalu kami dengungkan kepada Nabi Muhammad saw. beserta keluarganya dan para sahabat.
2. Teristimewa, Ibunda Hj.Hariani dan Ayahanda Arifin, S.Sos selaku orang tua dari saudari Elfira Riani dan Ibrahim Yusuf selaku suami tercinta yang selalu memberikan semangat dan doa tiada henti, serta dukungan moral maupun material, kasih sayang yang tak ternilai harganya serta saudara-saudaraku tercinta yang selalu memberikan dukungannya.

3. Teristimewa, Ibunda Hj.Intang dan Ayahanda Beddu selaku orang tua dari saudari Nuwina Ariana yang selalu memberikan semangat dan doa tiada henti, serta dukungan moral maupun material, kasih sayang yang tak ternilai harganya serta kakanda nhar, wati, izza, izma dan penghuni Pondok Ledies tercinta yang selalu memberikan dukungannya.
4. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar Bapak **Prof. Dr. H. ABD. Rahman Rahim, MM.**
5. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Bapak Ir. **Hamzah Al Imran, ST., MT.**
6. Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar Ibu **Adriani, ST., MT.**
7. Terhusus ayahanda Bapak **Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc** dan Ibu **Rahmania, ST., MT.** sebagai pembimbing yang sangat membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.
8. Kepada Dosen Penguji Bapak **Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M. Eng.** Ibu **Suryani, ST., MT.** ibu **Dr. Rossy Timur Wahyuningsi, ST., MT,** bapak **Dr. Umar Katu, ST., MT** dan Bapak **Rizal Ahdiyat Duyo, ST., MT.** yang telah banyak memberikan masukan dan saran.
9. Seluruh dosen, staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah banyak memberikan sumbangsih baik tenaga maupun pikiran.
10. Teman-teman Reaksi015, yang tidak dapat disebut satu persatu, teman seperjuangan yang menguatkan dan menyenangkan.

11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah dengan tulus ikhlas memberikan doa dan motivasi kepada penulis sehingga dapat terselesaikan skripsi ini

Makassar, Juni 2019

Penulis,



Analisis Sistem Penangkal Petir pada BTS di PT.Dayamitra Telekomunikasi (MITRATEL)

Nurwina Ariana¹, Elfira Riani²

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E-mail : nurwinaakari@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E-mail : elfira.riania@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem penangkal petir pada BTS. Sehingga dapat diketahui tingkat kebutuhan bangunan BTS Terminal Mamuju akan penangkal petir, luas daerah terproteksi sistem penangkal petir, dan untuk mengetahui sistem pentanahan pada BTS Terminal Mamuju. Menara BTS Terminal Mamuju dengan tinggi 42 m dan nilai $N_d = 1,08$ sambaran petir per tahun. Oleh karena itu nilai efisiensi SPP $E = 90\%$ sehingga Menara BTS Terminal Mamuju memerlukan tingkat SPP minimum level III. Dengan luas daerah terproteksi sistem penangkal petir sejauh $65.927,4714 \text{ m}^2$, kemudian sistem pentanahan BTS Terminal Mamuju memiliki nilai *grounding* sebesar 0.731 Ohm. Dimana nilai tersebut telah memenuhi standar PUIL 2000 pasal 3.13.2.10 dengan nilai standar tidak boleh lebih dari 5 Ohm dan elektroda pembumian pada BTS Terminal Mamuju sudah memenuhi syarat peraturan menteri tenaga kerja No. Per.02/Men/1989 yaitu penggunaan lebar elektroda plat dengan luas satu sisi permukaan sekurang-kurangnya $0,5 \text{ m}^2$ dan tebal sekurang-kurangnya 1 mm.

Kata Kunci : Sistem Penangkal Petir, BTS, Sistem Pentanahan

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan	ii
Halaman pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Abstrak.....	vii
Daftar isi.....	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Singkatan	xii
Daftar lampiran.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Petir	4
2.2 Kerusakan akibat Sambaran Petir	10
2.3 Efek Sambaran Petir	13
2.4 Sistem Proteksi Petir	16

BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Lokasi Penelitian.....	35
3.2 Jenis Dan Sumber Data	35
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	36
3.4 Analisa Data	36
BAB IV ANALISA DATA.....	41
4.1 Kondisi <i>Existing</i> Bangunan dan Menara BTS	41
4.2 Detail Kondisi Sistem Proteksi Petir Pada Sisi Menara.....	41
4.3 Detil Kondisi Sistem Pentanahan (<i>Grounding</i>)	43
4.4 Perhitungan Analisis Resiko Sambaran Petir.....	44
4.5 Perhitungan Daerah Proteksi Sistem Proteksi Petir Pada Menara	48
4.6 Sistem Pentanahan	50
BAB V PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	63
Lampiran	55

Daftar Gambar

	Halaman	
Gambar 2.1	Petir	4
Gambar 2.2	Proses terjadinya Petir	5
Gambar 2.3	Arus Puncak (Imax)	7
Gambar 2.4	Sistem Proteksi Petir Eksternal	17
Gambar 2.5	Benjamin Franklin penemu Penangkal Petir	18
Gambar 2.6	Penemuan perlindungan SPP dengan Metode Bola Gulir	20
Gambar 2.7	Penemu Faraday Cage	21
Gambar 2.8	Kabel Pengantar	23
Gambar 2.9	Susunan materi pada pada Kabel HVSC	24
Gambar 2.10	Pengeboran <i>Grounding System</i>	25
Gambar 2.11	Formasi Dasar terjadinya Kilat	26
Gambar 2.12	Penangkal Petir Internal	28
Gambar 2.13	Proteksi Petir <i>Sytem Internal</i>	29
Gambar 2.14	<i>Grounding Internal System</i>	30
Gambar 2.15	Elektroda Batang	31
Gambar 2.16	Elektroda Plat	33
Gambar 3.1	Flowchart	40
Gambar 4.1	Sistem Proteksi Petir Eksternal pada BTS	42
Gambar 4.2	Batang Tembaga sabagai Konduktor	44

Daftar Tabel

	Halaman
Tabel 3.1 Evesiensi sistem proteksi petir	38
Tabel 4.1 Dena BTS Terminal Mamuju	41



Daftar Singkatan

BTS	: <i>Base Tranciver Station</i>
SPP	: Sistem Proteksi Petir
PUIL	: Persyaratan Umum Instalasi Listrik
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
PIPP	: Pengawasan Instalasi Penyalur Petir
LPZ	: <i>Lightning Protection Zone</i>
CG	: <i>Cloud Ground</i>
PABX	: <i>Privete Automatic Branch Exchange</i>
ESE	: <i>Early Streamer Emision</i>
AAC	: <i>All Aluminium Cable</i>
ACSR	: <i>Aluminium Cable Steel Reinforce</i>
HVSC	: <i>High Voltttage Shielded Weld</i>



Daftar Lampiran

1. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor : PER.02/MEN/1989 tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir.
2. Persyaratan Umum Instalasi Listrik bagian 3 Proteksi untuk Keselamatan.
3. Denah lokasi BTS Terminal Mamuju.
4. Surat Permohonan Penelitian.
5. Surat Balasan.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seperti yang telah diketahui bahwa Indonesia mempunyai iklim tropis dimana tingkat hari guruhnya tinggi pada tiap tahunnya. Terdapat banyak lokasi yang rawan terjadi petir di Indonesia terutama di daerah kita ini. Seperti halnya gedung-gedung tinggi, pemancar TV, Tower, dan lain sebagainya. Tentu tempat-tempat tersebut sangatlah memerlukan yang namanya sistem proteksi untuk melindungi dan mengurangi dampak-dampak yang ditimbulkan akibat dari sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pemakaian sistem proteksi sudah dikenal sejak dulu. Namun pada sistem proteksi tradisional tersebut hanya sebagai pelindung dari bahaya kebakaran sedangkan untuk tegangan lebih ataupun arus lebih masih belum bisa diserap sepenuhnya oleh penangkal petir tradisional ini.

Seiring dengan kemajuan teknologi yang berkembang, semakin besar pula tingkat kerusakan yang diakibatkan akibat sambaran petir. Sambaran petir pada jarak yang jauh sudah mampu merusak sistem elektronika perangkat telekomunikasi seperti alat pemancar, sistem kontrol, dan sebagainya

Melihat dari banyaknya manfaat yang diperoleh dengan diterapkannya prinsip proteksi untuk melindungi peralatan listrik, elektronik, maupun perangkat-perangkat telekomunikasi yang tentunya sangat dibutuhkan oleh masyarakat seperti BTS. Maka pelaksanaan kegiatan penelitian ini akan dianalisis sistem

proteksi yang dapat melindungi perangkat atau pengaman pada sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung. Berdasarkan uraian diatas maka dengan ini penulis akan membahas tentang “Analisis Sistem Penangkal Petir pada *Base Transceiver Station* (BTS).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan tingkat kebutuhan bangunan BTS akan penangkal petir?
2. Bagaimana perhitungan daerah proteksi sistem penangkal petir pada BTS Terminal Mamuju?
3. Bagaimana sistem pentanahan yang ada pada BTS Terminal Mamuju?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat kebutuhan bangunan BTS akan penangkal petir
2. Untuk mengetahui luas daerah yang terproteksi sistem proteksi petir pada BTS Terminal Mamuju
3. Untuk mengetahui sistem pentanahan pada BTS Terminal Mamuju.

1.4 Batasan Masalah

1. Membahas tentang tingkat kebutuhan BTS akan penangkal petir, luas daerah yang terproteksi sistem penangkal petir pada BTS Terminal Mamuju, dan sistem pentanahan pada BTS Terminal Mamuju.
2. Analisis metode perlindungan yang digunakan hanya metode bola bergulir.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari tiga bagian, yaitu :

1. Bagian Awal

Bagian ini terdiri dari kata pengantar, daftar isi,

2. Bagian Isi

BAB I : Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang penulisan tugas akhir, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang dasar teori, dimana dasar teori ini berisi tentang fenomena petir, kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung, serta sistem proteksi petir eksternal dan internal.

BAB III : Metode Penelitian

Bab ini berisi tentang lokasin penelitian, jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data, teknik analisa data dan langkah penelitian.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang data dan hasil penelitian yang telah di lakukan

BAB IV : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari pembuatan tugas akhir.

3. Bagian Akhir

Bagian akhir ini terdiri dari daftar pustaka

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Petir

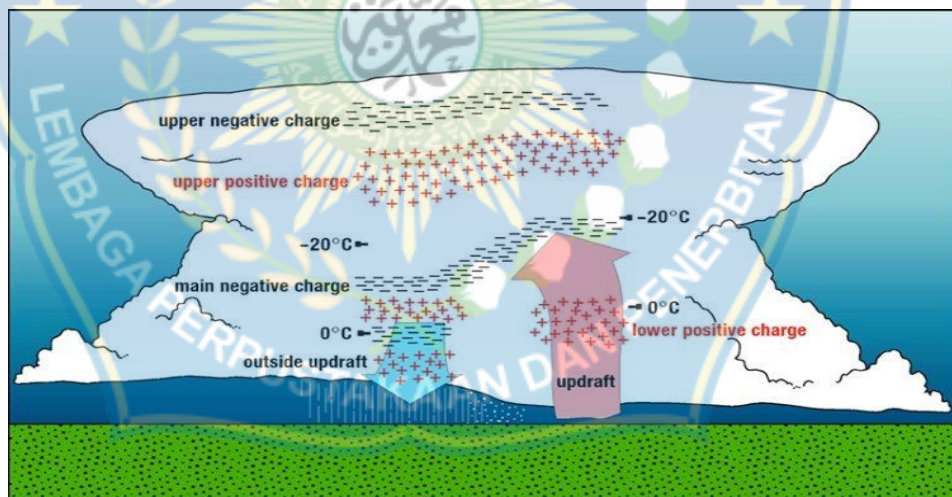


Gambar 2.1 Petir (Sumber : Era Krisna.2013)

Petir juga kita kenal sebagai halilintar atau kilat. Petir seringkali kita temui ketika musim penghujan datang. Petir mempunyai ciri khas berupa kilatan putih yang terang dan isusul dengan suara dentuman yang keras. Petir merupakan sebuah gejala alam yang biasa terjadi dimanapun ketika musim hujan tiba, tak terkecuali di Indonesia. Yang dinamakan petir ialah kilatan cahaya putih yang menyilaukan, sementara suara menggelegar yang datang sesudahnya disebut dengan guruh. Petir dan guruh datang beriringan, namun terkadang jeda waktu antara kilatan dan juga suara gemuruh terbilang sesaat. Perbedaan waktu datang ini disebabkan karena perbedaan antara kecepatan suara dan juga kecepatan cahaya.

Petir merupakan simbol dari listrik alam. Gejala alam petir ini bisa dianalogikan dengan sebuah kondensator raksasa. Dalam kasus ini lempeng pertama adalah awan yang bisa menduduki sebagai lempeng negatif maupun positif, dan lempeng yang kedua adalah Bumi yang dianggap sebagai lempeng netral. seperti yang kita ketahui bersama bahwa kapasitor merupakan sebuah komponen pasif pada rangkaian listrik yang bisa menyimpan energi sesaat. tidak Hanya awan ke bumi saja, namun petir juga dapat terjadi antara awan dengan awan. Hal ini terjadi apabila ada salah satu awan bermuatan listrik negatif dan awan lainnya (Era Krisna, 2013).

2.1.1 Proses Terjadinya Petir



Gambar 2.2 Proses terjadinya Petir (Sumber : Ahmad Zubair,. 2012)

Sebuah fenomena alam pasti terjadi karena adanya beberapa hal yang menyebabkannya terjadi. Seperti halnya hujan yang terjadi karena adanya penguapan di planet Bumi yang naik ke atas, petir pun juga terjadi karena sesuatu hal dan melalui serangkaian proses juga. Petir terjadi karena adanya perbedaan

potensial antara awan dan bumi atau dengan awan lainnya. Terjadinya petir juga melalui beberapa proses. Untuk melihat secara detail proses terjadinya petir adalah sebagai berikut:

- 1) Proses terjadinya muatan pada awan ini karena awan terus bergerak secara teratur dan terus menerus. Selama pergerakan ini awan akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan yang negatif akan berkumpul pada satu sisi saja dan sisi sebaliknya akan berkumpul sisi positif.
- 2) Terjadi pembuangan muatan negatif, hal ini terjadi apabila perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya pembuangan muatan negatif dari awan ke bumi untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron (muatan negatif) adalah udara.
- 3) Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara yang kita dengar sebagai suara yang menggelegar.

Petir lebih sering kita jumpai pada musim hujan karena pada saat musim hujan udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya akan turun dan arus listrik lebih mudah mengalir (Ahmad Zubair, 2012).

2.1.2 Parameter Petir

Berikut ini adalah 4 parameter untuk desain peralatan proteksi surja petir :

- 1) Arus Puncak (I_{max})

Pada tipe petir *cloud-ground* (CG), arus terbesar dihasilkan oleh sambaran balik. Arus puncak sambaran balik penting dalam kasus dimana objek yang disambar terdapat beban resistif (R), sebagai contoh jaringan transmisi, pohon,

ground-rods yang ditanaman di dalam tanah, dll. Sebagai contoh, ketika petir menyambar jaringan transmisi dengan I_{max} 30 kA dengan impedansi surja 400 V, hal ini dapat menyebabkan timbulnya tegangan lebih 600 kV (diasumsikan terjadinya pembagian arus). Tegangan lebih yang timbul dapat menyebabkan *flashover* pada isolasi. Gaya magnetik yang dihasilkan oleh arus puncak tersebut dapat menyebabkan putusnya kawat penghantar.

Bukti yang ada mengindikasikan bahwa arus puncak petir tidak dipengaruhi oleh konduktivitas tanah. Akan tetapi, pada nilai arus puncak petir yang sama akan ada efek samping untuk tanah berkonduktivitas rendah dibandingkan tanah berkonduktivitas tinggi.

Rumus Arus Puncak (I_{max}):

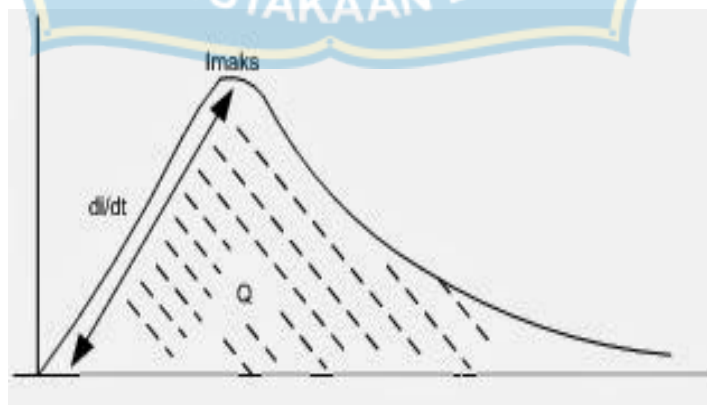
$$U_m = I_m \times R \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan:

U_m = Tinggi tegangan jatuh

I_m = Arus petir puncak/maksimum

R = Tahanan Tanah



Gambar 2.3 Arus Puncak (I_{max})

2) Kecuraman arus petir (di/dt)

Pada objek yang memiliki impedansi induktif seperti kabel dll, tegangan lebih petir maksimum sebanding dengan laju maksimum perubahan arus, atau dapat dinyatakan :

$$U = L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

- U = Tegangan Induktansi
- L = Induktansi metal/kabel (henry)
- di/dt = laju kenaikan arus terhadap waktu/Kecuraman arus petir

Maksimum di/dt terjadi pada sambaran balik dari gelombang petir. Sambaran balik positif lebih kecil daripada sambaran balik petir negatif (Rikardo Simanjuntak, 2013).

3) Muatan arus petir (Q) atau transfer muatan

Pemanasan dan lumer/ bolong pada suatu objek metal yang terkena petir sebanding dengan harga muatan yang ditransfer, dan juga tergantung pada arus dimana muatan ini ditransfer. Muatan dinyatakan sbb :

$$Q = \int i . dt \dots\dots\dots 2.3$$

$$W = Q.Va.K \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

- Q = Muatan Total/ Muatan petir
- W = Jumlah Energi
- i = Arus Petir
- Va,K = Tegangan Jatuh Anoda Katoda

Atau dengan kata lain, muatan arus petir menyebabkan suatu peralatan yang terkena petir akan lumer/ bolong. Daya yang dikirim ke titik sambar adalah perkalian arus dan drop tegangan (5 hingga 10 V) pada *interface arc- metal*. Muatan yang terdapat pada petir dikarenakan adanya arus kontiniu yang panjang yang disebabkan sambaran balik. Sekalipun terjadi sambaran balik yang sangat besar namun terjadi dalam orde mikro sekon (sangat cepat), tidak akan dapat mentransfer muatan sebanyak arus petir kontiniu namun terjadi dalam waktu yang lama (orde mili sekon), sekalipun arus tersebut lebih kecil (100-1000 A).

4) Impulse force (E)

Impulse force adalah besaran yang mengukur kemampuan arus petir untuk membangkitkan panas pada suatu objek yang terkena petir, dimana objek tersebut adalah objek yang memiliki impedansi resistif. Hal ini dinyatakan sbb :

$$E = \int i^2 \cdot dt \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan:

E = Energi yang timbul

i = Arus Petir

t = Waktu

Kecepatan panas, hancur, meledak dan terbakarnya suatu material bukan penghantar ditentukan oleh nilai E. Besaran ini merupakan parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam penentuan dimensi/ ukuran konduktor yang terkena petir. Umumnya nilai ini adalah $5,5 \times 10^4$ pada sambaran balik negatif dan $6,5 \times 10^5$ A2s pada sambaran balik positif.

2.2 Kerusakan akibat Sambaran Petir

2.2.1 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 standart yang telah di tentukan. 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 areal terbuka.

2.2.2 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/PLN memakai kabel udara terbuka dan letaknya sangat tinggi, bilamana ada petir yang menyambar pada kabel terbuka ini maka arus petirakan tersalurkan ke pemakai langsung. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang perangkat arrester sebagai pengaman tegangan lebih (*over voltage*). Instalasi *surge arrester* listrik ini dipasang harus dilengkapi dengan *grounding system*.

2.2.3 Sambaran Petir Melalui Jaringan Telekomunikasi

Bahaya sambaran petir jenis ini hampir serupa dengan yang ke-2 akan tetapi berdampak pada perangkat telekomunikasi, misalnya telepon dan PABX. Penanganannya dengan cara pemasangan *arrester* khusus untuk jaringan PABX yang di hubungkan dengan grounding. Bila bangunan yang akan di lindungi mempunyai jaringan internet yang koneksinya melalui jaringan telepon maka alat ini juga dapat melindungi jaringan internet 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 proteksi petir atau instalasi penangkal petir, tentunya harus sesuai dengan standar pemasangan instalasinya.

Ada 2 jenis kerusakan yang di sebabkan sambaran petir, yaitu :

- a) Kerusakan Thermis, kerusakan yang menyebabkan timbulnya kebakaran.
- b) Kerusakan Mekanis, kerusakan yang menyebabkan struktur bangunan retak, rusaknya peralatan elektronik bahkan menyebabkan kematian

2.2.3.1 Kerusakan Akibat Sambaran Langsung

Kerusakan ini biasanya langsung mudah diketahui sebabnya, karena jelas petir menyambar sebuah gedung dan sekaligus peralatan listrik atau elektronik yang ada di dalamnya ikut rusak kemungkinan mengakibatkan kebakaran gedung, dan kerusakan yang parah pada peralatan PABX, kontrol AC, komputer, alat pemancar yang akan hancur total.

2.2.3.2 Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung

Kerusakan ini sulit diidentifikasi dengan jelas karena petir yang menyambar pada satu titik lokasi sehingga hantaran induksi melalui aliran listrik atau kabel PLN, telekomunikasi, pipa pam dan peralatan besi lainnya dapat mencapai 1 km dari tempat petir tadi terjadi. Sehingga tanpa disadari dengan tiba-tiba peralatan komputer, pemancar TV, radio, PABX terbakar dan rusak. Misalkan Petir menyambar tiang PLN lokasi A sehingga tegangan atau arusnya mencapai dan merusak peralatan rumah sakit dan peralatan telekomunikasi di lokasi B karena jarak tiang PLN (A) ke rumah sakit dan peralatan telekomunikasi tersebut (B) adalah kurang atau sama dengan 1 km. Dengan berkembangnya teknologi yang sangat pesat hingga kini, maka pelepasan muatan petir dapat merusak jaringan listrik dan peralatan elektronik yang lebih sensitif.

Sambaran petir pada tempat yang jauh sudah mampu merusak sistem elektronika dan peralatannya, seperti instalasi komputer, perangkat telekomunikasi seperti PABX, sistem kontrol, alat-alat pemancar dan instrument serta peralatan elektronik sensitif lainnya. Untuk mengatasi masalah ini maka perlindungan yang sesuai harus diberikan dan dipasang pada peralatan

atau instalasi terhadap bahaya sambaran petir langsung maupun induksinya. Salah satu penyebab semakin tingginya kerusakan peralatan elektronika karena induksi sambaran petir tersebut adalah karena sangat sedikitnya informasi mengenai petir dan masalah yang dapat ditimbulkannya.

Menanam elektroda pentanahan secara merata di sekeliling bangunan, sehingga tegangan tanah yang timbul di sekeliling bangunan dapat diperkecil. Memperdalam pentanahan elektroda pentanahan sehingga dari arus petir dapat menyebar di bagian permukaan sebelah dalam dari tanah relatif lebih banyak dibandingkan dengan muatan yang mengalir di permukaan tanah, sehingga tegangan tanah di permukaan dapat diperkecil. Menghubungkan sistem perpipaan tersebut dengan elektroda pentanahan yang terdekat atau dengan menggunakan sistem pentanahan yang berbentuk *grid*.

2.3 Efek Sambaran Petir

2.3.1 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 kesuatu nilai yang tinggi dibanding dengan tegangan bumi. Arus petir ini juga menimbulkan gradien tegangan yang tinggi disekitar 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 proteksi petir adalah jumlah aritmatik komponen tegangan resistif dan induktif.

2.3.2 Efek Tegangan Tembus – Samping

Titik sambaran petir pada sistem proteksi petir bisa memiliki tegangan yang lebih tinggi terhadap unsur logam didekatnya. Maka dari itu akan dapat menimbulkan resiko tegangan tembus dari sistem proteksi petir yang telah terpasang menuju struktur logam lain. Jika tegangan tembus ini terjadi maka sebagian arus petir akan merambat melalui bagian internal 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.

2.3.3 Efek Termal

Dalam kaitannya dengan sistem proteksi 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 proteksi petir biasanya diabaikan. Pada umumnya luas penampang konduktor instalasi penangkal petir dipilih terutama untuk memenuhi persyaratan kualitas mekanis, yang berarti sudah cukup besar untuk membatasi kenaikan temperatur 1 derajat celcius.

2.3.4 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 oleh sambaran petir yang disebabkan kenaikan temperatur udara yang tiba-tiba mencapai 30.000 K dan menyebabkan ledakan pemuatan udara disekitar jalur muatan bergerak. Hal ini dikarenakan jika konduktifitas logam diganti dengan konduktifitas busur api listrik, energi yang timbul akan meningkatkan sekitar ratusan kali dan energi ini dapat menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan yang dilindungi

2.3.5 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 bahan yang mudah terbakar. Bahan yang mudah terbakar ini mungkin terpengaruh langsung oleh efek pemanasan sambaran atau jalur sambaran petir. Kedua efek sekunder, penyebab utama kebakaran minyak. Terdiri dari muatan terkurung, pulsa elektrostatis dan elektromagnetik dan arus tanah

2.3.6 Efek Muatan Terjebak

Muatan statis ini di induksikan 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 terisolir 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.

Penangkal petir *Flash Vectron* adalah terminal petir unggulan jenis elektrostatis yang di desain khusus untuk daerah tropis mampu memberikan solusi

petir terbaik khususnya di Indonesia. Selain sudah melewati uji laboratorium PLN dan laboratorium tegangan tinggi di lembaga terkait, penangkal petir *Flash Vectron* juga telah di uji langsung di lapangan yang rawan akan sambaran petir.

2.4 Sistem Proteksi Petir

Sistem proteksi petir adalah sebuah rangkaian sistem proteksi atau perlindungan dari bahaya sambaran petir, baik itu sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung. sebagaimana sudah sama-sama kita ketahui betapa bahayanya efek maupun dampak dari sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung dan sistem proteksi petir merupakan salah satu cara atau upaya mengatasi sambaran petir (PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015).

Sistem proteksi petir terbagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu :

1. Sistem Proteksi Petir Eksternal
2. Sistem Proteksi Petir Internal

Untuk mengetahui apa itu sistem proteksi petir eksternal maupun sistem proteksi petir internal serta bagaimana cara kerjanya dan apa saja cakupan dari proteksi eksternal dan proteksi internal mari kita simak pembahasan secara mendalam di bawah ini :

2.4.1 Sistem Proteksi Petir Eksternal



Gambar 2.4 Sistem Proteksi Petir Eksternal (Sumber : PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015)

Sistem Proteksi Petir eksternal adalah sebuah rangkaian sistem perlindungan bagian luar untuk melindungi sebuah obyek dari bahaya sambaran petir secara langsung atau bahaya sambaran energi utama dari petir, proteksi eksternal inilah yang dikenal oleh masyarakat luas dengan istilah penangkal petir , anti petir atau penyalur petir. mari kita sebut dengan istilah penangkal petir sebelum kita bahas lebih mendalam dan menjadi tau istilah apa yang lebih tepat untuk sistem proteksi eksternal ini.

2.4.1.1 Definisi atau Pengertian Penangkal Petir , Anti Petir atau Penyalur Petir

Sistem Proteksi Petir Eksternal

Penangkal petir atau anti petir atau penyalur petir adalah sebuah istilah berbeda kata namun bermakna sama dari sebuah sistem rangkaian jalur yang berfungsi sebagai saluran atau jalan bagi energi utama sambaran petir untuk disalurkan menuju tempat pembuangan akhir alami yang telah diciptakan oleh Tuhan Sang Maha Pencipta yaitu bumi tanpa harus merusak benda atau obyek atau apapun yang dilewati oleh energi utama petir, oleh karena itu istilah yang

lebih tepat dari sebuah sistem rangkaian jalur tersebut adalah Penyalur Petir tetapi apakah arti sebuah istilah kalau bermakna dan berfungsi sama.

2.4.1.2 Sejarah Penangkal Petir , Anti Petir atau Penyalur Petir Sistem Proteksi Petir Eksternal

Penangkal petir atau anti petir atau penyalur petir salah satu rangkaian sistem proteksi petir yang pertama kali ditemukan dan diperkenalkan oleh seorang ilmuwan asal amerika serikat bernama benjamin franklin sekitar tahun 1752. Sebelum sistem proteksi penangkal petir ini ditemukan oleh sang ilmuwan, petir masih dianggap sebagai sebuah kutukan dari langit.



Gambar 2.5 Benjamin Franklin Penemu Penangkal Petir (Sumber : PT.

Profesional Teknologi Indonesia,2015).

Sang penemu sistem proteksi penangkal petir Benjamin Franklin tidak percaya bahwa petir adalah sebuah kutukan dari langit, lalu ia pun menganalisa apakah ada persamaan antara petir dan aliran listrik, setelah ia melakukan

berbagai percobaan untuk mendukung analisisnya itu akhirnya benjamin franklin dapat menyimpulkan bahwa petir adalah sebuah proses pelepasan muatan atau aliran listrik kemudian dia mulai memikirkan bagaimana cara memberikan sebuah perlindungan terhadap makhluk hidup maupun benda-benda yang ada di bumi agar terhindar dari bahaya sambaran petir.

Setelah sekian lama berpikir dan melakukan pengamatan, Benjamin Franklin mulai melakukan percobaan atau eksperimen dengan menggunakan sebuah benda dari metal atau logam berbentuk runcing yang telah diikatkan pada sebuah layang-layang yang diterbangkan. Apabila petir menyambar benda logam yang diikatkan pada layang-layang tersebut maka dapat dipastikan arus listrik pada petir akan dapat dialirkan menuju bumi melalui tali atau kawat yang terbuat dari logam sesuai dengan prinsip kerja mengalirkan arus listrik pikir benjamin.

Atas dasar itulah akhirnya ia mulai menciptakan sebuah sistem penangkal petir dengan memasang *rod* / tombak penerima / terminasi udara menggunakan besi atau tembaga (sebagai penghantar listrik yang baik) berbentuk runcing sesuai dengan percobaannya itu yang kemudian dihubungkan dengan sebuah konduktor terbuat dari tembaga menuju sistem pembumian. Penangkal petir ciptaannya inilah yang akhirnya dikenal dengan nama franklin rod (PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015)

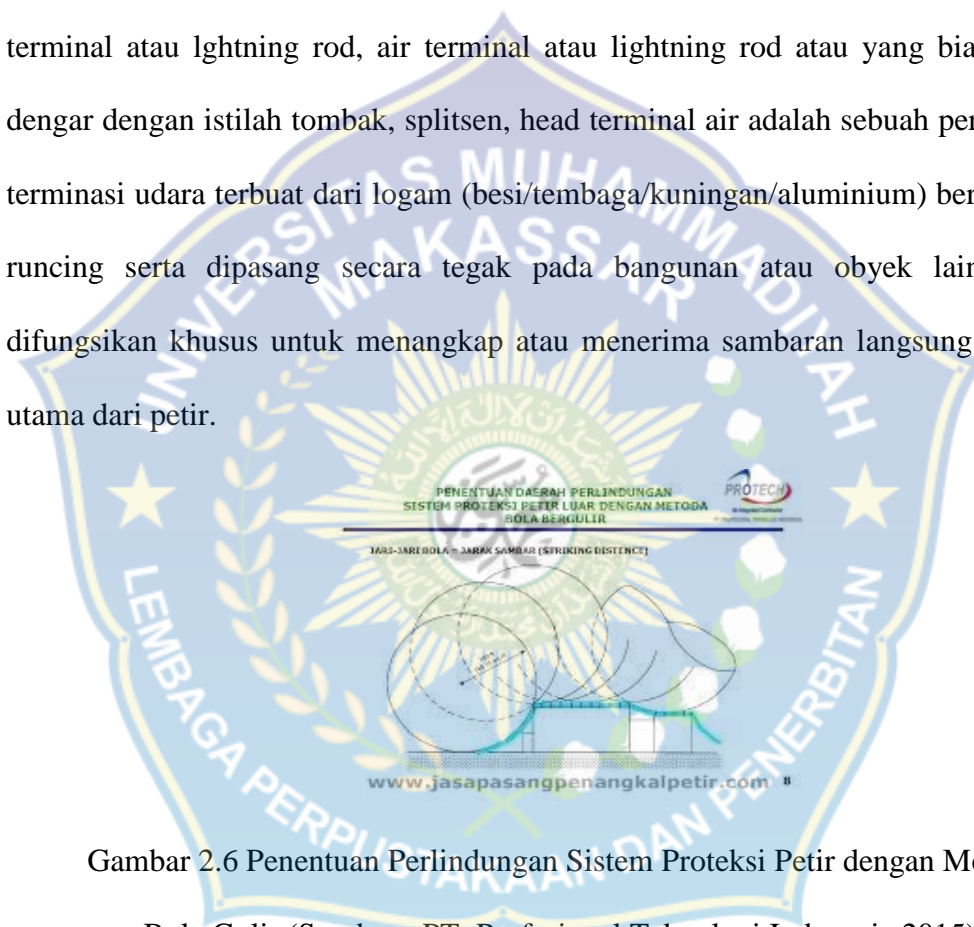
2.4.1.3 Komponen Penangkal Petir , Anti Petir atau Penyalur Petir Sistem Proteksi Petir Eksternal

Sesuai penjelasan diatas berdasar sejarah ditemukannya penangkal petir sistem proteksi petir oleh Benjamin Franklin, ada 3 (tiga) komponen atau bagian

utama dalam rangkaian sistem penangkal petir , anti petir atau penyalur petir sistem proteksi eksternal yaitu :

a) Terminasi udara (Air Terminal) atau *Lightning Rod*

Salah satu komponen utama atau bagian penting dari rangkaian sistem penangkal petir , anti petir atau penyalur petir sistem proteksi eksternal adalah air terminal atau lghtning rod, air terminal atau lightning rod atau yang biasa kita dengar dengan istilah tombak, splitsen, head terminal air adalah sebuah perangkat terminasi udara terbuat dari logam (besi/tembaga/kuningan/aluminium) berbentuk runcing serta dipasang secara tegak pada bangunan atau obyek lain yang difungsikan khusus untuk menangkap atau menerima sambaran langsung energi utama dari petir.



Gambar 2.6 Penentuan Perlindungan Sistem Proteksi Petir dengan Metode Bola Gulir (Sumber : PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015).

Area perlindungan dari sebuah terminasi udara atau air terminal penangkal petir ditentukan oleh jarak sambar suatu sambaran petir yang panjangnya ditentukan oleh berapa tinggi kekuatan dari arus petir. Seiring perkembangan zaman melalui riset dan penelitian ditemukanlah salah satu teori dan metoda yang digunakan hingga saat ini untuk menentukan penempatan terminasi udara atau air

terminal serta untuk mengetahui area perlindungan yaitu metoda bola bergulir (*rolling sphere method*).

Metode bola bergulir sangat baik digunakan pada bangunan yang bentuknya rumit, dengan metode ini seolah-olah ada suatu benda berbentuk bola dengan radius R yang bergulir diatas struktur bangunan dan sekeliling struktur ke segala arah hingga bertemu dengan tanah atau struktur bangunan yang berhubungan dengan bumi serta dapat bekerja sebagai penghantar yang baik. Titik sentuh bola yang bergulir pada struktur adalah titik yang kemungkinan besar akan disambar oleh petir dan pada titik tersebut harus di proteksi oleh air terminal / lightning rod / tombak / splitsen atau head terminal air.



Gambar 2.7 Penemu Faraday Cage (Sumber : PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015).

Teori metoda bola bergulir inilah yang pada akhirnya menjadi dasar pemikiran perancangan sistem proteksi penangkal petir Faraday Cage (*Sangkar Faraday*) yang ditemukan dan diperkenalkan oleh penemu sistem proteksi penangkal petir Faraday Cage (*Sangkar Faraday*) yaitu Michael Faraday seorang

ilmuwan asal inggris untuk menyempurnakan sistem proteksi penangkal petir *Franklin Rod* yang ditemukan oleh Benjamin Franklin yang hingga saat ini dikenal oleh masyarakat sebagai Penangkal Petir sistem Konvensional. Karena teori metoda bola bergulir pula seiring waktu zaman berkembang semakin canggih dan modern akhirnya ditemukan pula sistem proteksi penangkal petir modern bernama *Early Streamer emission (ESE)* atau *Elektrostatik* (PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015).

b) Konduktor penyalur arus petir (*Main/Down Conductor*) atau Kabel Penghantar

Konduktor penyalur arus petir atau yang biasa kita dengar dengan istilah *main conductor* atau *down conductor* adalah komponen utama atau bagian paling penting lainnya dari sistem proteksi penangkal petir, *down conductor* atau kabel penghantar adalah sebuah material terbuat dari logam bisa tembaga / besi / aluminium / baja (penghantar listrik yang baik) yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur arus petir yang ditangkap atau diterima oleh air terminal (terminasi udara) untuk disalurkan ke tempat pembuangan akhir yaitu bumi tanpa merusak benda atau apapun yang dilewatinya.



Gambar 2.8 Kabel Penghantar (Sumber : PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015).

Jenis-jenis bahan material kabel penghantar penangkal petir yang baik sebagai berikut :

1. Kabel kawat tembaga murni, ada 3 (tiga) jenis kabel kawat tembaga murni yang baik digunakan sebagai penghantar arus petir yaitu kabel bc , kabel nyy dan kabel nya. Kabel BC adalah kabel tembaga murni (*bare copper*) tanpa isolator alias telanjang, Kabel NYY adalah kabel tembaga murni dengan 2 (dua) lapis isolator pada bagian luarnya untuk menghindari induksi tembus samping dari tegangan arus petir yang sangat besar dan Kabel NYA adalah kabel tembaga murni dengan 1 (satu) lapis isolator pada bagian luarnya.
2. Kabel aluminium atau biasa disebut dengan Kabel AAC (*All Aluminium Cable*)
3. Kabel campuran aluminium dengan baja atau biasa disebut Kabel ACSR (*Aluminium Cable Steel Reinforce*)

4. Kabel kawat baja yang diberi lapisan tembaga atau biasa disebut *Copper Weld*
5. Kabel aluminium puntir berisolasi atau biasa disebut *twisted wire*
6. Kabel *Coaxial* atau biasa disebut Kabel *HVSC (High Voltage Shielded Cable)*, Kabel *Coaxial* atau Kabel *HVSC* adalah suatu kabel penghantar terbuat dari tembaga murni dengan impedansi rendah yang dilapisi dengan isolasi berlapis-lapis untuk digunakan pada aplikasi tegangan tinggi.



Gambar 2.9 Susunan Material pada Kabel *HVSC*(Sumber : PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015).

Pemilihan jumlah besaran dan posisi dari kabel penghantar arus petir diharuskan mempertimbangkan dan memperhitungkan resiko loncatan ke samping dan gangguan elektro magnetik penyebab arus liar pada struktur atau perangkat bangunan dapat diminimalisir sekecil mungkin.

c) Sistem Penumian atau *Grounding System*

Sistem penumian atau yang sering kita dengar dengan istilah grounding system merupakan komponen utama yang terakhir dari sebuah sistem proteksi penangkal petir, sistem penumian atau grounding system adalah tempat penbuangan akhir dari arus sambaran petir yang ditangkap atau diterima oleh terminasi udara (air terminal) yang kemudian disalurkan melalui kabel penghantar atau down conductor menuju grounding system.



Gambar 2.10 Pengeboran *Grounding System* (Sumber : PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015).

Sistem penumian atau grounding sistem adalah sebuah cara untuk melakukan penanaman satu atau beberapa elektroda ke dalam tanah dengan cara pengeboran maupun penggalian dengan kedalaman tertentu untuk mendapatkan sebuah nilai resistansi atau tahanan penumian yang diharuskan.

Elektroda sistem penumian atau grounding system adalah suatu benda terbuat dari logam padat (bisa tembaga maupun penghantar arus listrik yang baik lainnya) yang difungsikan sebagai pusat akhir penbuangan atau penghantaran arus energi utama petir, elektroda yang sudah di koneksikan dengan kabel

penghantar tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Kabel penghantar tidak ber-isolasi yang juga ditanam ke dalam bumi juga dapat dikategorikan sebagai elektroda, pembahasan mendalam mengenai *grounding system* dapat klik disini.

2.4.1.4 Cara Kerja Penangkal Petir , Anti Petir atau Penyalur Petir Sistem Proteksi Petir Eksternal

Cara kerja penangkal petir , anti petir atau penyalur petir sistem proteksi petir eksternal adalah pada saat permukaan awan sudah dipenuhi muatan ion negatif dan mulai mencari pembuangan maka secara otomatis muatan ion positif yang ada didalam bumi (*grounding system*) akan tertarik oleh muatan ion negatif yang ada di awan (seperti magnet).



Gambar 2.11 Formasi Dasar Terjadinya Kilat (Sumber :PT. Profesional Teknologi Indonesia,2015).

Oleh karena itu dapat dikatakan penangkal petir , anti petir atau penyalur petir sistem proteksi petir eksternal adalah sebuah media perantara penghantaran ion positif yang ada di bumi agar energi utama arus petir tidak merusak benda apapun yang dilewatinya, muatan ion positif yang ada di bumi merambat naik

melalui elektroda yang sudah ditanam kedalam bumi lalu menuju ujung batang terminasi udara (air terminal) yang berbentuk runcing melalui kabel penghantar.

Ketika muatan ion positif dari dalam bumi sudah berada di puncak tertinggi terminasi udara (air terminal) maka terjadi daya tarik menarik seperti magnet, ketika muatan ion positif di puncak terminasi udara tertarik menuju muatan ion negatif yang ada di awan begitupun sebaliknya yang pada akhirnya kedua muatan tersebut saling bertemu maka disitulah akan tercipta arus aliran listrik yang sangat besar yang disebut petir. Arus aliran listrik sangat besar yang diterima oleh terminasi udara (air terminal) tersebut akan mengalir menuju sistem pembumian atau grounding system melalui kabel penghantar atau down conductor sehingga arus aliran listrik dari petir yang sangat besar tersebut tidak mengenai bangunan atau apapun yang ada disekitarnya.

Akan tetapi masih ada kemungkinan besar lainnya yang dapat merusak dari bahaya sambaran petir yaitu radiasi kosmik, untuk mengetahui apa itu radiasi kosmik. Radiasi kosmik adalah bahaya sambaran petir tidak langsung yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur maupun perangkat listrik maupun elektronik yang ada dalam bangunan, radiasi kosmik merambat kedalam bangunan melalui kawat jaringan listrik yang menempel pada bangunan lalu menimbulkan arus liar yang lebih besar pada jaringan listrik sehingga dapat merusak secara perlahan seluruh perangkat listrik maupun elektronik yang ada didalam bangunan. Oleh karena itu sangat diperlukan juga memasang sistem proteksi petir internal tersebut untuk menghindari bahaya sambaran petir secara tidak langsung.

2.4.2 Sistem Proteksi Petir Internal

Sistem proteksi petir internal adalah sebuah rangkaian sistem yang difungsikan sebagai perlindungan dari bahaya sambaran petir secara tidak langsung yang dapat merusak segala perangkat listrik maupun elektronik yang berada didalam bangunan.



Gambar 2.12 Penangkal Petir Internal (Sumber : Rifki Yulian, 2012)

Pengertian sistem proteksi petir internal menurut *International Electrotechnical Commission (IEC) TC 81/1989* mengenai konsep *Lightning Protection Zone (LPZ)*, sistem proteksi petir internal adalah sebuah upaya perlindungan (proteksi) perangkat listrik maupun perangkat elektronik terhadap efek dari arus petir, terutama efek medan magnet dan medan listrik yang disebabkan oleh radiasi kosmik pada instalasi metal maupun sistem listrik didalam struktur bangunan (Rifki Yulian, 2012).

Sistem proteksi petir internal terdiri atas pencegahan terhadap bahaya dampak sambaran petir secara tidak langsung dan pencegahan terhadap kemungkinan bahaya ekuiptensialisasi atau perbedaan potensial pada arus listrik, ada 2 (dua) jenis sistem proteksi petir internal yang optimal digunakan sebagai

upaya perlindungan terhadap bangunan dari bahaya sambaran petir secara tidak langsung, yaitu :

2.4.2.1 *Surge Arrester System* (Sistem Proteksi Petir Internal)

Surge arrester system adalah salah satu metode pada sistem proteksi petir internal yang difungsikan untuk mengatasi gangguan surja petir, gangguan surja petir merupakan salah satu gangguan alamiah yang pasti dialami oleh setiap sistem tenaga listrik yang disebabkan oleh efek medan magnet dan efek medan listrik yang diakibatkan oleh radiasi kosmik atau sambaran petir secara tidak langsung.



Gambar 2.13 *Proteksi Petir System Internal*

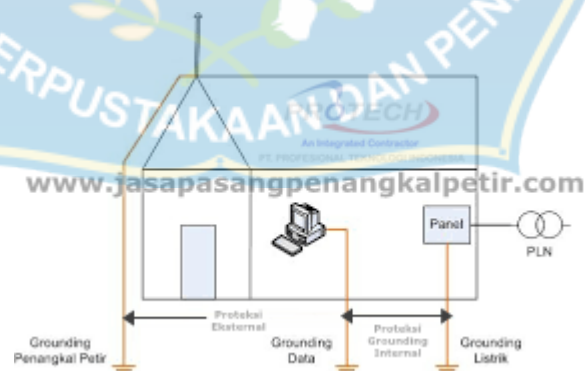
Surge arrester system pada sistem proteksi petir internal adalah sebuah rangkaian sistem yang bekerja dengan cara meng-implementasikan *resistor non linier* pada peralatan listrik yang mempunyai nilai tegangan sangat besar serta berlebihan dari arus sambaran petir secara tidak langsung. Pada saat *sparkover* maka tegangan akan menurun dan tegangan residu akan discharge. Besaran nilai *sparkover* dan tegangan residu pada arus listrik tergantung dari karakteristik *surge arrester* yang digunakan. Sebagai contoh pada saat tegangan surja atau arus liar

mencapai 51 Kv melebihi tegangan residu pada *surge arrester* yang hanya 10 Kv maka sepersekian detik nilai tegangan surja tersebut akan menurun drastis menyesuaikan dengan tegangan residu pada *surge arrester*, kelebihan nilai tegangan tersebut akan dibuang menuju sistem pembumian atau *grounding system* yang telah dihubungkan pada *surge arrester*.

Surge arrester system ini akan sangat bermanfaat jika di aplikasikan pada peralatan atau perangkat elektronik dan listrik pada bangunan mengingat efek yang ditimbulkan oleh bahaya sambaran petir secara tidak langsung sangatlah besar.

2.4.2.2 *Grounding Internal System* (Sistem Proteksi Petir Internal)

Grounding internal merupakan salah satu metoda yang dapat dilakukan dalam rangkaian sistem proteksi petir internal, *grounding internal* adalah sebuah rangkaian sistem pembumian yang difungsikan membuang arus liar yang disebabkan oleh efek medan magnet dan efek medan listrik yang dihasilkan oleh radiasi kosmik dari sambaran petir secara tidak langsung.



Gambar 2.14 *Grounding Internal System* (Sumber : Endi Sopyandi, 2012)

Cara kerja *grounding internal* hampir sama dengan *surge arrester system* hanya pada *grounding internal* tidak memiliki teknologi yang dimiliki oleh *surge*

arrester system, grounding internal sangat cocok digunakan ketika memiliki *budget* terbatas. hanya saja sayangnya ada kekurangan *pada grounding internal* yaitu tidak dapat mengendalikan nilai tegangan residu seperti *surge arrester system*.

Suatu sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik untuk mencegah potensi bahaya listrik terhadap manusia, peralatan maupun sistem pelayanannya. Terdapat 3 macam elektroda pentanahan yaitu bentuk batang (rod), bentuk pita (kisi-kisi), dan bentuk plat (Endi Sopyandi, 2012).

1. Elektroda Batang (*Rod*)

Elektroda batang yaitu elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan pada gardu induk. Secara teknis, elektroda jenis ini mudah pemasangannya dan tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang biasanya ditanam dengan kedalaman yang cukup dalam.



Gambar 2.15 Elektroda Batang(Sumber : Endi Sopyandi, 2012)

Rumus tahanan pentanahan elektroda batang tunggal:

$$R_G = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan:

R_G = Tahana pertahanan (Ω)

R_R = Tahanan Pertahana untuk Batang Tunggal (Ω)

ρ = Tahanan Jenis Tanah (Ω meter)

L_R = Panjang Elektroda (m)

A_R = Diameter elektroda (m)

2. Elektroda Pita (kisi-kisi)

Elektroda pita merupakan elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Pemancangan dilakukan secara vertikal dengan menanam batang hantaran secara horizontal (mendatar) dan dangkal (Fajar Endang, 2017).

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda pita

$$R_G = R_W = \frac{\rho}{\pi L_W} \left[\ln \left(\frac{2L_W}{\sqrt{d_W z_W}} \right) + \frac{1.4 L_W}{\sqrt{A_W}} - 5,6 \right] \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan:

R_G = Tahana pertahanan (Ω)

R_W = Tahanan dengan kisi-kisi (grid) kawat (Ω)

ρ = Tahanan Jenis Tanah (Ω meter)

L_W = Panjang total grid kawat (m)

d_W = Diameter kawat (m)

Z_W = Kedalaman Penanaman (m)

A_W = Luasan yang dicakup oleh grid (m^2)

3. Elektroda Plat

Elektroda plat merupakan elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam cukup dalam. Elektroda ini digunakan apabila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan yang sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain (Endi Sopyandi, 2012).



Gambar 2.17 Elektroda Plat(Sumber : Endi Sopyandi, 2012)

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda bentuk plat:n

$$R_G = R_P = \frac{\rho}{2\pi L_P} \left[\ln \left(\frac{8W_P}{0.5W_P + T_P} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

R_G = Tahana pertahanan (Ω)

R_P = Tahanan Pertahana Plat Ohm (Ω)

ρ = Tahanan Jenis Tanah (Ω meter)

L_p = Panjang Plat (m)

W_p = Lebar Plat (m)

T_p = Tebal Plat (m)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Untuk memperoleh informasi dan data yang akurat dan relevan dengan permasalahan skripsi ini, maka penulis memilih lokasi penelitian di PT. Dayamitra Telekomunikasi (Mitratel) Makassar yang dilakukan selama 2 minggu.

3.2 Jenis dan Sumber Data

3.2.1 Data Primer

Data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari lapangan atau penelitian di PT. Dayamitra Telekomunikasi seperti:

1. Data denah BTSTerminal Mamuju
2. Data *Existing* menara
3. Data *Existing* penangkal petir
4. Data *Existing grounding* menara

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung dengan cara mengumpulkan data dari berbagai sumber dan literatur yang berhubungan dengan masalah yang penulis angkat untuk memperoleh dasar teori pada penulisan tugas akhir ini seperti data hari guruh di Indonesia

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian, baik penelitian lapangan maupun penelitian literatur, diperoleh teknik pengumpulan data yaitu teknik observasi dengan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan mengambil data yang dibutuhkan di tempat penelitian.

3.4 Analisa Data

Data yang diperoleh atau yang berhasil dikumpulkan selama proses penelitian, baik data primer maupun data sekunder akan diolah untuk menghasilkan kesimpulan yang disajikan secara kualitatif.

1. Menentukan tingkat proteksi petir

Untuk menentukan tingkat proteksi petir maka terlebih dahulu menghitung kerapatan sambaran petir (N_g)

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} / km^2 / tahun \dots\dots\dots 3.1$$

Dimana :

T_d = Hari guruh rata-rata per tahun di daerah yang akan di proteksi

N_g = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/ km^2 /tahun)

Kemudian mencari luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar $N_d(km^2)$ dengan persamaan berikut:

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2 \dots\dots\dots 3.2$$

Dimana :

A_e = Luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar $N_d(km^2)$

a = Panjang atap gedung (m)

b = Lebar atap gedung (m)

h = Tinggi atap gedung (m)

Kemudian mencari nilai frekuensi sambaran petir (N_d)

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} / \text{tahun} \dots\dots\dots 3.3$$

Dimana:

N_d = Frekuensi sambaran petir per tahun

A_e = Luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar N_d (km^2)

N_g = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/ km^2 /tahun)

N_c = Ketetapan 10^{-6}

Penentuan tingkat proteksi bangunan berdasarkan perhitungan N_d dan N_c , dilakukan sebagai berikut:

- a. Jika $N_d \leq N_c$ tidak di perlukan sistem peroteksi
- b. Jika $N_d \geq N_c$ di perlukan sistem peroteksi

Jika perhitungan di dapatkan $N_d \geq N_c$ maka nilai afesiensi:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \dots\dots\dots 3.4$$

Dimana :

E = Afesiensi sistem proteksi petir

N_d = Frekuensi sambaran petir langsung ke tanah

N_c = Frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang di perbolehkan 10^{-6}

Kemudian tingkat proteksinya dapat di kaitkan dengan melihat nilai efesiensinya pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP (E)	R(m)
I	0,98	20
II	0,95	30
III	0,90	45
IV	0.80	60

2. Menghitung luas daerah proteksi

Metode bola bergulir mempunyai beberapa parameter yaitu:

a. Jarak sambaran

Jarak sambaran dapat di tentukan dengan persamaan

$$d_s(m) = 10 \cdot I^{0,65} \dots\dots\dots 3.5$$

b. Radius Proteksi

Radius proteksi bola gulir dapat menggunakan persamaan

$$R(m) = \sqrt{h_1(2d_1 - h_1)} \dots\dots\dots 3.6$$

Dimana:

R = Radius proteksi bole gulir

d = Jarak sambar petir (m)

h_1 = Tinggi total penangkal petir (m)

3. Menghitung tahanan sistem pentanahan

Pentanahan terbagi atas elektroda batang, elektroda pita, dan elektroda pelat/plat. Untuk menghitung tahanan pentanahan yaitu sebagai berikut:

a. Elektroda Batang

Tahanan pembumian elektroda batang dengan menggunakan persamaan pada rumus 2.6.

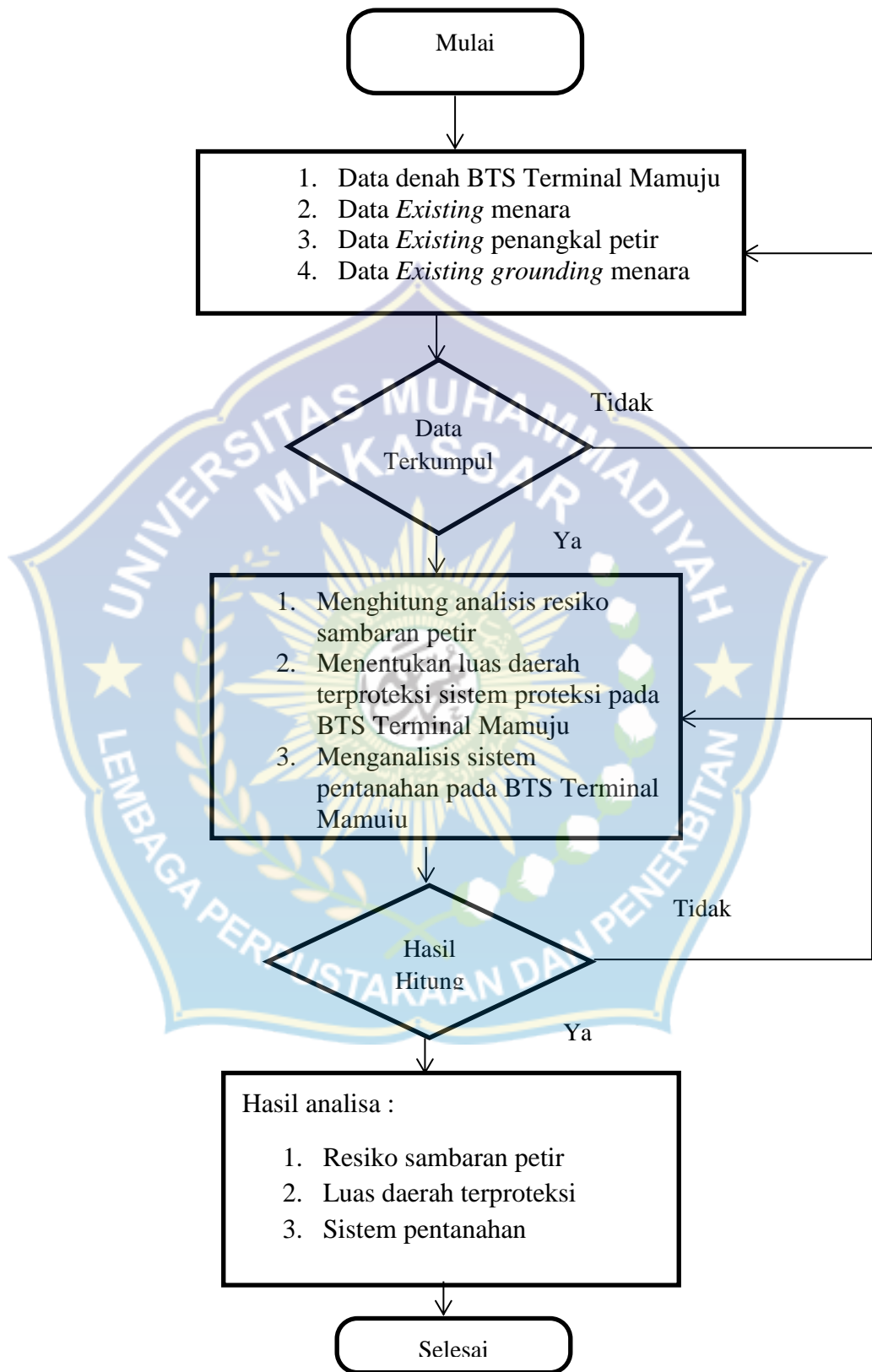
b. Elektrod Pita

Tahanan pembumian elektroda pita dengan menggunakan persamaan pada rumus 2.7.

c. Elektroda Plat/Pelat

Tahanan pembumian elektroda Plat/Pelat dengan menggunakan persamaan pada rumus 2.8.





Gambar 3.1 Flowchart

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi *Existing* Bangunan dan Menara BTS Terminal Mamuju

Tabel 4.1 Tabel Denah BTS Terminal Mamuju

Jenis Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)
Tower	10	10	0.20	20
Shelter	3,50	2.10	0,60	7,35

4.2 Detail Kondisi Sistem Proteksi Petir Pada Sisi Menara

Keseluruhan instalasi bangunan yang ada dan terpasang pada sisi tower di maksudkan untuk menangkap dan mengalirkan petir ke tanah.

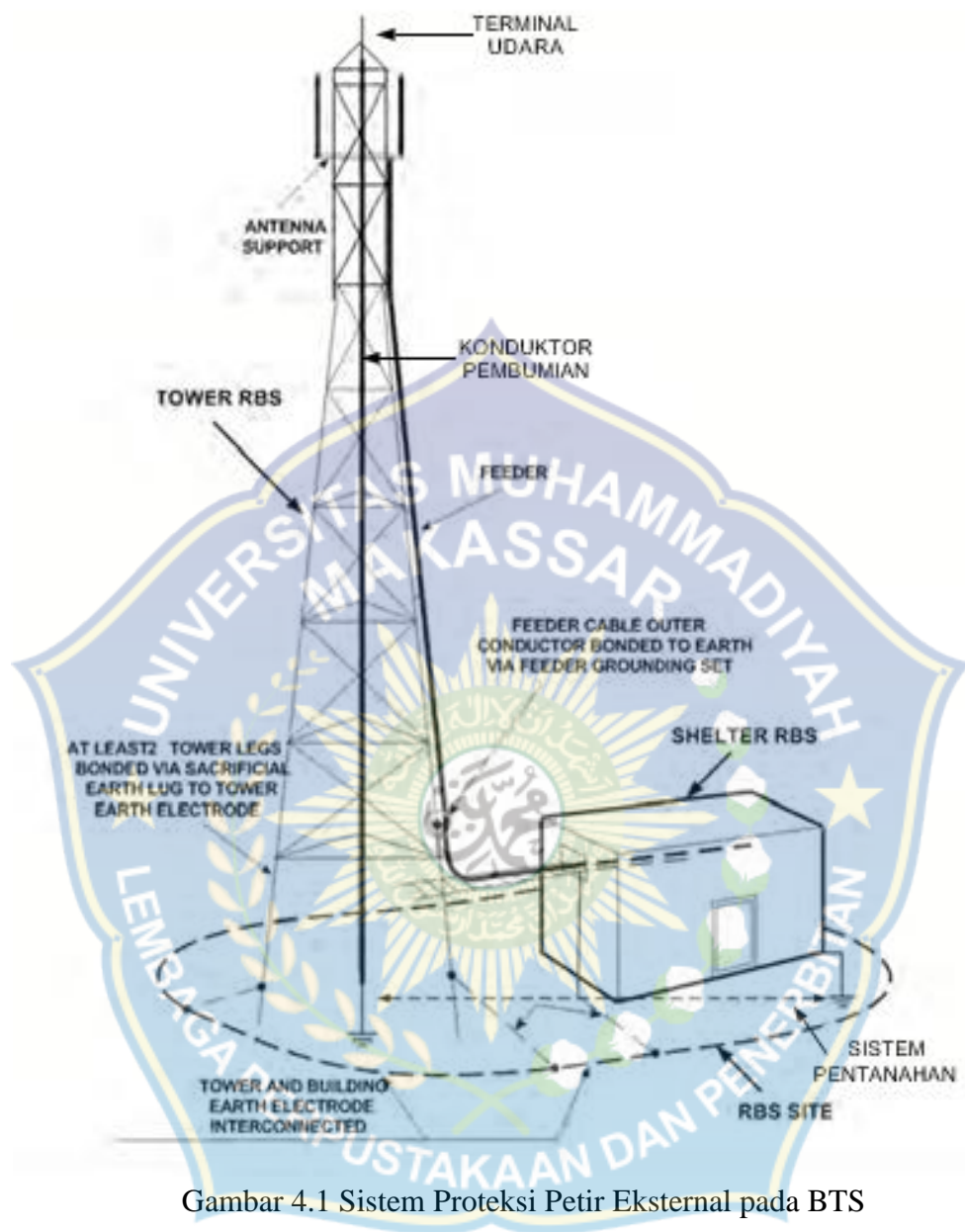
Data *existing* Menara :

Tinggi total Menara = 42 m

Tinggi yang tidak meruncing = 38 m

Lebar kaki menara = 3,656 m

Lebar pada bagian atas menara = 1.20 m



Gambar 4.1 Sistem Proteksi Petir Eksternal pada BTS

4.2.1 Detail kondisi penangkal petir

Data *Existing* Penangkal Petir :

Jenis logam : Tembaga

Panjang : 2 m

Shielding : Pipa logam galvanese, D = 2 inch.

4.3 Detil Kondisi Sistem Pentanahan (*Grounding*)

Sistem Pentanahan (*Grounding*) berfungsi untuk menyalurkan dan menyebarkan arus petir kedalam tanah. Dalam menyebarkan arus petir ke tanah tanpa menyebabkan tegangan lebih yang membahayakan maka bentuk dan dimensi dari sistem pentanahan sangat penting dibandingkan dengan harga resistansi spesifik elektroda pentanahan.

Data Elektroda Pentanahan:

Panjang elektroda pentanahan menara : 3 m

Panjang elektroda pentanahan shelter : 3 m

Kedalaman ujung elektroda pentanahan dari permukaan tanah : 3 m

Jarak kedua elektroda pentanahan : 3 m

Data *existing* sebagian sistem pentanahan yang terdapat pada area BTS

Terminal Mamuju sebagai berikut:

Data existing grounding Menara, shelter :

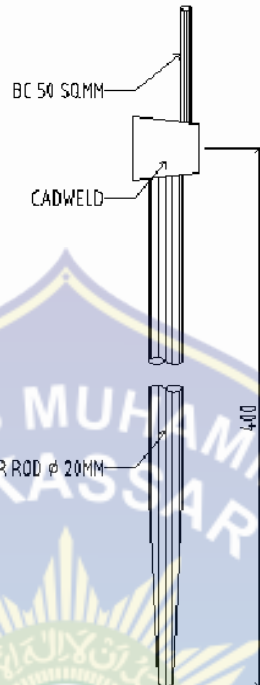
Panjang batang tembaga : 3 m

Plat yang dirancang khusus dengan luas : $1,0 \times 1,0 m^2$

Kedalaman : 8m.

Jumlah : 6 batang

Jarak antara box control tower dan shelter :1,20 m.



Gambar 4.2 Batang tembaga sebagai konduktor

4.4 Penentuan kebutuhan bangunan BTS akan Penangkal Petir

Penentuan kebutuhan suatu daerahakan proteksi penangkal petir yaitu perhitungan dengan menggunakan data hari guruh, data ukuran bangunan, area proteksi, frekuensi sambaran langsung setempat (N_d), dan frekuensi sambaran tahunan, dengan terlebih dahulu menghitung kerapatan sambaran ke tanah (N_g).

Kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g) dipengaruhi oleh hari guruh di daerah tersebut. Adapun jumlah hari guruh yang ada di sulawesi barat yaitu sekitar 139 hari guruh (*Sumber:BMKG*).

Maka kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g) dapat dihitung dengan persamaan :

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T_d^{1,26}$$

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 139^{1,26}$$

$$N_g = 20,05 \text{ sambaran per km}^2 \text{ per tahun}$$

Sedangkan luas daerah permukaan tanah yang dianggap mempunyai frekuensi sambaran langsung tahunan dapat dihitung sebagai berikut :

$$3h = 3 \times 42$$

$$3h = 126 \text{ m}$$

$$h = 42 \text{ m}$$

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

$$A_e = 100 + 6(42)(10+10) + 9 \cdot 3,14 \cdot 42^2$$

$$A_e = 100 + 252 \times 20 + 28,26 \times 1762$$

$$A_e = 100 + 5040 + 48.850,64$$

$$A_e = 53.990,64 \text{ m}^2$$

Sedangkan untuk menghitung jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun (N_d) dapat dicari dengan persamaan berikut :

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

$$N_d = 20,05 \times 53.990,64 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 1.082.512,332 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 1,08 \text{ sambaran petir per tahun}$$

Dimana :

a = Panjang bangunan (m)

b = Lebar bangunan (m)

h = Tinggi bangunan (m)

Td = Hari guruh rata-rata pertahun

N_g = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/ Km^2 /tahun)

A_e = Luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar
 N_d (Km^2)

N_d = Frekwensi sambaran petir langsung per tahun

N_c = ketentuan (10^{-1})

Frekuensi sambaran petir tahunan (N_c diketahui bernilai 10^{-1}) yang diperbolehkan. Penentuan tingkat proteksi pada bangunan berdasarkan perhitungan N_d dan N_c dilakukan sebagai berikut :

a. Jika $N_d \leq N_c$ tidak perlu sistem proteksi petir.

b. Jika $N_d > N_c$ diperlukan sistem proteksi petir.

Dikarenakan dalam perhitungan didapatkan $N_d \geq N_c$, maka nilai efisiensi:

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

$$E \geq 1 - \frac{10^{-1}}{1.08}$$

$$E \geq 1 - 0.092$$

$$E \geq 0,90$$

$$E \geq 90\%$$

Dimana :

E = Efisiensi sistem proteksi petir

N_d = Frekuensi sambaran petir langsung per tahun

N_c = Frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan (10^{-1})

Dimana hubungan antara nilai E (efisiensi) dengan tingkat proteksi sesuai tabel 3.1 maka dengan demikian nilai E sebesar 0,90 berada pada tingkat proteksi III dengan nilai efisiensi diantara 90%-95%. Oleh karena itu BTS Terminal Mamuju memerlukan SPP minimal tingkat proteksi dengan level III.

4.5 Perhitungan Daerah Proteksi Sistem Proteksi Petir Pada Menara

Setelah menentukan tingkat proteksi petir, kemudian kita akan menghitung dan menganalisa luas daerah proteksi atau zona proteksi untuk penyalur petir yang telah terpasang sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah daerah tersebut telah terproteksi dengan baik atau tidak. Metode yang digunakan untuk menganalisis daerah proteksi di daerah tersebut adalah dengan menggunakan metode bola bergulir.

Untuk metode ini, radius proteksi dari bola bergulir telah diketahui melalui tabel 3.1, yaitu untuk tingkat proteksi level III radius proteksinya adalah sebesar 45 m dan untuk arus puncaknya (I) dapat di cari dengan persamaan :

$$R (m) = I^{0.75}$$

Maka,

$$R (m) = I^{0.75}$$

$$I = \sqrt[0.75]{R}$$

$$I = \sqrt[0.75]{45}$$

$$I = 160,06 \text{ kA}$$

Dapat dikatakan bahwa menara tersebut dapat menangkap petir dengan arus puncak minimal 160,06 kA. Bila Petir dengan arus dibawah nilai 160,06 kA

tersebut maka menara masih dapat bertahan namun jika nilai arus petir diatas 160,06 kA akan ditangkap oleh penyalur petir.

Jarak sambar (d_s) petir terhadap bangunan dapat dihitung dari persamaan yang banyak digunakan yaitu sebagai berikut:

$$d_s = 10 \cdot I^{0,65}$$

Dengan menggunakan asumsi hasil perhitungan parameter arus petir dimana harga arus puncak petir (I) minimal sebesar 160,06 kA untuk proteksi level III, maka :

Diperoleh jarak sambar (d_s) :

$$d_s = 10 \times 160,06^{0,65}$$

$$d_s = 270,9 \text{ m.}$$

Pada Menara Telekomunikasi (BTS Terminal Mamuju) secara teoritis bangunan *shelter* masih aman dari bahaya sambaran langsung petir. Dengan jarak bangunan (*shelter*) yang berjarak 6 meter dari titik tengah menara dan tinggi menara 42 meter, maka dapat dicari sudut perlindungan penangkal petir menara terhadap gedung (*shelter*) menggunakan persamaan sudut lindung untuk $h < r_s$ maka didapat perlindungan terhadap *shelter* sebagai berikut :

Dan panjang radius proteksi bola bergulir-nya adalah :

$$R = \sqrt{h_1(2d_s - h_1)}$$

$$R = \sqrt{42(2 \cdot 270,9 - 42)}$$

$$R = \sqrt{42(499,8)}$$

$$R = \sqrt{20991,6}$$

$$R = 144,9 \text{ m}$$

Dengan begitu luas radius perlindungan menara telekomunikasi adalah:

$$A = \pi \cdot R^2$$

$$A = 3,14 \cdot 144,9^2$$

$$A = 3,14 \times 20996,01$$

$$A = 65.927,4714 \text{ m}^2$$

Dengan demikian setiap bangunan dapat berbeda-beda jarak perlindungannya terhadap sambaran petir, dan jarak terjauhnya yang masih aman dari sambaran petir tergantung dari tinggi bangunan.

4.6 Sistem Pentanahan

Elektroda pentanahan untuk sistem Pentanahan yang digunakan adalah elektroda jenis plat yang terintegrasi dengan elektroda batang. Bahan dari elektroda pembumian tersebut adalah tembaga. Elektroda pembumian ini dipasang dengan kedalaman 12 meter dibawah bak kontrol dengan ukuran 40 x 40 x 40 cm.

4.6.1 Tegangan Jatuh Pada Elektroda Pentanahan

Pada menara BTS Terminal Mamujudigunakan sistem pembumian dengan cara menanamkan elektroda plat (pentanahan tunggal) yang memiliki dimensi p = 1c m, L = 1 m dan ketebalan = 3 m. Sehingga tahanannya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_p = \frac{\rho}{4,1L_p} \left(1 + 1,86 \frac{W_p}{T_p} \right)$$

$$R_p = \frac{3}{4,1 \cdot 1} \left(1 + 1,86 \frac{0,01}{8} \right)$$

$$R_p = 0,73 (1 + 0.00125)$$

$$R_p = 0,73 \times 1,00125$$

$$R_p = 0,731 \Omega$$

Dimana :

R_p = Tahanan pentanahan pelat (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm) = 3 Ωm

L_p = Panjang pelat (m) = 1 m

W_p = Lebar pelat (m) = 1 cm = 0,01 m

T_p = Kedalaman pelat (m) = 8 m.

Maka jatuh tegangan pada elektroda yang terhubung pada menara BTS Terminal Mamuju pada saat terjadinya sambaran petir adalah :

$$V = I_{\text{petir}} \cdot R_p$$

$$V = 160,06 \text{ kA} \cdot 0,731 \Omega$$

$$V = 117,004 \text{ kV.}$$

Tegangan sebesar ini cukup berbahaya bila hanya terkumpul disuatu titik tanah.

4.6.2 Evaluasi Sistem Pentanahan

1. Tahanan pentanahan pada menara BTS Terminal Mamuju sudah bagus menurut informasi dari karyawan setempat, hal ini di buktikan dengan perhitungan yang tercapai nilai 0,731 Ω dengan jumlah elektroda tunggal yang dirancang khusus.

2. Dengan nilai tahanan pentanahan $0,731 \Omega$ maka nilai *grounding* pada menara BTS Terminal Mamuju sudah memenuhi sesuai standard telekomunikasi, yaitu ($< 3 \Omega$) dan PUIL 2000 Pasal 3.13.2.10 untuk total seluruh sistem tahanan pembumian tidak boleh lebih dari 5Ω .

3. Elektroda Pembumian menggunakan bahan tembaga anti korosi dan memenuhi syarat peraturan menteri tenaga kerja No. Per.02. Men.1989 tentang PPIP yaitu penggunaan lebar elektroda plat dengan luas satu sisi permukaan sekurang-kurangnya $0,5 m^2$ dan tebal sekurang-kurangnya 1 mm.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Menara BTS Terminal Mamuju dengan tinggi 42 m memerlukan sistem proteksi dengan nilai $N_d = 1,08$ sambaran petir per tahun. Dengan nilai efisiensi SPP $E = 90\%$ sehingga Menara BTS Terminal Mamuju memerlukan tingkat SPP minimum level III.
2. Jarak (radius) proteksi penangkal petir terhadap daerah sekitarnya dengan analisis bola bergulir menjadi sejauh 144,9 m dengan luas $65.927,4714 \text{ m}^2$. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem proteksi yang ada pada BTS Terminal Mamuju sudah baik.
3. Tahanan pentanahan pada menara BTS Terminal Mamuju memiliki nilai *grounding* sebesar 0,731 ohm. Maka menara BTS Terminal Mamuju sudah memenuhi standar telekomunikasi dan PUIL 2000 pasal 3.13.2.10 dengan nilai standar tidak boleh lebih dari 5 Ohm dan elektroda pembumian pada BTS Terminal Mamuju sudah memenuhi syarat peraturan menteri tenaga kerja No. Per.02/Men/1989.

5.2 Saran

Tegangan elektroda pada menara BTS Terminal Mamuju saat terjadi sambaran petir sebesar 117,004 kV untuk tegangan sebesar itu maka disarankan kepada PT. Dayamitra Telekomunikasi untuk memakai sistem pentanahan tersebar (Ring).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Zubair, 2012. Proses Terjadinya Petir..
<https://www.studibelajar.com/proses-terjadinya-petir>.Diakses 19 Februari 2019, pkl. 16:14
- Desy Fatma. 2017. Petir: Pengertian, Proses Terjadinya, Upaya Mengatasi dan Peristiwa yang terjadi. <https://ilmugeografi.com/fenomena-alam/petir>. Diakses 19 Februari 2019, pkl. 16:05
- Endi Sopyandi. 2012. Jenis-Jenis Elektroda Pentanahan. <http://electricdot.wordpress.com/2012/12/23/jenis-jenis-elektroda-pentanahan/amp/>. Diakses 19 Februari 2019, pkl. 16:25
- Era Krisna, 2013. Penertian Petir.
http://acamedia.edu/12975637/BAB_III-PEMBAHASAN-2.1.-PENGERTIAN-PETIR. Diakses 19 Februari 2019, pkl 16:45.
- Fajar Endang Taryana. 2017. Jenis Elektroda Dan Pemasangannya. <https://id.scribd.com/document/360995610/jenes-elektroda-dan-pemasangannya>. 20 Maret 2019, pkl. 13.56
- Febriani Syafran Putri, Eddy Hamdani 2017. EVALUASI SISTEM PROTEKSI PETIR PADA TOWER PT. SAMPOERNA TELEKOMUNIKASI INDONESIA (CERIA) PEKANBARU: Jurnal Jom FTEKNIK Volume 4 No. 1.
- Hartoyo, M.T. 2012. Sistem Pentanahan. Pelatihan Advanced Electrical Grounding. training JP consultan.
- Hartoyo, M.T. 2012. SISTEM PROTEKSI PETIR. Pelatihan Advanced Electrical Grounding. training JP consultan.
- Mulyadi, Ujang, 2014. Kajian Perancangan Sistem Penangkal Petir Eksternal pada Gedung Pusat Komputer Universitas Riau, Pekanbaru: skripsi UR
- Rifki Yulian. 2012. Prinsip Proteksi Petir. <https://id.scribd.com/doc/85606474/prinsip-proteksi-petir>. 20 Maret 2019, pkl. 13.30

- PT. Profesional Teknollogi Indonesia. 2019. Sistem proteksi petir. <http://jasapasangpenangkalpetir.com/pages.php?pageid=12>. 20 Maret 2019, pkl. 12:06
- Permata, D., & Purwasih, N. 2009. Pengaruh Sambaran Petir Terhadap Sistem Proteksi Pada Tower BTS (Base Transceiver Station). Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro, 3, 2.
- Putra, Widhya P, 2009. Evaluasi Sistem Proteksi Petir pada Base Transceiver Station (BTS). Tangerang: skripsi UI





LAMPIRAN 1

**PERATURAN
MENTERI TENAGA KERJA
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR : PER.02/MEN/1989**

**TENTANG
PENGAWASAN INSTALASI PENYALUR PETIR**

**MENTERI TENAGA KERJA
REPUBLIK INDONESIA**

- Menimbang : a. bahwa tenaga kerja dan sumber produksi yang berada di tempat kerja perlu dijaga keselamatan dan produktivitasnya;
- b. bahwa sambaran petir dapat menimbulkan bahaya baik tenaga kerja dan orang lainnya yang berada di tempat kerja serta bangunan dan isinya;
- c. bahwa untuk itu perlu diatur ketentuan tentang instalasi penyalur petir dan pengawasannya yang ditetapkan dalam suatu Peraturan Menteri.
- Mengingat : 1. Undang-undang No. 3 Tahun 1951 tentang Pemyataan Berlakunya Undang-undang Pengawasan Perburuhan No. 23 Tahun 1948 dari Republik Indonesia;
2. Undang-undang No. 14 tahun 1969 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Mengenai Tenaga Kerja;
3. Undang-undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja;
4. Keputusan Presiden RI No. 64/M Tahun 1988 tentang Pembentukan Kabinet Pembangunan V;
5. Peraturan Menteri Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Koperasi No. PER-03/MEN/1978 tentang Persyaratan Penunjukan dan Wewenang serta Kewajiban Pegawai Pengawas Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Ahli Keselamatan Kerja;
6. Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. PER-03/MEN/1984 tentang Pengawasan Ketenagakerjaan terpadu;
7. Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. PER-04/MEN/1987 tentang Tata Cara Penunjukan Ahli Keselamatan Kerja.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : **PERATURAN MENTERI TENAGA KERJA REPUBLIK INDONESIA
TENTANG PENGAWASAN INSTALASI PENYALUR PETIR.**

BAB I KETENTUAN UMUM

Pasal 1

Dalam Peraturan ini yang dimaksud dengan:

- a. Direktur ialah Pejabat sebagaimana yang dimaksud dalam Undang-undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja;
- b. Pegawai Pengawas ialah Pegawai Pengawas Ketenagakerjaan yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja;
- c. Ahli Keselamatan Kerja ialah Tenaga Teknis berkeahlian khusus dari luar Departemen Tenaga Kerja yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja untuk mengawasi ditaatinya Undang-undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja;
- d. Pengurus ialah orang atau badan hukum yang bertanggung jawab penuh terhadap tempat kerja atau bagiannya yang berdiri sendiri;
- e. Pengusaha ialah orang atau badan hukum seperti yang dimaksud pasal 1 ayat (3) Undang-undang No. 1 Tahun 1970;
- f. Tempat kerja ialah tempat sebagaimana dimaksud pasal 1 ayat (1) Undang-undang No. 1 Tahun 1970;
- g. Pemasang instalasi penyalur petir yang selanjutnya disebut Instalasi ialah badan hukum yang melaksanakan pemasangan instalasi penyalur petir;
- h. Instalasi penyalur petir ialah seluruh susunan sarana penyalur petir terdiri atas penerima (Air Terminal/Rod), Penghantar penurunan (Down Conductor), Elektroda Bumi (Earth Electrode) termasuk perlengkapan lainnya yang merupakan satu kesatuan berfungsi untuk menangkap muatan petir dan menyalurkannya ke bumi;
- i. Penerima ialah peralatan dan atau penghantar dari logam yang menonjol lurus ke atas dan atau mendatar guna menerima petir;
- j. Penghantar penurunan ialah penghantar yang menghubungkan penerima dengan elektroda bumi;
- k. Elektroda bumi ialah bagian dari instalasi penyalur petir yang ditanam dan kontak langsung dengan bumi;
- l. Elektroda kelompok ialah beberapa elektroda bumi yang dihubungkan satu dengan lain sehingga merupakan satu kesatuan yang hanya disambung dengan satu penghantar penurunan;
- m. Daerah perlindungan ialah daerah dengan radius tertentu yang termasuk dalam perlindungan instalasi penyalur petir;

- n. Sambungan ialah suatu konstruksi guna menghubungkan secara listrik antara penerima dengan penghantar penurunan, penghantar penurunan dengan penghantar penurunan dan penghantar penurunan dengan elektroda bumi, yang dapat berupa las, klem atau kopeling;
- o. Sambungan ukur ialah sambungan yang terdapat pada penghantar penurunan dengan sistem pembumian yang dapat dilepas untuk memudahkan pengukuran tahanan pembumian;
- p. Tahanan pembumian ialah tahanan bumi yang harus dilalui oleh arus listrik yang berasal dari petir pada waktu peralihan, dan yang mengalir dari elektroda bumi ke bumi dan pada penyebarannya di dalam bumi;
- q. Massa logam ialah massa logam dalam maupun massa logam luar yang merupakan satu kesatuan yang berada di dalam atau pada bangunan, misalnya perancah-perancah baja, lift, tangki penimbun, mesin, gas dan pemanasan dari logam dan penghantar-penghantar listrik.

Pasal 2

- (1) Instalasi penyalur petir harus direncanakan, dibuat, dipasang dan dipelihara sesuai dengan ketentuan dalam Peraturan Menteri ini dan atau standard yang diakui;
- (2) Instalasi penyalur petir secara umum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - a. kemampuan perlindungan secara teknis;
 - b. ketahanan mekanis;
 - c. ketahanan terhadap korosi;
- (3) Bahan dan konstruksi instalasi penyalur petir harus kuat dan memenuhi syarat;
- (4) Bagian-bagian instalasi penyalur petir harus memiliki tanda hasil pengujian dan atau sertifikat yang diakui.

Pasal 3

Sambungan-sambungan harus merupakan suatu sambungan elektrik, tidak ada kemungkinan terbuka dan dapat menahan kekuatan tarik sama dengan sepuluh kali berat penghantar yang menggantung pada sambungan itu.

Pasal 4

- (1) Penyambungan dilakukan dengan cara:
 - a. dilas.
 - b. diklem (plat klem, bus kontak klem) dengan panjang sekurang-kurangnya 5 cm;
 - c. disolder dengan panjang sekurang-kurangnya 10 cm dan khusus untuk penghantar penurunan dari pita harus dikeling.

- (2) Sambungan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak berkarat;
- (3) Sambungan-sambungan harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga dapat diperiksa dengan mudah.

Pasal 5

Semua penghantar penurunan petir harus dilengkapi dengan sambungan pada tempat yang mudah dicapai.

Pasal 6

- (1) Pemasangan instalasi penyalur petir harus dilakukan oleh Instalasi yang telah mendapat pengesahan dari Menteri atau Pejabat yang ditunjuknya;
- (2) Tata cara untuk mendapat pengesahan sebagaimana dimaksud ayat (1), diatur lebih lanjut dengan Keputusan Menteri.

Pasal 7

Dalam hal pengaruh elektrolisa dan korosi tidak dapat dicegah maka semua bagian instalasi harus disalut dengan timah atau cara lain yang sama atau memperbaharui bagian-bagiannya dalam waktu tertentu.

BAB II RUANG LINGKUP

Pasal 8

Yang diatur oleh Peraturan Menteri ini adalah Instalasi Penyalur Petir non radioaktif di tempat kerja.

Pasal 9

- (1) Tempat kerja sebagaimana dimaksud pasal 8 yang perlu dipasang instalasi penyalur petir antara lain:
 - a. Bangunan yang terpencil atau tinggi dan lebih tinggi dan pada bangunan sekitarnya seperti: menara-menara, cerobong, silo, antena pemancar, monumen dan lain-lain;
 - b. Bangunan dimana disimpan, diolah atau digunakan bahan yang mudah meledak atau terbakar seperti pabrik-pabrik amunisi, gudang penyimpanan bahan peledak dan lain-lain;
 - c. Bangunan untuk kepentingan umum seperti: tempat ibadah, rumah sakit, sekolah, gedung pertunjukan, hotel, pasar, stasiun, candi dan lain-lain;
 - d. Bangunan untuk menyimpan barang-barang yang sukar diganti seperti: museum, perpustakaan, tempat penyimpanan arsip dan lain-lain;
 - e. Daerah-daerah terbuka seperti: daerah perkebunan, Padang Golf, Stadion Olah Raga dan tempat-tempat lainnya.

- (2) Penetapan pemasangan instalasi penyalur petir pada tempat kerja sebagaimana dimaksud ayat (1) dengan memperhitungkan angka index seperti tercantum dalam lampiran I Peraturan Menteri ini.

BAB III PENERIMA (AIR TERMINAL)

Pasal 10

- (1) Penerima harus dipasang di tempat atau bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir dimana jika bangunan yang terdiri dari bagian-bagian seperti bangunan yang mempunyai menara, antena, papan reklame atau suatu blok bangunan harus dipandang sebagai suatu kesatuan;
- (2) Pemasangan penerima pada atap yang mendarat harus benar-benar menjamin bahwa seluruh luas atap yang bersangkutan termasuk dalam daerah perlindungan;
- (3) Penerima yang dipasang di atas atap yang datar sekurang-kurangnya lebih tinggi 15 cm dari pada sekitarnya;
- (4) Jumlah dan jarak antara masing-masing penerima harus diatur sedemikian rupa sehingga dapat menjamin bangunan itu termasuk dalam daerah perlindungan.

Pasal 11

Sebagai penerima dapat digunakan:

- a. logam bulat panjang yang terbuat dari tembaga;
- b. hiasan-hiasan pada atap, tiang-tiang, cerobong-cerobong dari logam yang disambung baik dengan instalasi penyalur petir;
- c. atap-atap dari logam yang disambung secara elektrik dengan baik.

Pasal 12

Semua bagian bangunan yang terbuat dari bukan logam yang dipasang menjulang keatas dengan tinggi lebih dari 1 (satu) meter dari atap harus dipasang penerima tersendiri.

Pasal 13

Pilar beton bertulang yang dirancangan sebagai penghantar penurunan untuk suatu instalasi penyalur petir, pilar beton tersebut harus dipasang menonjol di atas atap dengan mengingat ketentuan-ketentuan penerima, syarat-syarat sambungan dan elektroda bumi.

Pasal 14

- (1) Untuk menentukan daerah perlindungan bagi penerima dengan jenis Franklin dan sangkar Faraday yang berbentuk runcing adalah suatu kerucut yang mempunyai sudut puncak 112° ;
- (2) Untuk menentukan daerah perlindungan bagi penerima yang berbentuk penghantar mendatar adalah dua bidang yang saling memotong pada kawat itu dalam sudut 112° ;
- (3) Untuk menentukan daerah perlindungan bagi penerima jenis lain adalah sesuai dengan ketentuan teknis dari masing-masing penerima;

BAB IV PENGHANTAR PENURUNAN

Pasal 15

- (1) Penghantar penurunan harus dipasang sepanjang bubungan (nok) dan atau sudut-sudut bangunan ke tanah sehingga penghantar penurunan merupakan suatu sangkar dari bangunan yang akan dilindungi;
- (2) Penghantar penurunan harus dipasang secara sempurna dan harus diperhitungkan pemuaian dan penyusutannya akibat perubahan suhu;
- (3) Jarak antara alat-alat pemegang penghantar penurunan satu dengan yang lainnya tidak boleh lebih dan 1,5 meter;
- (4) Penghantar penurunan harus dipasang lurus ke bawah dan jika terpaksa dapat mendatar atau melampaui penghalang;
- (5) Penghantar penurunan harus dipasang dengan jarak tidak kurang 15 cm dari atap yang dapat terbakar kecuali atap dari logam, genteng atau batu;
- (6) Dilarang memasang penghantar penurunan di bawah atap dalam bangunan.

Pasal 16

Semua bubungan (nok) harus dilengkapi dengan penghantar penurunan, dan untuk atap yang datar harus dilengkapi dengan penghantar penurunan pada sekeliling pinggirnya, kecuali persyaratan daerah perlindungan terpenuhi.

Pasal 17

- (1) 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 penghantar penurunan;
- (2) Penghantar penurunan harus selalu dipasang pada bagian-bagian yang menonjol yang diperkirakan dapat tersambar petir;

- (3) Penghantar penurunan harus dipasang sedemikian rupa, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak mudah rusak.

Pasal 18

- (1) Penghantar penurunan harus dilindungi terhadap kerusakan-kerusakan mekanik, pengaruh cuaca, kimia (elektrolisa) dan sebagainya.
- (2) Jika untuk melindungi penghantar penurunan itu dipergunakan pipa logam, pipa tersebut pada kedua ujungnya harus disambungkan secara sempurna baik elektrik maupun mekanis kepada penghantar untuk mengurangi tahanan induksi.

Pasal 19

- (1) Instalasi penyalur petir dari suatu bangunan paling sedikit harus mempunyai 2 (dua) buah penghantar penurunan;
- (2) Instalasi penyalur petir yang mempunyai lebih dari satu penerima, dari penerima tersebut harus ada paling sedikit 2 (dua) buah penghantar penurunan;
- (3) Jarak antara kaki penerima dan titik percabangan penghantar penurunan paling besar 5 (lima) meter.

Pasal 20

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

- a. penampang sekurang-kurangnya 50 mm²;
- b. setiap bentuk penampang dapat dipakai dengan tebal serendah-rendahnya 2 mm.

Pasal 21

- (1) Sebagai penghantar penurunan petir dapat digunakan bagian-bagian dari atap, pilar-pilar, dinding-dinding, atau tulang-tulang baja yang mempunyai massa logam yang baik;
- (2) Khusus tulang-tulang baja dari kolom beton harus memenuhi syarat, kecuali:
 - a. sudah direncanakan sebagai penghantar penurunan dengan memperhatikan syarat-syarat sambungan yang baik dan syarat-syarat lainnya;
 - b. ujung-ujung tulang baja mencapai garis permukaan air di bawah tanah sepanjang waktu.
- (3) Kolom beton yang bertulang baja yang dipakai sebagai penghantar penurunan harus digunakan kolom beton bagian luar.

Pasal 22

Penghantar penurunan dapat digunakan pipa penyalur air hujan dari logam yang dipasang tegak dengan jumlah paling banyak separuh dari jumlah penghantar penurunan yang diisyaratkan dengan sekurang-kurangnya dua buah merupakan penghantar penurunan khusus.

Pasal 23

- (1) Jarak minimum antara penghantar penurunan yang satu dengan yang lain diukur sebagai berikut;
 - 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 10 meter.
- (2) Pengukuran jarak dimaksud ayat (1) dilakukan dengan menyusuri keliling bangunan.

Pasal 24

Untuk bangunan-bangunan yang terdiri dari bagian-bagian yang tidak sama tingginya, tiap-tiap bagian harus ditinjau secara tersendiri sesuai pasal 23 kecuali bagian bangunan yang tingginya kurang dari seperempat tinggi bangunan yang tertinggi, tingginya kurang dari 5 meter dan mempunyai luas dasar kurang dari 50 m².

Pasal 25

- (1) Pada bangunan yang tingginya kurang dari 25 meter dan mempunyai bagian-bagian yang menonjol kesamping harus dipasang beberapa penghantar penurunan dan tidak menurut ketentuan pasal 23;
- (2) Pada bangunan yang tingginya lebih dari 25 meter, semua bagian-bagian yang menonjol ke atas harus dilengkapi dengan penghantar penurunan kecuali untuk menara-menara.

Pasal 26

Ruang antara bangunan-bangunan yang menonjol kesamping yang merupakan ruangan yang sempit tidak perlu dipasang penghantar penurunan jika penghantar penurunan yang dipasang pada pinggir atap tidak terputus.

Pasal 27

- (1) Untuk pemasangan instalasi penyalur petir jenis Franklin dan sangkar Faraday, jenis-jenis bahan untuk penghantar dan pembumian dipilih sesuai dengan daftar pada lampiran II Peraturan Menteri ini;

- (2) Untuk pemasangan instalasi penyalur petir jenis Elektrostatic dan atau jenis lainnya, jenis-jenis bahan untuk penghantar dan pembumian dapat menggunakan bahan sesuai dengan daftar pada lampiran II Peraturan Menteri ini dan atau jenis lainnya sesuai dengan standard yang diakui;
- (3) Penentuan bahan dan ukurannya dari ayat (1) dan ayat (2) pasal ini, ditentukan berdasar-kan beberapa faktor yaitu ketahanan mekanis, ketahanan terhadap pengaruh kimia terutama korosi dan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan lain dalam batas standard yang diakui;
- (4) Semua penghantar dan pengebumian yang digunakan harus dibuat dan bahan yang memenuhi syarat. sesuai dengan standard yang diakui.

**BAB V
PEMBUMIAN
Pasal 28**

- (1) Elektroda bumi harus dibuat dan dipasang sedemikian rupa sehingga tahanan pembumian sekecil mungkin;
- (2) Sebagai elektroda bumi dapat digunakan:
 - a. tulang-tulang baja dan rantai-lantai kamar di bawah bumi dan tiang pancang yang sesuai dengan keperluan pembumian;
 - b. pipa-pipa Jogam yang dipasang dalam bumi secara tegak;
 - c. pipa-pipa atau penghantar lingkaran yang dipasang dalam bumi secara mendatar;
 - d. pelat logam yang ditanam;
 - e. bahan logam lainnya dan atau bahan-bahan yang cara pemakaian menurut ketentuan pabrik pembuatnya.
- (3) Elektroda bumi tersebut dalam ayat (2) harus dipasang sampai mencapai air dalam bumi.

Pasal 29

- (1) Elektroda bumi dapat dibuat dan:
 - a. Pipa baja yang disepuh dengan Zn (Zincum) dan ganis tengah sekurang-kurangnya 25 mm dan tebal sekurang-kurangnya 3,25 mm;
 - b. Batang baja yang disepuh dengan Zn dan ganis tengah sekurang-kurangnya 19 mm;
 - c. Pita baja yang disepuh dengan Zn yang tebalnya sekurang-kurangnya 3 mm dan lebar sekurang-kurangnya 25 mm;
- (2) Untuk daerah-daerah yang sifat korosifnya lebih besar, elektroda bumi harus di buat dari:

- a. Pipa baja yang disepuh dengan Zn dan garis tengah dalam sekurang-kurangnya 50 mm dan tebal sekurang-kurangnya 3,5 mm;
- b. Pipa dari tembaga atau bahan yang sederajat atau pipa yang disepuh dengan tembaga atau bahan yang sederajat dengan garis tengah dalam sekurang-kurangnya 16 mm dan tebal sekurang-kurangnya 3 mm;
- c. Batang baja yang disepuh dengan Zn dengan garis tengah sekurang-kurangnya 25 mm;
- d. Batang tembaga atau bahan yang sederajat atau batang baja yang disalut dengan tembaga atau yang sederajat dengan garis tengah sekurang-kurangnya 16 mm;
- e. Pita baja yang disepuh dengan Zn dan tebal sekurang-kurangnya 4 mm dan lebar sekurang-kurangnya 25 mm.

Pasal 30

- (1) Masing-masing penghantar penurunan dan suatu instalasi penyalur petir yang mempunyai beberapa penghantar penurunan harus disambungkan dengan elektroda kelompok;
- (2) Panjang suatu elektroda bumi yang dipasang tegak dalam bumi tidak boleh kurang dan 4 meter, kecuali jika sebagian dari elektroda bumi itu sekurang-kurangnya 2 meter di bawah batas minimum permukaan air dalam bumi;
- (3) Tulang-tulang besi dan lantai beton dan gudang di bawah bumi dan tiang pancang dapat digunakan sebagai elektroda bumi yang memenuhi syarat apabila sebagian dari tulang-tulang besi ini berada sekurang-kurangnya 1 (satu) meter di bawah permukaan air dalam bumi;
- (4) Elektroda bumi mendatar atau penghantar lingkaran harus ditanam sekurang-kurangnya 50 cm didalam tanah.

Pasal 31

Elektroda bumi dan elektroda kelompok harus dapat diukur tahanan pembumiannya secara tersendiri maupun kelompok dan pengukuran dilakukan pada musim kemarau.

Pasal 32

Jika keadaan alam sedemikian rupa sehingga tahanan pembumian tidak dapat tercapai secara teknis, dapat dilakukan cara sebagai berikut:

- a. masing-masing penghantar penurunan harus disambung dengan penghantar lingkaran yang ditanam lengkap dengan beberapa elektroda tegak atau mendatar sehingga jumlah tahanan pembumian bersama memenuhi syarat;

- b. membuat suatu bahan lain (bahan kimia dan sebagainya) yang ditanam bersama dengan elektroda sehingga tahanan pembumian memenuhi syarat.

Pasal 33

Elektroda bumi yang digunakan untuk pembumian instalasi listrik tidak boleh digunakan untuk pembumian instalasi penyalur petir.

Pasal 34

- (1) Elektroda bumi mendatar atau penghantar lingkaran dapat dibuat dari pita baja yang disepuh Zn dengan tebal sekurang-kurangnya 3 mm dan lebar sekurang-kurangnya 25 mm atau dari bahan yang sederajat;
- (2) Untuk daerah yang sifat korosinya lebih besar, elektroda bumi mendatar atau penghantar lingkaran harus dibuat dari:
 - a. Pita baja yang disepuh Zn dengan ukuran lebar sekurang-kurangnya 25 mm dan tebal sekurang-kurangnya 4 mm atau dari bahan yang sederajat;
 - b. Tembaga atau bahan yang sederajat, bahan yang disepuh dengan tembaga atau bahan yang sederajat, dengan luas penampang sekurang-kurangnya 50 mm² dan bila bahan itu berbentuk pita harus mempunyai tebal sekurang-kurangnya 2 mm;
 - c. Elektroda pelat yang terbuat dari tembaga atau bahan yang sederajat dengan luas satu sisi permukaan sekurang-kurangnya 0,5 m² dan tebal sekurang-kurangnya 1 mm. Jika berbentuk silinder maka luas dinding silinder tersebut harus sekurang-kurangnya 1 m².

BAB VI

MENARA

Pasal 35

- (1) Instalasi Penyalur Petir pada bangunan yang menyerupai menara seperti menara air, silo, mesjid, gereja, dan lain-lain harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:
 - a. Bahaya meloncatnya petir;
 - b. Hantaran listrik;
 - c. Penempatan penghantar;
 - d. Daya tahan terhadap gaya mekanik;
 - e. Sambungan antara massa logam dan suatu bangunan.
- (2) Instalasi penyalur petir dan menara tidak boleh dianggap dapat melindungi bangunan-bangunan yang berada disekitarnya.

Pasal 36

- (1) Jumlah dan penempatan dan penghantar penurunan pada bagian luar dan menara harus diselenggarakan menurut pasal 23 ayat (1);
- (2) Dalam menara dapat pula dipasang suatu penghantar penurunan untuk memudahkan penyambungan dari bagian-bagian logam menara itu.

Pasal 37

Menara yang seluruhnya terbuat dari logam dan dipasang pada pondasi yang tidak dapat menghantar, harus dibumikan sekurang-kurangnya pada dua tempat dan pada jarak yang sama diukur menyusuri keliling menara tersebut.

Pasal 38

Sambungan-sambungan pada instalasi penyalur petir untuk menara harus betul-betul diperhatikan terhadap sifat korosif dan elektrolisa dan harus secara dilas karena kesukaran pemeriksaan dan pemeliharannya.

**BAB VII
BANGUNAN YANG MEMPUNYAI ANTENA**

Pasal 39

- (1) Antena harus dihubungkan dengan instalasi penyalur petir dengan menggunakan penyalur tegangan lebih, kecuali jika antena tersebut berada dalam daerah yang dilindungi dan penempatan antena itu tidak akan menimbulkan loncatan bunga api;
- (2) Jika antena sudah dibumikan secara tersendiri, maka tidak perlu dipasang penyalur tegangan lebih;
- (3) Jika antena dipasang pada bangunan yang tidak mempunyai instalasi penyalur petir, antena harus dihubungkan kebumi melalui penyalur tegangan lebih.

Pasal 40

- (1) Pemasangan penghantar antara antena dan instalasi penyalur petir atau dengan bumi harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga bunga api yang timbul karena aliran besar tidak dapat menimbulkan kerusakan;
- (2) Besar penampang dan penghantar antara antena dengan penyalur tegangan lebih penghantar antara tegangan lebih dengan instalasi penyalur petir atau dengan elektroda bumi harus sekurang-kurangnya 2,5 mm²;
- (3) Pemasangan penghantar antara antena dengan instalasi penyalur petir atau dengan elektroda bumi harus dipasang selurus mungkin dan penghantar tersebut dianggap sebagai penghantar penurunan petir.

Pasal 41

- (1) Pada bangunan yang mempunyai instalasi penyalur petir, pemasangan penyalur tegangan lebih antara antena dengan instalasi penyalur petir harus pada tempat yang tertinggi;
- (2) Jika suatu antena dipasang pada tiang logam, tiang tersebut harus dihubungkan dengan instalasi penyalur petir;

Pasal 42

- (1) Pada bangunan yang tidak mempunyai instalasi penyalur petir, pemasangan penyalur tegangan lebih antara antena dengan elektroda bumi harus dipasang di luar bangunan;
- (2) Jika antena dipasang secara tersekat pada suatu tiang besi, tiang besi ini harus dihubungkan dengan bumi.

BAB VIII CEROBONG YANG LEBIH TINGGI DARI 10 M

Pasal 43

- (1) Pemasangan instalasi penyalur petir pada cerobong asap pabrik dan lain-lain yang mempunyai ketinggian lebih dari 10 meter harus diperhatikan keadaan seperti di bawah ini:
 - a. Timbulnya karat akibat adanya gas atau asap terutama untuk bagian atas dan instalasi
 - b. Banyaknya penghantar penurunan petir,
 - c. Kekuatan gaya mekanik.
- (2) Akibat kesukaran yang timbul pada pemeriksaan dan pemeliharaan, pelaksanaan Pemasangan dan instalasi penyalur petir pada cerobong asap pabrik dan lain-lainnya harus diperhitungkan juga terhadap korosi dan elektrolisa yang mungkin terjadi.

Pasal 44

instalasi penyalur petir yang terpasang dicerobong tidak boleh dianggap dapat melindungi bangunan yang berada disekitarnya.

Pasal 45

- (1) Penerima petir harus dipasang menjulang sekurang-kurangnya 50 cm di atas pinggir cerobong;
- (2) Alat penangkap bunga api dan cincin penutup pinggir bagian puncak cerobong dapat digunakan sebagai penerima petir;

- (3) Penerima harus disambung satu dengan lainnya dengan penghantar lingkaran yang dipasang pada pinggir atas dan cerobong atau sekeliling pinggir bagian luar, dengan jarak tidak lebih dari 50 cm di bawah puncak cerobong;
- (4) Jarak antara penerima satu dengan lainnya diukur sepanjang keliling cerobong paling besar 5 meter. Penerima itu harus dipasang dengan jarak sama satu dengan lainnya pada sekelilingnya;
- (5) Batang besi, pipa besi dan cincin besi yang digunakan sebagai penerima harus dilapisi dengan timah atau bahan yang sederajat untuk mencegah korosi.

Pasal 46

- (1) Pada tempat-tempat yang terkena bahaya termakan asap, uap atau gas sedapat mungkin dihindarkan adanya sambungan;
- (2) Sambungan-sambungan yang terpaksa dilakukan pada tempat-tempat ini, harus dilindungi secara baik terhadap bahaya korosi;
- (3) Sambungan antara penerima yang dipasang secara khusus dan penghantar penurunan harus dilakukan sekurang-kurangnya 2 meter di bawah puncak dari cerobong.

Pasal 47

- (1) Instalasi penyalur petir dan cerobong sekurang-kurangnya harus mempunyai 2 (dua) penghantar penurunan petir yang dipasang dengan jarak yang sama satu dengan yang lain;
- (2) Tiap-tiap penghantar penurunan harus disambungkan langsung dengan penerima.

Pasal 48

- (1) Cerobong dan logam yang berdiri tersendiri dan ditempatkan pada suatu pondasi yang tidak dapat menghantar harus dihubungkan dengan tanah;
- (2) Sabuk penguat dari cerobong yang terbuat dari logam harus disambung secara kuat dengan penghantar penurunan.

Pasal 49

- (1) Kawat penopang atau penarik untuk cerobong harus ditanahkan ditempat pengikat pada alat penahan di tanah dengan menggunakan elektroda bumi sepanjang 2 meter;
- (2) Kawat penopang atau penarik yang dipasang pada bangunan yang dilindungi harus disambungkan dengan instalasi penyalur petir bangunan itu.

BAB IX PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN

Pasal 50

- (1) Setiap instalasi penyalur petir dan bagian harus dipelihara agar selalu bekerja dengan tepat, aman dan memenuhi syarat;
- (2) Instalasi penyalur petir harus diperiksa dan diuji:
 - a. Sebelum penyerahan instalasi penyalur petir dan instalatir kepada pemakai;
 - b. Setelah ada perubahan atau perbaikan suatu bangunan dan atau instalasi penyalur petir;
 - c. Secara berkala setiap dua tahun sekali;
 - d. Setelah ada kerusakan akibat sambaran petir;

Pasal 51

- (1) Pemeriksaan dan pengujian instalasi penyalur petir dilakukan oleh pegawai pengawas, ahli keselamatan kerja dan atau jasa inspeksi yang ditunjuk;
- (2) Pengurus atau pemilik instalasi penyalur petir berkewajiban membantu pelaksanaan pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan oleh pegawai pengawas, ahli keselamatan kerja dan atau jasa inspeksi yang ditunjuk termasuk penyediaan alat-alat bantu

Pasal 52

Dalam pemeriksaan berkala harus diperhatikan tentang hal-hal sebagai berikut:

- a. elektroda bumi, terutama pada jenis tanah yang dapat menimbulkan karat;
- b. kerusakan-kerusakan dan karat dan penerima, penghantar dan sebagainya;
- c. sambungan-sambungan;
- d. tahanan pembumian dan masing-masing elektroda maupun elektroda kelompok.

Pasal 53

- (1) Setiap diadakan pemeriksaan dan pengukuran tahanan pembumian harus dicatat dalam buku khusus tentang hari dan tanggal hasil pemeriksaan;
- (2) Kerusakan-kerusakan yang didapati harus segera diperbaiki.

Pasal 54

- (1) Tahanan pembumian dan seluruh sistem pembumian tidak boleh lebih dan 5 ohm;
- (2) Pengukuran tahanan pembumian dan elektroda bumi harus dilakukan sedemikian rupa sehingga kesalahan-kesalahan yang timbul disebabkan kesalahan polarisasi bias dihindarkan;

- (3) Pemeriksaan pada bagian-bagian dan instalasi yang tidak dapat dilihat atau diperiksa, dapat dilakukan dengan menggunakan pengukuran secara listrik.

BAB X PENGESAHAN

Pasal 55

- (1) Setiap perencanaan instalasi penyalur petir harus dilengkapi dengan gambar rencana instalasi;
- (2) Gambar rencana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus menunjukkan : gambar bagan tampak atas dan tampak samping yang mencakup gambar detail dan bagian-bagian instalasi beserta keterangan terinci termasuk jenis air terminal, jenis dari atap bangunan, bagian-bagian lain peralatan yang ada di atas atap dan bagian bagian logam pada atau di atas atap.

Pasal 56

- (1) Gambar rencana instalasi sebagaimana dimaksud pada pasal 55 harus mendapat pengesahan dari Menteri atau pejabat yang ditunjuknya;
- (2) Tata cara untuk mendapat pengesahan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diatur lebih lanjut dengan Keputusan Menteri.

Pasal 57

- (1) Setiap instalasi penyalur petir harus mendapat sertifikat dan Menteri atau pejabat yang ditunjuknya;
- (2) Setiap penerima khusus seperti elektrostatic dan lainnya harus mendapat sertifikat dan Menteri atau pejabat yang ditunjuknya;
- (3) Tata cara untuk mendapat sertifikat sebagaimana dimaksud ayat (1) dan ayat (2) diatur lebih lanjut dengan Keputusan Menteri.

Pasal 58

Dalam hal terdapat perubahan instalasi penyalur petir, maka pengurus atau pemilik harus mengajukan permohonan perubahan instalasi kepada Menteri cq. Kepala Kantor Wilayah yang ditunjuknya dengan melampiri gambar rencana perubahan.

Pasal 59

Pengurus atau pemilik wajib mentaati dan melaksanakan semua ketentuan dalam Peraturan Menteri ini.

**BAB XI
KETENTUAN PIDANA**

Pasal 60

Pengurus atau pemilik yang melanggar ketentuan pasal 2, pasal 6 ayat (1), pasal 55 ayat (1), pasal 56 ayat (1), pasal 57 ayat (1) dan (2), pasal 58 dan pasal 59 diancam dengan hukuman kurungan selama-lamanya 3 (tiga) bulan atau denda setinggi-tingginya Rp.100.000,- (seratus ribu rupiah) sebagaimana dimaksud pasal 15 ayat (2) dan (3) Undang-undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.

**BAB XII
ATURAN PERALIHAN**

Pasal 61

Instalasi penyalur petir yang sudah digunakan sebelum Peraturan Menteri ini ditetapkan, Pengurus atau Pemilik wajib menyesuaikan dengan Peraturan ini dalam waktu 1 (satu) tahun sejak berlakunya Peraturan Menteri ini.

**BAB XIII
KETENTUAN PENUTUP**

Pasal 62

Peraturan Menteri ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta
Pada tanggal 21 Februari 1989
MENTERI TENAGA KERJA
REPUBLIK INDONESIA

ttd.

DRS. COSMAS BATUBARA



LAMPIRAN 2

SNI

SNI 04-0225-2000

Standar Nasional Indonesia



Bagian 3 Proteksi untuk keselamatan

3.1 Pendahuluan

3.1.1 Proteksi untuk keselamatan menentukan persyaratan terpenting untuk melindungi manusia, ternak dan harta benda.

Proteksi untuk keselamatan selengkapnya meliputi:

- a) Proteksi dari kejut listrik (lihat 3.2).
- b) Proteksi dari efek termal (lihat 3.23).
- c) Proteksi dari arus lebih (lihat 3.24).
- d) Proteksi dari tegangan lebih, khususnya akibat petir (lihat 3.25).
- e) Proteksi dari tegangan kurang.
- f) Pemisahan dan penyakelaran.

CATATAN Proteksi dari tegangan kurang serta pemisahan dan penyakelaran belum dijelaskan dalam PUIL ini, tetapi akan diterbitkan dalam suplemen PUIL, dalam amandemen PUIL atau akan dimasukkan dalam revisi PUIL yang akan datang. Proteksi dari tegangan lebih yang dijelaskan adalah hanya yang diakibatkan karena petir, sedangkan yang disebabkan karena penyakelaran dan karena gangguan antara sistem tegangan tinggi dan bumi belum dijelaskan.

3.1.2 Tindakan proteksi dapat diterapkan pada seluruh instalasi, pada sebagian instalasi atau pada suatu perlengkapan.

Jika kondisi tertentu dari suatu tindakan proteksi tidak memuaskan, maka harus diambil tindakan tambahan, sehingga dengan gabungan tindakan proteksi tersebut dapat dijamin tingkat keselamatan yang sama, guna memenuhi sepenuhnya kondisi itu.

CATATAN Contoh penerapan aturan ini diberikan dalam 3.3.2.

3.1.3 Urutan di mana tindakan proteksi ditentukan tidak menimbulkan sesuatu yang relatif penting.

3.2 Proteksi dari kejut listrik

3.2.1 Ruang lingkup

Proteksi dari kejut listrik harus diberikan dengan penerapan tindakan yang sesuai, yang berupa:

- a) Proteksi dari sentuh langsung atau proteksi dalam pelayanan normal, maupun proteksi dari sentuh tak langsung atau proteksi dalam kondisi gangguan (lihat 3.3).
- b) Proteksi dari sentuh langsung atau proteksi dalam pelayanan normal (lihat 3.4).
- c) Proteksi dari sentuh tak langsung atau proteksi dalam kondisi gangguan (lihat 3.5).

3.13.2.8 Persyaratan penghantar PEN

3.13.2.8.1 Untuk kabel dalam instalasi magun (terpasang tetap) yang mempunyai luas penampang tidak kurang dari 10 mm² tembaga atau 16 mm² aluminium, suatu penghantar tunggal dapat melayani baik sebagai penghantar proteksi (PE) maupun sebagai penghantar netral (N), disebut penghantar PEN, asalkan bagian instalasi yang bersangkutan tidak diproteksi oleh gawai beroperasi arus sisa.

Meskipun demikian luas penampang minimum penghantar PEN dapat 4 mm², asalkan kabel tersebut berjenis konsentris yang memenuhi standar IEC dan hubungan kontinuitas duplikat ada pada semua sambungan dan terminasi sepanjang penghantar konsentris.

3.13.2.8.2 Penghantar PEN harus diisolasi dari tegangan tertinggi yang dapat mengenyainya untuk menghindari arus sasar.

CATATAN Penghantar PEN tidak perlu diisolasi di dalam PHB.

3.13.2.8.3 Jika dari setiap titik instalasi fungsi netral dan fungsi proteksi diberikan oleh penghantar yang terpisah, tidak dibenarkan untuk menghubungkan kedua penghantar tersebut satu sama lain dari titik tersebut. Pada titik pemisahan harus disediakan rel/ terminal terpisah untuk penghantar PE dan penghantar N. Penghantar PEN harus dihubungkan ke rel/terminal yang dimaksudkan untuk penghantar PE.

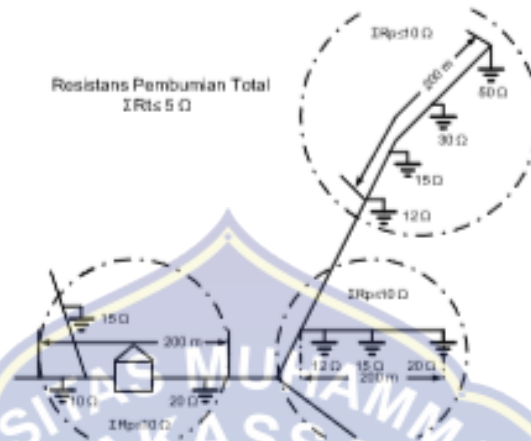
3.13.2.9 Luas penampang penghantar fase dan penghantar netral dapat dilihat pada 3.16.

3.13.2.10 Pada jaringan saluran udara, selain di sumber dan di konsumen, penghantar PEN nya harus dibumikan paling sedikit di setiap ujung cabang yang panjangnya lebih dari 200 m. Demikian pula untuk instalasi pasangan luar, penghantar PEN nya harus dibumikan. Resistans pembumian total seluruh sistem tidak boleh lebih dari 5 Ω. Untuk daerah yang resistans jenis tanahnya sangat tinggi, resistans pembumian total seluruh sistem boleh mencapai 10 Ω.

a) Bagian penghantar bumi jaringan distribusi yang terletak di atas tanah, penampangnya tidak boleh kurang dari 16 mm² tembaga atau 100 mm² pita baja yang digalvanisasi dengan tebal minimum 3 mm. Bagian penghantar bumi jaringan distribusi yang tertanam di dalam tanah, jika penghantarnya berisolasi, luas penampang sekurang-kurangnya harus sama dengan luas penampang penghantar bumi yang terletak di atas tanah. Jika penghantarnya telanjang, maka persyaratannya sama dengan persyaratan elektoda bumi yang ditetapkan dalam 3.13.

b) Resistans pembumian dari satu atau beberapa elektrode bumi di sekitar sumber listrik atau transformator dan di bagian jaringan pada 200 meter terakhir dari setiap cabang, tidak boleh lebih besar dari 10 Ω (lihat Gambar 3.13-1). Untuk daerah dengan resistans jenis tanah sangat tinggi, resistans pembumian tersebut boleh sampai 20 Ω.

3.13.2.11 Jika di sekitar jaringan distribusi terdapat sesuatu yang pembumiannya baik, misalnya jaringan pipa air minum dari logam yang masih digunakan, maka selama tidak bertentangan dengan ketentuan/peraturan Perusahaan Air Minum, penghantar PEN-nya harus dihubungkan pada pipa utamanya atau pada pipa masuk ke rumah.



Gambar 3.13-1 Pembumian di sekitar sumber dan di setiap ujung cabang jaringan

3.13.2.12 Dalam jaringan distribusi dan instalasi yang menggunakan sistem TN-C, pembumi yang tidak dihubungkan dengan penghantar PEN dilarang.

Yang dapat dikecualikan dari larangan ini adalah :

Bagian konduktif di sisi tegangan rendah suatu instalasi transformator yang pembuminya dihubungkan dengan pembumian sisi tegangan tingginya, sedang pembumian netral sistem tegangan rendahnya terpisah (lihat Gambar 3.13-2).

3.13.2.13 Dalam jaringan saluran udara, penghantar PEN sebaiknya dipasang di bawah penghantar fasenya.



Gambar 3.13-2

3.13.2.14 Dalam instalasi konsumen penghantar PEN nya harus diisolasi dan diperlakukan sama dengan penghantar fasenya.

Jika dipakai pipa instalasi, maka penghantar PEN dan penghantar fasenya harus terletak dalam pipa yang sama. Jika dipakai kabel berinti banyak, maka penghantar PEN dan penghantar fasenya harus terletak dalam selubung yang sama. Sebagai pengecualian lihat 3.13.2.20 dan 3.13.2.21.

Pemasangan perluasan penghantar PEN dan penghantar proteksi dalam instalasi permanen yang sudah ada, tidak perlu dalam selubung yang sama, asalkan isolasinya tetap sama baik, diperlakukan sama, dan diberi tanda pengenal.

Dilarang mempersatukan penghantar PEN beberapa sirkit listrik, kecuali pada rel PHB jika penampang rel PEN dipilih sesuai dengan jumlah luas penampang fase tiap-tiap sirkit menurut 3.13.2.2.

3.13.2.15 Warna tanda pengenal untuk penghantar proteksi, penghantar PEN dan penghantar netral diatur dalam 7.2.

3.13.2.16 Dalam sistem TN-C-S, untuk penghantar proteksi PE berlakulah persyaratan sebagai berikut :

- a) KHA penghantar proteksi PE harus sama dengan KHA penghantar fase jika penampang penghantar fase tersebut sama atau kurang dari 16 mm^2 tembaga. Dalam hal lainnya maka penampang penghantar PE tidak boleh kurang dari 16 mm^2 tembaga.
- b) Sebagai penghantar proteksi dapat digunakan lapisan penghantar netral kabel konsentris atau lapisan logam pelindung kabel, asal luas penampangnya cukup, atau dapat pula digunakan bagian konstruksi seperti tersebut dalam 3.6.2.2.4).
- c) Penghantar proteksi dianjurkan dipasang terpisah dari penghantar fase; dalam hal ini penghantar proteksi seperti halnya penghantar fase harus dilindungi terhadap kerusakan mekanis dan sejauh mungkin diletakkan sejalan dengan penghantar fasenya.
- d) Penghantar proteksi keluar harus mempunyai rel atau terminal tersendiri, yaitu rel atau terminal PE. Penghantar PEN masuk harus dihubungkan ke rel atau terminal PE (lihat Gambar 3.13-3). Rel/terminal PE dibumikan. Di sebelah hilir rel/terminal PE, penghantar PE dan penghantar netral N harus terpisah.
- e) Setelah penghantar PEN masuk dipercabangkan/dipisahkan menjadi penghantar netral dan penghantar proteksi PE, kedua penghantar ini tidak boleh dihubungkan lagi satu dengan lainnya. Dengan demikian penghantar netral tidak boleh dibumikan lagi.

3.13.2.17 Dalam sistem TN-C, GPAL tidak boleh memutus penghantar PEN. Dalam sistem TN-S, jika penghantar N tidak dapat dijamin selalu berada pada potensial bumi sepanjang umur instalasi, maka GPAL boleh memutus penghantar N sekurang-kurangnya di titik masuk PHB.

CATATAN Dalam sistem TT atau IT maka GPAL harus memutus penghantar N.

3.13.2.18 Penghantar PEN tidak boleh diputuskan atau dihubungkan dengan sakelar secara tersendiri. Bila penghantar PEN itu dapat dihubungkan atau diputuskan bersama-sama dengan penghantar fasenya, maka pada saat dihubungkan, penghantar PEN nya harus terhubung lebih dahulu dan pada saat diputuskan penghantar PEN harus terputus paling akhir. Bila digunakan sakelar yang dapat membuka dan menutup dengan cepat (dengan sentakan), maka penghantar PEN dan fase boleh dihubungkan dan diputuskan serentak.

CATATAN Hal ini berlaku hanya pada saat instalasi diganti atau diperbarui.



LAMPIRAN 3

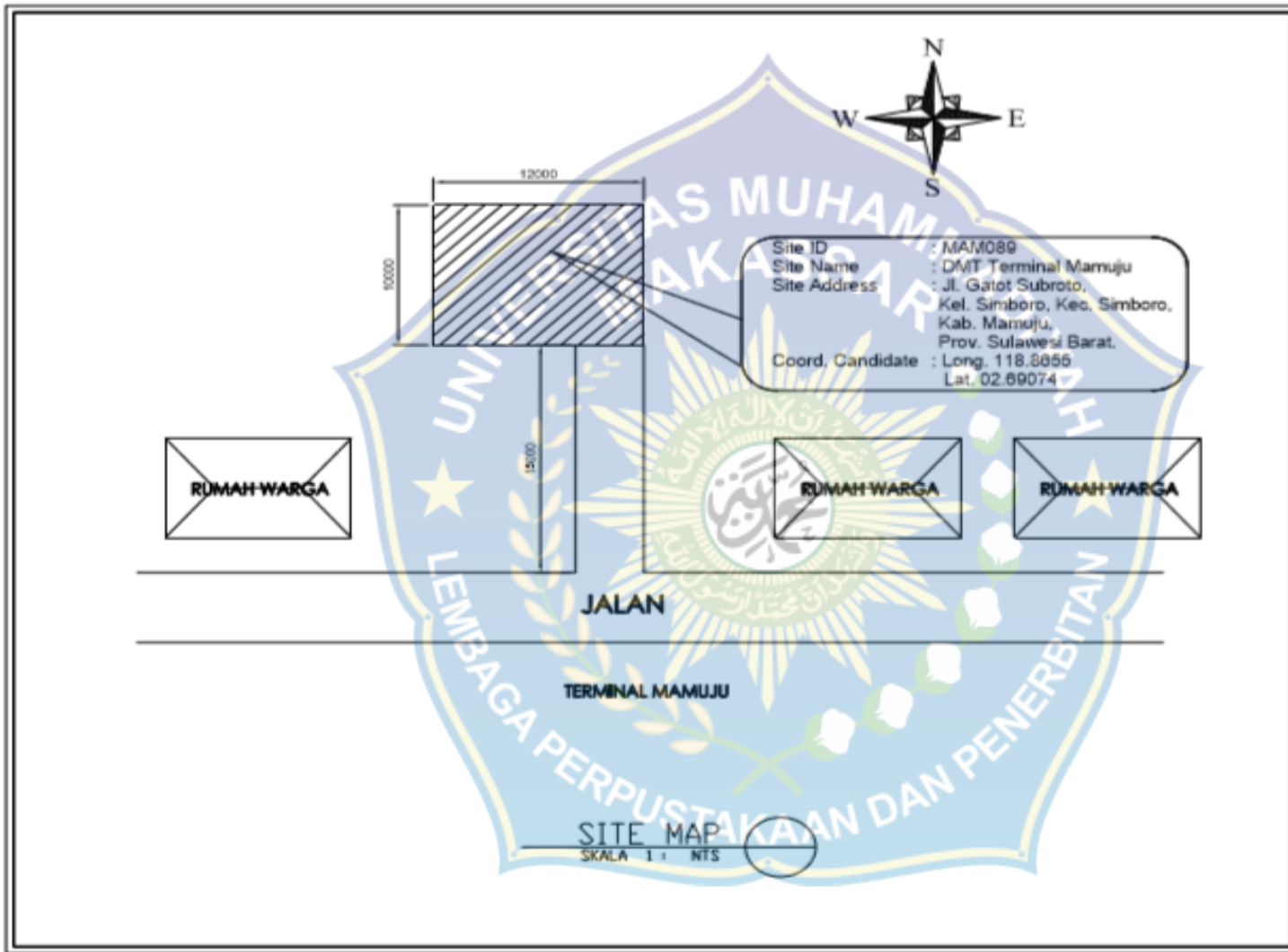
PEMBANGUNAN BTS



PT. DAYA MITRA TELEKOMUNIKASI

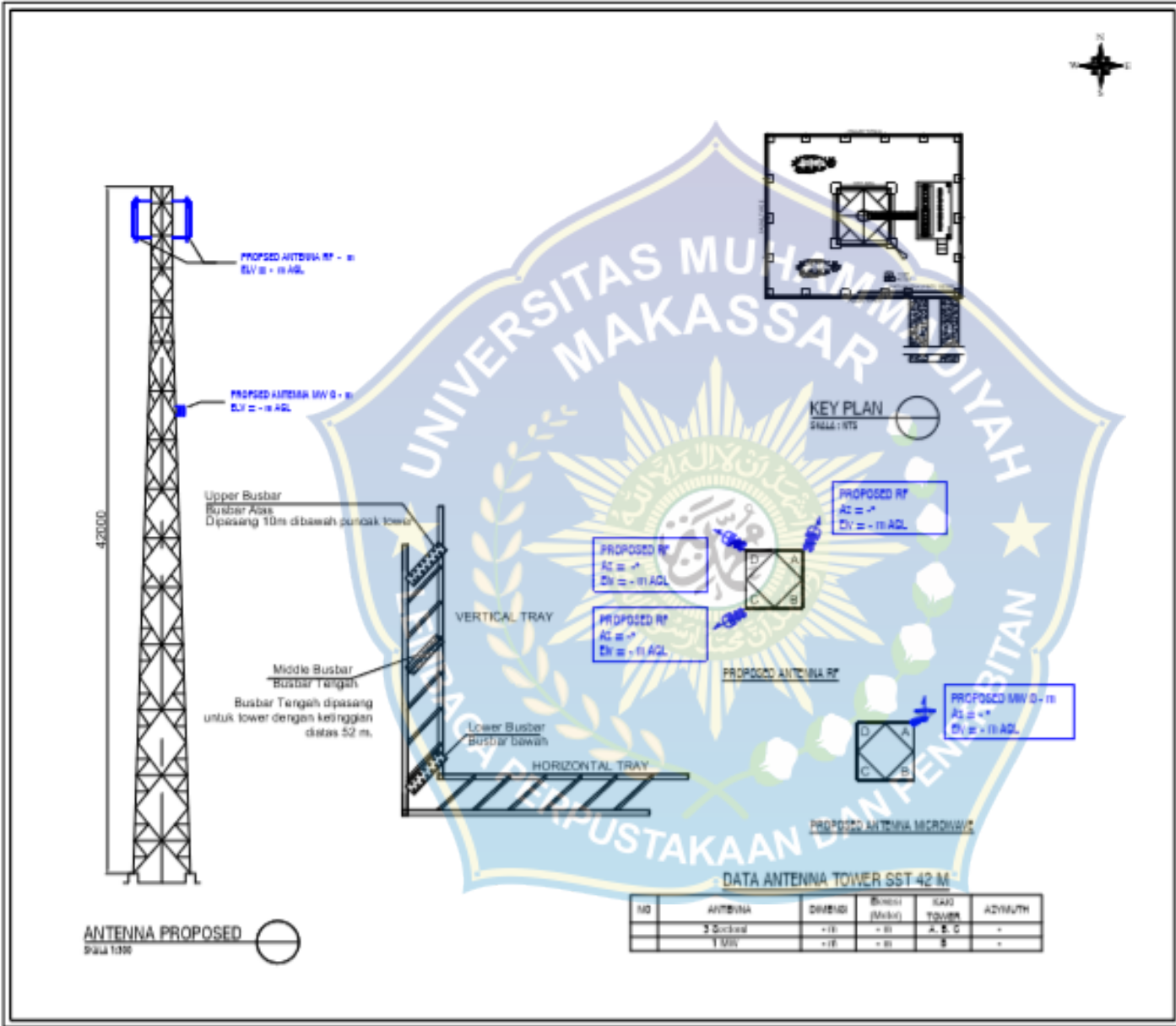



GF SST 42 M NEW LIGHT
TERMINAL MAMUJU
(MAM089)

PT. DAYA MITRA TELEKOMUNIKASI
TAHUN 2015



 PT. SAKA UTARA TELEKOMKASASI <small>DATA TELEKOMKASASI</small>		
REVISI		
PT. SAKA UTARA TELEKOMKASASI		
PROJECI		
PEMBANGUNAN BTS		
KONTRAKTOR		
PT. AMALA		
DIBERIKAN	DIPERIKAL	DISETUI
 <small>.....</small>		
JUDUL GAMBAR		
DIREKSI U TERMINAL MAMUJU		
TAMIL GAMBAR		
SITE MAP		
SKALA	REVISI	
1	1	REVISI
2	2	REVISI
3	3	REVISI
NO. REVISI		A3
C182-40-01		





PT. DAKSINTRA
TELKOMINDONESIA
 DATA/TEKNIK/REKAM

REVISI
 NO. REVISI :
 REVISI :

PROJEC
PEMBANGUNAN BTS
 KONTAKOR :

PT. AMALA

DESAIN NAMA DESAINER :  NIP :	SPESIALIS NAMA SPESIALIS :	DIGITISASI NAMA DIGITISASI :
---	--------------------------------------	--

DISTRIBUSI
TEKNIK/REKAM

TITIK GUNUNG
PROPOSED ANTENNA PLACEMENT

SCALE NO. : 1 : 2 : 3 :	REVISI NO. REVISI : REVISI :
--	---

NO. REKAM :
CUE-40-02

A3

LAMPIRAN 4





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Nomor : 519/05 A.5-VI/IV.40/2019

Makassar, 19 Sya'ban 1440 H

Lamp. : -

24 April 2019 M

Hal : Penelitian dalam Penyelesaian Tugas Akhir

Kepada yang Terhormat,

HRD PT. Daya Telekomunikasi (MITRATEL)

Di -

Tempat

Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan Rahmat Allah SWT, Sehubungan dengan rencana penelitian tugas akhir, mahasiswa Universitas Muhammadiyah Makassar tersebut di bawah ini :

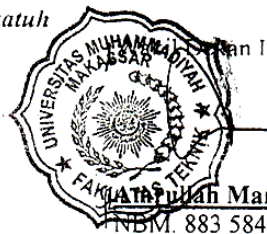
Nama : Nurwina Ariana (105 82 1549 15)
Elfira Riani (105 82 1691 15)
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Analisis Sistem Proteksi Petir pada BTS di PT. Daya Telekomunikasi (MITRATEL)

Untuk Keperluan diatas, kiranya dapat diberikan izin untuk melakukan Penelitian selama 1 Bulan (3 Mei 2019 s/d 3 Juni 2019) guna keperluan penelitian. Data Penelitian tersebut diperlukan dalam rangka penyelesaian Tugas Akhir pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.

Demikian permohonan kami atas perhatian dan kerjasama Bapak di haturkan banyak terima kasih.

Jazakumullah Khaeran Katsiran

Wassalamu 'Alaikum warahmatullah Wabarakatuh



Mansida, S.T, M.T.
NBM. 883 584

Tembusan: Kepada Yang Terhormat,

1. Rektor Unismuh Makassar
2. Ketua Jurusan elektro
3. Arsip : C:/Dokumen/tata usaha/mahasiswa/beneantar



LAMPIRAN 5



To :

Jal : Surat Jawaban

Lamp :

Kepada Yth.

Ketua Dekan Fak. Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Di Tempat

Dengan Hormat,

Menindak lanjuti surat dari saudara dengan nomor 519/05/A.5-VI/IV/40/19 tanggal 30 April 2019, maka dengan ini kami sampaikan persetujuan mahasiswa berikut:

Nama : Nurwina Ariana (10582154915)

Elfira Riani (10582169115)

Jurusan : Teknik Elektro

Judul Tugas Akhir : Analisis Sistem Proteksi Petir pada BTS di PT. Dayamitra Telekomunikasi (MITRATEL)

Untuk melaksanakan penelitian untuk menyelesaikan Tugas Akhir selama 1 Bulan.

Demikian surat jawaban ini kami buat. Atas kerjasama yang baik, kami ucapkan terima kasih.

Makassar, 30 April 2019

Hormat kami



Sahrul
Officer Secretary Performance