

**SKRIPSI**

**“PENGUNAAN METODE COUNTER POISE UNTUK  
MENINGKATKAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA TOWER 39  
JALUR SUNGGUMINASA – TALLASA”**



**MUH. IKBAL HERLAMBANG**

**105821101519**

**AMAT FATONI ABDUL R.**

**105821103319**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2023**

**SKRIPSI**

**“PENGUNAAN METODE COUNTER POISE UNTUK  
MENINGKATKAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA TOWER 39  
JALUR SUNGGUMINASA – TALLASA”**



Tugas Akhir

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

**MUH. IKBAL HERLAMBANG**

**105821101519**

**AMAT FATONI ABDUL R.**

**105821103319**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2023**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **PENGGUNAAN METODE COUNTER POISE UNTUK MENINGKATKAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA TOWER 39 JALUR SUNGGUMINASA - TALLASA**

Nama : 1. Muhammad Ikbal Herlambang  
2. Amat Fatoni Abdul Rachman

Stambuk : 1. 105 82 11015 19  
2. 105 82 11033 19

Makassar, 31 Agustus 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Ir. Adriani, S.T.,M.T.,IPM

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro

  
Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM  
NBM : 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muhammad Ikbal Herlambang** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11015 19 dan **Amat Fatoni Abdul Rachman** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11033 19, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0012/SK-Y/20201/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu, 30 Agustus 2023.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

15 Shafar 1445 H

31 Agustus 2023 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

2. Penguji

a. Ketua : Rizal Ahdiyat Duyo, S.T., M.T.

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

3. Anggota : 1. Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T., M.T., Ph.D

2. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

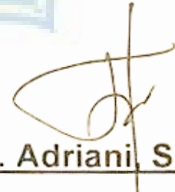
3. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Mengetahui :

Pembimbing I

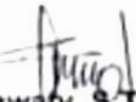
Pembimbing II

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

  
Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM



Dekan

  
Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM

NBM : 795 108

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat limpahan rahmat, karunia dan hidayahNya-lah sehingga kami diberikan kekuatan untuk menyelesaikan Tugas akhir dengan judul **“PENGGUNAAN METODE COUNTER POISE UNTUK MENINGKATKAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA TOWER 39 JALUR SUNGGUMINASA – TALLASA”**.

Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik, Program studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.

Pada proses penyelesaian Tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada

1. Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.
2. Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag., Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ibu Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM. dan Ibu Ir. Rahmania, S.T., M.T., IPM. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Bapak Dr. Umar Katu, S.T., M.T., Selaku Pembimbing I dan Ibu Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM Selaku Pembimbing II., Yang telah banyak memberikan masukan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
7. Para Staff dan Dosen yang membantu penulis selama melakukan studi di Program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
8. Rekan-rekan Mahasiswa angkatan 2019 baik kelas non regular dan seluruh keluarga besar Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
9. Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu yang berjasa dalam penyusunan tugas akhir ini.

*Akhirul kalam*, semoga tugas akhir penulis dapat membantu menambah khasanah ke-ilmuan yang bermanfaat bagi pembaca.

*Billahi fisabilhaq fastabiqul khaerat, Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Makassar, Agustus 2023

Penyusun

## ABSTRAK

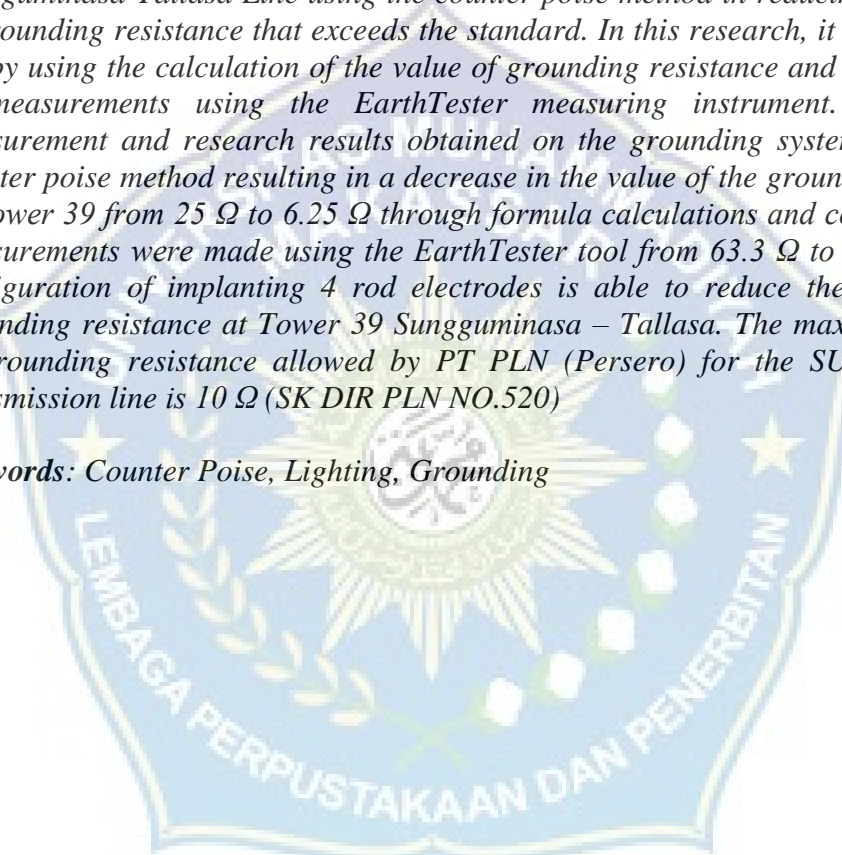
Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan dengan menggunakan sistem pentanahan pada kaki tower, melalui jaringan tegangan tinggi 150kV di sepanjang jalur pemasangan tower di wilayah Gardu Induk Sungguminasa-Tallasa, dengan meneliti sebanyak 10 Tower sehingga di temukan di satu tower yang memiliki nilai tahanan pentanahan yang tertinggi yaitu pada Tower 39. Nilai tahanan pentanahan tower yang tinggi dapat mengakibatkan arus listrik tidak dapat terbuang dengan sempurna ke tanah yang dapat menimbulkan terjadinya padam meluas. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisa pengujian perbaikan nilai tahanan pentanahan pada tower 39 Jalur Sungguminasa-Tallasa dengan menggunakan metode counter poise dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan yang melebihi standar. Dalam penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan perhitungan nilai tahanan pentanahan dan perbandingan pengukuran menggunakan alat ukur *EarthTester*. Dari hasil pengukuran dan penelitian di dapatkan pada sistem pentanahan menggunakan metode *counter poise* mengakibatkan penurunan nilai tahanan pentanahan pada Tower 39 dari 25  $\Omega$  menjadi 6,25  $\Omega$  melalui perhitungan rumus dan perbandingan dilakukan pengukuran menggunakan alat *EarthTester* dari 63,3  $\Omega$  menjadi 0,6  $\Omega$ . Konfigurasi penanaman 4 elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan pada Tower 39 Sungguminasa – Tallasa. Nilai maksimum tahanan pentanahan yang diperbolehkan oleh PT PLN (Persero) untuk jalur transmisi SUTT 150 kV sebesar 10  $\Omega$  ( SK DIR PLN NO.520 )

**Kata Kunci:** *Counter Poise*, Petir, Pentanahan.

## **ABSTRACT**

*This research was conducted to improve the value of grounding resistance by using a grounding system at the foot of the tower, through a 150kV high voltage network along the tower installation line in the Sungguminasa-Tallasa Substation area, by examining as many as 10 towers so that one tower was found that had a grounding resistance value. the highest is at Tower 39. A high tower grounding resistance value can result in an electric current not being properly wasted to the ground which can cause widespread blackouts. The purpose of this study is to analyze the testing of grounding resistance improvements in tower 39 of the Sungguminasa-Tallasa Line using the counter poise method in reducing the value of grounding resistance that exceeds the standard. In this research, it was carried out by using the calculation of the value of grounding resistance and comparison of measurements using the EarthTester measuring instrument. From the measurement and research results obtained on the grounding system using the counter poise method resulting in a decrease in the value of the ground resistance at Tower 39 from 25  $\Omega$  to 6.25  $\Omega$  through formula calculations and comparisons, measurements were made using the EarthTester tool from 63.3  $\Omega$  to 0.6  $\Omega$  . The configuration of implanting 4 rod electrodes is able to reduce the amount of grounding resistance at Tower 39 Sungguminasa – Tallasa. The maximum value of grounding resistance allowed by PT PLN (Persero) for the SUTT 150 kV transmission line is 10  $\Omega$  (SK DIR PLN NO.520)*

**Keywords:** Counter Poise, Lighting, Grounding





## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR SINGKATAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Batasan Masalah .....	5
F. Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
A. Pengertian Petir dan Grounding Sistem .....	7
B. Saluran Udara Transmisi Tenaga Listrik.....	10
C. Isolator .....	11

D.	Standar dan Jenis Pentanahan Kaki Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT ).....	15
E.	Pengukuran Tahanan Pentanahan .....	19
BAB III METODE PENELITIAN .....		23
A.	Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	23
B.	Alat dan Bahan.....	23
C.	Teknik Pengumpulan Data .....	24
D.	Teknik Analisa Data.....	25
E.	Prosedur Penelitian .....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		27
A.	Lokasi Pengukuran .....	27
B.	Pengukuran Resistansi <i>Grounding</i> .....	28
C.	Data Pengukuran Pentanahan .....	29
D.	Analisa Data Pengukuran Dengan Perhitungan .....	31
E.	Analisa Menurunkan Nilai Tahanan Pentanahan Tower Dengan Metode <i>Counter Poise</i> .....	33
BAB V PENUTUP .....		38
A.	Kesimpulan .....	38
B.	Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA .....		40
LAMPIRAN .....		41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Topologi Jaringan Transmisi ULTG Panakkukang .....	2
Gambar 2.1	Ilustrasi Sambaran Petir Pada Tower Transmisi .....	7
Gambar 2.2	Saluran Udara Tegangan Tinggi .....	11
Gambar 2.3	Isolator Keramik .....	12
Gambar 2.4	Isolator Kaca .....	13
Gambar 2.5	Isolator Karet .....	13
Gambar 2.6	Isolator Porselen .....	14
Gambar 2.7	Isolator Polimer .....	14
Gambar 2.8	Elektroda Batang Ditanamkan Tegak Lurus .....	17
Gambar 2.9	<i>Earth Tester</i> .....	20
Gambar 2.10	Bagian-bagian <i>Earth Tester</i> .....	20
Gambar 2.11	Ilustrasi Pengukuran Dengan <i>Earth Tester</i> .....	21
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	25
Gambar 4.1	Pareto Gangguan Transmisi 2023 ULTG .....	27
Gambar 4.2	Ilustrasi Pengukuran Dengan <i>Earth Tester</i> .....	28
Gambar 4.3	Layout Pemasangan <i>Counter Poise</i> Pada Tower 39 .....	34

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tahanan Jenis Tanah .....	21
Tabel 4.1	Data Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan .....	30
Tabel 4.2	Perbaikan Nilai Tahanan Pentanahan Tower 39.....	36



## DAFTAR SINGKATAN

SUTT	: Saluran Udara Tegangan Tinggi
BIL	: <i>Basic Insulation Level</i>
KV	: <i>Kilo Volt</i>
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
GSW	: <i>Ground Steel Wire</i>
ULTG	: Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk



## **BAB I**

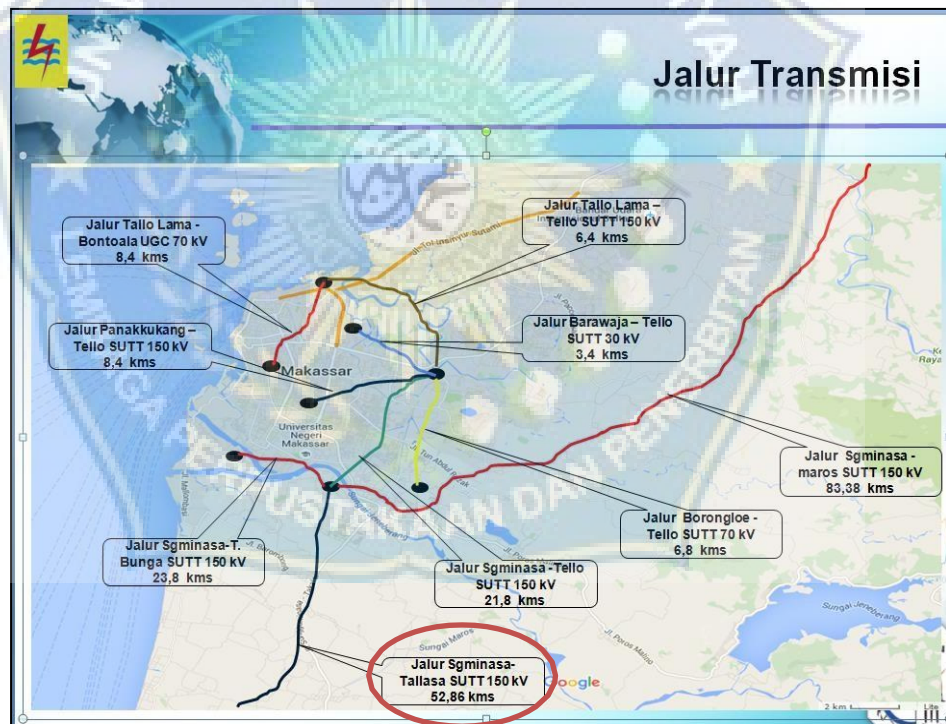
### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Pada era teknologi saat ini, energi listrik mempunyai peranan penting dalam menunjang kehidupan manusia. Baik di sektor industri maupun sektor rumah tangga, penggunaan listrik terus meningkat. Listrik yang dapat digunakan membutuhkan proses yang sangat berlarut-larut, dimulai dengan pembangkitan, bergerak melalui saluran transmisi, dan diakhiri dengan distribusi ke klien. Akibatnya, saluran transmisi sangat penting untuk distribusi listrik ke konsumen.

Salah satu sarana utama untuk mentransmisikan listrik dari sumber pembangkit listrik ke gardu induk dan kemudian ke pelanggan adalah saluran transmisi. Sistem distribusi energi, bagaimanapun, rentan terhadap gangguan karena berbagai hambatan medan yang dapat terjadi selama proses distribusi. Sambaran petir sering mengakibatkan banyak gangguan pada saluran transmisi. Kami akan berbicara lebih banyak tentang gangguan petir ini di masa mendatang. Instalasi saluran transmisi sering menjadi target yang mudah disambar petir karena konstruksinya yang tinggi dan lokasinya di area terbuka. Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dikenai muatan listrik yang sangat besar ketika disambar petir. Injeksi muatan listrik ini mengubah tegangan di saluran udara tegangan tinggi, menghasilkan tegangan berlebih yang merambat di sepanjang SUTT sebagai impuls. Karena resistensi menara dan pentanahan menara, hal ini dapat mengakibatkan flash balik atau back flashover.

Penelitian sebelumnya melakukan analisis pengaruh dan efektivitas pemasangan pentanahan metode counterpoise dalam memperbaiki nilai resistansi pentanahan pada tower SUTT 70 kV line Mandai-Pangkep. Dalam penelitian tersebut digunakan software MATLAB R2016a berbasis GUI (Graphical User Interface) untuk mempermudah dalam perhitungan. Dari hasil penelitian didapatkan pada sistem pentanahan dengan metode counterpoise mengakibatkan perubahan nilai tahanan pentanahan tower 70 sebesar 73,44 % dari 6,93  $\Omega$  menjadi 1,84  $\Omega$  dan tower 39 sebesar 76,33 % dari 10,14  $\Omega$  menjadi 2,4  $\Omega$ . (Ahmad Rosyid Idris, Usman, Wanda Suyono).



Gambar 1.1 Topologi Jaringan Transmisi ULTG Panakkukang

(sumber : PLN ULTG Panakkukang)

Jalur Sungguminasa-Tallasa yang memiliki panjang 52,86 km dan merupakan jalur backbone sistem Sulbagsel berdasarkan topologi jalur transmisi ULTG Panakkukang, akan terkena dampak signifikan apabila terjadi gangguan pada jalur tersebut. Karena lokasinya sebagai jalur udara terbuka dengan risiko sambaran petir yang tinggi, jalur transmisi jalur Sungguminasa–Tallasa membutuhkan sistem proteksi petir yang efektif. Meluasnya pemadaman di sistem Sulbagsel disebabkan oleh gangguan petir yang terjadi di jalur tersebut pada 11 Maret 2023 di tower 39 jalur Sungguminasa – Tallasa.

Salah satu elemen yang berkontribusi adalah resistansi menara yang tinggi dan pentanahan yang tidak tepat, yang mencegah pelepasan arus listrik yang memadai ke tanah dan mengakibatkan perbedaan potensial antara menara dan kabel fasa. Perbedaan potensial ini melebihi BIL (Basic Insulation Level) isolator, yang merusak media isolasi dan mengakibatkan gangguan fasa ke tanah. Memasang counter poise di dasar menara SUTT adalah salah satu tindakan yang diperlukan untuk melindungi konduktor agar hal ini tidak terjadi lagi.

## **B. Rumusah Masalah**

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan pengujian perbaikan nilai tahanan pentanahan tower dengan menggunakan metode *counter poise* dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan tower yang melebihi standar ?



2. Bagaimana menganalisa pengujian perbaikan nilai tahanan pentanahan tower dengan menggunakan metode *counter poise* dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan tower yang melebihi standar ?
3. Bagaimana standar nilai tahanan pentanahan tower saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV?

### C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis melakukan penelitian ini yaitu:

1. Untuk melakukan pengujian perbaikan nilai tahanan pentanahan pada tower 39 Jalur Sungguminasa-Tallasa dengan menggunakan metode *counter poise* dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan tower yang melebihi standar SPLN
2. Untuk menganalisa pengujian perbaikan nilai tahanan pentanahan pada tower 39 Jalur Sungguminasa-Tallasa dengan menggunakan metode *counter poise* dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan tower yang melebihi standar SPLN.
3. Sebagai salah satu upaya mitigasi gangguan petir pada Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT) 150 kV.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk meningkatkan keandalan dan kualitas proteksi pada saluran udara tegangan tinggi ( SUTT ) 150 kV jalur Sungguminasa – Tallasa terhadap gangguan petir.
2. Sebagai bahan referensi untuk pembaca yang mengenai pentanahan.

#### **E. Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Jalur Sungguminasa - Tallasa.

#### **F. Sistematika Penulis**

Tugas akhir ini terdiri atas lima bab, dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

#### **BAB I : Pendahuluan**

Bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan dari hasil penelitian yang akan dilakukan.

#### **BAB II : Tinjauan Pustaka**

Bab ini menguraikan referensi yang relevan dengan judul penelitian yang dilakukan.

### **BAB III : Metode Penelitian**

Bab ini mendeskripsikan metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini serta bagan alir penelitian.

### **BAB IV : Hasil Dan Pembahasan**

Hasil dari penelitian akan dibahas pada bagian ini.

### **BAB V : Penutup ( Simpulan Dan Saran )**

Bab ini memuat kesimpulan dan saran terkait judul penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pengertian Petir dan *Grouding Sistem*

##### 1. Pengertian Petir



Gambar 2.1 .Ilustrasi Sambaran Petir Pada Tower Transmisi

( Sumber PDKB UPT Makassar)

Petir adalah fenomena alam yang terjadi akibat pelepasan muatan listrik baik dari awan ke tanah, tanah ke awan, maupun antar awan. Pada dasarnya petir adalah pelepasan listrik yang sangat besar dan percikan api. Proses terjadinya petir diawali dengan terbentuknya badai, kemudian terjadi pelepasan petir. (I Made Yulistya Negara 2013)

Secara umum sambaran petir pada saluran transmisi di klasifikasikan menjadi 3 yaitu :

- 1) Pukulan langsung pada garis kawat, sehingga tidak mungkin untuk menghindari lompatan pada titik pendukung atau lokasi tertentu di gawang.
- 2) Ketika menara atau kawat di atas kepala dipukul, potensi lompatan meningkat karena kuatnya tahanan kaki menara.
- 3) Sambaran petir pada kawat tanah di atas mengakibatkan loncatan ke kawat konduktor karena bentuk gelombang petirnya curam.

Sambaran petir pada kabel tanah bagian atas adalah yang paling sering dari ketiga jenis sambaran petir pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT). ( Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014 ).

Pembumian yang kuat pada menara transmisi diperlukan untuk memperkuat ketahanan sistem terhadap sambaran petir. Jika petir menyambar kabel tanah di dekat menara listrik, arus akan terbagi menjadi dua bagian. Tanah di menara adalah tempat sebagian besar arus mengalir untuk mencapai tanah. Sementara sebagian kecil berjalan melalui groundwire sebelum di-ground oleh menara listrik berikutnya. Skenario lain adalah ketika petir menyambar kabel tanah yang membentang di antara dua menara listrik. Menara-menara di sekitar titik sambaran akan terkena gelombang petir ini. (1990, Artono Arismunandar)

Tegangan puncak sambaran petir dapat berkisar antara 100 hingga 1000 kV dan terjadi dalam hitungan mikrodetik. Saat petir menyambar menara, ini akan menyebabkan flashover belakang. Back flashover terjadi ketika sambaran petir menyebabkan flashover pada saluran transmisi yang mengakibatkan lebih banyak tegangan yang mengalir pada saluran dan yang amplitudo tegangannya melebihi

batas level isolasi peralatan (BIL). Kondisi ini biasanya disebabkan oleh resistansi atau resistansi menara yang tinggi dan landasan kaki menara.. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014).

Impuls petir adalah tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir. Akibat tegangan lebih impuls petir, sistem tenaga listrik rentan terhadap tiga bahaya, yaitu: (1990, Artono Arismunandar)

- 1) Jika sistem pentanahan untuk menara transmisi tidak memadai, arus petir yang mengalir melalui menara akan menghasilkan tegangan tinggi di bagian atas, meningkatkan perbedaan potensial yang dibawa oleh isolator transmisi dan mungkin menyebabkan peristiwa flashover pada isolator;
- 2) Jika gardu induk menerima tegangan impuls petir, tegangan lebih tersebut akan merusak isolasi peralatan;
- 3) Jika gelombang tegangan impuls petir berjalan ke ujung terbuka dari jaringan transmisi, gelombang tersebut akan dipantulkan dan berjalan kembali ke titik sambaran, menghasilkan tegangan pada titik refleksi yang dua kali lebih tinggi dari tegangan impuls petir yang masuk.

Sebagai akibat dari bahaya yang dapat ditimbulkan oleh tegangan lebih, tindakan harus dilakukan untuk menurunkan tegangan lebih yang mencapai peralatan sistem sehingga tidak melebihi kekuatan isolasi peralatan. Ada dua cara untuk mencapai hal ini: dengan menambahkan lebih banyak kabel arde untuk berfungsi sebagai jalur untuk melewatkan arus gangguan, dan dengan memasang

perangkat perlindungan tegangan lebih. (Kuwahara dan Artono Arismunandar, Susumu 1982)

## 2. Pengertian Sistem Pembumian

Sistem pentanahan, sering dikenal sebagai sistem pentanahan atau hanya sistem pentanahan, melindungi perangkat bertenaga listrik dari lonjakan daya, terutama petir. Sambungan antara sepotong mesin atau sirkuit listrik dan bumi disebut sebagai sistem pentanahan. Tujuan dasar pentanahan adalah untuk memberikan lonjakan listrik dan tegangan transien dengan jalur impedansi rendah ke permukaan bumi. (I Made Yulistya Negara, 2013).

Untuk mencegah tegangan menara yang tinggi, yang dapat mengganggu sistem distribusi jika terjadi sambaran petir, nilai pentanahan kaki menara harus dijaga serendah mungkin. (I Made Yulistya Negara, 2013). Tujuan sistem pentanahan adalah untuk mengurangi tegangan lebih transien sesuai dengan kemampuan isolasi standar peralatan, serta peraturan apa pun yang harus diikuti untuk keselamatan pekerja, dan untuk membuatnya lebih mudah untuk mengidentifikasi dan mengisolasi kesalahan yang terjadi dengan cepat dan tepat di sistem tenaga listrik. (Djiteng Marsudi 2006).

### **B. Saluran Udara Transmisi Tenaga Listrik**

Saluran transmisi dibangun dengan maksud untuk mengangkut tenaga listrik dalam jumlah besar dari pusat pembangkit ke pusat beban. Jenis saluran transmisi tenaga listrik yang paling umum di PLN digunakan untuk distribusi listrik overhead. Ini karena harganya lebih murah daripada jenis lain dan

membutuhkan lebih sedikit perawatan. Di PLN, berbagai jenis saluran transmisi tenaga listrik overhead digunakan yaitu : ( Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014 )

- a. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV
- b. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV
- c. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV



Gambar 2.2 Saluran Udara Tegangan tinggi ( SUTT )

( Sumber PDKB UPT Makassar )

### **C. Isolator**

#### **1. Pengertian isolator**

Isolator listrik adalah zat yang membuatnya tidak mungkin atau sulit untuk mentransfer muatan listrik. Elektron valensi sangat terkait dengan inti atom dalam bahan isolasi. Zat-zat ini berfungsi sebagai isolator dalam elektronik, atau penghalang aliran arus.. ( Djiteng Marsudi 2006 ).



## 2. Macam-Macam Isolator

### a. Isolator keramik

Mineral mengalami proses pemanasan untuk menghasilkan keramik, yang selanjutnya digunakan untuk membuat benda keramik. Porselen dan steatit adalah dua contoh bahan keramik yang tahan tekanan mekanis yang kuat dan ideal untuk aplikasi teknik kelistrikan. Bahan terbuat dari porselen yang berfungsi sebagai isolator antara lain sekering pipa porselen, isolator tegangan tinggi, dan cincin. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)



Gambar 2.3 Isolator Keramik (Sumber ULTG Panakkukang)

### b. Isolator Kaca

Kaca adalah penyalur arus listrik yang kuat, tetapi tidak seperti bahan keramik, kaca tidak memiliki kekuatan mekanik dan sangat rapuh. Kuarsa dan kapur digunakan sebagai bahan utama dalam proses peleburan untuk menghasilkan kaca. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)



Gambar 2.4 Isolator Kaca ( Sumber ULTG Panakkukang )

c. Isolator Karet

Karet adalah komponen penting isolator teknik listrik dan diproduksi dari getah beberapa pohon karet. Meskipun bahan ini memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap korosi, hewan sering merusaknya. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014 )



Gambar 2.5 Isolator Karet ( Sumber ULTG Panakkukang )

d. Isolator Porselen

Merupakan bahan isolasi yang terbentuk dari kombinasi kwartz, veld spaat, dan tanah porselen. Untuk mencegah bahan isolasi berpori, bagian luarnya dilapisi dengan bahan kaca. Permukaan isolator dibuat halus dan berkilau dengan lapisan glasir

ini, mencegah penyerapan air. ( Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014 )



[prifatedukasi.blogspot.com](http://prifatedukasi.blogspot.com)

Gambar 2.6 Isolator Porselen ( Sumber ULTG Panakkukang )

e. Isolator Komposit

Bahan isolasi yang disebut isolator komposit diciptakan untuk mengatasi kekurangan isolator porselen dan kaca. Komponen utama isolator komposit adalah inti berbentuk batang yang terdiri dari material komposit, fitting logam, dan material antarmuka.

( Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014 )



Gambar 2.7 Isolator Polimer ( Sumber ULTG Panakkukang )

Kaca, keramik, dan isolator komposit adalah tiga jenis isolator utama yang sering digunakan PLN. Hal ini karena manfaat dan harga yang terjangkau dari bahan isolator ini, serta karena batas tingkat operasi (BIL) mereka memenuhi

persyaratan yang ditetapkan oleh PLN. Bergantung pada jenis bahan isolator dan ukurannya, batas level operasi untuk setiap isolator adalah 11–12 kV per keping. ( SK.DIR PLN 0520 tahun 2014 ).

#### **D. Standar dan Jenis Pentanahan Kaki Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT )**

##### 1. Standar Pentanahan Kaki Tower

Sistem pentanahan harus memenuhi spesifikasi berikut agar dapat berfungsi dengan baik: ( Djiteng Marsudi 2006 )

- 1) Untuk melindungi orang dan peralatan, buat jalur impedansi rendah ke ground.
- 2) Memiliki kemampuan menahan dan menyebarkan gangguan arus balik dan arus surja.
- 3) Untuk menjaga konsistensi tampilan, gunakan bahan yang tahan korosi terhadap kondisi kimia tanah yang bervariasi.
- 4) Memanfaatkan sistem mekanis yang kuat namun mudah dirawat.

Salah satu elemen terpenting dalam mengamankan (melindungi) infrastruktur kelistrikan adalah pentanahan. Selain menjamin keamanan sistem tenaga listrik dan peralatan pendukung lainnya, sistem pentanahan yang kuat akan memberikan stabilitas sistem tenaga listrik. Tahanan pentanahan menara SUTT dikategorikan ke dalam tiga kategori berikut: ( SK.DIR PLN 0520 tahun 2014 )

- a. Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT ) 70 kV besarnya nilai tahanan pentanahan adalah 5 ohm.
- b. Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT ) 150 kV besarnya nilai tahanan pentanahan adalah 10 ohm.
- c. Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT ) 500 kV besarnya nilai tahanan pentanahan adalah 15 ohm.

Saluran transmisi merupakan bagian yang sering mengalami gangguan; gangguan tersebut selain gangguan internal atau peralatan itu sendiri, juga termasuk gangguan eksternal atau gangguan alam (salah satunya adalah gangguan akibat sambaran petir), karena saluran transmisi terhubung langsung dengan lingkungan luar melalui udara, panjang, tinggi, dan tersebar di berbagai area terbuka dan beroperasi dalam berbagai kondisi. ( Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN Tahun 2014 ).

## 2. Jenis Pentanahan Kaki Tower

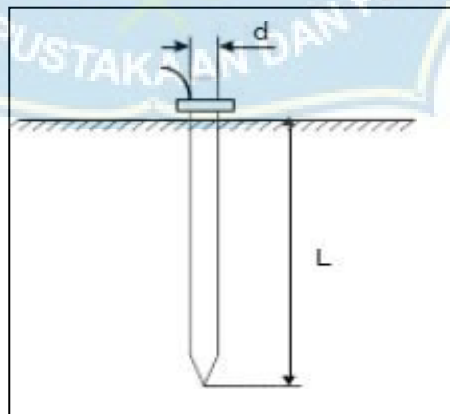
Ketika nilai pentanahan menara meningkat, PLN sering menggunakan berbagai teknik pentanahan. Apabila terjadi korsleting atau sambaran petir pada menara SUTT 150 kV, hal tersebut dilakukan sebagai upaya penanggulangan. Metode pentanahan menara SUTT adalah sebagai berikut: ( Djiteng Marsudi 2006 )

- a. Elektrode bar merupakan rel logam yang terkubur di tanah berfungsi sebagai batang elektroda. Nilai penggunaan lahan diturunkan paling sederhana dan efektif dengan dasar ini.

- b. Elektrod plat merupakan pelat logam yang ditanam secara horizontal di dalam tanah dikenal sebagai elektroda pelat. Karena tidak efektif untuk jenis tanah berbatu, teknik ini jarang digunakan.
- c. *Counter poise* merupakan perangkat yang diposisikan secara horizontal di dalam tanah. Pada tempat-tempat yang nilai tahanan tanahnya tinggi atau untuk menaikkan nilai tahanan tanah maka dilakukan pentanahan ini.
- d. *Mesh* merupakan kumpulan elektroda yang telah dibentangkan secara horizontal di atas tanah dan biasanya sesuai untuk daerah miring. Pemasangan gardu tegangan tinggi PLN sering menggunakan teknik pentanahan ini.

Menurut U. B Dwiht, untuk menentukan besarnya tahanan pentanahan elektroda batang ini adalah :

- Untuk satu batang elektroda ditanamkan tegak lurus



Gambar 2.8 Elektroda Batang Ditanamkan Tegak Lurus

( Sumber PUIL 2000)

$$R_{bt}^1 = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \ln \left( \frac{2L}{d} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

$R_{bt}^1$  = Tahanan kaki tower 1 batang elektroda (  $\Omega$  )

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (  $\Omega$  m )

L = Panjang batang yang tertanam ( m )

d = jari – jari batang elektroda ( m )

ln = Logaritmus (dasar e = 2.7182818 )

Persamaan di atas memprediksi bahwa jika panjang pentanahan bertambah, resistansi kaki menara akan berkurang. Jika variabel d diubah menjadi A dan jari-jari batang pentanahan sama dengan jika menggunakan batang pentanahan paralel, persamaan (2.1) masih dapat digunakan untuk menentukan tahanan kaki menara. Nilai A bergantung pada penempatan setiap batang pentanahan dan merupakan kelipatan dari batang tersebut.

penempatan :

2 batang diletakkan di mana saja  $A = \sqrt{ar}$  ..... (2.2)

3 batang diletakkan membentuk segitiga  $A = \sqrt[3]{a^2r}$  .....(2.3)

4 batang diletakkan membentuk persegi  $A = \sqrt[4]{2 \frac{1}{2} a^3r}$  .....(2.4)

dengan :  $r$  = jari-jari masing-masing batang pengetanahan (harus sama)

$a$  = jarak antara batang pengetanahan.

Bahan yang paling sering digunakan sebagai batang pentanahan adalah tembaga dan aluminium. Namun, di tempat dengan salinitas tinggi, kelembaban tinggi, serta daerah dengan kondisi tanah yang keras, tembaga dikatakan lebih tahan korosi. ( Djiteng Marsudi 2006 )

Dengan memperpanjang batang elektroda arde, tahanan kaki menara akan berkurang sesuai dengan persamaan di atas. Idealnya batang-batang elektroda ditanam sedalamr 3 - 9 Meter. Namun, tautan ini tidak langsung, dan pada akhirnya batang arde yang diperpanjang hanya akan sedikit mengurangi landasan kaki menara. Oleh karena itu, batang elektroda paralel ditanam selain dua batang elektroda yang biasanya dapat memenuhi persyaratan untuk pembumian kaki menara. ( PUIL 2000 )

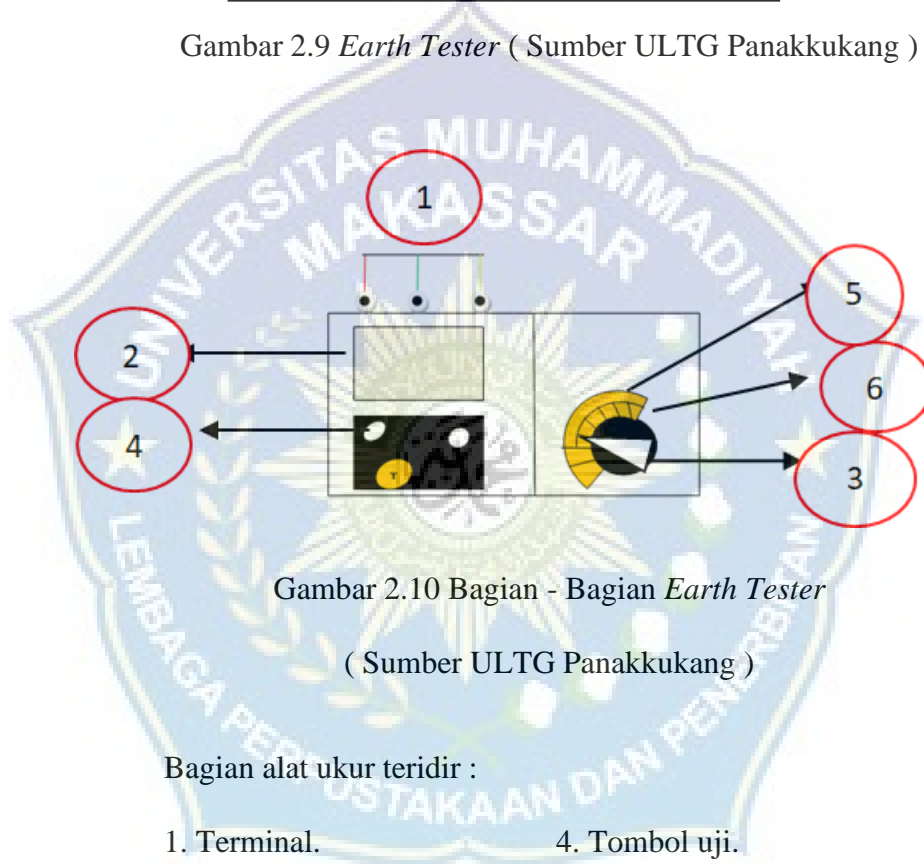
#### **E. Pengukuran Tahanan Pentanahan**

Alat yang digunakan adalah Earth Tester, yang dibuat dan dipublikasikan sesuai dengan standar keselamatan IEC - 1010 (EN 61010). Earth Tester adalah alat untuk menghitung tahanan pentanahan. Sebelum membumikan sistem keselamatan instalasi listrik, penting untuk memahami seberapa besar hambatan pentanahan yang ada. ( Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN Tahun 2014 ).





Gambar 2.9 *Earth Tester* ( Sumber ULTG Panakkukang )



Gambar 2.10 Bagian - Bagian *Earth Tester*

( Sumber ULTG Panakkukang )

Bagian alat ukur terdiri :

- |                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| 1. Terminal.        | 4. Tombol uji.              |
| 2. Layar pembacaan. | 5. Indikator.               |
| 3. Selector switch. | 6. Indeks skala pengukuran. |

Resistivitas jenis tanah tempat elektroda pentanahan ditanam adalah elemen utama yang mempengaruhi resistansi sistem pentanahan. Sejumlah variabel, termasuk jenis tanah, lapisan tanah, kelembapan tanah, dan suhu,

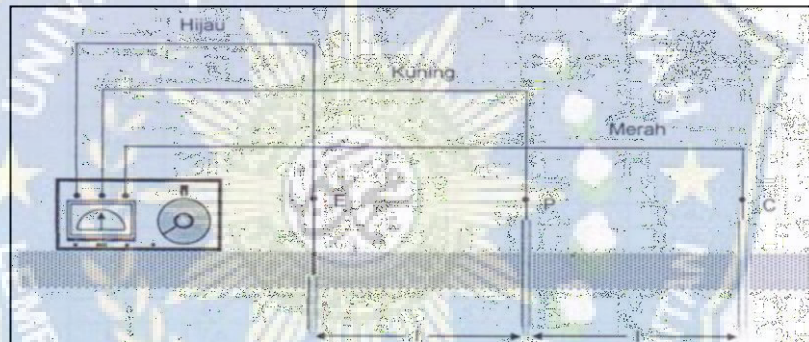
memengaruhi biaya resistivitas tanah di area dengan kedalaman terbatas.

(PUIL 2000)

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah

NO	Jenis Tanah	Tahanan Jenis (ohm.m)
1	Tanah rawa	10 s.d. 40
2	Tanahliat dan ladang	20 s.d. 100
3	Pasir basah	50 s.d. 200
4	Kerikil basah	200 s.d. 3.000
5	Pasir dan kerikil kering	<10.000
6	Tanah berbatu	2.000 s.d. 3.000
7	Air laut dn tawar	10 s.d. 100

( Sumber PUIL 2000 )



Gambar 2.11 Ilustrasi Pengukuran Dengan *Earth Tester*

( Sumber ULTG Panakkukang )

Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Pengukur memiliki semua konektor kabel terpasang.
2. Dengan memilih sakelar pemilih yang mengarah ke kanan pada skala pembacaan, periksa voltase baterai Earth Tester. Baterai penuh jika lampu indikator menyala, atau indikasi baterai terlihat jelas di layar baca.

3. Baut sambungan elektroda arde dan konduktor arde dilepas, dan karat yang menempel dibersihkan.
4. Probe kabel kuning dihubungkan ke tanah pada jarak 5 sampai 10 meter dengan probe kabel merah. Terminal dengan kabel hijau dihubungkan ke komponen yang akan diuji.
5. Setelah mengarahkan saklar pemilih ke posisi 3p pada indeks skala ukur, tekan tombol (NO.4). Saat Anda menekan tombol nomor 4, instrumen melakukan pengukuran dan menampilkan data di layar.
6. Dokumentasikan atau ambil gambar hasil pengukuran.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini metode penelitian yang digunakan adalah:

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 1. Waktu

Dari Tanggal 17 April hingga 26 April 2023.

##### 2. Tempat Pelaksanaan

PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang SUTT Sungguminasa – Tallasa Tower 39 dijadikan sebagai tempat pelaksanaan.

#### B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| a. Kunci Past Ring       | h. Gurindah <i>Cutting</i> |
| b. <i>Tang</i> kombinasi | i. Gurindah Tangan         |
| c. Tali/Tambang          | j. Palu 10 Kg              |
| d. Obeng                 | k. <i>Tang Press</i>       |
| e. Cangkul               | l. Scun dan Pipa Besi      |
| f. <i>Linggis</i>        | l. Kawat <i>GSW</i> 10 m   |
| g. <i>Skop</i>           | m. Mur Baut 17 dan 19      |
|                          | n. <i>Earth Tester</i>     |

### **C. Teknik Pengumpulan Data**

Data primer dari PT. PLN ( Persero ) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang digunakan dalam penelitian ini. Informasi yang diperlukan untuk investigasi ini adalah:

- 1) Informasi topologi jaringan transmisi ULTG Panakkukang segman Sungguminasa – Tallasa.
- 2) Informasi tentang hasil pengukuran grounding menara.
- 3) Historis data gangguan 150 kV Sungguminasa-Tallasa.

Berikut adalah beberapa teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini:

#### a) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan sumber-sumber antara lain buku, jurnal, dan kajian terkait lainnya. Tindakan selanjutnya untuk mencapai tujuan penelitian ini kemudian ditentukan dengan menggunakan konten dari semua sumber yang dikumpulkan.

#### b) Metode wawancara

Dengan menggunakan teknik ini, dimungkinkan untuk secara langsung menerima informasi tentang topologi jaringan transmisi dengan berbicara dengan staf lokal.

#### c) Metode Observasi

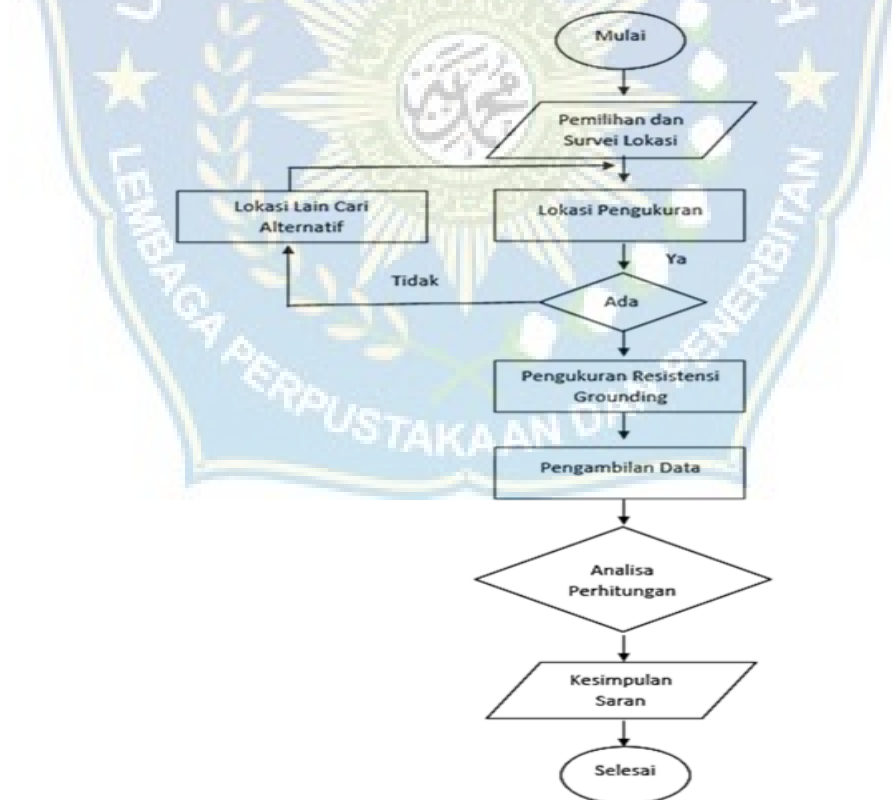
Metode observasi menggunakan observasi langsung untuk mengumpulkan data primer yang lebih tepat mengenai subjek penelitian.

#### D. Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisa data kuantitatif. Peneliti melakukan analisis data pengukuran dengan menghitung nilai resistansi tower dengan rumus statistic kemudian membandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur kemudian menganalisis kembali tower yang memiliki nilai tahanan pentanahan yang melebihi standar maksimum yang diperbolehkan (10 Ohm) untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan tersebut sebagai dasar untuk membuat kesimpulan.

#### E. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang di gambar dalam bentuk *flowchart* berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

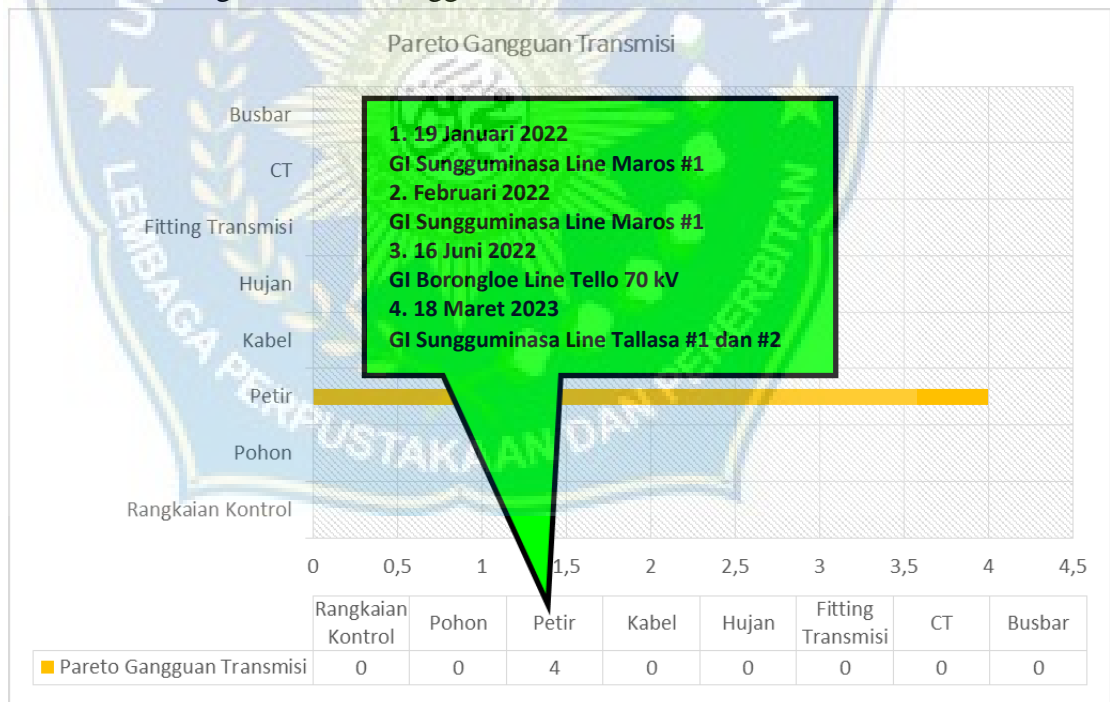
Pemilihan dan inspeksi lokasi pengukuran pentanahan untuk menara SUTT (saluran udara tegangan tinggi) 150 kV berfungsi sebagai titik awal studi. Cari tempat lain yang memungkinkan jika lokasi pengukuran tidak dapat diperoleh. Jalur SUTT Sungguminasa-Tallasa 150 kV dipilih sebagai lokasi pengukuran berdasarkan data gangguan petir yang terjadi di ULTG Panakkukang. Pentanahan di dasar tower 150 kV High Voltage Conducting Airline di jalur Sungguminasa – Tallasa berfungsi sebagai lokasi penelitian. Tahanan pentanahan menara kemudian dinilai sekali lagi. Penguji pentanahan Earth Tester digunakan untuk mengukur resistansi pentanahan. Setelah melakukan pengukuran dan merekam data, perhitungan dan analisis dilakukan, memberikan perhatian khusus pada resistansi menara yang merepotkan, yaitu resistansi lebih besar dari 10 ohm. Kesimpulan untuk memperbaiki hambatan pentanahan yang bermasalah diperoleh dari hasil perhitungan dan analisis.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Lokasi Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV jalur Sungguminasa - Tallasa. Segmen Sungguminasa - Tallasa berjumlah 143 tower, tetapi pengukuran nilai pentanahan hanya dilakukan pada 10 tower yakni tower 34 – 43 . Pemilihan tower tersebut berdasarkan pada data data gangguan petir yang terjadi pada tanggal 18 Maret 2023 serta berdasar pada hasil baca relai jarak yang terpasang pada gardu induk Tallasa dan gardu induk Sungguminasa.



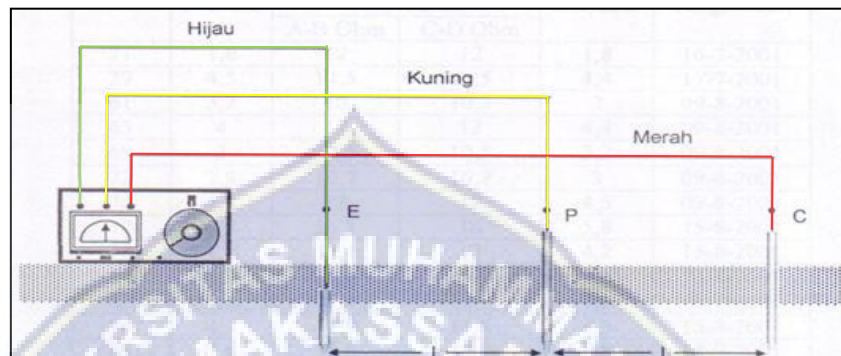
Gambar 4.1 Pareto Gangguan Transmisi 2023 ULTG

Panakkukkang ( Sumber ULTG Panakkukkang )



## B. Pengukuran Resistansi *Grounding*

Pengukuran dilaksanakan pada tanggal 20 April 2023 pada tower 34 – 43 segmen Sungguminasa - Tallasa. Pengukuran menggunakan alat ukur Earth tester.



Gambar 4.2 Ilustrasi Pengukuran Dengan *Earth Tester*

( Sumber ULTG Panakkukang )

Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Semua terminal kabel dipasang pada alat ukur.
2. Mengecek tegangan batere *Earth Tester* dengan cara *selector switch* diarahkan ke kanan pada skala pembacaan apabila lampu indikator menyala maka bertanda isi batere penuh atau dengan cara melihat langsung pada indikator batere pada layar pembacaan.
3. Baut sambungan pada penghantar pentanahan dan elektroda pentanahannya dilepas, karat yang menenmpel dibersihkan.
4. Terminal dengan kabel hijau dihubungkan pada bagian yang akan diukur, probe kabel kuning ditancapkan pada tanah dengan jarak 5-10 m dengan probe kabel merah.

5. Tombol (NO. 4) ditekan, sebelumnya arahkan *selector switch* ke posisi *3p* pada indeks skala pengukuran . Tekan Tombol no 4 dan alat melakukan pengukuran dan menampilkan hasil pengukuran pada layar.
6. Catat atau foto hasil pengukuran.

### C. Data Pengukuran Pentanahan

Untuk melindungi kawat fasa terhadap sambaran langsung dari petir digunakan satu atau dua kawat tanah yang terletak di atas kawat fasa dengan sudut perlindungan  $15^{\circ}$  untuk dua kawat tanah dan  $30^{\circ}$  untuk satu kawat tanah ( SK.DIR PLN 0520 tahun 2014 ). Dengan demikian kemungkinan terjadinya loncatan api karena sambaran petir secara langsung dapat diabaikan. Kemungkinan terjadinya locatan balik (*back flash over*) karena sambaran kilat secara langsung pada puncak menara atau kawat tanah tetap masih ada, dan untuk mengurangnya tahanan kaki menara harus dibuat tidak melebihi 10 Ohm ( SK.DIR PLN 0520 tahun 2014 ). Tahanan kaki menara 10 Ohm dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batang pbumian ( *ground rod* ) atau dengan sistem *counter poise*. Pemilihan penggunaan batang pbumian dan atau sistem *counter poise* tergantung dari tahanan jenis tanah di mana menara transmisi tersebut berada.

Pentanahan dengan metode *Counter Poise* merupakan metode pentanahan dengan menggunakan elektroda berbentuk batang ( berdiameter 1 - 2 Inch dan panjangnya 3 - 10 meter ) yang di tanam

tegak lurus ke dalam tanah dengan kedalaman antara 1 – 10 meter.

( Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN Tahun 2014 )

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan

Tanggal Pengukuran : 20 April 2023

NO	Nomer Tower	Type Isolator	Lokasi	Pengukuran Ulang	
				Nilai Tahanan Pentanahan	
1	34	SS	Sawah	8,45	
2	35	DS	Sawah	7,20	
3	36	DS	Sawah	6,55	
4	37	DT	Sawah	6,05	
5	38	DS	Sawah	0,63	
6	39	DS	Sawah	63,3	
7	40	ST/DT	Sawah	1,05	
8	41	ST/DT	Sawah	0,60	
9	42	DS	Sawah	1,69	
10	43	DS	Sawah	1,45	

( Sumber ULTG Panakukang )

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.1, dapat diketahui bahwa nilai tahanan pembumian adalah sebagai berikut:

- Kondisi baik, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya kurang dari 10 Ohm dan bahkan sampai mendekati angka nol (0).
- Kondisi awas, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya mencapai 8 s.d. 10 Ohm. Kondisi ini masih baik, tapi dalam keadaan pengawasan.

- c. Kondisi buruk, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya melebihi standar 10 Ohm.
- d. Kondisi tidak diketahui, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya tidak dapat diukur karena sesuatu hal.

Dari data hasil pengukuran lokasi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) Penghantar 150 kV jalur Sungguminasa - Tallasa tahanan pentanahan yang telah diambil, umumnya nilainya masih dibawah nilai maksimum yang disyaratkan (di bawah 10 ohm). Akan tetapi masih terdapat satu tower yang nilainya melebihi standar maksimum yang disyaratkan yakni tower 39 dimana nilai pentanahannya adalah 63,3 ohm.

Hal ini akan mengakibatkan terjadinya *back flashover* ketika tower tersebut tersambar petir. *Back flashover* adalah terjadinya *flashover* pada saluran transmisi yang disebabkan oleh sambaran petir yang menimbulkan tegangan lebih mengalir pada saluran transmisi yang amplitudo tegangannya melebihi batas level isolasi peralatan ( BIL ) yang cenderung disebabkan besarnya tahanan atau resistansi dari tower dan pentanahan kaki tower. ( Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014 )

#### **D. Analisa Data Pengukuran Dengan Perhitungan**

Setelah didapat hasil pengukuran dan ditemukan tower-tower yang memiliki nilai pentanahan yang melebihi standar (maksimum 10 Ohm), Dari data perhitungan, didapat tower-tower SUTT Penghantar 150 kV jalur Sungguminasa - Tallasa yang bermasalah pada tahanan pentanahannya. Dari hasil pengukuran didapatkan 1 tower yang nilai

tahanan pentanahannya melebihi standar maksimum yang diperbolehkan ( 10 Ohm ) yakni tower 39 diasumsikan memiliki tahanan jenis tanah yang nilainya 100 Ohm meter (nilai maksimum tahanan jenis tanah kondisi tanah liat/ladang).

Dengan menggunakan data acuan hasil pengukuran Tabel 4.1, dan menggunakan persamaan 2.1 data dari pengukuran dengan menggunakan 2 (dua) batang elektroda, dengan variabel berikut :

$\rho$  ( Tahanan Jenis Tanah) tanah liat / ladang : 20 s.d 100 Ohm-m

$\rho$  ( Tahanan Jenis Tanah) diasumsikan maksimum : 100 Ohm-m

L ( Panjang Batang yang tertanam) : 3 meter

d ( Diameter batang Elektroda ) :  $\frac{3}{4}$  Inchi (19 mm)

r (radius batang Elektroda) : 0,0095 m

a (jarak antar batang) : 6 meter

besarnya nilai pentanahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R_{bt1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \ln \left( \frac{2L}{d} \right) - 1 \right]$$

- Untuk dua batang elektroda ditanamkan tegak lurus (diletakkan dimana saja)

$$A = \sqrt{ar}$$

$$R_{bt1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \ln \left( \frac{2L}{d} \right) - 1 \right]$$

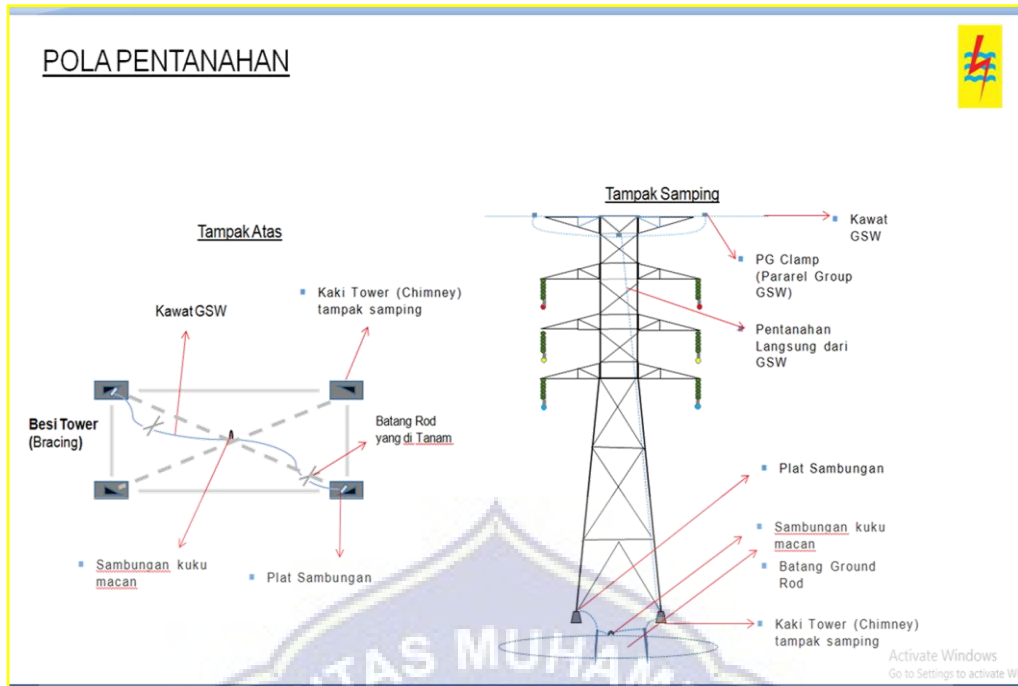
$$= \frac{100}{2 \times 3,14 \times 3} \left[ \ln \left( \frac{2 \times 3}{0,019} \right) - 1 \right]$$

$$= 25 \Omega \text{ (melebihi standar 10 Ohm)}$$

Hasil perhitungan didapat nilai  $R_{bt}$  perhitungan sebesar 25,239 Ohm, mendekati dari hasil pengukuran langsung pada Tabel 4.1 dimana pengukuran nilai Resistansi pada Tower T.39 sebesar 63,3 Ohm.

#### **E. Analisa Menurunkan Nilai Tahanan Pentanahan Tower Dengan Metode *Counter Poise***

Pemasangan *counter poise* pentanahan pada tower 39 dilakukan dengan menambah batang elektroda di bawah permukaan tanah. Batang-batang elektroda di tanam sedalam 3 – 9 m dibawah permukaan tanah (U. B Dwiht dan PUILL 2000). Rod pentanahan yang baik berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari tower SUTT ke tanah dan menghindari terjadinya *back flashover* pada insulator saat *grounding* sistem terkena sambaran petir. Pentanahan tower terdiri dari konduktor tembaga atau konduktor baja yang diklem pada pipa pentanahan yang ditanam di dekat pondasi tiang, atau dengan menanam plat alumunium / tembaga disekitar tower yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dari konduktor akibat sambaran petir. ( Djiteng Marsudi 2006 ).



Gambar 4.3. Layout Pemasangan *Counter poise* Pada Tower 39

Analisa dengan menambahkan batang elektroda untuk tower dengan kondisi tanah liat atau ladang (dengan 4 batang elektroda) bila  $R_{bt}$  perhitungan dengan perbaikan menggunakan 4 batang elektroda dihubungkan paralel pada tower T.39, didapat :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_{bt1}} + \frac{1}{R_{bt2}} + \frac{1}{R_{bt3}} + \frac{1}{R_{bt4}}$$

Dimana :  $R_{bt1} = R_{bt2} = R_{bt3} = R_{bt4}$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{25} + \frac{1}{25} + \frac{1}{25} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{4}{25}$$

Maka :

$$R_{total} = \frac{25}{4} = 6,25 \Omega$$

Bila ditambahkan menjadi 4 batang elektroda, maka nilai tahanan pentanahan tower T.39 akan mendekati nilai perhitungan, atau minimal telah dibawah nilai standar maksimum (10 Ohm), nilai berkurang dari 25,239 Ohm menjadi 6,25 Ohm. Sama halnya dengan penambahan 8 sampai 12 batang elektroda, semakin banyak penambahan batang elektroda maka nilai pentanahan dari hasil perhitungan akan semakin kecil dari nilai standar maksimum. (U. B Dwiht dan PUIILL 2000)



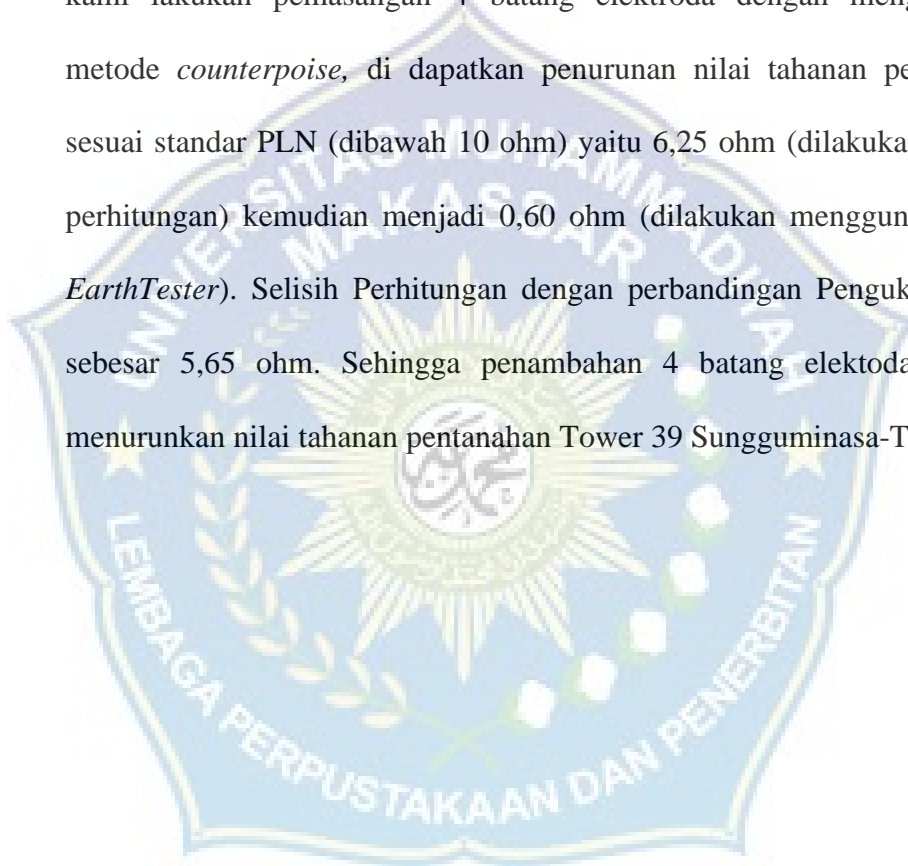


Tabel 4.2 Pengukuran Perbaikan Nilai Tahanan Pentanahan Tower 39

menggunakan alat pengukur.

NO	Jenis pekerjaan	Keterangan Gambar
1	Pengukuran nilai tahanan tower sebelum dilaksanakan perbaikan	
2	Penentuan titik perbaikan	
3	Proses pemasangan batang rod kedalam tanah	
4	Proses penyambungan kawat baja	
5	Proses pengepresan kawat baja	
6	Penyambunagn kawat baja ke kaki tower	
7	Pengukuran ulang nilai pentanahan tower	
8	Hasil pengukuran setelah perbaikan	

Secara perhitungan nilai tahanan pentanahan pada T.39 Sungguminasa - Tallasa yang dihitung sesuai rumus didapat nilai sebesar 25 ohm (melebihi standar PLN) dan kemudian dilakukan perbandingan pengukuran menggunakan alat *EarthTester* di dapat pula nilai 63,3 ohm (selisih perhitungan dengan pengukuran alat sebesar 38,3 ohm). Setelah kami lakukan pemasangan 4 batang elektroda dengan menggunakan metode *counterpoise*, di dapatkan penurunan nilai tahanan pentanahan sesuai standar PLN (dibawah 10 ohm) yaitu 6,25 ohm (dilakukan melalui perhitungan) kemudian menjadi 0,60 ohm (dilakukan menggunakan alat *EarthTester*). Selisih Perhitungan dengan perbandingan Pengukuran alat sebesar 5,65 ohm. Sehingga penambahan 4 batang elektoda mampu menurunkan nilai tahanan pentanahan Tower 39 Sungguminasa-Tallasa.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa perhitungan dari data yang diperoleh dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran dan penelitian di dapatkan pada sistem pentanahan menggunakan metode *counter poise* mengakibatkan penurunan nilai tahanan pentanahan pada Tower 39 dari 25  $\Omega$  menjadi 6,25  $\Omega$  melalui perhitungan rumus dan perbandingannya dilakukan pula pengukuran menggunakan alat *EarthTester* dari 63,3  $\Omega$  menjadi 0,6  $\Omega$ .
2. Konfigurasi penanaman 4 elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan pada Tower 39 Sungguminasa – Tallasa.
3. Hasil pentanahan pada T39 Sungguminasa-Tallasa sesuai dengan SPLN yaitu kurang dari 10  $\Omega$ . Diharapkan dengan penurunan *ground resistance*, gangguan *flashover* disekitar tower 39 akan berhenti, yang akan meningkatkan kinerja ULTG Panakkukang.

## B. Saran

1. Merekomendasikan ke PLN untuk dipasangkan beberapa batang-batang elektroda untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan dengan metode *counter poise*.
2. Selain metode ini, untuk menurunkan gangguan penghantar akibat petir juga dapat dengan menggunakan pemasangan TLA ( *Transmission Lighting Arrester*)
3. Selain metode *counter poise* dapat pula dengan cara melakukan pemasangan pentanaan dengan metode *mesh*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Angga, Fitra. 2019. *Studi Sistem Pentanahan Saluran Udara Tegangan Tinggi(SUTT) Penghantar 150 kV Lubuk Linggau – Pekalongan*. Bengkulu : Jurnal Surya Energy.
- Arismunandar, Artono. 1990. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Chenghuan Lian, Yi Zhang. 2011. *Lightning Transient Characteristics Ota 500-kV Substation Grounding Grid*. China : *Asia-Pasific International Conference On Lighning IEEE*, 978-14577-5/11
- Ilham, A.M. 2016. *Mitigasi Gangguan Transmisi Akibat Sambaran Petir Line Sungguminasa – Maros*. Makassar : Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- KEPDIR No. 0520/1.K DIR 2014-*Himp Buku Pedoman dan Asesmen SUTT/SUTET. Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET)*. Jakarta : PT PLN (Persero)
- KEPDIR No. 0520/2.K DIR 2014- *Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET. Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET)*. Jakarta : PT PLN (Persero)
- KEPDIR No. 0520/3.K DIR 2014- *Buku Pedoman Pemeliharaan Primer GI. Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET)*. Jakarta : PT PLN (Persero)
- Kurniawan, Hari. 2018. *Studi Pentanahan Kaki Menara Transmisi 500kV Sumatera Turun Peranap New Aurduri*. *Journal Of Electrical Power Control And Automation*.
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Graha Ilmu.

Negara, I Made Yulistya. 2013. *Teknik Tegangan Tinggi, Prinsip dan Aplikasinya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

PUIL. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik*. Jakarta : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Rianto, Agus. 2019. *Analisis Sistem Pentanahan Jaringan Gardu Induk 150 kV PT Bekasi Power Cikarang*. Jakarta: Ejournal Kajian Teknik Elektro.

Triongko, Priyono. 2019. *Analisa Resistansi Elektroda Pentanahan Pada Menara Transmisi 150 kV Pltgu Cilegon – Cilegon Baru*. Cilegon: Jurnal Ilmiah Elektrokrisna.



## Lampiran

### 1. Persiapan Bahan dan Alat



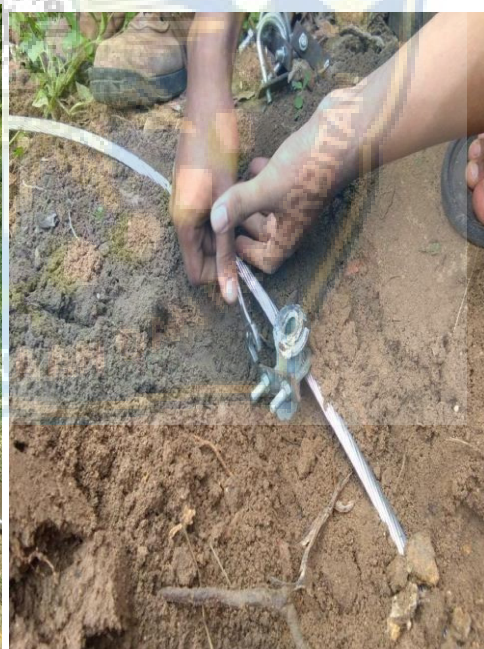
### 2. Penggalian Area Kerja



### 3. Penanaman Elektroda



### 4. Pemasangan Kawat ke dioda





## 5. Proses mengikat kawat dengan dioda





MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT**

**UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,  
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:**

Nama : Amat Fatoni Abdul Rachman / Muhammad Ikbal Herlambang

Nim : 105821103319 / 105821101519

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	8 %	10 %
2	Bab 2	11 %	25 %
3	Bab 3	8 %	10 %
4	Bab 4	8 %	10 %
5	Bab 5	5 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 28 Agustus 2023

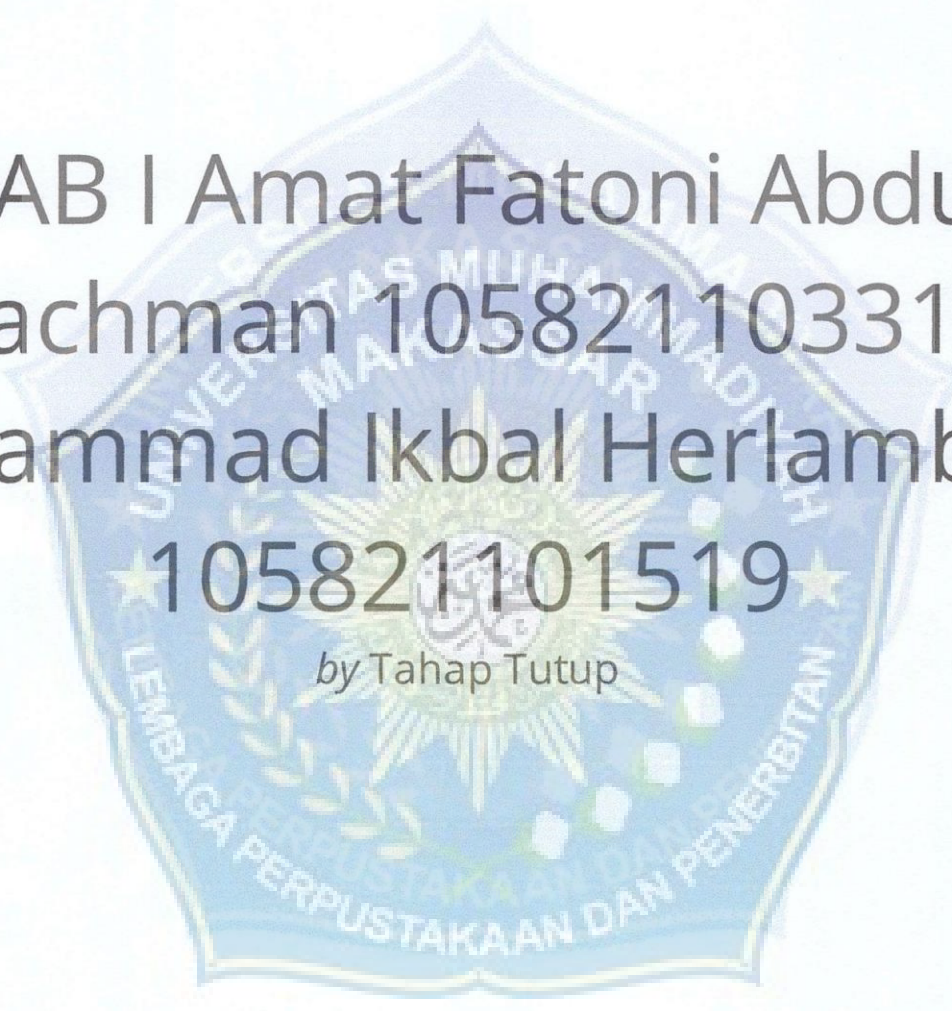
Mengetahui

Kepala UPT Perpustakaan dan Penerbitan,



Nursimah, S.Hum., M.I.P

NBM. 964 591



BAB I Amat Fatoni Abdul  
Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang  
105821101519

*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 26-Aug-2023 01:34PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2151557435

**File name:** BAB\_I\_Ikbal\_dan\_Amat\_Fatoni.docx (981.33K)

**Word count:** 761

**Character count:** 4799

BAB I Amat Fatoni Abdul Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang 105821101519

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[jurnal.poliupg.ac.id](http://jurnal.poliupg.ac.id)

Internet Source

6%

2

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Internet Source

2%

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 2%


Exclude bibliography

On



turnitin





BAB II Amat Fatoni Abdul  
Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang  
105821101519

*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 26-Aug-2023 01:35PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2151557655

**File name:** BAB\_II\_Ikbal\_dan\_Amat\_Fatoni.docx (1.7M)

**Word count:** 2115

**Character count:** 12820

BAB II Amat Fatoni Abdul Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang 105821101519

ORIGINALITY REPORT

<b>11</b> %	<b>11</b> %	<b>2</b> %	<b>3</b> %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<a href="http://jurnal.um-palembang.ac.id">jurnal.um-palembang.ac.id</a> Internet Source	<b>7</b> %
<b>2</b>	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet Source	<b>3</b> %
<b>3</b>	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Internet Source	<b>2</b> %

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

On





BAB III Amat Fatoni Abdul  
Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang  
105821101519  
*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 26-Aug-2023 01:35PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2151557907

**File name:** BAB\_III\_Ikbal\_dan\_Amat\_Fatoni.docx (281.87K)

**Word count:** 449

**Character count:** 2834

BAB III Amat Fatoni Abdul Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang 105821101519

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[lib.ui.ac.id](http://lib.ui.ac.id)

Internet Source

3%

2

[repository.radenintan.ac.id](http://repository.radenintan.ac.id)

Internet Source

3%

3

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Internet Source

2%

Exclude quotes  On

Exclude bibliography  On


Exclude matches  < 2%



turnitin







BAB IV Amat Fatoni Abdul  
Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang  
105821101519  
*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 26-Aug-2023 01:36PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2151558092

**File name:** BAB\_IV\_Ikbal\_dan\_Amat\_Fatoni.docx (4.28M)

**Word count:** 1336

**Character count:** 7678

BAB IV Amat Fatoni Abdul Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang 105821101519

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[repository.ub.ac.id](http://repository.ub.ac.id)

Internet Source

4%

2

Submitted to Sultan Agung Islamic University

Student Paper

4%

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

On





BAB V Amat Fatoni Abdul  
Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang  
105821101519  
*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 26-Aug-2023 01:38PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2151558432

**File name:** BAB\_V\_Ikbal\_dan\_Amat\_Fatoni.docx (19.36K)

**Word count:** 166

**Character count:** 1014

BAB V Amat Fatoni Abdul Rachman 105821103319  
Muhammad Ikbal Herlambang 105821101519

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[es.scribd.com](https://es.scribd.com)

Internet Source

5%

Exclude quotes  On

Exclude bibliography  On

Exclude matches  On

