

**ANALISIS SISTEM PENTANAHAN UNTUK MELINDUNGI  
PERALATAN ELEKTRONIK AKIBAT SAMBARAN PETIR  
DI STASIUN KLIMATOLOGI SUMATERA UTARA**

**TESIS**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Magister Teknik (M.T)  
Dalam Bidang Ilmu Teknik Elektro

Oleh :

**MUHAMAD SOLEH**

**NPM : 2220080003**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## PENGESAHAN

### ANALISIS SISTEM PENTANAHAN UNTUK MELINDUNGI PERALATAN ELEKTRONIK AKIBAT SAMBARAN PETIR DI STASIUN KLIMATOLOGI SUMATERA UTARA

“Tesis ini telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji yang dibentuk oleh  
Magister Teknik Elektro PPs. UMSU dan dinyatakan Lulus Dalam Ujian,

Pada Hari, Tanggal : Sabtu, 21 September 2024

#### Panitia Penguji

1. Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, M.T  
Penguji 1

1.....  


2. Assoc. Prof. Dr. Muhammad Fitra  
Zambak, ST., M.Sc  
Penguji 2

2.....  


3. Dr. Josef Hadipramana, M.Sc  
Penguji 3

3.....  


## PENGESAHAN TESIS

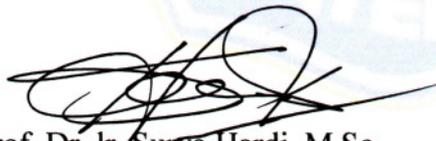
**Nama** : **Muhamad Soleh**  
**Nomor Pokok Mahasiswa** : **2220080003**  
**Prodi/Konsentrasi** : **Magister Teknik Elektro / Manajemen Energi Listrik**  
**Judul Tesis** : **Analisis Sistem Pentanahan Untuk Melindungi Peralatan Elektronik Akibat Sambaran Petir Di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara**

Pengesahan Tesis

Medan, 21 September 2024

Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc

Pembimbing II



Dr. Rohana, S.T., M.T

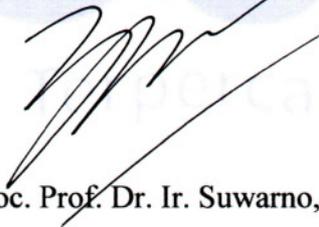
Diketahui,

Direktur



Prof. Dr. Triono Eddy, S.H., M. Hum

Ketua Program Studi



Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, M.T

## PERNYATAAN KEASLIAN

### ANALISIS SISTEM PENTANAHAN UNTUK MELINDUNGI PERALATAN ELEKTRONIK AKIBAT SAMBARAN PETIR DI STASIUN KLIMATOLOGI SUMATERA UTARA

Dengan ini penulis menyatakan bahwa:

1. Tesis ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Magister Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara benar merupakan hasil karya peneliti sendiri.
2. Tesis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara maupun di perguruan tinggi lain.
3. Tesis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Komisi Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
4. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari ternyata ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya penulis sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, penulis bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang penulis sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Medan, 21 September 2024

Penulis,



Muhamad Soleh  
NPM: 2220080003

# **ANALISIS SISTEM PENTANAHAN UNTUK MELINDUNGI PERALATAN ELEKTRONIK AKIBAT SAMBARAN PETIR DI STASIUN KLIMATOLOGI SUMATERA UTARA**

**Muhamad Soleh  
NPM : 2220080003**

## **ABSTRAK**

Stasiun Klimatologi Sumatera Utara merupakan salah satu Instansi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika yang melaksanakan tugas pemerintahan di bidang Klimatologi dan Kualitas Udara sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku. Pentanahan (*grounding*) adalah sistem proteksi yang sangat penting dalam instalasi listrik, karena berfungsi mengalirkan arus berlebih ke dalam tanah, sehingga dapat mengamankan manusia dan peralatan sistem tenaga listrik. Stasiun Klimatologi Sumatera Utara sudah terinstalasi Sistem Proteksi Petir Terpadu, namun masih terjadi kerusakan pada peralatan elektronik yang diidentifikasi diakibatkan oleh sambaran petir, seperti *Automatic Weather Station*, *Switch Hub Particulat Matter 2,5* yang berada di taman alat serta beberapa peralatan elektronik seperti komputer yang berada di gedung observasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pentanahan yang diterapkan serta meminimalisir kerusakan peralatan elektronik yang diakibatkan oleh sambaran petir yang ada di gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode pengukuran tiga titik. Sistem Proteksi Petir yang ada di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara terdiri dari 7 buah elektroda batang terinstalasi secara paralel. Berdasarkan nilai pengukuran pentanahan pada masing-masing blok kontrol dengan nilai rata-rata 0,420 ohm dan hasil perhitungan sebesar 0,439 ohm, nilai tahanan pentanahan berada dibawah 2 ohm sesuai dengan SNI PUIL 2011 mengenai nilai tahanan pada peralatan elektronik. Kerusakan peralatan elektronik pada tegangan rendah di gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara diakibatkan karena masih kurangnya Arrester dan pentanahan internal yang terpasang pada masing-masing peralatan elektronik. Penelitian ini merekomendasikan untuk pemasangan arrester dan pentanahan internal untuk masing-masing peralatan elektronik. Manfaat dari penelitian ini dapat mengetahui analisis dan solusi sistem pentanahan sebagai proteksi keamanan peralatan operasional.

Kata kunci: Stasiun cuaca otomatis, Pentanahan, Sambaran petir, Perangkat perlindungan petir.

**ANALYSIS OF GROUNDING SYSTEM TO PROTECT  
ELECTRONIC EQUIPMENT FROM LIGHTNING STRIKES  
AT THE NORTH SUMATERA CLIMATOLOGY STATION**

**Muhamad Soleh  
NPM : 2220080003**

**ABSTRACT**

*The North Sumatra Climatology Station is one of the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency agencies that carries out government duties in the field of Climatology and Air Quality in accordance with applicable laws and regulations. Grounding is a very important protection system in electrical installations, because it functions to channel excess current into the ground, so that it can protect humans and electrical power system equipment. The North Sumatra Climatology Station has installed an Integrated Lightning Protection System, but there is still damage to electronic equipment identified as being caused by lightning strikes, such as the Automatic Weather Station, Switch Hub Particulate Matter 2.5 located in the tool park and several electronic equipment such as computers located in the observation building. This study aims to evaluate the grounding system implemented and minimize damage to electronic equipment caused by lightning strikes in the observation building and tool park of the North Sumatra Climatology Station. The method applied in this study is to use the three-point measurement method. The Lightning Protection System at the North Sumatra Climatology Station consists of 7 rod electrodes installed in parallel. Based on the grounding measurement value on each control block with an average value of 0.420 ohms and a calculation result of 0.439 ohms, the grounding resistance value is below 2 ohms according to SNI PUIL 2011 concerning the resistance value on electronic equipment. Damage to electronic equipment at low voltage in the observation building and tool park of the North Sumatra Climatology Station is caused by the lack of Arresters and internal grounding installed on each electronic equipment. This study recommends the installation of arresters and internal grounding for each electronic equipment. The benefits of this study can determine the analysis and solution of the grounding system as a protection for the safety of operational equipment.*

*Keywords: Automatic Weather Station, Grounding, Lightning strike, Surge Protection Device*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum wr.wb.*

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas Rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan Insya Allah berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tesis untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kemagisteran pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tesis ini adalah "*Analisis Sistem Pentanahan Untuk Melindungi Peralatan Elektronik Akibat Sambaran Petir di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara*".

Selesainya penulisan Tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Istri tercinta Dwi Pebriyanti, SE, orang tua tersayang Ibu Siti Maryunah dan Mamak Arsi Widana, Mas Joko Budianto beserta keluarga yang selalu memberikan do'a dan support dengan ketulusan hati sampai terselesaikan penulisan Tesis ini.
2. Prof. Dr. Triono Eddy, S.H., M.Hum. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro sekaligus sebagai Dosen Penguji I.
4. Ibu Dr. Rohana, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Magister Teknik Elektro sekaligus sebagai Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan Tesis ini.
6. Bapak Assoc. Prof. Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II.
7. Bapak Dr. Josef Hadipramana, M.Sc. selaku Dosen Penguji III.
8. Bapak dan Ibu Dosen di Program Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Karyawan Biro Program Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teman-teman sejawat dan seperjuangan Program Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Angkatan 2022 yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya pengetahuan bagi para pembaca sekalian khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum wr.wb*

Medan, 21 September 2024

Penulis

Muhamad Soleh  
NPM: 2220080003

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
PENGESAHAN .....	ii
PENGESAHAN TESIS .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	3
1.3. Pembatasan Masalah .....	3
1.4. Rumusan Masalah .....	4
1.5. Tujuan Penelitian.....	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Landasan Teori .....	6
2.1.1. Fenomena Petir.....	7
2.1.2. Jenis Proteksi Petir .....	8
2.1.3. Parameter Petir .....	8
2.1.4. Ancaman Sambaran Petir.....	12
2.1.5. Sistem Pentanahan .....	17
2.1.6. Elektroda Pentanahan.....	20
2.1.7. Earth Tester.....	25
2.1.8. Metode Tiga Titik ( <i>Three Point Method</i> ).....	25
2.1.9. Rambat Gelombang Berjalan .....	26
2.1.10. <i>Lightning Arrester</i> .....	29
2.2. Kajian Pustaka Relevan.....	33

2.3. Kerangka Berpikir .....	36
2.4. Hipotesis.....	37
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>39</b>
3.1. Pendekatan Penelitian .....	39
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	41
3.3. Populasi dan Sampel .....	42
3.4. Definisi Operasional Variabel .....	42
3.5. Teknik Pengumpulan Data .....	44
3.6. Teknik Analisis Data .....	45
3.7. Diagram Alir Penelitian.....	46
<b>BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
4.1. Hasil Penelitian .....	49
4.1.1. Deskripsi Data .....	52
4.1.2. Hasil Uji Persyaratan Analisis.....	54
4.1.3. Hasil Uji Hipotesis .....	55
4.2. Pembahasan.....	56
4.2.1. Kondisi saat ini.....	57
4.2.2. Pengukuran Tahanan .....	70
4.2.3. Perhitungan Tahanan.....	71
4.2.4. Kondisi yang diharapkan.....	72
<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>	<b>74</b>
5.1. Kesimpulan.....	74
5.2. Saran.....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>76</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Parameter arus puncak petir yang diukur oleh Prof. Berger di Mnt. San Salvatore, Swiss untuk petir subtropis (hitam) dan diukur oleh Prof. Zoro di Mnt. TangkubanPerahu, Indonesia (merah biru) .....	9
Gambar 2.2. Kecuraman ( $di/dt$ ) dari petir saat ini diukur oleh Berger (hitam) dan Zoro (merah) .....	9
Gambar 2.3. Tipe petir awan ke tanah/ <i>Cloud to Ground</i> (CG) .....	13
Gambar 2.4 Tipe petir dalam awan/ <i>Inter Cloud</i> (IC) .....	13
Gambar 2.5. Tipe petir awan ke awan/ <i>Cloud to Cloud</i> (CC) .....	14
Gambar 2.6. Tipe petir awan ke udara/ <i>Cloud to Air</i> (CA) .....	14
Gambar 2.7. Lightning detector .....	15
Gambar 2.8. Peta jumlah petir CG Provinsi Sumatera Utara .....	16
Gambar 2.9. Elektroda pita [23] .....	22
Gambar 2.10. Elektroda pelat [23] .....	23
Gambar 2.11. Elektroda batang [23] .....	24
Gambar 2.12. Cara memasang elektroda bantu .....	26
Gambar 2.13. Spesifikasi gelombang berjalan .....	27
Gambar 2.14. Tegangan sentuh dan rangkaian ekivalennya .....	29
Gambar 2.15. Surge protection device tipe 1 .....	31
Gambar 2.16. Surge protection device tipe 2 .....	32
Gambar 2.17. Surge protection device untuk data .....	33
Gambar 2.18. Surge protection device tipe 3 .....	33
Gambar 2.19. Kerangka berpikir .....	37
Gambar 3.1 Lokasi penelitian .....	41
Gambar 3.2 Rangkaian pengukuran tahanan pentanahan menggunakan <i>earth tester</i> .....	45
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> tahapan penelitian .....	47
Gambar 4.1. Sketsa penempatan blok kontrol pentanahan .....	57
Gambar 4.2. <i>Arrester</i> pada panel <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS) .....	58
Gambar 4.3. LAN <i>arrester</i> Particulat Matter 2,5 .....	59

Gambar 4.4. Pentanahan pada Particulat Matter 2,5 .....	59
Gambar 4.5. Particulat Matter 2,5 .....	59
Gambar 4.6. <i>Accelerograph</i> .....	60
Gambar 4.7. <i>Arrester Accelerograph</i> .....	60
Gambar 4.8. LAN <i>Arrester Accelerograph</i> .....	61
Gambar 4.9. Display AWS.....	61
Gambar 4.10. <i>Arrester display AWS</i> .....	62
Gambar 4.11. Komputer <i>display ASRS</i> .....	62
Gambar 4.12. <i>Arrester komputer display ASRS</i> .....	63
Gambar 4.13. <i>Datalogger AWS</i> .....	63
Gambar 4.14. <i>Automatic Weather Station</i> .....	64
Gambar 4.15. Automatic Solar Radiation Station.....	64
Gambar 4.16. <i>Datalogger Automatic Solar Radiation Station</i> .....	65
Gambar 4.17. <i>Datalogger Iklim Mikro Otomatis</i> .....	65
Gambar 4.18. Iklim Mikro Otomatis.....	66
Gambar 4.19. Komputer <i>display AWS</i> .....	67
Gambar 4.20. Komputer <i>display Soil Muisture</i> .....	67
Gambar 4.21. Komputer <i>display Iklim Mikro Otomatis</i> .....	68
Gambar 4.22. Komputer pengiriman data CMSS .....	69
Gambar 4.23. Komputer pengamatan .....	69
Gambar 4.24. Pelaksanaan pengukuran tahanan pada blok kontrol 1.....	70
Gambar 4.25. Tahanan pentanahan blok kontrol No. 1 .....	71

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Jenis parameter petir [13] .....	10
Tabel 2.2. Jumlah petir CG dan IC per Kabupaten/Kota .....	15
Tabel 2.3. Resistivitas berbagai jenis tanah [19] .....	18
Tabel 4.1. Hasil pengukuran tahanan pentanahan .....	71

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Dokumentasi Pengukuran Tahanan Pada Blok Kontrol .....	80
Lampiran 2. Spesifikasi Ground Tester.....	82
Lampiran 3. Dokumentasi Instalasi Sistem Pentanahan .....	84
Lampiran 4. Laporan Kerusakan Peralatan.....	85

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang Masalah

Pentanahan (*grounding*) adalah sistem proteksi yang sangat penting dalam instalasi listrik, karena berfungsi mengalirkan arus berlebih ke dalam bumi, sehingga dapat mengamankan manusia dan peralatan sistem tenaga listrik. Sistem pentanahan diharapkan mempunyai nilai tahanan tanah yang sekecil bisa jadi, sebab dengan hambatan yang kecil bisa mengalirkan arus berlebih langsung ke tanah. Aspek yang pengaruhi besar ataupun kecilnya tahanan pentanahan di sesuatu tempat merupakan tahanan dari elektroda pentanahan, tahanan elektroda pentanahan dengan kontak tanah disekelilingnya dan tahanan jenis tanah [1].

Sistem pentanahan merupakan sistem ikatan penghantar yang menghubungkan sistem pada perlengkapan serta instalasi listrik dengan tanah sehingga dapat mengamankan manusia, perlengkapan ataupun instalasi listrik dari bahaya sengatan listrik apabila memegang bagian bertegangan maupun arus serta tegangan lebih [2]. Sistem penangkal petir sangat diperlukan pada suatu bangunan ataupun gedung supaya bebas dari kendala ataupun bahaya sambaran petir paling utama pada dikala terjadi hujan yang cukup tinggi. Suatu bangunan gedung supaya bebas dari bahaya sambaran petir diperlukan nilai tahanan pentanahan  $\leq 5\Omega$ , sebaliknya buat pentanahan perlengkapan elektronik hingga diperlukan nilai tahanan pentanahan  $3\Omega$  namun buat fitur perangkat komputer memerlukan nilai tahanan pentanahan  $1\Omega$  [3].

Suatu sistem pentanahan yang baik mempunyai nilai resistansi  $\leq 5$  ohm. Sistem pentanahan merupakan aspek yang sangat penting buat pengamanan sistem tenaga listrik dikala terbentuknya kendala arus ataupun tegangan lebih. Dikala terjadi kendala pada sistem tenaga listrik, dengan terdapatnya sistem pentanahan arus gangguan akan dialirkan ke dalam tanah ataupun dibumikan serta disebarakan ke seluruh arah [4].

Semakin kecil nilai resistansi pentanahan semakin baik, tetapi nilai resistansi pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: jenis tanah, kadar air dalam tanah, temperatur tanah, kelembapan tanah, kandungan elektrolit tanah dan lain-lainnya [4]. Adapun persyaratan umum instalasi listrik (PUIL 2011), diharapkan dapat mendukung terciptanya mutu pemasangan instalasi yang baik. Batasan nilai tahanan pentanahan rumah tinggal yang diperbolehkan maksimal 5 Ohm untuk instalasi listrik rumah dan 2 Ohm untuk instalasi petir peralatan elektronik. Bila tahanan terukur masih tinggi, maka panjang batang pentanahan harus ditanam lebih dalam lagi, pada PUIL 2011 dijelaskan pula, jika daerah yang mempunyai jenis tanah yang nilai tahanan nya tinggi, tahanan pentanahannya boleh mencapai maksimal 10 Ohm [5].

Stasiun Klimatologi Sumatera Utara merupakan salah satu Instansi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika yang melaksanakan tugas pemerintahan di bidang Klimatologi dan Kualitas Udara sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku. Sistem tenaga listrik yang baik sangat dibutuhkan agar peralatan yang beroperasi di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dapat berjalan secara berkesinambungan, sehingga diperlukan sistem proteksi petir untuk melindungi peralatan tersebut. Pada gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara sudah terinstalasi Sistem Proteksi Eksternal yang hanya memproteksi peralatan secara eksternal dan belum ada Sistem Proteksi Internal seperti *Arrester*, sehingga masih terjadi kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir. Kerusakan akibat sambaran petir telah terjadi beberapa kali diantaranya pada tanggal 30 September 2018 terjadi kerusakan pada *Automatic Weather System (AWS)* dan terbakarnya meteran listrik PLN serta terjadinya kerusakan pada switch hub jaringan *Computerize Message Switching System (CMSS)*, pada tanggal 19 Mei 2019 juga terjadi kerusakan akibat sambaran petir yaitu rusaknya komputer *Particulat Matter 10 (PM 10)* dan switch hub *Particulat Matter 2,5 (PM 2,5)*.

Peralatan elektronik pada tegangan rendah yang terdapat pada gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara seperti komputer, telephone, dan peralatan elektronik lainnya menjadi ancaman dari sambaran petir

baik secara langsung maupun tidak langsung. Dikarenakan masih adanya kerusakan pada peralatan elektronik yang diakibatkan oleh sambaran petir baik langsung maupun tidak langsung dan untuk meminimalisir gangguan tersebut maka dilaksanakan penelitian terhadap gangguan sambaran petir baik langsung maupun tidak langsung yang terjadi pada Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dengan judul “**Analisis Sistem Pentanahan Untuk Melindungi Peralatan Elektronik Akibat Sambaran Petir di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara**”. Dengan mengetahui analisis sistem pentanahan tersebut diharapkan dapat memberikan solusi sistem pentanahan sebagai proteksi keamanan peralatan operasional Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dengan penambahan pentanahan internal dan pemasangan atau instalasi *arrester* pada masing-masing peralatan dikarenakan belum adanya pentanahan internal maupun pemasangan *arrester* pada masing-masing peralatan.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dalam penelitian ini akan mengidentifikasi masalah-masalah yang ada yaitu sebagai berikut:

1. Peralatan operasional seperti *Automatic Weather System (AWS)*, beberapa komputer, switch hub jaringan dan PM 2,5 yang sering terkena bahaya sambaran petir, maka perlu dilakukan analisis pada sistem yang sudah terpasang.
2. Dalam membuat analisis sistem proteksi ini metode yang digunakan adalah metode 3 titik terkait untuk perlindungan peralatan.

## **1.3. Pembatasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini terfokus pada tahanan pentanahan yang terpasang dan jumlah titik blok kontrol yang terpasang di gedung Observasi dan taman alat Stasiun klimatologi Sumatera Utara.
2. Analisis berfokus pada *Arrester* dan sistem pentanahan pada gedung Observasi dan taman alat Stasiun klimatologi Sumatera Utara.

3. Analisis tahanan jenis tanah di Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara
4. Sistem proteksi internal dan pentanahan

#### **1.4. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tahanan pentanahan yang terpasang dan jumlah titik blok kontrol pada Gedung Observasi dan Taman Alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara ketika terjadi sambaran petir?
2. Bagaimana sistem Arrester dan sistem pentanahan yang diterapkan di Gedung Observasi dan Taman Alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara?
3. Bagaimana mencapai solusi dengan menggunakan metode tiga titik?

#### **1.5. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis sistem pentanahan yang diterapkan di Gedung Observasi dan Taman Alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara.
2. Menganalisis mengapa masih terjadi kerusakan pada peralatan elektronik baik pada tegangan rendah maupun peralatan yang menggunakan tegangan DC meskipun sudah terinstalasi sistem pentanahan di Gedung Observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara.

#### **1.6. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Bagi mahasiswa, dapat mengetahui analisis dan solusi sistem pentanahan sebagai proteksi keamanan peralatan operasional Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dengan penambahan grounding internal dan pemasangan atau instalasi *arrester* pada masing-masing peralatan.
2. Bagi Universitas, dapat dijadikan sebagai referensi bahan bacaan di perpustakaan mengenai evaluasi dan proteksi petir.

3. Bagi Stasiun Klimatologi Sumatera Utara, dapat dijadikan referensi untuk perbaikan sistem pentanahan dengan penambahan pemasangan arrester dan grounding internal pada masing-masing peralatan elektronik.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Landasan Teori**

Wilayah Indonesia yang terletak di daerah menyebabkan beriklim tropis yaitu iklim dengan keadaan suhu yang panas dan lembap yang tinggi. Negara Indonesia merupakan negeri kepulauan yang dikelilingi oleh lautan yang sangat luas, sehingga dengan lautan yang sangat luas tersebut berpotensi menimbulkan terjadinya penguapan ataupun jumlah uap air yang begitu tinggi yang disebabkan oleh sinar cahaya matahari sepanjang waktu. Hal tersebut berdampak dengan mudah terbentuknya awan di berbagai daerah Indonesia [6].

Petir ialah suatu fenomena alam berbentuk kilatan sinar diiringi suara menggelegar yang kerap ditemukan menjelang ataupun pada saat terjadi hujan. Tetapi bukan berarti pada saat terjadi hujan akan senantiasa diiringi dengan petir. Petir hanya terjadi apabila terdapat awan Cumulonimbus (Cb). Petir terjadi dikarenakan terdapat perbandingan potensial antara 2 medium. Dalam perihal ini 2 medium tersebut ialah antara awan serta bumi ataupun awan dengan awan. Dalam keadaan cuaca yang normal perbandingan potensial antara permukaan bumi dengan ionosphere adalah berkisar antara 200.000 hingga 500.000 volt dengan kerapatan arus dekat  $2 \times 10^{-12}$  Ampere/ m<sup>2</sup>. Beda potensial ini diakibatkan oleh distribusi badai guntur di permukaan bumi [7].

Setelah timbul awan yang bermuatan, berikutnya kristal-kristal es yang terdapat pada awan bermuatan tersebut pada saat tertiup angin akan mengalami gesekan sehingga muatan pada kristal es tidak menjadi netral seperti sebelumnya, maka pada awan tersebut terdapat muatan positif (+) dan negative (-). Muatan positif pada awan yang berkumpul pada bagian atas awan, sedangkan muatan negative berada dibagian bawah awan. Permukaan bumi dianggap mempunyai muatan positif sehingga muatan-muatan negatif yang berada di awan akan tertarik mendekati muatan positif yang berada di bumi. Pada saat terjadi proses pengaliran muatan dari awan ke bumi ini yang kemudian didefinisikan sebagai petir [8].

### 2.1.1. Fenomena Petir

Terdapat proses dan memerlukan beberapa syarat untuk dapat terbentuknya awan petir. Adapun diantaranya adalah sebagai berikut.

#### 1. *Up-Draft*

*Up-draft* merupakan proses naiknya udara naik ke atas dan membentuk suatu awan. Hal tersebut diakibatkan pemanasan permukaan tanah atau sifat orografis. Semakin banyak area yang memiliki air dan pemanasan berlangsung panjang dari sinar matahari maka awan petir dapat terbentuk dengan sangat besar [9].

#### 2. *Aerosol*

*Aerosol* merupakan suatu partikel yang mengambang di udara secara bebas dan bersifat higroskopis (menyerap air). Biasanya aerosol dihasilkan dari berasal dari garam laut atau partikel/polutan industri yang naik bersama *up-draft*. Karena sifatnya yang dapat menyerap air, uap air yang dihasilkan dari *updraft* akan terkumpul dengan mudah menjadi butiran butiran air [9].

#### 3. Udara lembap

Udara lembap merupakan satu diantara syarat untuk menghasilkan petir. Sebab dengan kelembapan udara yang cukup, air dapat berubah menjadi butiran butiran es. Dari gesekan es inilah kemudian listrik statis terbentuk. Indonesia merupakan wilayah yang memiliki hutan yang cukup luas, sehingga udara di Indonesia memiliki kelembapan yang cukup untuk dapat menghasilkan awan petir [9].

Sebagai mana terjadinya petir yang memiliki tiga syarat yaitu *up-draft* akibat penguapan, *aerosol* berupa partikel kasar yang dapat menangkap molekul air di udara, dan udara lembap. Ketiga syarat tersebut semuanya terdapat di Indonesia.

Indonesia termasuk dalam kawan tropis dilihat dari letak geografis 6° LU (Lintang Utara) - 11° LS (Lintang Selatan) dan antara 95° BT (Bujur Timur) - 141° BT (Bujur Timur). Indonesia juga merupakan negara maritim yang mana salah satu negara yang memiliki lautan yang luas. Luas laut Indonesia berdasarkan Laporan Kinerja KKP 1028, luas perairan laut Indonesia 5.8 juta kilometer persegi. Ditambah dengan lama penyinaran matahari di Indonesia cukup Panjang

akibat berada di garis khatulistiwa menyebabkan mudahnya terbentuknya awan. Oleh sebab itu, berdasarkan letak geografisnya tersebut, Indonesia memiliki intensitas sambaran petir lebih tinggi dari negara lain [9].

### **2.1.2. Jenis Proteksi Petir**

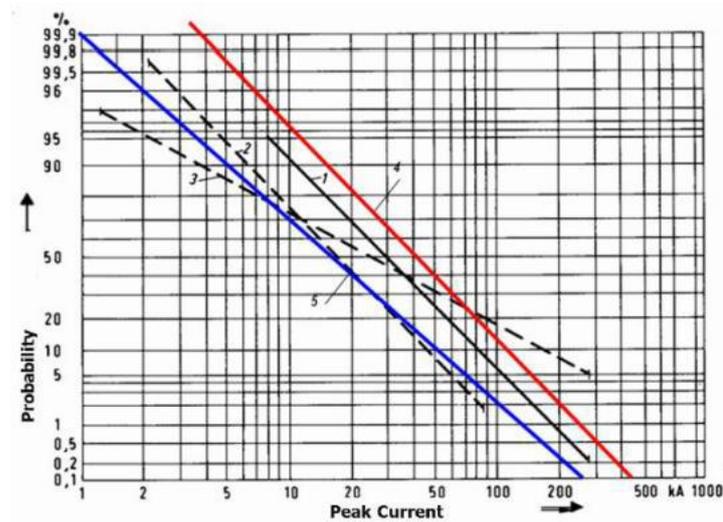
Mengacu pada IEC (*International Electrotechnical Commission*) TC 81/1989 tentang konsep *Lightning Protection Zone* (LPZ), sistem proteksi petir yang sempurna terdiri dari 3 bagian:

1. Proteksi Eksternal, yaitu instalasi dan peralatan di luar sebuah struktur untuk menangkap dan menghantarkan arus petir ke sistem pentanahan atau berfungsi sebagai ujung tombak penangkap muatan listrik/ arus petir di tempat yang tertinggi. Proteksi Eksternal dikategorikan baik terdiri atas air terminal/interceptor, down conductor, dan ekuipotensialisasi.
2. Proteksi Pentanahan, merupakan bagian paling vital dalam instalasi sistem proteksi petir. Kesulitan pada sistem pentanahan biasanya disebabkan oleh berbagai macam jenis tanah. Hal ini dapat dilakukan dengan perencanaan dan teknik penerapan yang tepat, serta merangkaikan semua metal (ekuipotensialisasi) dengan sistem pentanahan, sesuai dengan IEC TC 81.
3. Proteksi Internal, merupakan proteksi peralatan elektronik terhadap dampak dari arus petir. Terutama dampak medan magnet dan medan Listrik pada instalasi metal atau sistem kelistrikan. Sesuai dengan standar DIV VDE 0185, IEC1024-1. Proteksi Internal terdiri dari pencegahan akan dampak sambaran langsung, pencegahan akan dampak sambaran tidak langsung, dan ekuipotensialisasi [10].

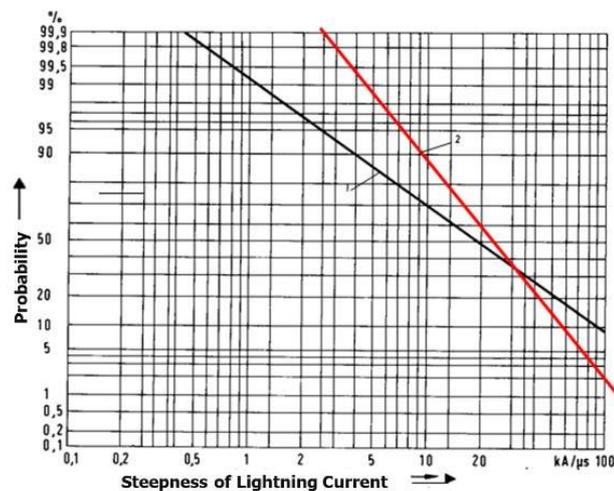
### **2.1.3. Parameter Petir**

Hasil penelitian Profesor Reynaldo Zoro mendapatkan bahwa karakteristik petir di Indonesia sangat berbeda dengan karakteristik petir di negara negara maju pada umumnya. Terutama dalam kecuraman petir atau di/dt. Dimana kecuraman

tersebut bukan sebuah variabel yang bisa di modifikasi. Adapun karakteristi petir di Indonesia tersebut disajikan dalam Gambar 2.1. dan Gambar 2.2. [11].



Gambar 2.1. Parameter arus puncak petir yang diukur oleh Prof. Berger di Mnt. San Salvatore, Swiss untuk petir subtropis (hitam) dan diukur oleh Prof. Zoro di Mnt. TangkubanPerahu, Indonesia (merah biru)



Gambar 2.2. Kecuraman ( $di/dt$ ) dari petir saat ini diukur oleh Berger (hitam) dan Zoro (merah)

Setiap sambaran petir dapat diuraikan secara matematis dan kelistrikan. Hal tersebut dibutuhkan untuk mengetahui sampai sejauh mana akibat pada obyek sambaran yang diakibatkan oleh masing-masing parameter tersebut dan untuk menentukan mutu pengaman yang harus didesain. Jenis-jenis parameter petir ditampilkan pada Tabel 2.1. [12].

Tabel 2.1. Jenis parameter petir [13]

Parameter Petir		Tingkat Proteksi		
		I	II	III
Nilai arus puncak	I (kA)	200	150	100
Muatan Lokal	$Q_{total}$ (C)	300	225	150
Muatan impuls	$Q_{impuls}$ (C)	100	75	50
Energy spesifik	W/R (kJ/ $\Omega$ )	10000	5600	2500
Kecuraman rata-rata	Di/dt30/90% (kA/ $\mu$ s)	200	150	100

Sumber: SNI IEC 62305-1 2009

### 1. Arus Puncak

Pada tipe petir cloud-ground (CG), arus yang paling besar dihasilkan oleh sambaran balik. Arus puncak sambaran balik krusial 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, pada saat petir menyambar jaringan transmisi dengan  $I_{max}$  30 kA dengan impedansi surja 400 V, hal ini dapat mengakibatkan timbulnya tegangan lebih 600 kV. Tegangan lebih yang timbul dapat menyebabkan flashover pada isolasi. Gaya magnetik yang dihasilkan oleh arus puncak tersebut dapat mengakibatkan putusnya kawat penghantar.

Bukti yang ada mengindikasikan bahwasannya arus puncak petir tidak dipengaruhi oleh konduktivitas tanah. Akan tetapi, pada nilai arus puncak petir yang sama akan ada berdampak untuk tanah berkonduktivitas rendah jika dibandingkan tanah berkonduktivitas tinggi seperti pada Persamaan 2.1.

Rumus Arus Puncak ( $I_{max}$ ):

$$V_m = I_m \times R \quad (2.1)$$

dimana :

$V_m$  = Tegangan maksimum (kV)

$I_m$  = Arus petir puncak (kA)

R = Tahanan tanah ( $\Omega$ )

## 2. Kecuraman arus petir ( $di/dt$ )

Pada objek yang mempunyai impedansi induktif seperti kabel dll, tegangan lebih petir maksimum berbanding lurus dengan laju maksimum perubahan arus, atau dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.2.

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (2.2)$$

dimana:

$V$  = Tegangan Induktansi (kV)

$L$  = Induktansi Matal/kabel (H)

$di/dt$  = Laju kenaikan arus terhadap waktu/kecuraman arus petir (kA)

Maksimum  $di/dt$  terjadi pada sambaran balik dari gelombang petir dan sambaran balik positif lebih kecil dari sambaran balik petir negatif.

## 3. Muatan arus petir ( $Q$ ) atau transfer muatan

Pemanasan dan lumer/ bolong pada suatu objek metal yang terkena petir sebanding dengan harga muatan yang disalurkan, dan juga bergantung pada arus dimana muatan ini disalurkan. Muatan dinyatakan dalam Persamaan 2.3 dan 2.4.

$$Q = \int i . dt \quad (2.3)$$

$$W = Q.V_a.K \quad (2.4)$$

dimana:

$Q$  = Muatan Total/Muatan Petir (C)

$W$  = Jumlah Energi (J)

$I$  = Arus Petir (kA)

$V_a.K$  = Tegangan jatuh anoda katoda (V)

atau seperti dengan hal nya, muatan arus petir mengakibatkan suatu peralatan yang terkena petir akan lumer / bolong. Daya yang ditransfer ke titik sambar adalah perkalian arus dan drop tegangan (5 hingga 10 V) pada interface arc-metal. Muatan yang terdapat pada petir disebabkan adanya arus kontiniu yang panjang yang diakibatkan oleh sambaran balik. Sekalipun terjadi sambaran balik yang sangat besar namun terjadi dalam orde mikrosekond (sangat cepat),

tidak akan dapat mengirim muatan sebanyak arus petir kontiniu namun terjadi dalam jangka waktu yang lama (orde mili sekon), walaupun arus tersebut lebih kecil (100-1000 A).

#### 4. Impuls Force (E)

Impulse force adalah besaran yang mengukur kapasitas arus petir untuk membangkitkan panas pada suatu objek yang terkena petir, dimana objek tersebut adalah objek yang mempunyai impedansi resistif. Hal ini dinyatakan dinyatakan dalam Persamaan 2.5.

$$E = \int i^2 \cdot dt \quad (2.5)$$

Keterangan:

E = Energi yang timbul (J)

I = Arus petir (kA)

T = Waktu (s)

Kecepatan panas, hancur, meledak dan terbakarnya suatu material bukan penghantar ditentukan oleh nilai E. Besaran ini merupakan parameter yang vital yang harus dipertimbangkan dalam menentukan dimensi/ ukuran konduktor yang terkena petir. Umumnya nilai ini adalah  $5,5 \times 10^4$  pada sambaran balik negatif dan  $6,5 \times 10^5$  A<sup>2</sup>s pada sambaran balik positif [14].

#### 2.1.4. Ancaman Sambaran Petir

Berdasarkan proses terjadinya, petir dapat dibedakan menjadi empat jenis diantaranya [15]:

1. Petir Awan ke Tanah (*Cloud to Ground/CG*). Petir jenis ini merupakan jenis petir yang paling mengancam dan merusak karena petir jenis CG adalah jenis petir yang langsung berhubungan dengan aktifitas manusia. Kebanyakan berasal dari pusat muatan yang lebih rendah dan mengalirkan muatan negative ke tanah, walaupun kadang-kadang bermuatan positif terutama pada musim dingin. Tipe petir awan ke tanah ditunjukkan seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Tipe petir awan ke tanah/*Cloud to Ground (CG)*  
(sumber : BMKG,2002)

2. Petir Dalam Awan (*Inter Cloud/IC*). Petir IC adalah jenis petir yang paling kerap terjadi. Petir ini disebabkan karena adanya pusat-pusat muatan yang berbeda dalam satu awan biasanya kelihatan seperti Cahaya yang menghambur secara kelap-kelip, kadang-kadang kilat keluar dari batas awan dan seperti saluran yang bercahaya yang terlihat beberapa mil seperti CG. Tipe petir dalam awan ditunjukkan seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tipe petir dalam awan/*Inter Cloud (IC)*  
(sumber : BMKG, 2002)

3. Petir Awan ke Awan (*Cloud to Cloud/CC*). Petir CC kerap terjadi karena adanya perbedaan muatan pada dua awan yang berbeda, pelepasan muatan terjadi pada udara cerah antara awan-awan tersebut. Tipe petir awan ke awan ditunjukkan seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Tipe petir awan ke awan/*Cloud to Cloud* (CC)  
(sumber : BMKG, 2002)

4. Petir Awan ke Udara (*Cloud to Air/CA*). Petir jenis CA terjadi akibat udara disekitar awan positif (+) berinteraksi dengan udara yang bermuatan negatif (-) Jika ini terjadi pada awan bagian bawah maka merupakan kombinasi petir tipe CG. Petir CA kelihatan seperti jari-jari yang berasal dari petir CG Tipe petir awan ke udara seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Tipe petir awan ke udara/*Cloud to Air* (CA)  
(sumber : BMKG, 2002)

Peralatan BMKG yang digunakan untuk mencatat aktivitas petir yaitu *Lightning Detector* dimana prinsip kerja dari peralatan *Lightning Detector* yaitu pada saat terjadi petir, maka petir akan mengeluarkan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik inilah yang kemudian ditangkap oleh sensor LD

berdasarkan frekuensi yang ditangkap, yang kemudian diterjemahkan oleh PCI *Card Strom Tracker* dengan Program *Display LD/2000* [16]. Peralatan *Lightning Detector* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.7.



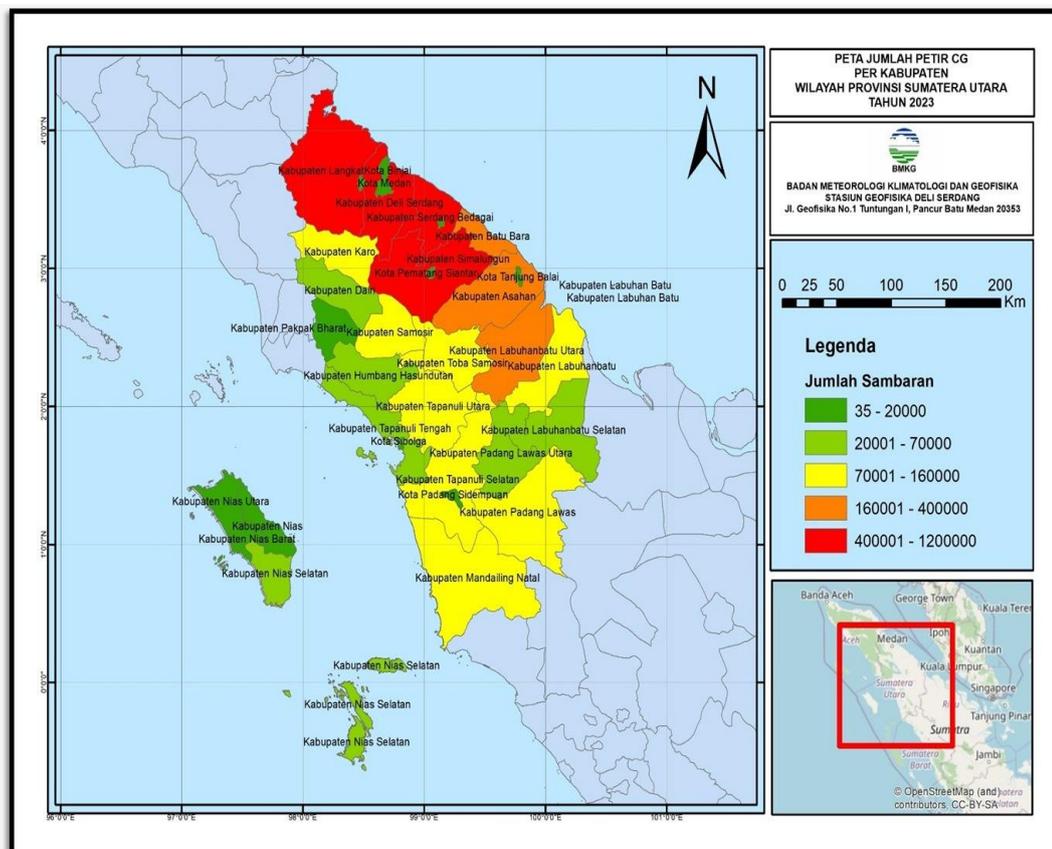
Gambar 2.7. *Lightning detector*

Jumlah data sambaran petir *Cloud to Ground (CG)* dan *Inter Cloud (IC)* yang diperoleh dari BMKG Stasiun Geofisika Deli Serdang di wilayah Kabupaten Deli Serdang tahun 2023 adalah sebanyak 1.121.808 kali. Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.2. dan dipetakan seperti pada Gambar 2.8.

Tabel 2.2. Jumlah petir CG dan IC per Kabupaten/Kota

No	Kabupaten/Kota	Jumlah petir CG dan IC
1	Asahan	360.394
2	Batubara	166.125
3	Dairi	49.676
4	Deli Serdang	1.121.808
5	Humbang Hasundutan	40.616
6	Karo	124.369
7	Labuhan Batu	108.001
8	Labuhan Batu Selatan	45.444
9	Labuhan Batu Utara	161.203
10	Langkat	804.333
11	Mandailing Natal	80.663
12	Nias	11.452
13	Nias Barat	5.933
14	Nias Selatan	23.091
15	Nias Utara	10.167

No	Kabupaten/Kota	Jumlah petir CG dan IC
16	Padang Lawas	100.721
17	Padang Lawas Utara	69.232
18	Pakpak Bharat	18.060
19	Samosir	76.163
20	Serdang Bedagai	764.210
21	Simalungun	985.458
22	Tapanuli Selatan	84.310
23	Tapanuli Tengah	38.666
24	Tapanuli Utara	105.240
25	Toba Samosir	131.791
26	Binjai	19.945
27	Medan	13.790
28	Padang Sidempuan	1.846
29	Pematang Siantar	2.922
30	Sibolga	803
31	Tanjung Balai	10.204
32	Tebing Tinggi	15.583



Gambar 2.8. Peta jumlah petir CG Provinsi Sumatera Utara

### **2.1.5. Sistem Pentanahan**

Karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena memiliki kaitan yang erat dengan perencanaan dan sistem pentanahan yang akan digunakan. Sesuai dengan tujuan pentanahan bahwa arus gangguan harus secepatnya terdistribusi secara merata ke dalam tanah, maka penyelidikan tentang karakteristik tanah sehubungan dengan pengukuran tahanan dan tahanan jenis tanah merupakan faktor penting yang sangat mempengaruhi besarnya tahanan pentanahan [17].

#### **2.1.5.1 Klasifikasi tanah**

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengelompokan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda, tapi memiliki sifat yang sejenis kedalam kelompok-kelompok atau sub-sub kelompok tertentu. Dari sudut pandang teknis, tanah-tanah dapat dikelompokkan menjadi beberapa pokok yaitu: Batu krikil (gravel), pasir (Sand), Lanau (Silt), Lempung (Clay) [3].

#### **2.1.5.2 Tahanan jenis tanah**

Nilai resistivitas tanah dipengaruhi oleh kondisi geografi karena materi-materi pembentuk permukaan bumi memiliki konduktivitas listrik yang rendah. Nilai resistivitas tanah dipengaruhi oleh cuaca dan musim sehingga menimbulkan heterogenitas yang besar pada aliran arus menuju kedalam tanah. Variasi tersebut bergantung pada kedalaman batang elektroda dengan parameter kelembapan, perubahan suhu, kadar garam tanah, dan nilai resistivitas tanah lebih kecil di bawah permukaan permukaan air tanah. Hal tersebut terkait dengan tujuan grounding yaitu dapat secepatnya mendistribusikan arus berlebih kedalam tanah. Karakteristik tanah berkaitan dengan nilai resistivitas tanah dan pengukuran pada tahanan pentanahan [18].

Faktor keseimbangan antara tahanan dan kapasitansi disekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan  $\rho$ . Harga tahanan tergantung dari beberapa faktor [3] yaitu:

1. Jenis tanah

Faktor utama yang menentukan tahanan jenis pada tanah yaitu jenis tanah. Bahan dasar pada tanah relative bersifat bukan penghantar. Tanah liat umumnya mempunyai tahanan jenis rendah, sedangkan batu-batuan bersifat sebagai insulator. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Resistivitas berbagai jenis tanah [19]

Jenis Tanah	Resistansi Jenis Tanah
	(Ohmmeter)
Tanah rawa	30
Tanah liat dan tanah ladang	100
Pasir basah	200
Kerikil basah	500
Pasir dan kerikil kering	1000
Tanah berbatu	3000

(Sumber: PUIL 2000)

## 2. Komposisi zat-zat kimia dalam tanah

Kandungan zat-zat dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan pula. Di daerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya memiliki tahanan jenis tanah yang tinggi dikarenakan garam yang terkandung pada lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian ini untuk mendapatkan pentanahan yang efektif yaitu dengan menanam elektroda pada kedalaman yang lebih dalam dimana larutan garam masih terdapat.

## 3. Kelembapan tanah

Konsentrasi air tanah sangat mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah. Pada kelembapan tanah yang rendah tahanan jenis tanah besar, sebaiknya semakin besar konsentrasi air di dalam tanah maka harga tahanan jenis tanah akan semakin kecil. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Proses mengalirnya arus listrik kedalam tanah sebagian besar adalah karena proses elektrolisis, maka dari konsentrasi air dalam tanah akan mempengaruhi konduktivitas atau daya hantar listrik ketanah tersebut. Dengan demikian tahanan jenis tanah akan dipengaruhi pula oleh besarnya konsentrasi air tanah. Semakin besar konsentrasi air dalam tanah maka konduktivitas tanah akan semakin besar,

sehingga tahanan jenis tanah akan turun sesuai dengan hubungan Persamaan 2.6.

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2.6)$$

dimana :

$\rho$  = Tahan jenis tanah (ohm-cm)

$\sigma$  = Konduktivitas tanah ( $\upsilon$ )

Tanah yang kering atau tanah dengan konsentrasi air dalam tanahnya rendah sekali (dibawah 10%) mempunyai tahanan jenis yang sangat besar sekali atau dengan kata lain merupakan suatu isolator yang baik. Tetapi dengan menaikkan konsentrasi air sampai 15% tahanan jenis tanah akan menurun dengan cepat sekali.

#### 4. Temperatur

Iklim pada suatu wilayah tempat pengujian, dipengaruhi oleh curah hujan dan temperatur. Kedua faktor ini menentukan reaksi – reaksi kimia dan sifat fisis di dalam tanah. Secara tidak langsung reaksi tanah dipengaruhi oleh curah hujan. Curah hujan yang tinggi terutama di daerah Indonesia yang beriklim tropis dapat mencuci kation – kation basa dari lapisan permukaan tanah (top soil) ke lapisan tanah yang lebih dalam, akibatnya top soil lebih banyak didominasi oleh ion – ion Al dan H, sebagai akibatnya PH tanah akan turun pada top soil sampai mencapai nilai 4,5 atau di bawahnya lagi. Kation – kation basa itu digantikan oleh H- dan peristiwa ini akan menurunkan persen jenuh basa tanah.

Listrik yang bersifat menghantarkan panas (konduktor) yang terkandung di dalam tanah itu pada dasarnya bersifat elektrolit. Dengan alasan tahanan jenis tanah itu naik ketika kelembapan tanah yang terhitung kurang dari 15% dari berat tanah. Jumlah embun yang terkandung dalam tanah tergantung pada butiran embun, kepadatan tanah, dan jenis dari ukuran embun tersebut.

Untuk mengubah komposisi kimia tanah dapat dilakukan dengan memberikan garam pada tanah dekat elektroda pentanahan dimaksudkan mendapatkan tahanan jenis tanah yang rendah. Cara ini hanya baik untuk

sementara waktu karena penggarapan harus dilakukan secara periodik, paling sedikit 6 (enam) bulan sekali. Dengan membasahi tanah atau memberikan air juga dapat mengubah tahanan jenis tanah.

Nilai tahanan jenis tanah pada kedalaman yang terbatas sangatlah bergantung dengan keadaan cuaca. Untuk mendapatkan tahanan jenis tanah rata-rata, maka dibutuhkan suatu perencanaan maka diperlukan penyelidikan atau pengukuran dalam jangka waktu yang tertentu misalnya selama 1 (satu) tahun. Biasanya tahanan jenis tanah juga tergantung dari tingginya permukaan air yang tetap. Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pentanahan dapat dilakukan dengan menanamkan elektroda pentanahan mencapai kedalaman dimana terdapat air yang tetap.

Pada sistem pentanahan yang tidak mungkin atau tidak perlu ditanam lebih dalam sehingga mencapai air tanah yang tetap, variasi tahanan jenis tanah sangat besar. Penanaman memungkinkan kelembapan dan temperatur bervariasi, harga tahanan jenis tanah harus diambil pada keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin. pentanahan yang tidak mungkin atau tidak perlu ditanam lebih dalam sehingga mencapai air tanah yang tetap, variasi tahanan jenis tanah sangat besar. Penanaman memungkinkan kelembapan dan temperatur bervariasi, harga tahanan jenis tanah harus diambil pada keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin.

#### **2.1.6. Elektroda Pentanahan**

Elektroda pentanahan merupakan penghantar yang ditancapkan dalam bumi dan sebagai kontak langsung dengan tanah yang diupayakan hingga mencapai titik air tanah. Instalasi elektroda pentanahan untuk peralatan listrik dan sistem diperlukan untuk memproteksi orang dan peralatan, dan untuk menstabilkan sistem. Fungsi dari elektroda pentanahan adalah untuk mengalirkan kegagalan arus dan petir secara efisien ke dalam tanah dan dengan ini untuk meminimalisir bahaya dari instalasi sistem telekomunikasi dan sistem tenaga listrik. Arus pada elektroda dapat menuju ke bumi tanpa kerusakan pada tanah yang ditentukan dari hubungan kompleks antara kepadatan arus di sekitar elektroda, suhu yang

dijinkan, waktu, dan karakteristik tanah. Nilai tahanan elektroda pentanahan dipengaruhi oleh kedalaman elektroda, besar penampang elektroda dan jenis tanah. Parameter tanah sebagai resistivitas listrik, panas, konduktivitas thermal dan permeabilitas tanah sangat mempengaruhi kemampuan dari elektroda pentanahan. Elektroda pentanahan juga memiliki induktansi meskipun dirancang dengan baik untuk konduktivitas tanah yang tinggi, mungkin muncul resistif hingga beberapa MHz, jika diukur pada elektroda itu sendiri.

Batang tembaga merupakan konduktor pentanahan yang paling efisien dikarenakan memiliki level konduktivitas yang tinggi dan level permeabilitas yang rendah, sehingga lebih mudah untuk mengalirkan arus ke bumi ketika ada gangguan. Apabila dipadankan dengan tembaga, baja mempunyai harga yang lebih murah, permeabilitas yang lebih tinggi dan konduktivitas yang rendah, juga mudah terkena korosi. Selain bahan material yang digunakan untuk elektroda, karakteristik jenis tanah juga mempengaruhi nilai tahanan elektroda. Tanah biasanya terdiri dari jenis yang berbeda dengan berbagai karakteristik. Setiap lapisan tanah pada umumnya memberikan resistivitas arus bumi dan nilai yang berbeda-beda pada setiap lapisan tanah. Parameter yang dapat merepresentasikan karakteristik tanah adalah tahanan jenis tanah  $\rho$  ( $\Omega\text{-m}$ ). Tahanan jenis tanah berkaitan dengan kandungan air dan suhu, karena tahanan jenis tanah dapat berubah sesuai dengan perubahan iklim. Apabila elektroda ditanam dalam tanah saat kondisi musim hujan maka tahanan pentanahannya rendah. Namun, jika elektroda ditanam di saat musim kemarau maka tahanan pentanahannya akan menjadi tinggi. [20].

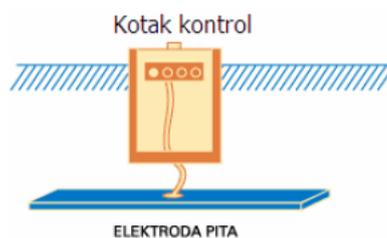
Pemasangan elektroda pentanahan dibutuhkan untuk melakukan perbaikan nilai tahanan pentanahan. Untuk elektroda pentanahan menggunakan tembaga pejal (Copper rod) akan memperbaiki tahanan pentanahan pada sekitar area titik ditanamnya elektroda sehingga diperoleh nilai tahanan pentanahan yang memenuhi syarat. Tanah pasir dan kerikil kering memiliki karakteristik yang unik, karena ditemukannya kesulitan dalam pemasangan elektroda pentanahan karena halangan kerikil, ini akan berakibat tidak dapat kedalaman elektroda yang cukup

untuk memperoleh nilai tahanan pentanahan yang diharapkan. Nilai tahanan pentanahan yang bagus adalah sebesar  $< 1 \Omega$  sesuai dengan standard PUIL,2000. Untuk memperoleh nilai tahanan pentanahan yang bagus, maka dilakukan penanaman elektroda pentanahan dengan menggunakan Rod tembaga pejal (Copper Rod) dengan diameter dan kedalaman tertentu yang paling efisien dengan jenis tanah pasir dan kerikil kering [21].

Terdapat beberapa jenis elektroda pentanahan, diantaranya [22]:

#### 1) Elektroda Pita

Elektroda pita adalah elektroda yang tersusun dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pintal yang secara umum ditanam secara dangkal. Elektroda pita ini digunakan untuk menghubungkan sistem kelistrikan dengan tanah sebagai bagian dari sistem pentanahan. Pemasangan elektroda pita pada umumnya dipasang secara horizontal pada kedalaman yang dangkal, yaitu sekitar 0.5 sampai dengan 1 meter dari permukaan tanah. Pemasangan elektroda pita ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Elektroda pita [23]

Rumus untuk menghitung nilai tahanan pentanahan elektroda pita dinyatakan dalam Persamaan 2.7.

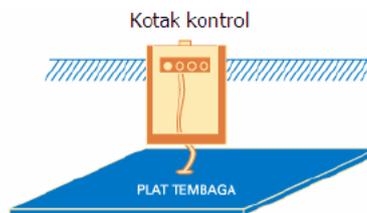
$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left( \ln \frac{2L}{d} \right) \quad (2.7)$$

Dimana :

- $R$  = Nilai tahanan pentanahan elektroda pita (ohm)
- $\rho$  = Tahanan jenis tanah (ohm-m)
- $L$  = Panjang elektroda (meter)
- $d$  = Kedalaman pita dari permukaan tanah (meter)

## 2) Elektroda Pelat

Elektroda pelat yaitu elektroda yang berbahan dasar dari plat logam yang bersifat konduktif baik dalam kondisi berlubang. Secara umum elektroda pelat ditanam secara dalam. Sistem pentanahan elektroda pelat adalah metode pentanahan yang mengimplikasikan penggunaan elektroda berbentuk pelat, pada umumnya berbentuk segi empat dan terbuat dari bahan seperti pelat timah, tembaga, atau baja dengan ketebalan tertentu. Pemasangan elektroda pelat dapat dilakukan dengan dua cara utama, yaitu secara vertikal maupun horizontal. Pemasangan elektroda pelat ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Elektroda pelat [23]

Rumus untuk menghitung nilai tahanan pentanahan elektroda pelat dinyatakan dalam Persamaan 2.8.

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

Dimana :

$R$  = Nilai tahanan pentanahan elektroda pelat (ohm)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (ohm-m)

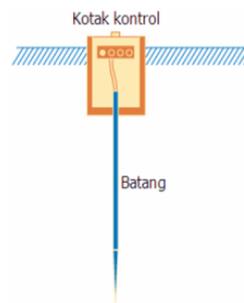
$L$  = Panjang elektroda (meter)

$d$  = Kedalaman pelat dari permukaan tanah (meter)

## 3) Elektroda Batang

Elektroda batang merupakan jenis elektroda yang biasanya berbentuk silinder yang terbuat dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang ditancapkan ke dalam tanah. Salah satu kelebihan utama dari penggunaan elektroda batang yaitu kapabilitasnya untuk menembus lapisan tanah lebih dalam. Dengan demikian, sistem ini sanggup mencapai titik pentanahan yang ideal, yang pada umumnya semakin dalam penanaman elektroda, semakin

bagus. Kelebihan ini memastikan bahwa pentanahan tersebut efisien dalam mengalirkan arus listrik berlebih ke dalam tanah, menjaga keamanan peralatan listrik, serta melindungi lingkungan di sekitarnya. Selain itu, pemakaian elektroda batang tidak membutuhkan lahan yang sangat luas. Hal ini menjadikan salah satu pilihan yang ideal untuk situasi di mana ruang terbatas atau keterbatasan lahan merupakan pertimbangan penting. Pemasangan elektroda batang ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Elektroda batang [23]

Rumus untuk menghitung nilai tahanan pentanahan elektroda batang dinyatakan dalam Persamaan 2.9.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (2.9)$$

Dimana :

$R$  = Nilai tahanan pentanahan elektroda batang (ohm)

$\rho$  = Tahanan Jenis (ohm-m)

$L$  = Panjang elektroda (meter)

$a$  = Jari-jari elektroda (meter)

Untuk menurunkan nilai tahanan dapat digunakan dengan cara memparalel beberapa elektroda batang dinyatakan dalam Persamaan 2.10.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2.10)$$

Dimana :

$R_{total}$  = Tahanan total (ohm)

$R_1$  = Tahanan 1 (ohm)

R2	= Tahanan 2 (ohm)
R3	= Tahanan 3 (ohm)
n	= banyaknya elektroda batang

### 2.1.7. Earth Tester

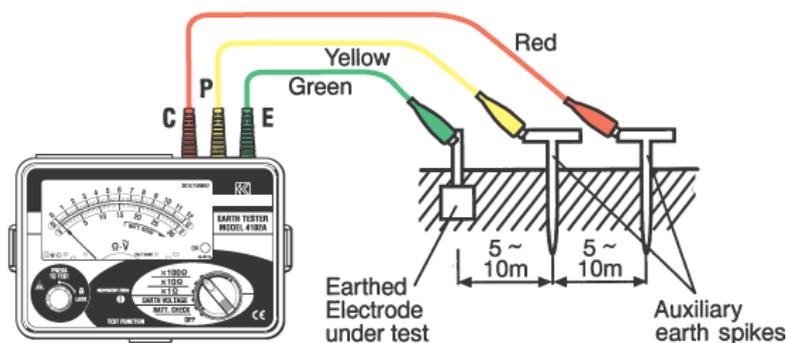
Untuk mengukur tahanan pentanahan menggunakan earth tester yaitu alat yang berfungsi untuk melakukan pengukuran nilai resistansi pentanahan dari suatu sistem pentanahan. Sangat penting untuk mengetahui besarnya nilai tahanan tanah untuk melakukan pengamanan dalam instalasi listrik. Nilai tahanan pentanahan dari sistem grounding yang baik ialah nol (0) ohm yang mana nilai resistansi yang ideal, dan nilai resistansi tahanan pentanahan maksimal lima (5) ohm. Jika terjadi short circuit pada perangkat elektrotik atau kelistrikan, maka akibat kebocoran arus listrik tersebut akan langsung dibuang ke pentanahan atau grounding secara langsung [24].

Berdasarkan PUIL 2000, pengukuran tahanan pentanahan dilakukan secara periodik untuk mengetahui hasil dari nilai resistansinya dan melakukan evaluasi sistem pentanahan berdasarkan peraturan yang ditetapkan dengan ketentuan yang berlaku.

### 2.1.8. Metode Tiga Titik (*Three Point Method*)

Beberapa alat ukur pengukur pentanahan diperlukan pada saat melakukan pengukuran terkait pentanahan. Diantaranya adalah alat ukur earth tester (alat ukur pentanahan), 3 (tiga) pin untuk penentuan titik (biasanya dibuat dengan warna yang berbeda) dan probe besi yang ditancapkan didalam tanah dengan jarak tertentu dari titik pentanahan yang hendak diukur. Pada umumnya sistem pentanahan merupakan suatu sistem yang terdiri dari elektroda pentanahan yang menggunakan secara bersama-sama antara elektroda pentanahan dan alat ukur earth tester. Pengukuran nilai tahanan pentanahan yang menggunakan metode tiga titik biasa disebut juga sebagai metode fall of potensial. Sistem tahanan pentanahan yang menggunakan metode tiga titik (three point method) memiliki tujuan yaitu untuk pengukuran tahanan tanah yang diukur. Pada pengukuran

dengan metode tiga titik ini elektroda kedua (C2) yang ditanamkan dengan jarak yang ditentukan D dari elektroda pertama (C1) yang telah ditanamkan ke pentanahan. Sedangkan jarak elektroda ketiga (P2) ditanamkan dengan kejauhan melebihi jarak D [21] seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.



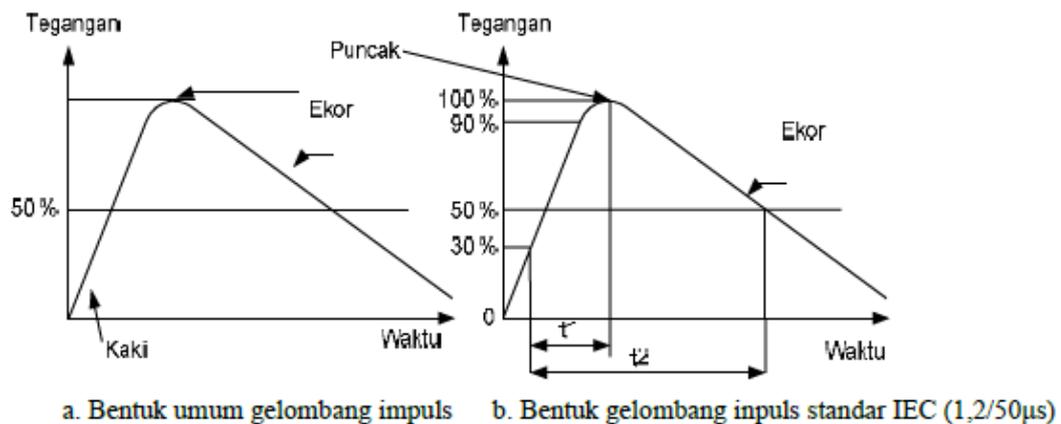
Gambar 2.12. Cara memasang elektroda bantu

Alat ukur ground earth tester dilengkapi tiga buah lubang konektor dan tiga kabel ukur yang digunakan.

1. Hubungkan kabel berwarna merah (C) ke lubang konektor berwarna merah pada alat ukur dan ujung satunya dihubungkan ke stick/tongkat besi yang tersedia dan sudah ditancapkan ke bumi/tanah. Usahakan jarak antara stick/tongkat besi yang satu dengan yang lainnya sekitar 5 – 10 m.
2. Hubungkan kabel berwarna kuning (P) ke lubang konektor berwarna kuning pada alat ukur dan ujung satunya dihubungkan ke stick/tongkat besi yang tersedia dan sudah ditancapkan ke bumi/tanah. Usahakan jarak antara stick/tongkat besi yang satu dengan yang lainnya sekitar 5 – 10 m. Begitu juga jarak antara masing-masing stick/tongkat besi dengan titik pentanahan yang akan diukur juga harus mempunyai jarak antara 5 – 10 m.
3. Hubungkan kabel berwarna hijau (E) ke lubang konektor berwarna hijau pada alat ukur (Earth Tester) dan ujung satunya dihubungkan ke kabel penghantar pada titik pentanahan yang sudah kita pasang.
4. Setelah itu putar selektor pada alat ukur (Earth Tester) untuk diarahkan pada 20 Ohm.

### 2.1.9. Rambatan Gelombang Berjalan

Gelombang berjalan pada umumnya terjadi dikarenakan tegangan yang berlebihan. Hal ini dapat disebabkan oleh lonjakan arus listrik, atau yang biasa didefinisikan dengan nyala dan matinya saklar daya, atau karena adanya gangguan alam berupa sambaran petir yang merambat melalui kabel. Bentuk umum dari gelombang berjalan digambarkan dalam Gambar 2.13. [25].



Gambar 2.13. Spesifikasi gelombang berjalan

Spesifikasi dari suatu gelombang berjalan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Puncak gelombang (crest),  $E$  (kV), yaitu amplitude maksimum dari gelombang.
2. Muka gelombang,  $t_1$  (mikrodetik), yaitu waktu dari permulaan sampai ke puncak. Dalam praktek ini diambil dari 10 %  $E$  sampai 90 %  $E$
3. Ekor gelombang, yaitu bagian di belakang puncak. Panjang gelombang,  $t_2$  (mikrodetik), yaitu waktu dari permulaan sampai ke titik 50%  $E$  pada ekor.
4. Polaritas, yaitu polaritas dari gelombang, positif atau negatif.

Perambatan gelombang sinyal arus balik menggunakan teori gelombang berjalan dapat menganalisa sinyal frekuensi tinggi pada tegangan dan arus pada saluran distribusi. Konduktor memiliki resistansi dan induktansi yang tersebar secara menyeluruh sepanjang saluran. Teori gelombang berjalan untuk menentukan lokasi gangguan sangat cocok, karena dengan menggunakan teori gelombang berjalan, komponen high frekuensi dapat diambil dari satu titik perhitungan, dan analisis dari sinyal yang diambil dapat dilakukan dengan membandingkan selisih waktu tunda antara puncak pertama gelombang sinyal arus datang (sinyal maju) dengan puncak berikutnya gelombang sinyal arus

refleksinya (sinyal mundur). Gangguan yang terjadi pada saluran distribusi akan menghasilkan gelombang arus dan tegangan yang berjalan sepanjang saluran sampai mereka bertemu pada ketidaksinambungan dari saluran seperti titik gangguan. Pada fase ini, gelombang arus dan tegangan akan terjadi refleksi dan refraksi. Hal ini akan menimbulkan gelombang tambahan yang akan menyebar sepanjang saluran [26].

Jika suatu hantaran tenaga listrik (hantaran udara, kabel) yang digambarkan dengan dua kawat tiba-tiba dihubungkan dengan suatu sumber tegangan, maka seluruh seluruh hantaran tersebut tidak akan langsung bertegangan sehingga masih dibutuhkan beberapa waktu untuk dapat merasakan tegangan ini pada suatu titik dalam sistem yang memiliki jarak tertentu dari sumber tegangan tersebut. Hal ini dikarenakan adanya induktansi dan kapasitansi pada sistem tanpa rugi-rugi (loss less line). Proses ini sama seperti penyelusuran sebuah gelombang tegangan yang merambat sepanjang hantaran dengan kecepatan tertentu. Gelombang tegangan ini merambat berbarengan dengan gelombang arus. Kedua gelombang ini akan mencapai ujung yang lain dari hantaran dalam waktu tertentu. Dalam perambatannya gelombang induktansi dan kapasitansi ini biasanya akan menemukan diskontinuitas dalam hantaran sehingga terbentuk pemantulan gelombang. Tegangan dan arus pada setiap titik merupakan superposisi dari gelombang datang dan gelombang pantul. Gelombang berjalan ini muncul dalam sistem transmisi sebagai efek adanya tegangan lebih pada sistem yang disebabkan oleh proses sambaran petir atau proses switching (pembukaan dan penutupan saklar daya) [27].

Suatu penyelesaian untuk terbentuknya komponen-komponen ke depan dan ke belakang sebuah gelombang berjalan secara berbarengan pada sebuah saluran tanpa rugi-rugi. Variabel  $v$  yang menerangkan kecepatan gelombang berjalan dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.11.

$$V = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.11)$$

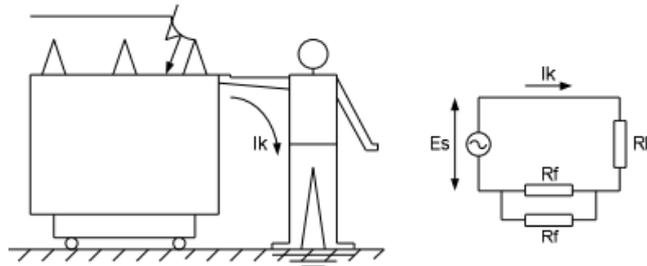
Dimana :

$V$  = kecepatan rambat gelombang (m/s)

$L$  = induktansi saluran (H/m)

$C$  = kapasitansi saluran (F/m)

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terkandung diantara suatu objek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa objek yang disentuh disambungkan dengan kisi-kisi pentanahan yang berada dibawahnya [28], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Tegangan sentuh dan rangkaian ekivalennya

$$E_s = \left( R_k + \frac{R_f}{2} \right) \cdot I_k \quad (2.12)$$

Dimana :

$E_s$  = Tegangan sentuh (V)

$R_k$  = Tahanan badan manusia ( $\Omega$ )

$R_f$  = Tahanan kontak ke tanah dari satu kaki ke tanah ( $\Omega$ )

$I_k$  = Arus yang melalui tubuh (A)

### 2.1.10. Lightning Arrester

*Arrester* petir disingkat *arrester* atau sering disebut penangkap petir adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir, sebagai by-pass sekitar isolasi. *Arrester* membentuk jalur yang mudah dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak terjadi tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya sistem 50 Hz dan pada kerja berlaku sebagai konduktor, yang dapat melewatkan aliran arus yang tinggi. Sesudah surja hilang, *arrester* harus dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka. *Arrester* modern dapat membatasi harga tegangan surja di bawah Tingkat isolasi peralatan.

Peralatan dapat dilindungi dengan menempatkan arrester sedekat mungkin pada peralatan tersebut dan tidak perlu menggunakan alat pelindung pada tiap bagian peralatan yang akan dilindungi [29].

Pada keadaan kerja yang normal, arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja akibat adanya petir maka arrester akan berlaku sebagai konduktor yang berfungsi mengalirkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Sesudah tegangan surja itu hilang maka arrester akan segera cepat kembali menjadi isolator sehingga PMT tidak sempat membuka. Pada kondisi yang normal (tidak terkena petir), arus bocor yang melewati arrester tidak boleh melebihi 2 mA.

Ambang batas atas dan bawah dari tegangan percikan ditentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang akan dilindungi. Apabila arrester digunakan hanya untuk melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak memperdulikan akibatnya terhadap pelayanan, maka dapat dipakai sela batang yang memungkinkan terjadinya percikan pada saat tegangannya mencapai keadaan bahaya. Tegangan pada sistem arus bolak-balik akan tetap mempertahankan busur api sampai pemutus bebannya dibuka. Dengan menyambung sela api ini dengan sebuah tahanan, maka dimungkinkan apinya dapat dipadamkan. Apabila tahanannya mempunyai sebuah harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga tujuan untuk melindungi isolasi jadi gagal. Oleh karena itu, digunakanlah tahanan kran, yang mempunyai sifat khusus bahwa tahanannya sangat kecil meskipun tegangannya dan arusnya besar.

Arrester merupakan kunci dalam koordinasi isolasi suatu sistem tenaga listrik. Bila surja datang ke peralatan elektronik, arrester bekerja melepaskan muatan listrik (discharge). Serta mengurangi tenaga abnormal yang akan mengenai peralatan elektronik. itu setelah surja (petir atau hubung) dilepaskan melalui arrester, arus masih mengalir karena adanya tegangan sistem ; arus ini disebut arus dinamika atau arus susulan (follow current); Arrester harus memiliki ketahanan termis yang cukup terhadap energi dari arus susulan ini, dan harus mampu untuk memutuskannya. Jika pada waktu arrester melepas, tegangan sistem

dan arus dinamika terlalu tinggi, maka arester itu mungkin tidak mampu memutuskan arus susulan [30].

### 2.1.10.1 Tipe surge protection device (SPD)

#### 1. Surge Protection Device Tipe 1

Alat Pelindung Lonjakan (SPD) tipe 1 dimaksudkan untuk pemasangan antara sekunder transformator servis dan sisi saluran gawai arus lebih peralatan servis, serta sisi beban, termasuk penutup soket meter watt-jam, dan diharapkan untuk dipasang tanpa perangkat eksternal pelindung arus lebih. Perangkat Tipe 1 juga mempunyai peringkat ganda untuk aplikasi Tipe 2, memberikan peringkat tertinggi yang tersedia guna pemasangan di pintu masuk layanan. SPD tipe 1 mampu mengeluarkan arus petir dengan bentuk gelombang 10/350 $\mu$ s. Ini, jika dibutuhkan, akan dipasang di papan distribusi utama di tempat asal instalasi listrik. SPD Tipe 1 tidak dengan sendirinya menawarkan tingkat perlindungan yang diperlukan dan harus digunakan bersamaan dengan perangkat tipe 2 yang terkoordinasi. Instalasi dengan sistem proteksi petir akan memerlukan SPD Tipe 1. Contoh dari SPD Tipe 1 ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Surge protection device tipe 1

#### 2. Surge Protection Device Tipe 2

Surge Protection Device Tipe 2—SPD Tipe 2 ditargetkan untuk pemasangan di bagian beban perangkat arus lebih peralatan servis, termasuk SPD yang

terletak di panel cabang. SPD Tipe 2 dapat melewatkan gelombang arus  $8/20\mu\text{s}$ , SPD tipe 2 tersebut dapat mencegah kerusakan akibat tegangan lebih transien pada instalasi listrik dan melindungi peralatan yang terhubung dengannya yang pada umumnya menggunakan teknologi varistor oksida logam (MOV). Perangkat SPD tipe 2 ini biasanya dipasang di papan sub-distribusi dan di papan distribusi utama jika tidak ada persyaratan untuk perangkat tipe 1. Contoh dari SPD Tipe 2 ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Surge protection device tipe 2

### 3. *Surge Protection Device* Tipe 3

SPD ini mempunyai kapasitas debit yang rendah. Oleh sebab itu itu, mereka hanya boleh dipasang sebagai pelengkap SPD Tipe 2 dan di sekitar beban yang sensitif. Ciri dari SPD tipe 3 yaitu kombinasi gelombang tegangan (1,2/50 s) dan gelombang arus (8/20 s). SPD tipe 3 pada umumnya dipasang tepat sebelum peralatan yang dilindungi. Contoh dari SPD untuk data ditunjukkan seperti Gambar 2.17. SPD Tipe 3 ditunjukkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.17. Surge protection device untuk data



Gambar 2.18. Surge protection device tipe 3

### Terminologi

$I_{imp}$  – Arus impuls pada SPD Tipe 1 dengan bentuk gelombang 10/350 s

$I_n$  – Arus luahan normal SPD Tipe 2 dengan bentuk gelombang 8/20 s

$I_{max}$ - Arus maksimum yang dilepaskan SPD Tipe 2 dengan bentuk gelombang 8/20 s

Naik - Tegangan sisa yang diukur melewati terminal SPD saat  $I_n$  diterapkan

$U_c$  - Tegangan maksimum yang dapat dilewatkan ke SPD tanpa merusak SPD.

## 2.2. Kajian Pustaka Relevan

Penelitian oleh Saleh., 2019, Sistem pentanahan memegang peranan yang sangat penting dalam sistem pada peralatan listrik. Nilai tahanan pentanahan yang kecil sangat direkomendasikan pada sistem pentanahan. Salah satu faktor penting untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil yaitu kedalaman

elektroda batang yang akan ditanam atau ditancapkan, untuk mengetahui nilai tahanan pentanahan tersebut maka diperlukan pengukuran. Salah satu unsur yang perlu diperhatikan dalam pengukuran suatu sistem pentanahan adalah kondisi area pentanahan. Metode pengukuran dalam penelitian ini menggunakan metode 3 titik dengan menanam atau menancapkan elektroda batang pada area berair dengan lokasi yang berbeda. Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan di area berair seperti pantai, sawah, danau, sungai dan dataran tinggi. Hasil pengukuran untuk kondisi tanah yang berbeda dengan kedalaman elektroda menunjukkan nilai tahanan pentanahan yang bervariasi antara 75 cm – 100 cm, maka dapat diketahui bahwa dari hasil pengukuran dari enam area berair yang berbeda, nilai tahanan terkecil yaitu kedalaman 75 cm dengan nilai R1 adalah 1,8 ohm dan R2 adalah 1,5 ohm kemudian R3 yaitu 2,8 ohm sedang dari kedalaman 100 cm adalah R1 yaitu 1,5 ohm dan R2 adalah 1,4 ohm kemudian R3 yang dipararel dengan memiliki nilai yaitu 1,5 ohm [31].

Penelitian oleh Yalindua., dkk, penelitian ini merancang sistem pentanahan di Gedung Pusat Komputer serta menganalisis kelayakan gedung dalam penggunaan sistem penangkal petir. Penelitian ini dilaksanakan di Gedung Pusat Komputer Universitas Negeri Manado dengan mengumpulkan, mengolah, dan menganalisa data. Hasil penelitian menunjukkan tahanan tanah pada panel listrik sebesar 4,71 Ohm, tahanan tanah pada penangkal petir sebesar 3,10 Ohm. Setelah dilakukan perancangan kembali dengan menggunakan 6 batang elektroda, baik untuk pentanahan penangkal petir dan peralatan didapatkan nilai 2,97 Ohm. Hasil analisis mengenai seberapa pentingnya penggunaan penangkal petir di Gedung Pusat Komputer didapatkan nilai 14. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa sangat diperlukan sistem penangkal petir di Gedung Pusat Komputer [32].

Penelitian oleh Sudaryanto., 2016, Pengukuran nilai tahanan pentanahan dilakukan menggunakan metode tiga titik dengan menanam atau menancapkan elektroda batang tunggal di tanah pada kondisi tanah dan lokasi yang berbeda. Pengukuran tahanan pentanahan dilaksanakan di daerah Tanjung Morawa Kabupaten Deli Serdang dan Marelan Pasar 1 Tengah Tanah 600 Medan Marelan. Dimana hasil pengukuran menunjukkan untuk kondisi tanah yang berbeda dengan

kedalaman yang sama yaitu 100 cm diperoleh harga tahanan pentanahan untuk tanah kering (ladang) sebesar 46 Ohm, tanah berbatu kerikil sebesar 210 Ohm dan di parit berair sebesar 12 Ohm. Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa nilai tahanan pentanahan sangat dipengaruhi oleh kedalaman elektroda batang tunggal yang ditanam dan kondisi tanah dimana elektroda tersebut ditanam, serta diperoleh harga tahanan yang paling kecil di parit berair [33].

Penelitian oleh Redy Tri Santoso 2023, Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan Pengujian Peralatan Pengaman Surja atau Surge Protection Devive (SPD). Hasil yang diperoleh yaitu disaat ada tegangan petir yang masuk ke sebuah jaringan kabel Surge Arrester Petir akan membuang tegangan lebih akibat petir ke saluran pembuangan atau grounding. Sesuai dengan cara kerjanya, arrester dalam keadaan normal berlaku sebagai isolator, dan saat timbul tegangan surja berubah menjadi konduktor yang tahananannya relatif rendah, dan menyalurkan kan arus yang tinggi ke tanah melalui sistem pentanahan atau grounding [34].

Penelitian oleh Muhamad Royhan 2021, Untuk mengamankan beban dari gangguan petir perlu pasang arester tegangan rendah. Jika terjadi sambaran petir, arester menghubungkan penghantar fasa ke tanah (grounding) sehingga beban menjadi aman. Arester melalui penghantar terhubung ke elektrode yang groundig. Elektroda yang dipasang adalah jenis electroda batang yang jumlahnya dua batang dengan hasil ukur 0,68 Ohm. Arester yang dipasang mempunyai 4 terminal terdiri atas fasa (R, S, T) dan netral (N). Penghantar penghubung electroda ke arrester menggunakan penghantar jenis NYFgBy 50 mm<sup>2</sup>. Hasil ukur tegangan di arrester tidak mengalami penurunan tegangan, yaitu tegangan fasa-fasa = 380 V dan fasa-netral = 220 V. Dalam perencanaan sesuai dengan Standar SNI IEC 62305:2009 dan PUIL 2000 [35].

Penelitian oleh Nurul Husna dkk, 2022. Penelitian menggunakan simulasi Atp Draw untuk mengetahui tegangan akibat sambaran petir sebelum dan sesudah di pasang arrester kemudian di lakukan metode analisis matematis Untuk melakukan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku didalam perhitungan koordinasi Lokasi arrester dan menganalisa apakah Arrester bekerja dengan maksimal atau tidak. Berdasarkan perhitungan yang penulis lakukan

didapatkan jarak Maksimum 8.25 Meter, sedangkan jarak Arrester pada Transformator di gardu induk Puuwatu adalah 3,3 Meter. Apabila jarak antara Arrester dengan Transformator semakin dekat maka semakin baik. Besar Tegangan yang tiba pada terminal transformator adalah 325 kV telah sesuai dengan nilai BIL (*Basic Insulation Level*) yaitu 325 kV, sehingga perlindungan surja petir terhadap transformator di gardu induk Puuwatu 70 kV dikatakan sudah baik dan dapat melindungi transformator [36].

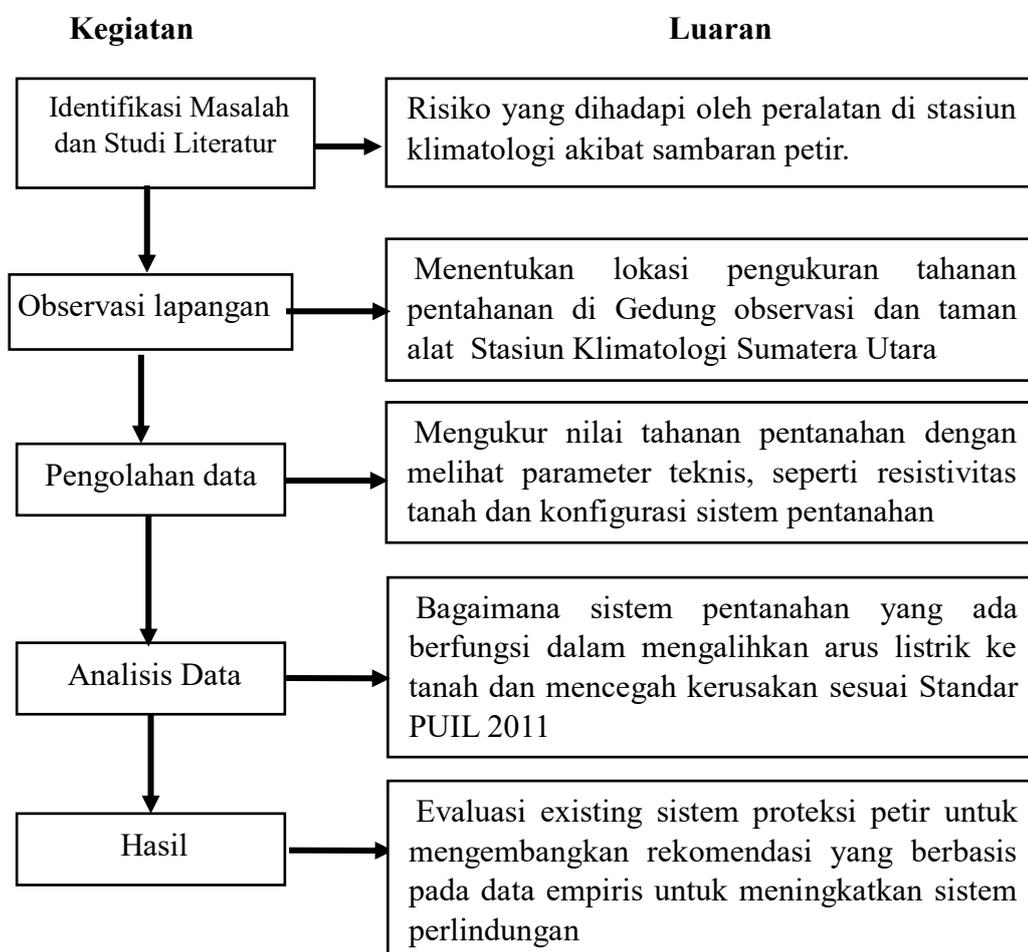
Penelitian oleh Jonner Manihuruk dkk, 2021. Penelitian ini fokus pada peralatan Gardu Induk yaitu Lightning Arrester ASEA type XAR 170A3/144 yang terhubung dengan transformator (trafo) Daya I merek UNINDO 906007289. Perlindungan yang baik diperoleh bila arester ditempatkan sedekat mungkin pada jepitan trafo. Tetapi, dalam praktek arester itu harus ditempatkan dengan jarak X dari trafo yang dilindungi. Karena itu, jarak tersebut harus ditentukan dengan tepat agar perlindungan yang dihasilkan dapat diperoleh dengan baik. Pemasangan Arrester sesuai teori adalah 50 meter dari Trafo, dalam pelaksanaannya pada Gardu Induk TAMORA jarak arrester adalah 3 meter dari transformator sementara berdasarkan perhitungan pada penelitian ini jarak terbaik adalah 10,96 meter [30].

### **2.3. Kerangka Berpikir**

Untuk membantu dalam penyusunan penelitian ini, maka perlu adanya susunan kerangka berpikir yang jelas tahapannya. Kerangka ini merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penyelesaian masalah yang akan dibahas. Kerangka berpikir penelitian ini berfokus pada hubungan antara sistem pentanahan yang efektif dan perlindungan peralatan elektronik dari sambaran petir dan relevansi sistem pentanahan di Stasiun Klimatologi. Dalam konteks ini, pertama-tama diidentifikasi risiko yang dihadapi oleh peralatan di stasiun klimatologi akibat sambaran petir. Kemudian, dilakukan pengumpulan informasi tentang sistem pentanahan yang ada, kerusakan yang pernah terjadi, dan data teknis lainnya, kemudian dilakukan evaluasi efektivitas sistem pentanahan yang ada dan identifikasi kelemahan serta potensi perbaikan analisis tentang bagaimana sistem pentanahan yang ada dapat berfungsi dengan baik dalam

mengalihkan arus listrik ke tanah dalam mencegah kerusakan dengan memperhatikan parameter teknis, seperti resistivitas tanah dan konfigurasi sistem pentanahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan rekomendasi yang berbasis pada data empiris untuk meningkatkan sistem perlindungan.

Adapun langkah-langkah dari kerangka berpikir dalam tahapan penelitian ini akan dijelaskan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19. Kerangka berpikir

#### 2.4. Hipotesis

Hipotesis ini bertujuan untuk memberikan landasan bagi penelitian lebih

lanjut dan analisis data yang akan dilakukan, serta membantu peneliti dalam merumuskan kesimpulan yang dapat memberikan rekomendasi praktis untuk meningkatkan sistem proteksi petir di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara. Maka hipotesis penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Perambatan gelombang tegangan surja akibat hantaran petir mengancam semua peralatan-peralatan yang terhubung.
2. Arus surja petir yang terjadi akibat petir harus dialirkan ke tanah melalui sistem pentanahan yang nilai tahanannya rendah.
3. Pada terminal peralatan elektronik perlu diberikan perlindungan berupa Lightning Arrester, karena sebagian gelombang petir dapat merambat ke semua terminal peralatan tersambung.
4. Sistem pentanahan yang dirancang dan diimplementasikan dengan baik sesuai standar dapat mengurangi risiko kerusakan peralatan elektronik akibat sambaran petir di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Pendekatan Penelitian**

Pendekatan penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan merekomendasikan perbaikan pada sistem pentanahan di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara untuk melindungi peralatan elektronik dari kerusakan akibat sambaran petir. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat meningkatkan ketahanan infrastruktur terhadap bencana alam dan mendukung keberlanjutan operasional stasiun. Adapun tahapan dalam pendekatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### 1. Pendahuluan

Sambaran petir merupakan fenomena alam yang dapat menimbulkan kerusakan signifikan pada peralatan elektronik, terutama di lokasi yang sering mengalami aktivitas petir, seperti Sumatera Utara. Sistem pentanahan yang baik diperlukan untuk melindungi infrastruktur elektronik dan menjamin operasional yang aman dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas sistem pentanahan yang ada di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan.

##### 2. Tujuan pendekatan penelitian

- a. Mengidentifikasi dan menganalisis desain sistem pentanahan yang ada.
- b. Menilai tingkat perlindungan yang diberikan oleh sistem pentanahan terhadap sambaran petir.
- c. Memberikan rekomendasi untuk peningkatan sistem pentanahan.

##### 3. Tinjauan pustaka

- a. Sistem Pentanahan: Definisi, fungsi, dan komponen sistem pentanahan.
- b. Pentingnya Perlindungan Terhadap Sambaran Petir: Dampak sambaran petir terhadap peralatan elektronik dan infrastruktur.
- c. Regulasi dan Standar: Standar nasional dan internasional yang mengatur desain sistem pentanahan, seperti PUIL 2011 dan IEC 62305.

##### 4. Metodologi Penelitian

###### 4.1. Desain penelitian

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Data akan dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan pengukuran langsung di lokasi.

#### 4.2. Pengumpulan data

##### 1. Data Primer:

- a) Pengukuran tahanan pentanahan menggunakan earth tester.
- b) Wawancara dengan teknisi yang mengelola sistem pentanahan.

##### 2. Data Sekunder:

Dokumen dan laporan terkait sistem pentanahan di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara

#### 4.3. Analisis Data

Data yang terkumpul akan dianalisis dengan pendekatan statistik deskriptif dan analisis sistem. Model matematis dapat digunakan untuk mensimulasikan arus sambaran petir dan respons sistem pentanahan.

#### 5. Hasil dan Pembahasan

- 1) Deskripsi Sistem Pentanahan: Menyajikan diagram dan spesifikasi teknis sistem pentanahan yang ada.
- 2) Evaluasi kinerja: Membandingkan hasil pengukuran resistansi tanah dengan standar yang berlaku, serta menganalisis efektivitas sistem dalam mengalirkan arus petir.
- 3) Studi kasus kerusakan: Menganalisis kasus kerusakan peralatan elektronik yang disebabkan oleh sambaran petir di lokasi penelitian.

#### 6. Kesimpulan dan Rekomendasi

- 1) Merangkum temuan utama dari penelitian mengenai kekuatan dan kelemahan sistem pentanahan yang ada.
- 2) Memberikan rekomendasi praktis untuk perbaikan sistem pentanahan, seperti penambahan elemen grounding, peningkatan sistem pengaliran arus, pemasangan dan penambahan SPDs (Arrester) dan pelatihan bagi personel.

#### 7. Implikasi Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang teknik kelistrikan dan perlindungan infrastruktur, serta menjadi referensi bagi instansi lain dalam pengelolaan risiko sambaran petir.

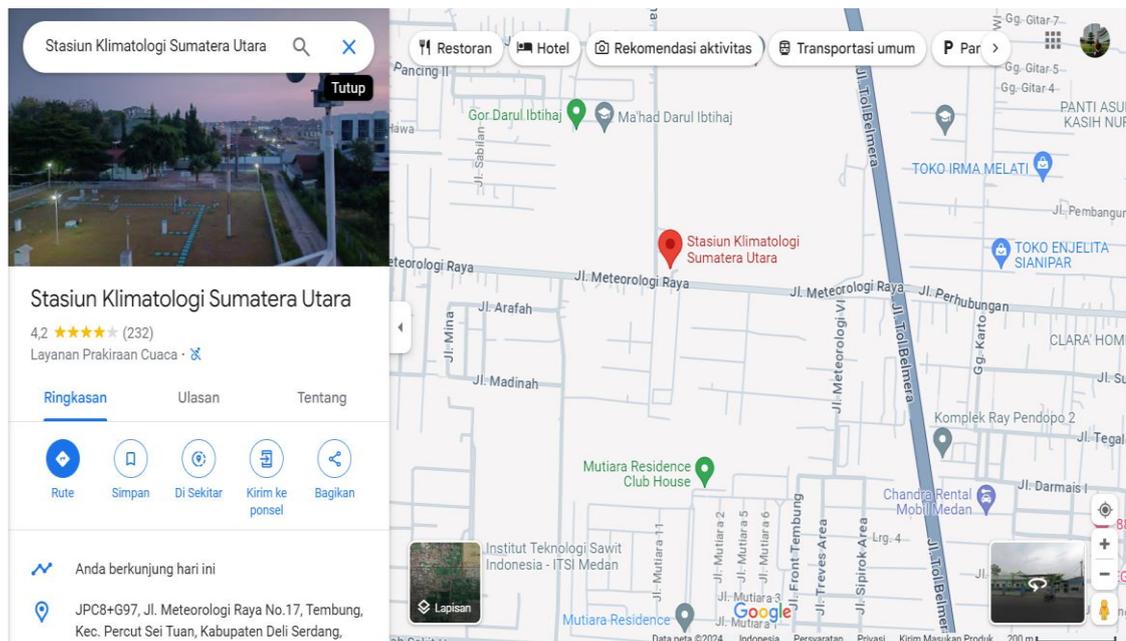
## 8. Daftar Pustaka

Mengacu pada literatur yang relevan, termasuk buku, artikel jurnal, dan standar teknik yang membahas sistem pentanahan dan perlindungan terhadap sambaran petir.

### 3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

#### 1. Tempat Penelitian

Stasiun Klimatologi Sumatera Utara yang beralamat di Jalan Meteorologi Raya No. 17, Sampali, Percut Sei Tuan, Deli Serdang Sumatera Utara.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

#### 2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 1 bulan yaitu pada bulan Mei 2024

### **3.3. Populasi dan Sampel**

Pemilihan populasi dan sampel yang tepat adalah langkah krusial dalam penelitian ini. Dengan melakukan sampling purposive terhadap stasiun klimatologi yang memenuhi kriteria tertentu, peneliti dapat memperoleh data yang representatif dan relevan untuk menganalisis efektivitas sistem pentanahan dalam melindungi peralatan elektronik dari sambaran petir.

#### **1. Populasi Penelitian**

Populasi dalam penelitian ini merujuk pada seluruh elemen yang menjadi objek studi, yaitu:

- a) Stasiun Klimatologi Sumatera Utara: Meliputi stasiun klimatologi yang ada di wilayah Sumatera Utara yang menggunakan sistem pentanahan untuk melindungi peralatan elektronik dari sambaran petir.
- b) Peralatan Elektronik: Semua perangkat yang digunakan di stasiun, termasuk sensor, komputer, alat pengukur meteorologi, dan perangkat komunikasi yang berpotensi terkena dampak sambaran petir.

Dengan demikian, populasi penelitian ini mencakup stasiun klimatologi di Sumatera Utara dan peralatan elektronik yang ada di masing-masing stasiun.

#### **2. Sampel Penelitian**

Sampel adalah bagian dari populasi yang dipilih untuk tujuan penelitian. Dalam konteks penelitian ini, pemilihan sampel dilakukan pada blok kontrol pentanahan yang ada di Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara

### **3.4. Definisi Operasional Variabel**

Definisi operasional variabel dalam penelitian ini penting untuk memberikan kejelasan mengenai apa yang diukur dan bagaimana pengukuran tersebut dilakukan. Dengan menetapkan variabel independen, dependen, dan kontrol secara jelas, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data yang valid dan bermanfaat untuk dianalisis berkaitan dengan sistem pentanahan dan dampaknya terhadap perlindungan peralatan elektronik di stasiun klimatologi. Berikut adalah definisi operasional untuk variabel-variabel utama dalam penelitian ini:

### 1. Variabel independen: Sistem Pentanahan

Definisi operasional: Sistem pentanahan adalah rangkaian komponen yang berfungsi untuk mengalirkan arus sambaran petir ke tanah dengan aman, melindungi peralatan elektronik dari kerusakan. Variabel ini diukur melalui beberapa indikator:

- a) Desain sistem: Menunjukkan apakah sistem memenuhi standar yang ditetapkan (misalnya, PUIL 2011, IEC 62305).
- b) Resistansi tanah: Diukur dalam ohm ( $\Omega$ ), nilai resistansi tanah yang ideal biasanya harus di bawah  $5 \Omega$  untuk efektivitas sistem.
- c) Jumlah dan jenis elemen grounding: Mencakup jumlah rod grounding, konfigurasi, dan material yang digunakan.
- d) Pemasangan dan perawatan: Meliputi frekuensi pemeriksaan dan perawatan sistem pentanahan.

### 2. Variabel dependen: Perlindungan Peralatan Elektronik

Definisi operasional: Perlindungan peralatan elektronik adalah tingkat keamanan yang diberikan oleh sistem pentanahan terhadap kerusakan akibat sambaran petir. Variabel ini diukur menggunakan indikator berikut:

- a) Tingkat kerusakan peralatan: Jumlah kerusakan yang terjadi pada peralatan elektronik dalam jangka waktu tertentu, diukur berdasarkan laporan kerusakan.
- b) Fungsi operasional peralatan: Evaluasi apakah peralatan berfungsi dengan baik setelah sambaran petir, dinyatakan dalam persentase peralatan yang berfungsi normal.
- c) Frekuensi insiden sambaran petir: Jumlah kejadian sambaran petir yang terjadi di sekitar stasiun dalam periode waktu tertentu, serta efeknya terhadap sistem pentanahan.

### 3. Variabel kontrol

Definisi operasional: Variabel kontrol adalah faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi hasil penelitian dan harus diukur atau dikendalikan. Dalam penelitian ini, variabel kontrol mencakup:

- a) Lokasi geografis: Koordinat dan ketinggian stasiun klimatologi yang dapat memengaruhi frekuensi sambaran petir.
- b) Jenis peralatan elektronik: Klasifikasi peralatan berdasarkan sensitivitas terhadap sambaran petir (misalnya, komputer, sensor, alat komunikasi).
- c) Kondisi cuaca: Data historis tentang frekuensi hujan dan petir di daerah tersebut.

#### 4. Pengukuran Variabel

Pengukuran akan dilakukan menggunakan berbagai metode dan alat, termasuk:

- a) Earth tester: Untuk mengukur resistansi tanah.
- b) Observasi langsung: Untuk menilai desain dan pemasangan sistem pentanahan.
- c) Kuesioner dan wawancara: Untuk mendapatkan data tentang frekuensi kerusakan peralatan dan pengalaman teknisi.

### 3.5. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang tepat adalah kunci untuk mendapatkan hasil penelitian yang valid dan reliabel. Dalam konteks penelitian ini, yang bertujuan untuk menganalisis sistem pentanahan, beberapa teknik pengumpulan data akan digunakan. Pengumpulan data bertujuan sebagai masukan bagi proses analisis data pada penelitian. Pada pengerjaan tesis ini, metode pengumpulan data dilakukan melalui dua cara yaitu dengan metode studi literatur dan observasi.

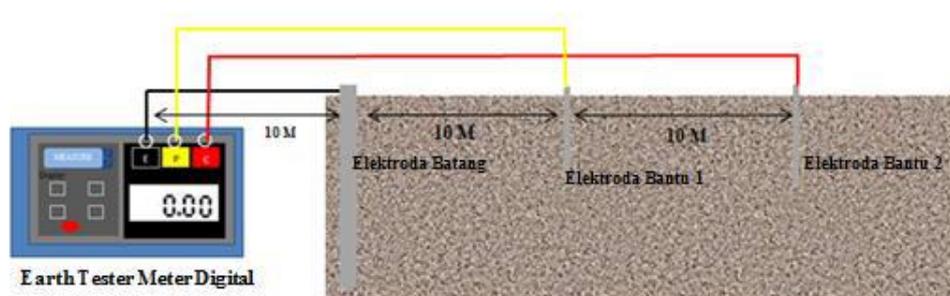
Studi pustaka jenis pengumpulan data yang meneliti berbagai macam dokumen yang berguna untuk bahan analisis. Teknik yang digunakan adalah teknik catat yang merupakan teknik pengumpulan data dengan cara mengutip literatur untuk memperkuat landasan teori serta analisis dalam penelitian ini. Studi pustaka dilakukan untuk memahami rute intrusi sambaran petir yang terjadi dan kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir terhadap tegangan rendah di Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara serta tindakan pencegahan yang bisa dilakukan terhadap sambaran petir pada Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara serta metode analisis yang mendukung pengerjaan tugas akhir.

Metode observasi merupakan teknik pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan diperoleh dengan cara observasi partisipatif dan non partisipatif. Observasi partisipatif merupakan observasi dimana penelitian dilakukan langsung dalam kegiatan yang berhubungan dengan sumber data. Dalam melakukan observasi partisipatif, penelitian dilakukan dengan melakukan pengambilan data karakteristik petir, data kerusakan yang terjadi pada peralatan elektronik pada tegangan rendah yang diakibatkan oleh sambaran petir, dan data yang mendukung lainnya.

### 3.6. Teknik Analisis Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode observasi, metode dokumentasi dan metode pengukuran tiga titik.

1. Metode observasi digunakan untuk mengetahui lokasi dan letak pemasangan tahanan pentanahan pada Gedung Observasi dan Taman Alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara
2. Metode dokumentasi digunakan untuk mendapatkan gambar kegiatan pengukuran dan data pengukuran nilai tahanan pentanahan.
3. Metode pengukuran tiga titik digunakan untuk mendapatkan data nilai tahanan pentanahan yang sudah ada di dan tahanan pentanahan yang disimulasikan dengan menggunakan elektroda batang tunggal. Instrument penelitian digunakan sebagai pedoman untuk melakukan pengukuran secara langsung. Rangkaian pengukuran tahanan pentanahan seperti Gambar 3.2.



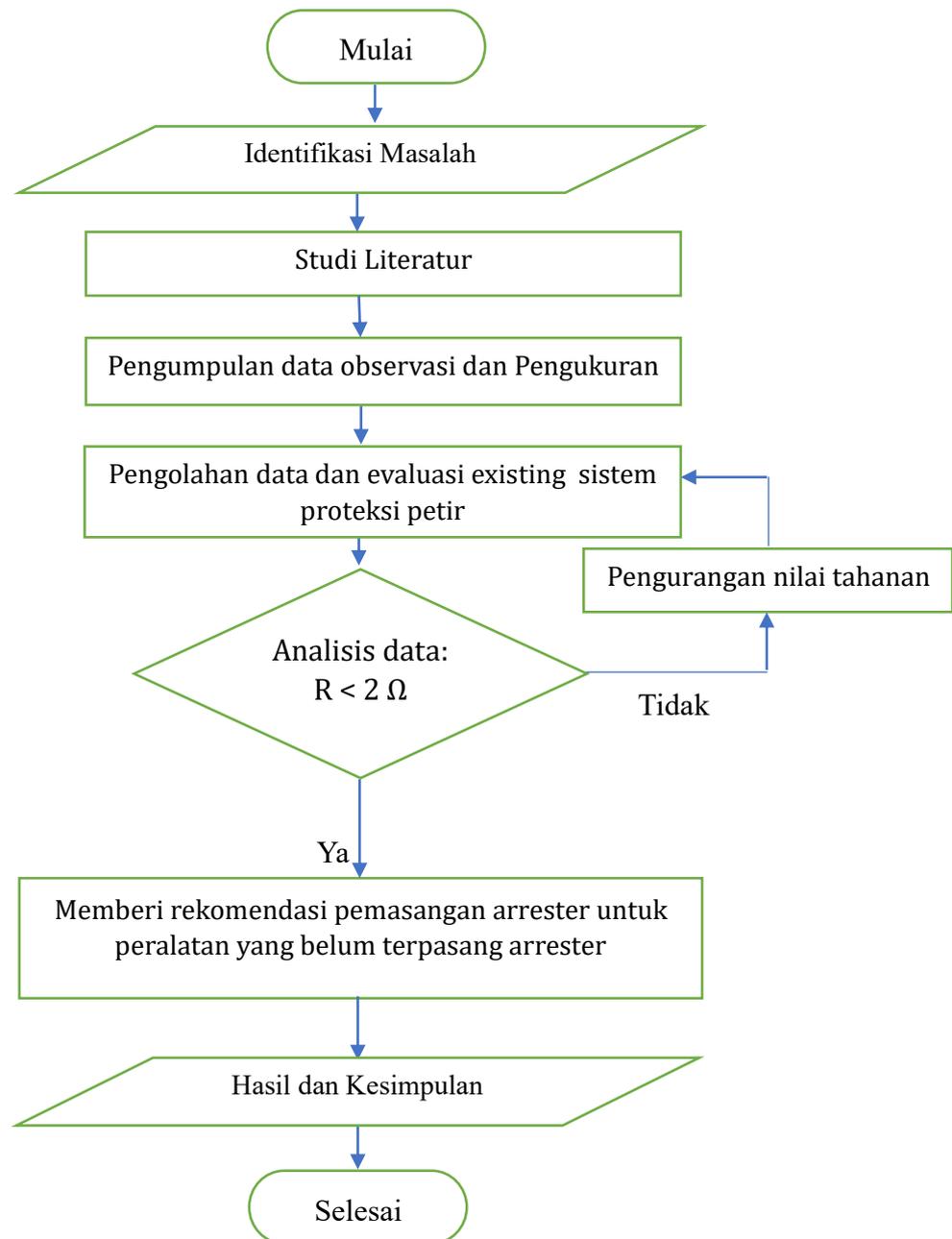
Gambar 3.2 Rangkaian pengukuran tahanan pentanahan menggunakan *earth tester*

Adapun prosedur pengukuran tahanan pentanahan adalah :

- a. Mempersiapkan peralatan dan bahan.
- b. Mengecek tegangan baterai dengan menghidupkan *Digital Earth Tester*. Jika layar tampak bersih tanpa simbol baterai lemah berarti kondisi baterai dalam keadaan baik. Jika layar menunjukkan simbol baterai lemah atau bahkan layar dalam keadaan gelap berarti baterai perlu diganti.
- c. Membuat rangkaian pengukuran dengan menanam elektroda utama dan elektroda bantu.
- d. Menentukan jarak antar elektroda bantu menyesuaikan keadaan tanah maksimal 10 meter.
- e. Mengukur tegangan tanah dengan dengan mengarahkan *range switch* ke *earth resistance*.
- f. Mengecek penghubung atau penjepit pada elektroda utama dan elektroda bantu dengan mengatur *range switch* ke  $20 \Omega$  dan tekan tombol "press to test" dan putar hingga "lock".
- g. Mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari *Digital Earth Tester*.
- h. Ulangi pengukuran pada tiap-tiap blok kontrol.

### 3.7. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian memberikan struktur yang jelas untuk proses penelitian tentang analisis sistem pentanahan di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara. Setiap langkah saling terkait dan mendukung tujuan akhir penelitian, yaitu untuk meningkatkan perlindungan peralatan elektronik dari sambaran petir. Dengan mengikuti alur ini, peneliti dapat memastikan bahwa semua aspek penting dari penelitian dipertimbangkan dan diolah dengan baik. Berikut ini adalah diagram alir yang merepresentasikan kegiatan penelitian mulai dari awal hingga pembuatan tesis ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. *Flowchart* tahapan penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan perlindungan peralatan elektronik dari sambaran petir di stasiun klimatologi untuk memperoleh pernyataan masalah yang jelas dan spesifik sehingga dapat dicapai tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis efektivitas sistem pentanahan yang ada serta mengidentifikasi kelemahan dalam sistem pentanahan sehingga dapat diterapkan dan mengapa masih terjadi kerusakan pada peralatan elektronik meskipun sudah terinstalasi sistem pentanahan di Gedung

Observasi dan Taman Alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara. Kemudian dilakukan studi literatur dengan proses pengumpulan, membaca, menganalisis, dan merangkum berbagai sumber literatur yang relevan dengan topik penelitian yang berhubungan dengan pentanahan dan arrester. Selanjutnya melakukan observasi dan pengukuran pentanahan yang ada di Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara. Dari hasil observasi dan pengukuran tersebut dilakukan pengolahan data dari hasil observasi dan pengukuran, kemudian melakukan evaluasi existing sistem proteksi petir yang sudah terinstalasi. Dari hasil evaluasi dilakukan analisis data yang mencerminkan efektivitas sistem pentanahan, apakah nilai tahanan lebih dari 2 ohm atau kurang dari 2 ohm sesuai standar IEC untuk dapat diinterpretasikan dari hasil analisis data dalam memahami implikasi dari temuan. Apabila nilai tahanan lebih dari 2 ohm maka dilakukan pengurangan nilai tahanan dengan berbagai cara. Salah satunya adalah dengan pemberian bahan kimia atau bahan pengurang resistansi. Penggunaan bahan kimia seperti garam, bentonit, atau bahan pengurang resistansi lainnya dapat meningkatkan konduktivitas tanah di sekitar elektrode grounding. Apabila tahanan pentanahan kurang dari 2 ohm maka dapat ditarik hasil dan kesimpulan berdasarkan temuan penelitian dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan sistem pentanahan dengan pemasangan arrester atau pentanahan internal untuk peralatan elektronik yang belum terpasang arrester ataupun pentanahan internal.

## **BAB 4**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Penelitian**

1. Menganalisis sistem pentanahan yang diterapkan di Gedung Observasi dan Taman Alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara.

Analisis sistem pentanahan dilakukan dengan mengumpulkan data teknis, melakukan pengukuran lapangan, dan mengevaluasi efektivitas sistem dalam melindungi peralatan dari sambaran petir.

Tahapan dalam menganalisis

1. Studi awal:

Mengumpulkan informasi tentang sistem pentanahan yang ada, termasuk desain, material, dan konfigurasi.

2. Pengukuran resistivitas tanah:

Melakukan pengukuran resistivitas tanah di lokasi untuk menentukan konduktivitasnya.

3. Inspeksi sistem pentanahan:

Melakukan inspeksi fisik terhadap sistem pentanahan, termasuk grounding rod, kabel, dan koneksi.

4. Analisis data kerusakan:

Mengumpulkan dan menganalisis data kerusakan peralatan elektronik akibat sambaran petir selama periode tertentu.

5. Evaluasi kinerja sistem:

Menggunakan data yang diperoleh untuk mengevaluasi apakah sistem pentanahan memenuhi standar perlindungan yang diperlukan.

Parameter yang digunakan:

1. Resistivitas tanah: diukur dalam ohm-meter untuk menentukan efektivitas grounding.
2. Arus hubung singkat: mengukur kapasitas sistem untuk mengalirkan arus sambaran petir.

3. Konfigurasi sistem: menilai desain fisik sistem pentanahan, termasuk jumlah dan kedalaman grounding rod.
  4. Frekuensi kerusakan: jumlah kerusakan peralatan dalam periode tertentu sebagai indikator efektivitas.
- 
2. Menganalisis mengapa masih terjadi kerusakan pada peralatan elektronik baik pada tegangan rendah maupun peralatan yang menggunakan tegangan DC meskipun sudah terinstalasi sistem pentanahan di Gedung Observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara.

Sambaran petir dapat menghasilkan lonjakan arus induktif yang tidak selalu dapat dialihkan sepenuhnya oleh sistem pentanahan, mengakibatkan kerusakan pada peralatan meskipun tidak terjadi sambaran langsung.

Penyebab kerusakan

1. Kualitas dan desain sistem pentanahan
  - a) Material yang buruk: Jika material grounding yang digunakan memiliki kualitas rendah atau tidak sesuai spesifikasi, arus sambaran petir tidak akan terdistribusi dengan baik.
  - b) Desain yang tidak efektif: Jarak antara grounding rod dan peralatan, serta jumlah rod yang tidak memadai dapat mempengaruhi kemampuan sistem untuk mengalihkan arus.
2. Resistivitas tanah

Resistivitas tinggi: Tanah yang memiliki resistivitas tinggi mengurangi efektivitas grounding, sehingga arus tidak dapat dialihkan dengan baik ke tanah.
3. Pengaruh lingkungan
  - a) Gangguan elektromagnetik: Lingkungan sekitar yang memiliki banyak perangkat elektronik dapat menyebabkan interferensi, yang dapat merusak peralatan.
  - b) Sambaran petir dekat: Meskipun sistem pentanahan ada, sambaran petir yang sangat dekat dapat menghasilkan lonjakan arus yang lebih besar daripada yang dapat ditangani sistem.

#### 4. Sensitivitas peralatan

Komponen rentan: Peralatan elektronik pada tegangan rendah atau DC sering kali memiliki toleransi yang lebih rendah terhadap lonjakan arus, sehingga lebih rentan terhadap kerusakan.

#### 5. Pemeliharaan yang tidak memadai

Kurangnya inspeksi rutin: Tanpa pemeliharaan dan pemeriksaan yang rutin, kerusakan pada sistem pentanahan bisa tidak terdeteksi.

### Solusi Teknis untuk Mengatasi Kerusakan

#### 1. Peningkatan kualitas material sistem pentanahan

- a) Penggunaan material berkualitas: Menggunakan material yang sesuai dengan standar industri untuk grounding, seperti tembaga atau baja galvanis yang memiliki daya tahan tinggi.
- b) Pemasangan grounding rod yang cukup: Memastikan bahwa jumlah dan kedalaman grounding rod sesuai dengan rekomendasi teknis yang diperlukan untuk lokasi tersebut.

#### 2. Evaluasi dan perbaikan desain sistem

- a) Desain yang efisien: Melakukan evaluasi ulang desain sistem pentanahan untuk memastikan jarak yang optimal antara grounding rod dan peralatan serta koneksi yang baik.
- b) Penambahan sistem proteksi surge: Menginstalasi perangkat proteksi lonjakan (surge protective devices, SPD) untuk melindungi peralatan dari lonjakan arus yang disebabkan oleh sambaran petir.

#### 3. Monitoring dan pemeliharaan rutin

- a) Inspeksi berkala: Melakukan inspeksi sistem pentanahan secara rutin untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik.
- b) Sistem monitoring: Mengimplementasikan sistem monitoring untuk memantau kondisi sistem secara real-time, termasuk resistivitas tanah dan performa sistem pentanahan.

#### 4. Peningkatan perlindungan peralatan

- a) UPS dan filter: Menggunakan Uninterruptible Power Supply (UPS) dan filter untuk mengurangi dampak lonjakan arus dan fluktuasi tegangan pada peralatan.
- b) Isolasi peralatan sensitif: Memastikan bahwa peralatan elektronik yang sangat sensitif diisolasi dari potensi kerusakan dengan memasang isolator atau perangkat proteksi yang sesuai.

#### 5. Pelatihan staf

Pelatihan dan kesadaran: Memberikan pelatihan kepada staf mengenai pentingnya pemeliharaan sistem pentanahan dan perlindungan peralatan untuk meningkatkan kesadaran dan tanggung jawab terhadap perlindungan peralatan.

#### 4.1.1. Deskripsi Data

Deskripsi data penelitian merujuk pada pengorganisasian dan penyajian informasi yang dikumpulkan selama penelitian mencakup pengumpulan, pengolahan, dan analisis data yang relevan dengan tema penelitian. Dalam konteks analisis sistem pentanahan, deskripsi data mencakup:

##### 1) Jenis Data

Data dalam penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua kategori utama: data kuantitatif dan data kualitatif.

##### 1. Data kuantitatif

- a. Resistansi Tanah: Diukur menggunakan alat Earth Resistance Tester. Data ini akan memberikan informasi tentang seberapa efektif sistem pentanahan dalam mengalirkan arus sambaran petir.
- b. Tegangan Operasional: Mengukur tegangan pada peralatan elektronik untuk mendeteksi adanya lonjakan atau penurunan yang tidak normal.
- c. Frekuensi Kerusakan Peralatan: Data ini mencakup catatan kerusakan peralatan dalam periode tertentu, seperti jumlah kerusakan per tahun atau bulan.

##### 2. Data kualitatif

- a. Wawancara: Data dari wawancara dengan teknisi dan pengelola stasiun untuk mengumpulkan informasi tentang pengalaman, tantangan, dan efektivitas sistem pentanahan.
- b. Observasi lapangan: Catatan mengenai kondisi fisik sistem pentanahan, instalasi, dan peralatan di lokasi penelitian.
- c. Dokumentasi: Meliputi manual teknis, laporan kerusakan, dan catatan pemeliharaan sistem pentanahan.

## 2). Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari:

### 1. Data Primer:

- a. Hasil pengukuran resistansi tanah dan tegangan operasional yang diperoleh langsung dari alat ukur.
- b. Informasi dari wawancara dengan staf teknis yang bertanggung jawab atas sistem pentanahan.
- c. Observasi langsung terhadap instalasi dan kondisi sistem di lokasi.

### 2. Data sekunder:

- a. Dokumen yang berkaitan dengan sistem pentanahan, termasuk laporan pemeliharaan dan manual operasional.
- b. Data historis tentang kerusakan peralatan yang telah terjadi di stasiun.

## 3). Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode:

- a. Pengukuran teknis: Melakukan pengukuran resistansi tanah menggunakan Earth Resistance Tester di beberapa titik di sekitar sistem pentanahan untuk mendapatkan gambaran yang representatif.
- b. Wawancara semi-struktural: Mengadakan wawancara dengan staf teknis untuk mendalami pengalaman mereka terkait penggunaan dan pemeliharaan sistem pentanahan.
- c. Observasi lapangan: Melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi fisik sistem pentanahan, mencatat keadaannya, serta memeriksa sambungan dan konektor.

- d. Analisis dokumen: mengumpulkan catatan kerusakan peralatan yang terkait dengan sambaran petir dari arsip stasiun, mengkaji dokumen terkait untuk mendapatkan data tambahan mengenai riwayat pemeliharaan dan kerusakan yang pernah terjadi.
- 4) Variabel yang diperhatikan:
    - a. Resistivitas tanah: dihitung dalam ohm-meter untuk mengetahui kemampuan tanah dalam mengalirkan arus.
    - b. Kondisi fisik sistem pentanahan: meliputi desain sistem, bahan yang digunakan (misalnya, jenis kawat dan grounding rod), dan konfigurasi instalasi.
    - c. Data kerusakan peralatan: mencakup frekuensi dan jenis kerusakan yang terjadi pada peralatan elektronik akibat sambaran petir dalam periode tertentu.
  - 5) Pengorganisasian data:

Data diorganisir dalam tabel atau grafik untuk mempermudah analisis. misalnya, tabel yang menunjukkan hasil pengukuran resistivitas tanah dan frekuensi kerusakan peralatan dari waktu ke waktu.
  - 6) Hasil yang Diharapkan

Dari deskripsi data ini, diharapkan dapat diperoleh:

    - a. Pemahaman yang jelas mengenai efektivitas sistem pentanahan dalam melindungi peralatan elektronik.
    - b. Identifikasi kelemahan dalam sistem yang ada dan rekomendasi untuk perbaikan.
    - c. Data yang dapat digunakan untuk merumuskan kebijakan pemeliharaan dan peningkatan sistem pentanahan di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara.

#### **4.1.2. Hasil Uji Persyaratan Analisis**

Uji persyaratan analisis dilakukan untuk menilai efektivitas sistem pentanahan dan mendeteksi potensi masalah yang dapat menyebabkan kerusakan. Berikut adalah beberapa parameter yang diuji:

- 1) Uji resistansi tanah

- a. Metode uji: Menggunakan alat pengukur resistansi tanah (Earth Resistance Tester) untuk menentukan nilai resistansi sistem pentanahan.
  - b. Standar: Nilai resistansi tanah sebaiknya kurang dari  $5 \Omega$  sesuai standar PUIL 2011 untuk sistem pentanahan yang efektif.
  - c. Hasil: Jika hasil menunjukkan nilai lebih tinggi, ini menandakan bahwa sistem pentanahan tidak efektif dan harus diperbaiki.
- 2) Uji kualitas konektor
- a. Metode Uji: Memeriksa konektor dan sambungan dalam sistem pentanahan dan sistem kelistrikan.
  - b. Standar: Konektor harus bebas dari korosi dan sambungan harus kencang.
  - c. Hasil: Adanya korosi atau sambungan yang longgar dapat menunjukkan potensi masalah yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan.
- 3) Uji tegangan operasional
- a. Metode Uji: Memantau dan mencatat tegangan yang diterima oleh peralatan selama operasi normal.
  - b. Standar: Tegangan harus sesuai dengan spesifikasi peralatan yang digunakan.
  - c. Hasil: Fluktuasi tegangan yang signifikan dapat mengindikasikan adanya lonjakan yang berpotensi merusak peralatan.

#### **4.1.3. Hasil Uji Hipotesis**

Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa sistem pentanahan yang ada di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara memiliki efektivitas dalam melindungi peralatan elektronik dari sambaran petir. Resistansi tanah yang rendah dan frekuensi kerusakan yang lebih sedikit di lokasi dengan sistem pentanahan mengindikasikan bahwa sistem tersebut berfungsi dengan baik.

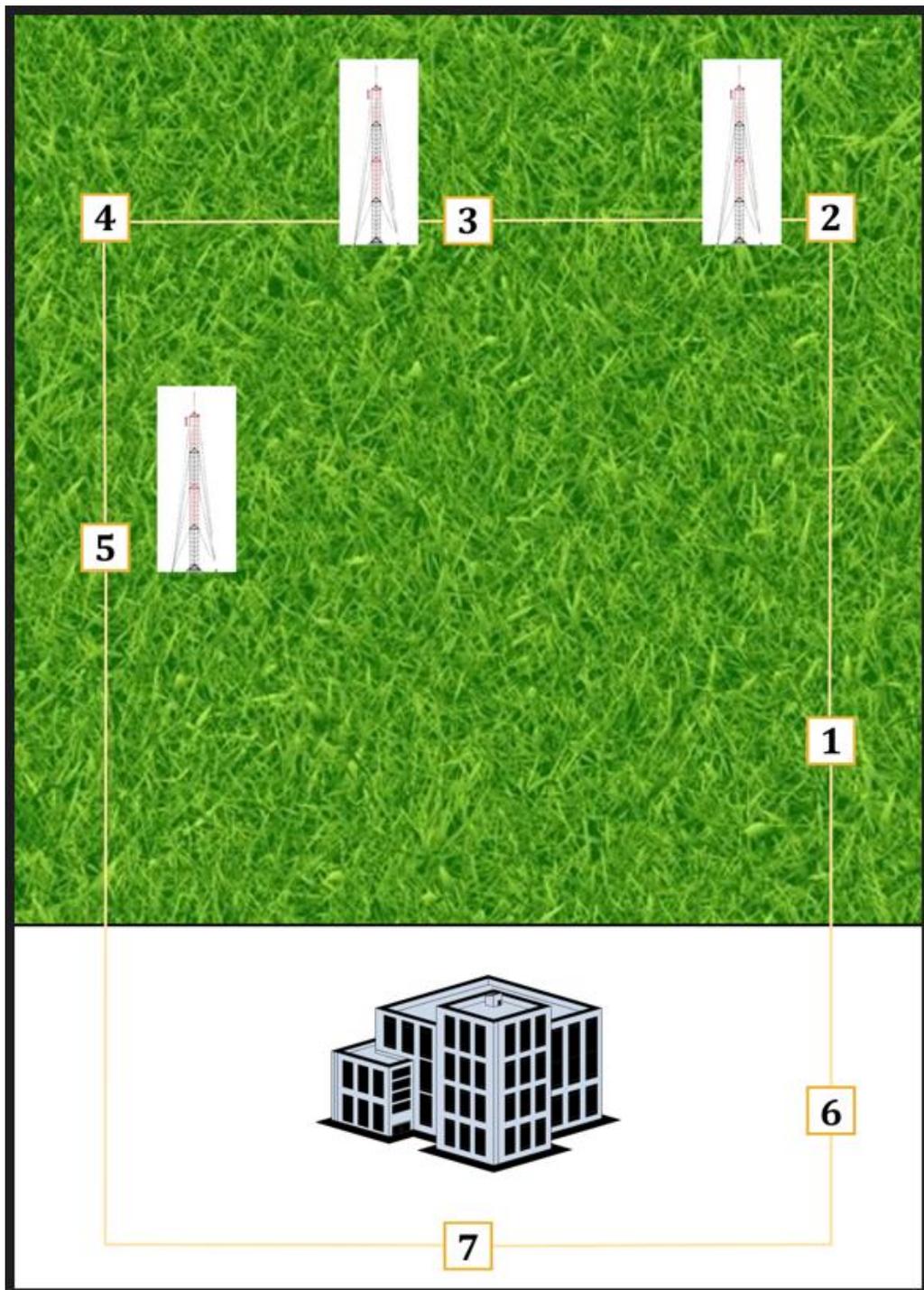
Namun, penting untuk mencatat bahwa meskipun sistem pentanahan efektif, beberapa faktor eksternal, seperti sambaran petir langsung atau induksi elektromagnetik, tetap dapat menyebabkan kerusakan. Oleh karena itu, perlu adanya langkah-langkah tambahan, seperti pemeliharaan rutin dan penggunaan perangkat pelindung tambahan.

Hasil uji hipotesis mendukung hipotesis alternatif (H1), yaitu bahwa sistem pentanahan yang terinstal di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara efektif dalam melindungi peralatan elektronik dari kerusakan akibat sambaran petir. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk meningkatkan sistem pentanahan dan menerapkan langkah-langkah perbaikan untuk memastikan perlindungan yang lebih baik bagi peralatan elektronik di masa depan. Rekomendasi untuk penambahan arrester dan pemeliharaan serta evaluasi rutin terhadap sistem pentanahan sangat penting agar efektivitasnya tetap terjaga.

#### **4.2. Pembahasan**

Pembahasan hasil penelitian merupakan bagian yang krusial untuk menginterpretasikan data yang telah dikumpulkan dan menganalisis temuan dalam konteks teori dan praktik. Dalam penelitian ini, fokus utamanya adalah untuk mengevaluasi efektivitas sistem pentanahan yang terinstal di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dalam melindungi peralatan elektronik dari kerusakan akibat sambaran petir.

Untuk memudahkan pengukuran tahanan maka dibuatkan blok kontrol masing-masing blok terhubung antara satu dengan yang lain. Pada pembahasan ini dilakukan pengukuran pada masing-masing blok kontrol pentanahan, dimana terdapat 5 lubang blok kontrol yang ada di taman alat dan 2 lubang blok kontrol beserta pentanahan maupun kelengkapan arrester pada masing-masing peralatan di Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Sketsa penempatan blok kontrol pentanahan

**X** = Blok kontrol pentanahan

#### 4.2.1. Kondisi saat ini

Kondisi saat ini yang ada di taman alat dan Gedung observasi Stasiun Klimatologi Sumatera Utara adalah sebagai berikut:

#### 1. Arrester tipe 1

Panel Listrik Gedung observasi Stasiun Klimatologi Sumatera Utara sudah dilengkapi arrester tipe 1 merk OBO tipe 5-B.



Gambar 4.2. Arrester pada panel *Automatic Transfer Switch* (ATS)

Arrester yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

$U_B$	: 280 V
$I_s$ (4-polig)	: 100 kA
$Q_s$ (4-polig)	: 10 As
$U_R$ bei $I_s$	: < 2 kV

#### 2. Particulat Matter 2,5 (PM 2,5)

Peralatan PM 2,5 digunakan untuk memantau kualitas udara dengan mengukur dan mencatat tingkat konsentrasi partikel dibawah 2,5 mikron di udara dengan satuan mikrogram per meter kubik. Peralatan ini sudah dilengkapi LAN Arrester untuk pengamanan Switch Hub seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. LAN *arrester* Particulat Matter 2,5

Instrumen dari Peralatan PM 2,5 juga sudah dilengkapi dengan pentanahan internal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Pentanahan pada Particulat Matter 2,5

Peralatan PM 2,5 digunakan untuk memantau kualitas udara mencatat tingkat konsentrasi partikel dibawah 2,5 mikron ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Particulat Matter 2,5

### 3. Accelerograph

Accelerograph merupakan alat yang digunakan untuk mencatat percepatan tanah atau struktur akibat gempa bumi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. *Accelerograph*

Peralatan Accelerograph sudah dilengkapi dengan Arrester untuk pengamanan digitizer dan sensor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. *Arrester Accelerograph*

Peralatan accelerograph juga sudah dilengkapi LAN Arrester untuk pengamanan modem beserta Switch Hub Accelerograph seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. LAN arrester Accelerograph

#### 4. Display Automatic Weather Station (AWS)

Display AWS yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. digunakan untuk menampilkan parameter alat ukur cuaca seperti suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara, intensitas cahaya matahari, jumlah curah hujan, arah dan kecepatan angin.



Gambar 4.9. Display AWS

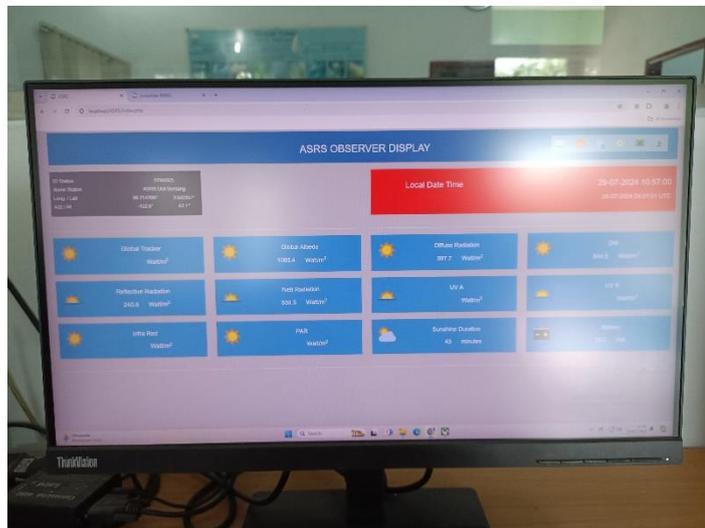
Display AWS sudah dilengkapi arrester seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Arrester display AWS

5. Komputer *Display Automatic Solar Radiation Stasiton (ASRS)*

Komputer *Display ASRS* yang ditunjukkan pada Gambar 4.11. digunakan untuk konfigurasi pengaturan pada ASRS seperti update tanggal dan waktu, upload atau update program, download data ASRS dan menampilkan data dari ASRS ke Komputer.



Gambar 4.11. Komputer *display ASRS*

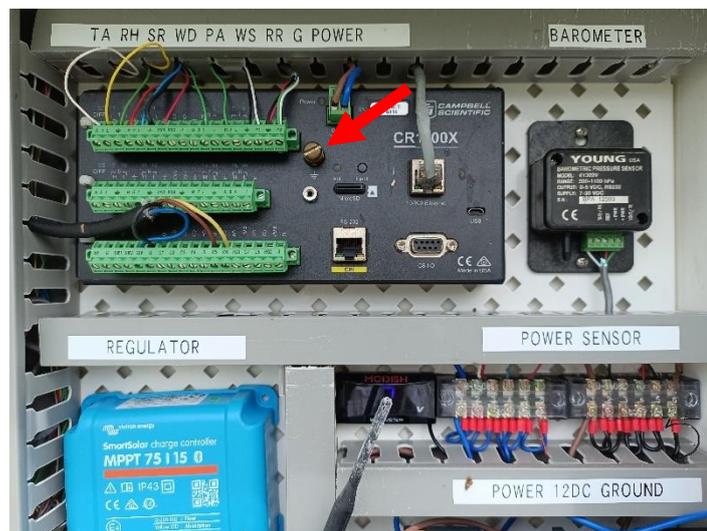
Komputer ASRS sudah dilengkapi dengan arrester seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Arrester komputer *display* ASRS

#### 6. Automatic Weather Station (AWS)

*Datalogger* AWS Campbell Scientific CR1000X belum dilengkapi pentanahan internal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13. sehingga perlu dilengkapi dengan pentanahan internal.



Gambar 4.13. *Datalogger* AWS

Pentanahan eksternal sudah terpasang di tang *Automatic Weather Station* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. *Automatic Weather Station*

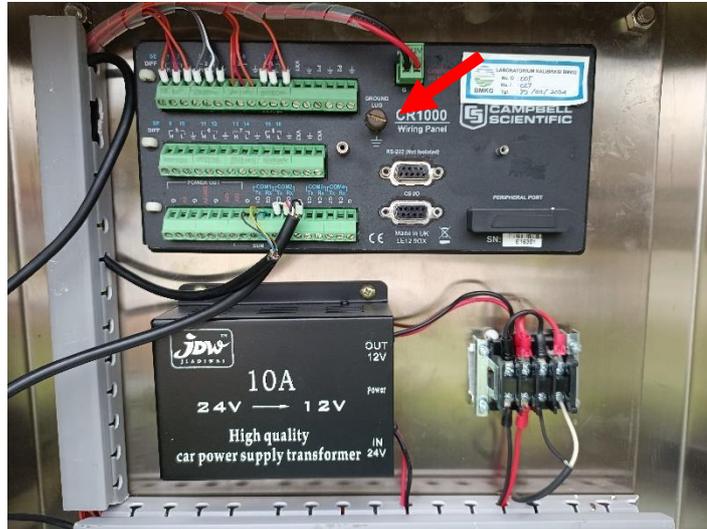
7. *Automatic Solar Radiation Station (ASRS)*

ASRS merupakan perangkat otomatis yang digunakan untuk mengukur dan mencatat radiasi matahari secara terus menerus. *Datalogger Automatic Solar Radiation Station CR1000* yang ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. *Automatic Solar Radiation Station*

ASRS belum dilengkapi pentanahan internal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16. sehingga perlu dilengkapi dengan pentanahan internal.



Gambar 4.16. *Datalogger Automatic Solar Radiation Station*

#### 8. Iklim Mikro Otomatis

Peralatan ini secara otomatis mengukur berbagai variabel iklim mikro seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin. Data ini digunakan untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. *Datalogger* Iklim mikro otomatis SPL XSys belum dilengkapi dengan pentanahan internal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17. *Datalogger Iklim Mikro Otomatis*

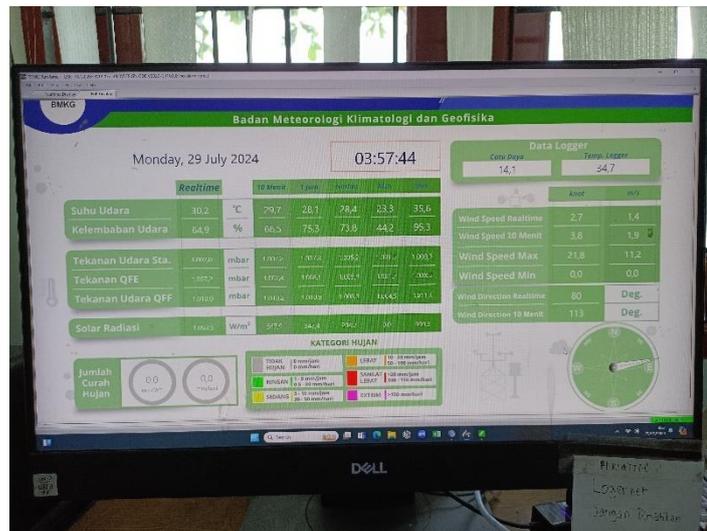
Peralatan Iklim mikro otomatis sudah dilengkapi dengan pentanahan eksternal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Iklim Mikro Otomatis

#### 9. Komputer *Display* AWS

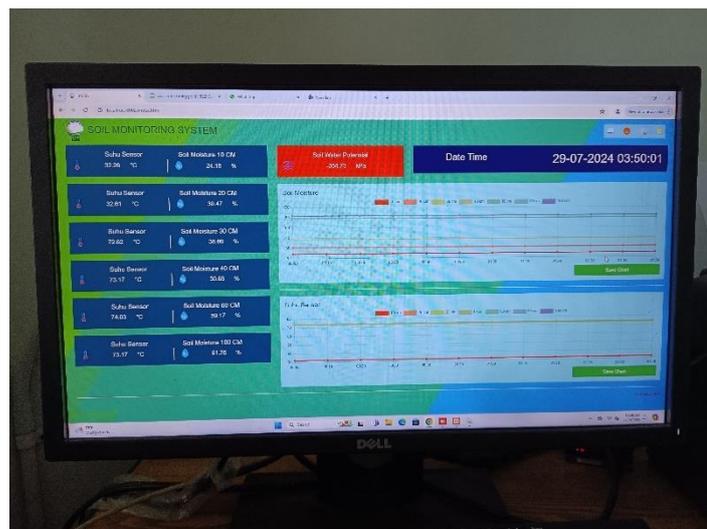
Komputer *Display* AWS yang ditunjukkan pada Gambar 4.19. digunakan untuk konfigurasi pengaturan pada AWS seperti update tanggal dan waktu, upload atau update program, download data AWS dan menampilkan data dari AWS ke Komputer. Komputer AWS belum dilengkapi dengan arrester sehingga perlu dilengkapi dengan arrester.



Gambar 4.19. Komputer *display* AWS

#### 10. Komputer *Display Soil Muisture*

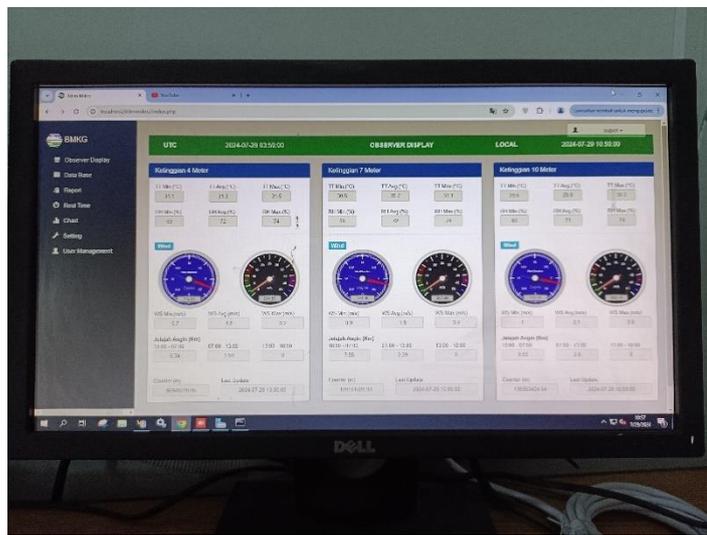
Komputer *Display Soil Muisture* yang ditunjukkan pada Gambar 4.20. digunakan untuk konfigurasi pengaturan pada *Soil Muisture* seperti update tanggal dan waktu, upload atau update program, download data *Soil Muisture* dan menampilkan data dari *Soil Muisture* ke Komputer. Komputer *Soil Muisture* belum dilengkapi dengan arrester sehingga perlu dilengkapi dengan arrester.



Gambar 4.20. Komputer *display Soil Muisture*

## 11. Komputer *Display* Iklim Mikro Otomatis

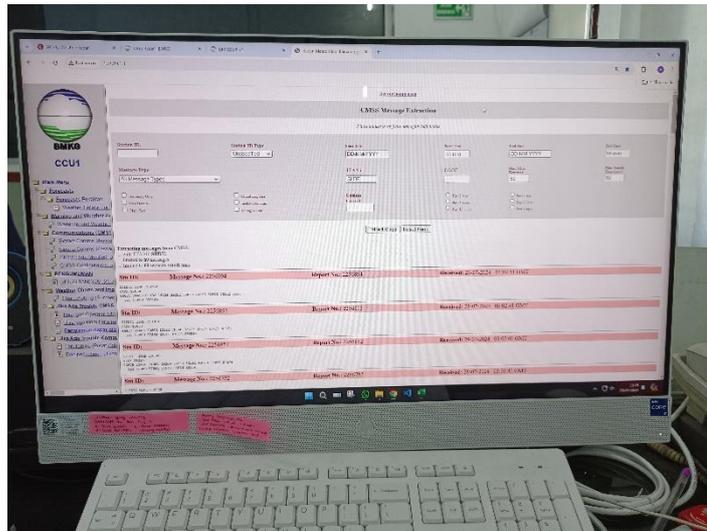
Komputer *Display* Iklim Mikro Otomatis yang ditunjukkan pada Gambar 4.21. digunakan untuk konfigurasi pengaturan pada Iklim Mikro Otomatis seperti update tanggal dan waktu, upload atau update program, download data iklim mikro dan menampilkan data dari iklim mikro ke Komputer. Komputer Iklim Mikro Otomatis belum dilengkapi dengan arrester sehingga perlu dilengkapi dengan arrester.



Gambar 4.21. Komputer *Display* Iklim Mikro Otomatis

## 12. Komputer Pengiriman Data CMSS

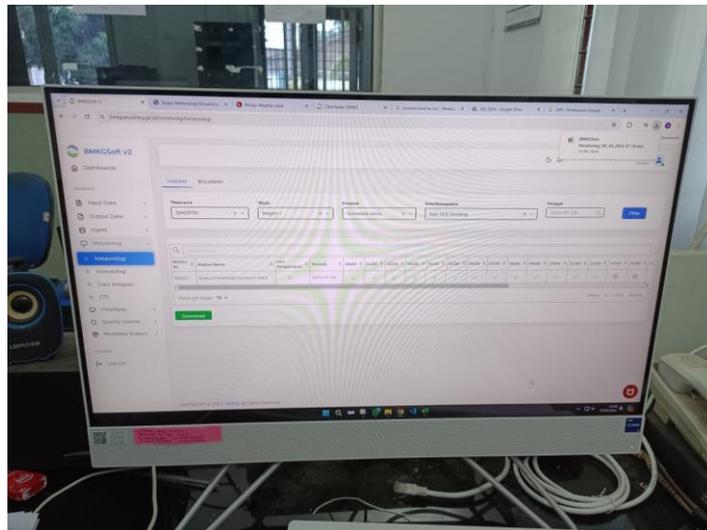
Komputer Pengiriman Data CMSS yang ditunjukkan pada Gambar 4.22. digunakan untuk mengirimkan data hasil pengamatan setiap 3 jam sekali. Komputer Pengiriman Data CMSS belum dilengkapi dengan arrester sehingga perlu dilengkapi dengan arrester.



Gambar 4.22. Komputer pengiriman data CMSS

### 13. Komputer Operasional Pengamatan

Komputer Operasional Pengamatan yang ditunjukkan pada Gambar 4.23. digunakan untuk *entry* data pengamatan tiap jam. Komputer Pengamatan belum dilengkapi dengan arrester sehingga perlu dilengkapi dengan arrester.



Gambar 4.23. Komputer pengamatan

#### 4.2.2. Pengukuran Tahanan

Pelaksanaan pengukuran tahanan pada masing-masing blok dilaksanakan di taman alat dan Gedung observasi Stasiun Klimatologi Sumatera Utara. Gambar 4.24. menunjukkan pengukuran yang dilaksanakan pada blok kontrol 1.



Gambar 4.24. Pelaksanaan pengukuran tahanan pada blok kontrol 1

Pelaksanaan pengukuran dilaksanakan pada tanggal 8 Mei 2024. Hasil pelaksanaan pengukuran pada masing-masing blok, blok 1 sampai dengan blok 7 yang mana pengukuran untuk blok 1 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.25. untuk pengukuran blok 2 sampai dengan blok 7 ditunjukkan pada Lampiran 1.



Gambar 4.25. Tahanan pentanahan blok kontrol No. 1

Hasil pengukuran yang telah dilaksanakan pada masing-masing blok kontrol ditunjukkan pada Tabel 4.1. yang mana nilai tahanan pada masing-masing blok kontrol di bawah 1 ohm.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan

Blok Kontrol Pentanahan	Nilai Tahanan Pentanahan (Ohm)
1	0,57
2	0,27
3	0,10
4	0,45
5	0,41
6	0,65
7	0,47
Rata-rata	0,42

#### 4.2.3. Perhitungan Tahanan

Penghitungan tahanan sistem pentanahan menggunakan batang tunggal dilaksanakan sesuai elektroda yang di pasang pada lingkungan Gedung Observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dengan panjang elektroda batang dan kedalaman 12 meter. Diameter maksimum elektroda batang  $5/8$  inch = 0,015 meter, sehingga jari-jarinya 0,0075 meter dengan tahanan jenis tanah 29,83 ohmic dan banyaknya elektroda batang sebanyak 7 buah. Dengan menggunakan Persamaan 2.9 diperoleh nilai tahanan sebagai berikut.

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

$$R = \frac{29,83}{2 \times 3,14 \times 12} \left( \ln \frac{4 \times 12}{0,0075} - 1 \right)$$

$$R = \frac{29,83}{75,36} \left( \ln \frac{48}{0,0075} - 1 \right)$$

$$R = 0,396 (7,764)$$

$$R = 3,073 \Omega$$

Selanjutnya dikarenakan terdapat 7 buah elektroda batang dengan instalasi secara paralel maka  $R_{total}$  dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.10.

$$\frac{1}{R_{Total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_{Total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7}$$

$$R_{Total} = \frac{3,073}{7}$$

$$R_{Total} = 0,439 \Omega$$

Dari hasil pengukuran diperoleh nilai tahanan sebesar 0,420 ohm dan hasil perhitungan tahanan sistem pentanahan diperoleh nilai tahanan sebesar 0,439 ohm. Terdapat selisih sebesar 0,019 ohm. nilai tahanan pentanahan berada dibawah 2 ohm sesuai dengan SNI PUIL 2011 mengenai nilai tahanan pada peralatan elektronik.

#### 4.2.4. Kondisi yang diharapkan

Pemasangan Arrester dan pentanahan internal untuk masing-masing peralatan di Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dikarenakan masih banyaknya peralatan elektronik tegangan rendah yang belum dilengkapi dengan arrester maupun pentanahan internal

Dalam operasional normal antar peralatan grounding harus terpisah karena menghindari terjadinya keselarasan antar tegangan, maka integrasi antar grounding menggunakan *spark gap*. *Spark gap* ini pada kondisi tidak ada impuls,

maka ia menjadi *normally open* sehingga grounding terpisah, tetapi saat terjadi lonjakan tegangan dia akan *normally close*, sehingga grounding otomatis terhubung. Spark gap pada umumnya digunakan untuk mencegah kerusakan peralatan listrik oleh karena adanya lonjakan tegangan listrik.

Oleh karena itu penelitian ini merekomendasikan masing-masing setiap titik grounding listrik dan grounding penangkal petir diparalel dan dihubungkan ke *grounding bus*. Dimaksudkan pada grounding bus terdapat *spark gap* atau *surge arrester*. Di Gedung observasi dan taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara belum terdapat grounding bus yang merupakan stasiun penghubung *grounding* untuk pemerataan nilai tahanan pentanahan pada setiap gedung. Sehingga disaat ada lonjakan arus yang disebabkan oleh petir, tidak merusak *grounding system* pada alat elektronik didalam gedung.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian Tesis ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Berdasarkan nilai pengukuran tahanan pentanahan pada masing-masing blok kontrol didapatkan nilai rata-rata 0,42 ohm dan hasil perhitungan tahanan pentanahan diperoleh nilai tahanan sebesar 0,439 ohm. Terdapat selisih sebesar 0,019 ohm. Nilai tahanan pentanahan berada dibawah 2 ohm sesuai dengan [SNI PUIL 2011](#) mengenai nilai tahanan pada peralatan elektronik.
2. Kerusakan peralatan elektronik pada tegangan rendah di gedung observasi dan tegangan DC di taman alat Stasiun Klimatologi Sumatera Utara diakibatkan karena belum semua terpasang arrester dan pentanahan internal pada masing-masing peralatan elektronik untuk mengatasi lonjakan tegangan akibat sambaran petir, terbukti peralatan yang sudah terpasang arrester ataupun pentanahan internal relatif aman dari kerusakan.

#### **5.2. Saran**

Penelitian lanjutan ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem pentanahan sehingga peralatan elektronik di stasiun klimatologi dapat terlindungi lebih baik dari ancaman sambaran petir, sekaligus menjaga kontinuitas pengumpulan data klimatologi yang sangat penting bagi analisis cuaca dan iklim. Berdasarkan temuan yang ada, saran untuk penelitian lanjutan meliputi:

1. Pengembangan material pentanahan baru: Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengeksplorasi penggunaan material alternatif yang lebih efektif dan ekonomis dalam meningkatkan konduktivitas sistem pentanahan, seperti nanomaterial atau campuran logam baru.

2. Pengujian pada berbagai kondisi lingkungan: Studi tambahan diperlukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pentanahan pada berbagai kondisi cuaca dan jenis tanah, mengingat variabilitas resistivitas tanah yang tinggi di berbagai daerah. Analisis mengenai pengaruh kelembaban dan tekstur tanah terhadap sistem pentanahan juga dapat membantu mengoptimalkan desain sistem.
3. Integrasi sistem proteksi aktif dan pasif: Integrasi antara sistem pentanahan pasif (grounding rods) dengan proteksi aktif (seperti surge arrester berbasis elektronik yang responsif terhadap deteksi petir) dapat diuji untuk meningkatkan efektivitas dalam melindungi peralatan elektronik.
4. Penggunaan metode monitoring berbasis IoT: Implementasi Internet of Things (IoT) dalam memonitor parameter sistem pentanahan secara real-time dapat memberikan peringatan dini jika terdapat potensi kegagalan proteksi, memungkinkan intervensi cepat sebelum peralatan rusak.
5. Pengembangan simulasi yang lebih canggih: Penerapan perangkat lunak simulasi yang lebih canggih dengan mempertimbangkan model fisik petir dan sistem pentanahan secara tiga dimensi (3D) untuk mempelajari efek arus petir dengan lebih detail, termasuk interaksi antara arus petir dan tanah dalam berbagai kondisi medan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Ta'ali, H. Hambali, A. B. Pulungan, and C. D. Piliya Reza, "Evaluasi Sistem Grounding di Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 289–293, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i2.188.
- [2] F. Agriyani, T. Tohir, and ..., "Perancangan dan Pemasangan Sistem Pembumian untuk Pengembangan Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung," ... *Res. Work.* ..., no. 81, pp. 17–23, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/5354>
- [3] IGN.Janardana, "Pengaruh Umur Pada Beberapa Volume Zat Aditif Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan," *Maj. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 1–6, 2012.
- [4] K. rudi A. Setyawan, I. G. N. Janardana, and N. P. S. Utama, "Analisis Sistem Pembumian untuk Mengamankan Instalasi Listrik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana Jimbaran Bali," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 2, p. 191, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i02.p05.
- [5] S. 0225 National Standardization Body (BSN), "Persyaratan Umum Instalasi Listrik," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. PUIL, pp. 1–133, 2011.
- [6] A. Junaidi, "Analisa Surja Petir Menggunakan Elektromagnetik Transien Program Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi," *Kilat*, vol. 10, no. 2, pp. 359–369, 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i2.1450.
- [7] T. Gunawan and L. N. L. Pandiangan, "Analisis Tingkat Kerawanan Bahaya Sambaran Petir Dengan Metode Simple Additive Weighting Di Provinsi Bali," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 15, no. 3, 2014, doi: 10.31172/jmg.v15i3.221.
- [8] A. Sintianingrum, Y. Martin, and E. Komalasari, "Simulasi Tegangan Lebih Akibat Sambaran Petir terhadap Penentuan Jarak Maksimum untuk Perlindungan Peralatan pada Gardu Induk," *Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 54–61, 2016.
- [9] A. Nugraha, "Sistem Proteksi Petir Pada Sistem Tegangan Rendah dan Peralatan Elektronik di Gardu Induk Tegangan Tinggi," INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG, 2020.
- [10] S. Bandri, "Sistem Proteksi Petir Internal Dan Ekternal," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 3, no. 1, p. 6, 2014.

- [11] R. Zoro, "Tropical Lightning Current Parameters and Protection of Transmission Lines," *Int. J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 11, no. 3, pp. 506–514, Sep. 2019, doi: 10.15676/ijeei.2019.11.3.4.
- [12] Widhya Putra P, "Evaluasi Sistem Proteksi Petir Pada Base Tranceiver Station (BTS)," *Eval. Sist. Prot. Petir Pada Base Tranceiver Stn. Skripsi*, p. 92, 2009.
- [13] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, *Proteksi bangunan terhadap petir – Bagian 1: Prinsip umum*, vol. 1, no. 2006. 2004.
- [14] E. H. Febriani Syafran Putri, "Evaluasi Sistem Proteksi Petir pada Tower PT Sampoerna Telekomunikasi Indonesia (Ceria) Pekanbaru," *Univ. Riau*, vol. Volume 4, no. No. 2, pp. 1–6, 2017.
- [15] L. Naomi, L. Pandiangan, W. Wardono, R. B. Y. H. W. H, K. Petir, and P. R. Bumi, "Analisis Pemetaan Sambaran Petir Akibat Bangunan BTS Terhadap Lingkungan dan Sekitarnya di Kota Medan," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. Vol. 11 No, no. November 2010, pp. 86–97, 2010.
- [16] R. Wamboo, M. Jamil, and R. Rosihan, "Sistem Informasi Geofisika Di Stasiun Geofisika Kelas Iii Tenate Berbasis Web," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2019, doi: 10.33387/jiko.v2i2.1317.
- [17] G. Musyaha, "Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ( Pltmh ) Jenis Tanah Kerikil Kering," *Cahaya Bagaskara J. Ilm. Tek. Elektron.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–17, 2017, [Online]. Available: [https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya\\_bagaskara/article/view/390](https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya_bagaskara/article/view/390)
- [18] G. W. S. Nugraha, S. Sunardi, and T. Arifianto, "Pembuatan Sistem Grounding Axle Counter Berdasarkan Tahanan Jenis Tanah dan Kedalaman Grounding," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–13, 2023, doi: 10.20895/jtece.v5i1.803.
- [19] PUIL, "PerPUIL. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Standar Nasional Indonesia DirJen Ketenagalistrikan, 2000(Puil), 562.syaratn Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," *Standar Nas. Indones. DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. Puil, p. 562, 2000.
- [20] Nurhidayat.a, "Review Metode Pemodelan Elektroda Pentanahan," *Pros. SNATIF ke-4 Tahun 2017*, pp. 153–160, 2017.
- [21] H. Yuliadi, S. Hardi, and R. Rohana, "Analisis Perbandingan Tahanan Pentanahan Pada Elektroda Batang Dan Plat Untuk Perbaikan Nilai Resistansi Pembumian," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 68–74, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/7828>
- [22] H. Hendrik, H. Tumaliang, and G. M. C. Mangindaan, "Analysis Of The Effect Of Soil Structure On Grounding Impedance," *J. Tek. Elektro dan*

- Komput.*, vol. 12, no. 1, pp. 35–42, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom>
- [23] N. Nurdiana and A. Nurdin, “Pengaruh Kedalaman Terhadap Tahanan Pentanahan Di Area Rusunawa Kampus Universitas Pgri Palembang,” *J. Ampere*, vol. 4, no. 2, p. 327, 2020, doi: 10.31851/ampere.v4i2.3453.
- [24] K. Sambeka, G. Mangindaan, and S. Silimang, “Pengukur Tahanan Pembumian Dengan Media Penyimpanan Database,” *Univ. Sam Ratulangi Manad.*, 2022.
- [25] L. B. Toyib, M. Zainuddin, Rusdiansyah, Bustani, “Jarak Penempatan Lightning Arrester sebagai Pelindung Transformator terhadap Tegangan Lebih pada Gardu Induk 150 Kv Harapan Baru,” *Ilmiah, J. Indones. Multidisiplin*, vol. 1, no. 2, pp. 164–185, 2023.
- [26] D. Risqiwati, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, “Detection of Fault Location for Multi-Point Faults on 20 kV Distribution System Based on Travelling Wave Method,” *Dept.of Electr. Eng. Campus Inst. Teknol. Sepuluh Nopember, Surabaya*, no. May, 2013.
- [27] Y. P. . Putra, “Analisis Transient Recovery Voltage pada Switching Circuit Breaker Tegangan Menengah Menggunakan Gelombang Berjalan dengan Variasi Hubungan Belitan Trafo Daya,” 2020.
- [28] F. D. Sukardi, A. Zain, and A. Muliawan, “Prototipe Pengaman Peralatan Instalasi Listrik dan Tegangan Sentuh Bagi Manusia dengan ELCB ( Earth Leakege Circuit Breaker ),” *J. Teknol. Elekterika*, vol. 3, no. 2, p. 56, 2019, doi: 10.31963/elekterika.v3i2.2010.
- [29] R. Agustian and B. H. Wibowo, “Analisa Penempatan Jarak Arrester Sebagai Proteksi Transformator Terhadap Tegangan Lebih Surja Petir,” *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Tecthnology*, vol. 16, no. 1, pp. 5–8, 2018.
- [30] J. Manihuruk, T. Simorangkir, and N. L. Sitanggang, “Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 KV,” *J. ELPOTecs*, vol. 4, no. 1, pp. 16–25, 2021, doi: 10.51622/elpotecs.v4i1.447.
- [31] A. I. Saleh, Manto, Pratiwi, “Analisis Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan Pada Tanah Berair,” *J. Nas. cosPhi*, vol. 3, no. 01, pp. 1–5, 2019, [Online]. Available: <https://cosphijournal.unisan.ac.id/index.php/cosphihome/article/view/60/21>
- [32] J. Yalindua, B. Kilis, and H. Sumual, “Perancangan Sistem Pentanahan Gedung Pusat Komputer Universitas Negeri Manado,” *J. EDUNITRO J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 71–80, 2022, doi: 10.53682/edunitro.v2i2.4019.
- [33] Sudaryanto, “Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian Pada Tanah Basah, Tanah Berpasir dan Tanah Ladang,” *J. Electr. Technol.*, vol.

1, no. 1, p. 1, 2016.

- [34] L. Herawati, “Jurnal Ilmiah Sinteks Issn : 1907-2007 E-Issn : 2579-7115 Jurnal Ilmiah Sinteks Issn : 1907-2007 E-Issn : 2579-7115,” *J. Ilm. Sinteks Issn 1907-2007 E-Issn 2579-7115*, vol. 9, no. 1, pp. 30–35, 2020.
- [35] M. Royhan, “Arrester Tegangan rendah pada daya 6,6 KVA / 380V di Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, pp. 214–222, 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1506.
- [36] S. J. Nurul H, “Analisis Penggunaan Arrester Sebagai Pengaman,” *J. Fokus Elektroda*, vol. 07, no. 01, pp. 13–17, 2022.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Dokumentasi Pengukuran Tahanan Pada Blok Kontrol

#### DOKUMENTASI PENGUKURAN TAHANAN PADA BLOK KONTROL



Tahanan pentanahan blok kontrol No. 2



Tahanan pentanahan blok kontrol No. 3



Tahanan pentanahan blok kontrol No. 4



Tahanan pentanahan blok kontrol No. 5



Tahanan pentanahan blok kontrol No. 6



Tahanan pentanahan blok kontrol No. 7

## Lampiran 2. Spesifikasi *Ground Tester*

### SPESIFIKASI *GROUND TESTER*

# EARTH GROUND RESISTANCE TESTER

## 2/3 POINT FALL OF POTENTIAL

Employs the 3 Pole FOP (Fall of Potential) method to verify ground rod performance.

#### Tests for:

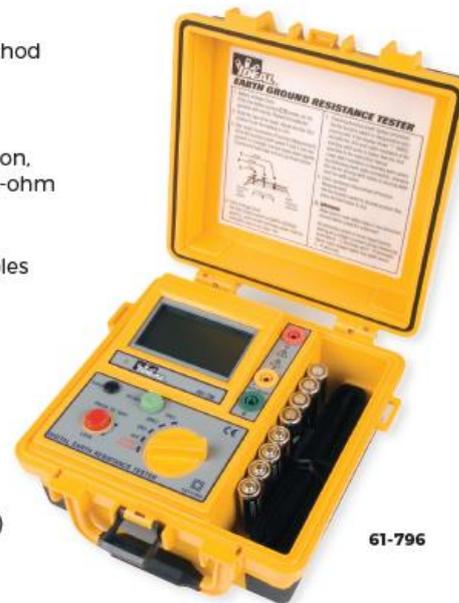
- Earth voltage,
- Bond Resistance with 0.01-ohm resolution,
- Rod Resistance with 20, 200- and 2000-ohm Ranges.

#### Features:

- Measures ground rod resistance using 3-poles
- Measures earth voltage
- Does not trip ground fault breakers in the circuit under test
- Includes test leads and electrodes
- Zero ohm adjustment
- Data hold function
- Low battery indication

#### Accessories Included:

- Hard Case
- Test leads (red-33m, yellow-33m, green-5m)
- Two Auxillary earth spikes
- Simplified measurement probe
- Instruction manual
- (8) 1.5V (AA) batteries.



Earth Spikes, Test Leads, & Measurement Probe Included

# EARTH GROUND RESISTANCE TESTER

## 2/3 POINT FALL OF POTENTIAL

### General Specifications

Characteristics	Description
Display	LCD 3-1/2 with 2000 counts, maximum display count of 1900
Over-range Indication	'1' in Most Significant Digit (MSD)
Operation Frequency of $\Omega$ Current	820Hz to 1.6kHz at approx. 2mA
Earth Resistance Range	20 $\Omega$ /200 $\Omega$ /2000 $\Omega$
Resistance Resolution	0.00 - 19.99 (0.01 $\Omega$ )
	00.0 - 199.9 (0.1 $\Omega$ )
	000 - 1999 (1 $\Omega$ or .001K $\Omega$ )
Earth Resistance Accuracy	$\pm$ (2% reading + 2 digits) or $\pm$ 0.1 $\Omega$
Max Earth Voltage	0-200V AC, 40-500Hz
Earth Voltage Accuracy	$\pm$ (1% reading + 2 digits)
Power on/off	Switch only / No auto power off mode
Low Battery Indicator	 Symbol indicates low battery voltage
Data Hold Indicator	 Symbol indicates data hold
Power	8 x 1.5V AA Batteries (Alkaline preferred)
Applicable Standards	IEC/EN 61010-1; (CAT III 200V) pollution degree 2
Dimensions	8.3"H x 8.3"W x 4.0"D
Weight	Approximately 3.0 lbs. (1361g) including battery
Storage Environment	32°F to 122°F at <80% relative humidity
Operating Environment: Relative Humidity	32°F to 104°F 80% Relative Humidity
Accessories Included	Hard Case, Test Lead Set (red-33m, yellow-33m, green-5m); Red 1m dual input jack to alligator clip adapter lead, 2 Auxiliary earth spikes and Instruction Manual

### Ranges & Accuracy Specification

#### Measurement Characteristics

(All at 75°F  $\pm$  4°F, <80% R.H.) Measurement accuracy is expressed as  $\pm$ (% reading + digits) in the resistance and voltage functions.

#### Resistance

Range	Measuring Range	Resolution	Accuracy
20 $\Omega$	0.00 $\Omega$ - 19.99 $\Omega$	0.01 $\Omega$	$\pm$ (2% reading + 2 digits) <sup>1</sup>
200 $\Omega$	00.0 $\Omega$ - 199.9 $\Omega$	0.1 $\Omega$	$\pm$ (2% reading + 2 digits)
2000 $\Omega$	000 $\Omega$ - 1999 $\Omega$	1 $\Omega$ or 0.001K $\Omega$	$\pm$ (2% reading + 2 digits) <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Error is  $\pm$  2 digits or  $\pm$  0.1 $\Omega$ , whichever is greater  
Operation frequency of current is 820Hz to 1.6Hz at approx. 2mA.

#### Earth Voltage Potential

Range	Measuring Range	Resolution	Accuracy
0-200V AC	00.0 - 199.9V	.1mV	$\pm$ (1.0% + 2 digits)



IDEAL INDUSTRIES, INC.  
1800 S. Prairie Drive, Sycamore, IL 60178, USA / 815-895-5181 • 800-435-0705 IN USA  
International offices:  
Australia • Canada • China • France • India • Germany • Mexico • UK  
For complete sales office contact information, visit us at:  
[www.idealind.com](http://www.idealind.com)

### Lampiran 3. Dokumentasi Instalasi Sistem Pentanahan

#### DOKUMENTASI INSTALASI SISTEM PENTANAHAN



## Lampiran 4. Laporan Kerusakan Peralatan

### LAPORAN KERUSAKAN PERALATAN

#### LAPORAN KERUSAKAN PERALATAN STASIUN KLIMATOLOGI DELI SERDANG

Telah terjadi kerusakan peralatan Stasiun Klimatologi Deli Serdang dikarenakan sambaran petir pada tanggal 30 September 2018 kurang lebih pada pukul 11.50 WIB. Sambaran petir menyebabkan kerusakan di beberapa peralatan diantaranya :

1. Meteran PLN
2. Jaringan listrik gedung observasi dan taman alat
3. Koneksi CMSS terputus
4. UPS dan Analyzer PM 10 rusak
5. Arrester Accelerograp
6. AWS Staklim Deli Serdang

Pada tanggal 30 September hingga 3 Oktober 2018 telah dilakukan pengecekan dan perbaikan koneksi CMSS dan jaringan listrik di gedung observasi dan taman alat. Setelah perbaikan listrik di taman alat baru diketahui bahwasannya AWS Staklim Deli Serdang mengalami kerusakan.

Demikian yang dapat kami laporkan.

#### Dokumentasi



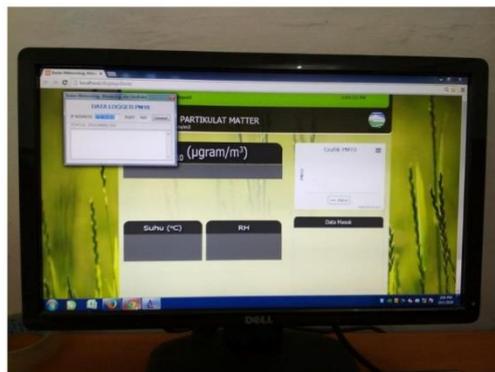
Meteran masih di bypass PLN



UPS PM10 OFF



Analyzer PM10 OFF



PC PM10 masih ON



Arrester Accelerograph Red (Replace)



Tegangan Baterai Campbell



Tegangan Solar Panel AWS



Socket Power terlepas



Socket ground gosong



Modem Off



Box penutup wiring pecah

Medan, 04 Oktober 2018  
Teknisi

Toto Suharyanto, ST  
NIP. 197501211996031001

Muhamad Soleh, S.Tr  
NIP. 198611262006041001

### LAPORAN KERUSAKAN ALAT

Telah terjadi kerusakan beberapa peralatan operasional observasi Stasiun Klimatologi Deli Serdang dikarenakan sambaran petir pada tanggal 19 Mei 2019 kurang lebih pada pukul 21.00 WIB. Kerusakan terjadi diantaranya :

1. Komputer PM10
2. Koneksi CMSS terputus (sudah tertangani)

Demikian yang dapat kami laporkan, mohon kiranya dapat segera ditindaklanjuti.

#### Dokumentasi



Medan, 20 Mei 2019  
Teknisi

Toto Suharyanto, ST  
NIP. 197501211996031001

Muhamad Soleh, S.Tr  
NIP. 198611262006041001