

**ANALISIS KELAYAKAN SISTEM PENTANAHAN TRANSFORMATOR  
630kVA PT. GS UNGARAN DENGAN METODE EARTHTESTER 3  
TITIK DAN DIGITAL CLAMP EARTHTESTER**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar S1 pada  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam  
Sultan Agung Semarang



**DISUSUN OLEH :**

**CLIFFY RYAN PURNOMO**

**NIM. 30602200074**

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

**2024**

**FINAL PROJECT**

**ANALYSIS OF 630kVA TRANSFORMER FEASIBILITY GROUNDING  
SYSTEM PT.GS UNGARAN USING 3 POINT EARTHTESTER METHOD  
AND DIGITAL CLAMP EARTHTESTER**

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at  
Departement of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology,  
Universitas Islam Sultan Agung Semarang*



**Arranged By :**

**CLIFFY RYAN PURNOMO**

**30602200074**

**MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING**

**INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**SEMARANG**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Kelayakan Sistem Pentanahan Transformator 630kVA PT. GS Ungaran dengan Metode Earthtester 3 titik dan Digital Clamp Earthtester” ini disusun oleh :

Nama : Cliffy Ryan Purnomo

NIM : 30602200074

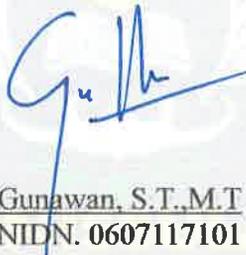
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : 18 Juli 2024

Tanggal : Kamis

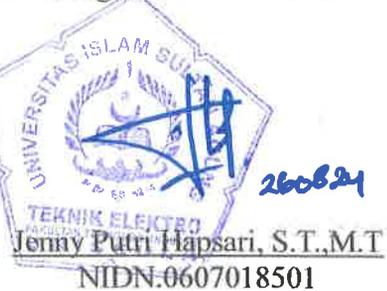
Pembimbing



Gunawan, S.T.,M.T  
NIDN. 0607117101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, S.T.,M.T  
NIDN.0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Kelayakan Sistem Pentanahan Transformator 630kVA PT. GS Ungaran dengan Metode Earthtester 3 titik dan Digital Clamp Earthtester**” ini telah dipertahankan didepan Penguji sidang Tugas Akhir pada :

Hari : Kamis

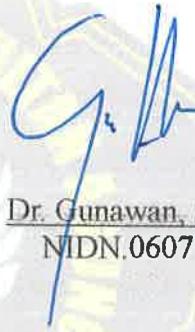
Tanggal : 8 Agustus 2024

Penguji II

Penguji III



Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, M.T.  
NIDN. 0628086501



Dr. Gunawan, S.T., M.T.  
NIDN.060711701

Ketua Penguji



Ir. Ida Widiastuti, M.T.  
NIDN. 0005036501

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini adalah :

Nama : Cliffy Ryan Purnomo

NIM : 30602200074

Judul Tugas Akhir : Analisis Kelayakan Sistem Pentanahan Transformator 630kVA PT. GS Ungaran dengan Metode Earthtester 3 titik dan Digital Clamp Earthtester. Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dari isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro Tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaa,dan apabila dikemudian hari ternyata bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditullis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, Agustus 2024

Yang menyatakan,



METERAI  
TEMPEL  
65ALX323006434

Cliffy Ryan Purnomo

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Cliffy Ryan Purnomo

NIM : 30602200074

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul : **“Analisis Kelayakan Sistem Pentanahan Transformator 630kVA PT. GS Ungaran dengan Metode Earthtester 3 titik dan Digital Clamp Earthtester”** Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung Semarang serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang akan timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Semarang, Agustus 2024

Yang menyatakan



Cliffy Ryan Purnomo

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Pertama,

Teruntuk kedua orang tua saya (Bp. Djoko Purnomo & Ibu Sukarni) terimakasih untuk motivasi, nasihat serta doa dan adik perempuan saya (Devy Amalia Sari).

Terimakasih untuk semangat sehingga saya dapat menyelesaikan studi ini.

Kedua,

Teruntuk Dosen Pembimbing serta kepada seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan ilmu dan motivasi dalam menyelesaikan studi.

Ketiga,

Teruntuk sahabat seperjuangan Tugas Akhir dan teman-teman Teknik Elektro angkatan 2022 yang telah memberikan motivasi dukungan dan semangat dalam menyelesaikan studi.



## HALAMAN MOTTO

### MOTTO :

“Semua bisa dikalahkan, kecuali Tuhan dan Doa restu Orang Tua”

(Evan Dimas Darmono)

“Tanpa mimpi, kita tak akan bisa meraih apapun, Tanpa cinta kita tak akan bisa merasakan apapun, dan tanpa Allah kita bukan siapa-siapa”

(Mezut Ozil)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Qs. Al-Insyirah : 5-6)

“Jangan menjelaskan tentang dirimu kepada siapapun. Karena yang menyukaimu tidak membutuhkan itu, dan yang membencimu tidak mempercayai itu.”

(Ali bin Abi Thalib)

“Apa yang melewatkanku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanku, karena pada akhirnya takdir Allah SWT itu baik, walau terkadang perlu air mata untuk menerimanya”

(Umar bin Khattab)

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah rabbil 'Alamin segala puja puji syukur bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga masih diberi kesehatan dan kesempatan untuk dapat menyelesaikan penelitian dan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kelayakan Sistem Pentanahan Transformator 630kVA PT. GS Ungaran dengan Metode Earthtester 3 titik dan Digital Clamp Earthtester” dengan lancar dan baik. Shalawat seta salam senantiasa tercurahkan kepada nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW, utusan Allah SWT yang membawa cahaya petunjuk kepada semua umat manusia dan semoga kita kelak menerima syafaat beliau. Aamiin Ya rabbal'alamin.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat mahasiswa/i Jurusan Teknik Elektro Fakultas teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang untuk memperoleh gelar Sarjana. Dalam proses penulisan Tugas Akhir ini tentunya telah diusahakan semaksimal mungkin, dan tentunya banyak pihak yang memberikan bantuan baik moril maupun materil. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan banyak terimakasih setulus hati kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH. Selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, ST., MT. sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Dr.Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.,IPM. selaku dosen wali Teknik Elektro kelas mitra 2022 yang telah memberikan arahan selama menempuh studi.
5. Bapak Gunawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, arahan, dukungan, serta

dengan sabar membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen, Tenaga Pendidik dan karyawan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Kedua orang tua saya beserta segenap keluarga yang saya cintai, yang telah memberikan dukungan baik materil maupun non materil serta senantiasa memberikan doa, semangat, perhatian, kesabaran, dan kasih sayang yang tiada hentinya kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. PT Izza Elekrika Inspeksi Solusindo yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menimba ilmu, mengambil data penelitian sekaligus mencari rejeki
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro kelas mitra 2022 baik yang lintas DIII polines ataupun yang langsung atas segala bantuan dan dukungannya kepada penulis.
10. Teman-teman Smartfun FC dan jajaran Official yang telah mendukung penulis dan memotivasi dalam segala hal.
11. Dinda Teratu, Difarina Indra, Yesa Oktavia, Tasya Rosmala, dan Salma Salsabil dengan lagu-lagunya yang telah menemani penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini

Penulis juga menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini memiliki banyak kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Penulis mohon maaf dan mohon kritik serta saran yang membangun dari berbagai disiplin ilmu agar laporan ini dapat lebih baik di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembaca khususnya penulis, dan dapat menambah wawasan.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh

Semarang, Agustus 2024

Cliffy Ryan Purnomo



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
ABSTRAK.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah :.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Landasan Teori .....	7
2.2.1 Simbol Sistem Pentanahan / Grounding Listrik .....	9
2.2.2 Fungsi Sistem Pentanahan Listrik.....	11
2.2.3 Tujuan Adanya Sistem Pentanahan Listrik.....	12
2.3 Komponen – Komponen Sistem Pentanahan Listrik.....	12
2.3.1 Penghantar Pentanahan .....	12
2.3.2 Jenis- Jenis Elektroda Pentanahan .....	13
2.4 Karakteristik Tanah dan Tahanan Jenis Tanah .....	16

2.5	Transformator 630kVA.....	19
2.6	Rangkaian Listrik .....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1	Model Penelitian.....	23
3.2	Obyek Penelitian .....	24
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.4	Data Penelitian.....	28
3.5	Diagram Alur Penelitian .....	29
3.6	Tahapan Penelitian .....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Pengukuran Sistem Pentanahan dengan alat Earthtester metode 3 titik dan Digital Clamp Earthtester.....	31
4.1.1.	Perhitungan Nilai Pentanahan dengan menggunakan rumus .....	37
4.2	Hasil Analisa Hasil Pengukuran dengan Hasil Perhitungan.....	39
4.3	Hasil Kelayakan Sistem Pentanahan Transformator 630kVA.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		49
5.1	KESIMPULAN.....	49
5.2	Saran .....	49
DAFTAR PUSTAKA .....		51



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 macam macam tahanan jenis tanah.....	17
Tabel 2. 2 Jenis tanah dan nilai resistansi tanah .....	18
Tabel 4. 1 Data Hasil Percobaan Pengukuran pertama .....	32
Tabel 4. 2 Data Hasil Percobaan Pengukuran Ke-dua .....	33
Tabel 4. 3 Data Hasil Percobaan Pengukuran Ke-tiga.....	34
Tabel 4. 4 Data Hasil Percobaan Pengukuran Ke-empat .....	35
Tabel 4. 5 hasil analisa pengujian dan pengukuran sistem pentanahan 1 dan 2 .....	39
Tabel 4. 6 hasil analisa pengujian dan pengukuran sistem pentanahan hari ke-3 dan 4 ...	40



## DAFTAR GAMBAR

gambar 2. 1 Simbol Sistem pentanahan Listrik .....	10
gambar 2. 2 elektroda batang .....	14
gambar 2. 3 elektroda pita.....	15
gambar 2. 4 Konfigurasi pemasangan elektroda pita .....	15
gambar 2. 5 elektroda plat.....	16
gambar 3. 1 metode 2 titik elektroda.....	23
gambar 3. 2 metode 3 titik elektroda.....	24
gambar 3. 3 metode 4 titik elektroda.....	24
gambar 3. 4 earthtester .....	25
gambar 3. 5 bagian bagian earthtester.....	26
gambar 3. 6 tampilan layar earthtester .....	27
gambar 3. 7 Diagram alur penelitian.....	29
gambar 4. 1 sistem paralel 3 ground rod.....	44
gambar 4. 2 sistem paralel 3 ground rod.....	45
gambar 4. 3 gambar sistem paralel 4 <i>ground rod</i> .....	46
gambar 4. 4 gambar sistem paralel 4 <i>ground rod</i> .....	47
gambar 4. 5 kondisi terkini sistem pentanahan trafo 630kVA milik PT GS Ungaran .....	48



## ABSTRAK

Produktifitas yang tinggi dari proses produksi salah satunya tergantung dari kondisi kelayakan peralatan kelistrikan yang telah dinyatakan Aman, Handal, dan Ramah lingkungan, Kondisi kelayakan yang telah lulus uji akan mampu meningkatkan keamanan dan keramahan lingkungan serta dapat menjamin keselamatan bagi semua orang. Mengingat bahwa performa yang dibutuhkan cukup tinggi maka perlu langkah yang terarah dalam pemeriksaan, pengujian, perawatan. Potensi gangguan yang sering timbul adalah short circuit tenaga listrik yang disebabkan oleh proses produktifitas yang tinggi, untuk meminimalisir hal tersebut maka kondisi peralatan harus sudah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Pada penelitian ini membahas tentang kelayakan dari suatu sistem pentanahan yang diuji dengan cara melakukan pengukuran dan pengujian pada sistem pentanahan transformator 630kVA, data yang diambil ialah pengukuran dengan menggunakan metode 3 titik, dan metode ukur langsung dengan menggunakan Digital Clamp Earthtester masing-masing sebanyak 10 kali dan dengan 4 variabel yang berbeda yakni *ground rod* 70 mm kedalaman 12m, *ground rod* 50 mm kedalaman 12m, *ground rod* 70 mm kedalaman 9m, dan *ground rod* 50 mm kedalaman 9m

Hasil pengukuran dan pengujian sistem pentanahan transformator 630kVA untuk hasil percobaan 1 menggunakan *ground rod* 70mm 12m rata-rata 8,75 Ohm, untuk hasil percobaan 2 menggunakan *ground rod* 50mm 12m 9,35 ohm, untuk hasil percobaan 3 menggunakan *ground rod* 70mm 9m 11,32 Ohm, untuk hasil percobaan 4 menggunakan *ground rod* 50mm 12m 12,24 Ohm. Dari hasil penelitian tersebut maka sistem pentanahan transformator 630kVA dalam kondisi yang tidak standar PUIL dan perlu dilakukannya perbaikan dalam sistem pentanahannya.

**Kata kunci :** Uji Kelayakan Sistem Pentanahan Trafo, Tahanan Pentanahan, Earthtester metode 3 Titik, Digital Clamp Earthtester, Ground Rod.



## ***ABSTRACT***

The high productivity of the production process one depends on the qualifying condition of the electrical equipment that has been declared Safe, Reliable, and Environmentally Friendly, the qualification condition that has passed the test will be able to improve safety and environmental hospitality as well as can guarantee safety for everyone. Given that the required performance is high enough, it requires a targeted step in examination, testing, treatment. The potential of interference that often arises is a short circuit of electric power caused by a high productivity process to minimize such a thing, then the condition of the equipment must be in accordance with the Indonesian National Standard (SNI).

In this study discussed the feasibility of a management system tested by performing measurements and testing on the transformer management system 630kVA, the data taken is measurement using the 3 point method, and direct measuring method by using the Digital Clamp Earthtester respectively 10 times and with 4 different variables namely ground rod 70 mm depth 12m, ground rod 50 mm deep 12m, ground rod 70 mm deep 9m, and ground rod 50 mm deep 9m

The results of measurements and testing of the 630kVA transformer grounding system for the results of experiment 1 using a 70mm 12m ground rod average 8.75 Ohm, for the results of experiment 2 using a 50mm 12m 9.35 ohm ground rod, for the results of experiment 3 using a 70mm 9m 11 ground rod, 32 Ohm, for the results of experiment 4 using a 50mm 12m 12.24 Ohm ground rod. From the results of this research, the 630kVA transformer grounding system is in a condition that is not PUIL standard and needs to be repaired in the grounding system.

**Keywords : Feasibility Test Transformator Grounding System, Grounding Insulation, 3 Points Earthtester, Digital Clamp Earthester, Ground Rod**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri atau perusahaan garment semakin berkembang di Indonesia. Khususnya di Kabupaten Semarang, Kabupaten ini memiliki luas 95.020,674 Ha atau sekitar 2,92% dari luas Provinsi Jawa Tengah. Dengan potensi luas daerah di Kabupaten Semarang ini yang cukup luas, maka Pemerintah Kabupaten Semarang membuka kerja sama dengan investor swasta dalam bidang garment dengan membangun kawasan industri garment untuk membuka lapangan pekerjaan dan mengurangi angka pengangguran di Kabupaten Semarang. Ada 5 wilayah kawasan industri garment yang ada di daerah Kabupaten Semarang yang luasnya sekitar 749 Ha, dan memiliki 41 perusahaan dengan total karyawan sekitar 30.487 karyawan[1].

Demi berkembangnya dan mendukung pembangunan infrastruktur tersebut maka energi listrik juga diperlukan. Untuk itu, PT PLN sebagai perusahaan negara penyedia utama untuk distribusi energi di seluruh Indonesia, dan tentunya harus memenuhi persyaratan listrik negara baik kebutuhan rumah tangga maupun industri bertanggung jawab dalam hal ini. Energi listrik di Kabupaten Semarang ini dipasok dari PLTGU Tambak Lorok Semarang, setelah itu energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tegangannya dinaikkan oleh GITET. Transformator GITET berfungsi untuk menaikkan tegangan dari 11,5kV menjadi 150kV. Selepas dari GITET energi listrik disalurkan melalui SUTT dan SUTET dengan tegangan 70-150kV dan 230kV. Energi listrik kemudian diturunkan melalui trafo GI dan disalurkan melalui SUTM dan SKTM, selanjutnya energi listrik diturunkan tegangannya melalui Gardu Distribusi dan disalurkan ke konsumen[2].

Salah satu konsumen energi listrik dari PLN adalah PT GS yang memerlukan daya 555 kVA yang perlu disuplai oleh PT.PLN guna untuk

melaksanakan proses produksi. PT GS ini merupakan salah satu industri garment besar yang memiliki luas lahan kurang lebih sebesar 4 Hektare, dan memiliki karyawan sebanyak 3000-an. PT. GS berlokasi di daerah Kabupaten Semarang dan memproduksi garment, hasil produksinya akan di ekspor keluar negeri guna untuk menunjang kesuksesan kegiatan produksi maka dibutuhkan produktifitas dalam bekerja.

Produktifitas yang tinggi dari suatu proses produksi salah satunya sangat tergantung dari kondisi peralatan kelistrikan yang telah dinyatakan Aman, Handal, dan Ramah lingkungan(Permen ESDM RI no.10 tahun 2021). Kondisi kelayakan yang telah lulus uji akan mampu meningkatkan keamanan dan keramahan lingkungan serta dapat menjamin keselamatan bagi umat banyak di lokasi kerja. Mengingat bahwa performa yang dibutuhkan cukup tinggi maka perlu langkah-langkah yang lebih terarah dalam pemeriksaan, pengujian, perawatan, pengawasan dan penggunaannya (Permen ESDM RI no.12 Tahun 2021)

Potensi gangguan yang sering timbul adalah *shortcircuit* tegangan listrik yang disebabkan oleh proses produktifitas yang tinggi untuk meminimalisir hal tersebut, maka harus adanya kondisi peralatan kelistrikan guna membantu kelancaran produktifitas sudah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), karena PT.GS merupakan industri yang menggunakan daya listrik golongan Tegangan Menengah maka harus ada lembaga sertifikasi untuk memastikan bahwasanya peralatan kelistrikan yang digunakan sudah Standar Nasional Indonesia.

Untuk memastikan bahwasanya peralatan kelistrikan yang digunakan sesuai dengan SNI adalah melakukan pengecekan dan pengujian oleh lembaga yang sudah ahli pada bidang tersebut, maka PT.GS menunjuk PT Izza untuk melakukan pengecekan dan pengujian instalasinya. PT. Izza ElektriKA Inspeksi Solusindo merupakan salah satu bidang usaha jasa yang bergerak pada pengecekan/Uji Laik Operasi Instalasi Pemanfaatan Tegangan Menengah. Pada pengecekan / pengujian terdapat sub bab

tentang pengujian dan pengecekan tahanan pentanahan, pada sub bab ini mungkin bagi sebagian orang merupakan hal yang sepele atau tidak ada efek. Namun, grounding memiliki fungsi yang cukup penting yakni untuk menghantarkan arus *shortcircuit* yang terjadi pada transformator sehingga arus *shortcircuit* tersebut langsung dialirkan ke dalam tanah sehingga aman.

### 1.2 Perumusan Masalah :

Berdasarkan pemaparan diatas, berikut ini adalah rumusan masalah dalam penelitian ini :

- 1) Pada Uji Laik Operasi sebelumnya, sistem pentanahan Trafo 630kVA milik PT. GS menunjukkan nilai yang cukup tinggi. Apakah pada uji laik operasi kali ini didapatkan hasil pengukuran yang sesuai dengan standar PUIL ?
- 2) Kondisi trafo 630kVA milik PT.GS yang beroperasi selama 24 jam secara terus menerus dan berada diluar ruangan. Bagaimanakah kondisi kelayakan sistem pentanahan Trafo 630kVA milik PT GS Ungaran ?

### 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini bertujuan untuk lebih fokus terhadap topik dan juga tidak meluasnya pembahasan, berikut batasan permasalahan pada penelitian ini :

1. Data pengukuran penelitian diperoleh dari inspeksi oleh PT.Izza Elekrika Inspeksi Solusindo pada Transformator 630kVA PT.GS Ungaran yang berlokasi di Jl. Raya Bergas Ungaran pada bulan November 2023.
2. Pada penelitian ini hanya membahas mengenai pengujian dan pengecekan tahanan pentanahan transformator 630kVA di PT.GS.
3. Pada penelitian ini perhitungan hanya meliputi nilai pengukuran sistem pentanahan.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini diharapkan sebagai berikut :

- 1) Mengukur besarnya nilai tahanan pentanahan Transformator 630kVA milik PT.GS selama Uji laik Operasi dilaksanakan.
- 2) Menganalisa data hasil dari pengukuran tahanan pentanahan yang didapat oleh PT.Izza Elekrika Inspeksi Solusindo dengan data hasil perhitungan.
- 3) Menilai kelayakan sistem pentanahan transformator 630kVA milik PT.GS Ungaran

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian pada tugas akhir ini yakni bisa untuk menganalisa hasil pengukuran resistansi pentanahan, mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi hasil dari pengukuran resistansi pentanahan, dan juga memberikan pemahaman bahwasanya pemasangan grounding yang sesuai dengan SOP PLN akan bermanfaat bagi konsumen.

#### 1.6 Sistematika Penulisan Penelitian

Pada sistematika penulisan ini adalah gambaran secara garis besar, yang memiliki 5 bab dengan masing-masing bab yang berisi :

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan penelitian.

##### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka dan landasan teori yang berisi tentang hasil penelitian yang dijadikan referensi oleh penulis untuk melakukan penelitian.

##### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metodologi penelitian, waktu penelitian, alat dan peralatan yang digunakan untuk penelitian sehingga nanti mendapatkan data/hasil dari penelitian tersebut.

**BAB IV : HASIL DAN ANALISIS**

Bab ini berisi tentang hasil dari pengukuran tahanan pentanahan Transformator 630kVA PT.GS, penentuan kelayakan *grounding* transformator , dan perhitungan nilai sistem pentanahan.

**BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari pembahasan mengenai Tugas Akhir sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk lebih sempurna lagi.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Berikut ini adalah tinjauan pustaka dari beberapa peneliti terdahulu, yang telah melakukan beberapa penelitian tentang persoalan sistem pentanahan nantinya akan dikaji sebagai pedoman penulisan penelitian ini :

- 1) Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Rifqi Rizkullah Fajrin, dengan judul “Pengujian Nislai Resistensi Pentanahan Elektroda Batang dengan Zat Aditif Bentonit dan Tanpa Bentonit”. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa nilai dari suatu tahanan pentanahan bisa diperbaiki dengan menggunakan bahan aditif bentonit yang semula menghasilkan 5,3 dapat turun hingga 4,2 Ohm hal ini dikarenakan zat tersebut bisa menempel dengan elektroda batang dan tanah sehingga tiada rongga yang tersisa[3].
- 2) Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Ta’ali, Ali Basrah Pulungan, Hambali, dan Shalvadila dengan judul “Analisa Sistem Grounding di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang”. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan meskipun pada tempat atau tanah yang sama dan dengan metode yang sama yakni menggunakan metode tiga titik menghasilkan nilai yang berbeda, dan perbedaannya pun cukup signifikan pada gedung T.Elektro dan Elektronika 48,3Ohm sedangkan Gedung T.Mesin dan Otomotif hanya 2,34-2,52 Ohm saja[4] .
- 3) Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Jeferson Fernando dengan judul “Perancangan Sistem Pentanahan Gedung Pusat Universitas Manado”. Hasil penelitiannya membahas tentang perencanaan sistem pentanahan dan sistem penangkal petir disalah satu gedung yang akan dipasang, instalasi pentanahan penangkal petir dan sistem grounding instalasi merupakan hal yang berbeda, hal ini di nyatakan dengan hasil

pengukuran 4,71 Ohm untuk instalasi gedung dan 3,1 untuk instalasi penangkal petir[5].

- 4) Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Denny R. Pattiapon dengan judul “Analisa Kesalahan Pemasangan grounding pada KWH Meter prabayar” hasil penelitian yang telah dilakukan dari jurnal tersebut adalah pentingnya pemasangan penghantar grounding pada instalasi rumah dengan diperiksa menggunakan KWH Meter prabayar. Pemasangan grounding sesuai dengan SOP PLN akan berdampak baik pada instalasi yang digunakan, sebaliknya apabila pemasangan grounding tidak sesuai dengan SOP PLN akan berdampak yakni pada pemborosan pemakaian daya listrik[6].
- 5) Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Yusmartoto dengan judul “ Pengukuran Grounding pada gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan” pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa cara menggunakan alat earthtester dengan metode beberapa titik dan hasil pengukuran menunjukan bahwa nilai tahanan resistansi pentanahan sesuai dengan standar PUIL 2000 yakni  $< 50\text{hm}$ [7].

## 2.2 Landasan Teori

Sistem pentanahan listrik yang sebelumnya ditemukan pada sekitar abad ke-20, pada awal mulanya hanya berbentuk sederhana, tidak rumit, dan hanya masih beberapa konsumen saja yang memasang sistem pentanahan listrik tersebut. Namun sekarang, sistem pentanahan listrik diperlukan karena ukuran dan jangkauan sistem listrik meningkat dan membutuhkan lebih banyak daya. Jika suatu instalasi listrik tidak dipasang sistem pentanahan listrik akan berbahaya untuk orang, properti, dan sistem layanan mereka sendiri terancam bahaya dari arus gangguan listrik.

Sistem Pentanahan listrik adalah komponen penting dari sistem listrik, karena itu adalah sistem pengaman terkoneksi yang menghubungkan sistem satu dengan sistem lainnya untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah/bumi yang berfungsi untuk melindungi orang dari arus gangguan

listrik dan melindungi komponen instalasi dari bahaya tegangan dan arus abnormal[8].

Suatu sistem *grounding* atau sistem pentanahan listrik bisa dikatakan layak apabila nilai dari hasil pengukurannya adalah bernilai  $<50\Omega$  bisa disebut bahwasannya nilai pentanahan listrik sistem tersebut baik. Juga sebaliknya, jika nilai tahanan resistansi suatu instalasi yang diukur  $>50\Omega$  maka sistem pentanahan di instalasi tersebut bisa dinilai buruk[9]. Perintah dasar atau nilai standar yakni mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik atau PUIL 2000 (peraturan kelistrikan yang sesuai dan berlaku hingga saat ini). Dijelaskan didalam PUIL bahwa nilai tahanan resistansi memiliki range minimal yakni  $0\Omega$  dan maksimal  $50\Omega$ , dan masih bisa ditoleransi. Nilai tersebut merupakan nilai aman dari nilai pentanahan suatu sistem instalasi pembumian / *grounding* semua instalasi listrik. Prinsip kerja sistem pentanahan yang bertujuan untuk mengamankan instalasi adalah sebagai berikut, asumsikan terlebih dahulu bumi adalah titik netral, karena bumi memiliki muatan negatif yang tak terbatas. sedangkan sambaran petir arus gangguan dari peralatan adalah muatan positif yang besar namun terbatas. Jika disuatu waktu ada arus gangguan singkat yang berasal dari petir atau peralatan listrik maka arus gangguan tersebut bisa dialirkan ke bumi dengan catatan nilai resistensi dari pentanahan tersebut kurang dari  $50\Omega$ . Karena kekuatan volume dan massa menurut [windowpowerengineering.com](http://windowpowerengineering.com) bumi mampu menahan muatan listrik sekitar  $5000-20.000A$  dan  $40.000-120.000V$ . Oleh karena itu tujuan umum sistem pentanahan dipasang adalah :

- 1) Menjaga keselamatan orang dari sengatan listrik, baik dalam keadaan normal atau tidak.
- 2) Menjamin operasi peralatan listrik dan elektronik.
- 3) Mencegah kerusakan pada peralatan kelistrikan.
- 4) Menghantarkan sambaran petir ketanah.
- 5) Menstabilkan tegangan dan mengurangi kemungkinan *flashover transient*.

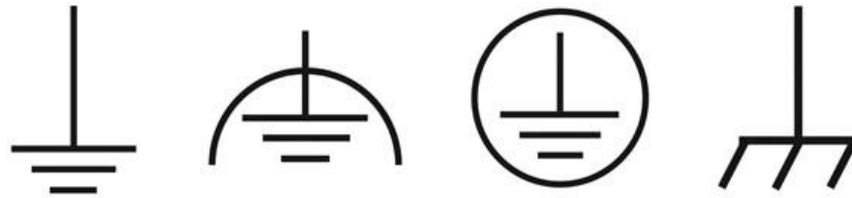
- 6) Mengalihkan energi radio frekuensi liar dari peralatan seperti audio, video, dan konstruksi.

Karena sistem pentanahan listrik ini berfungsi sebagai dasar untuk sistem perlindungan secara umum, maka dalam pemasangannya membutuhkan pertimbangan yang hati-hati dan serius. Sistem pentanahan ini juga dapat digunakan dalam berbagai instalasi contohnya adalah pemasangan pada instalasi penangkal petir, dan instalasi untuk peralatan terutama di industri elektronik dan telekomunikasi. Baik teknisi dan masyarakat umum sering mengalami kesulitan untuk memperkirakan dengan tepat nilai tempat konstruksi. Aspek yang paling penting dari sistem manajemen adalah hambatan atau resistensi dari suatu penghantar pentanahan tersebut.

Cara mengukur tahanan pentanahan adalah dengan menggunakan alat Earthtester yang prinsip kerjanya adalah mengalirkan arus searah (DC) ke dalam sistem pentanahan, namun kenyataan di lapangan sistem pentanahan tersebut tidak dialiri arus searah. Bisa dikatakan seperti itu karena biasanya sinusoidal (AC) atau impuls (petir) dengan frekuensi tinggi atau arus berubah waktu yang sangat tidak pasti. Menurut Anggoro (2002) perilaku tahanan sistem pentanahan sangat tergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisnya) dari arus yang mengalir ke sistem pentanahan tersebut. Dalam suatu pentanahan baik penangkal petir atau pentanahan netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi sistem pentanahan tersebut.

### 2.2.1 Simbol Sistem Pentanahan / Grounding Listrik

Sistem Pentanahan dalam bidang kelistrikan mempunyai banyak simbol yang berbeda namun memiliki arti yang sama, selain memiliki banyak simbol disetiap negara juga memiliki simbol yang berbeda terkait dengan sistem pentanahan[7]. Berikut ini adalah simbol dari sistem pentanahan / *grounding* listrik :



gambar 2. 1 Simbol Sistem pentanahan Listrik

Agar sistem pentanahan dapat mengalirkan arus gangguan listrik ke tanah, idealnya penghantar harus sepenuhnya terhubung ke tanah tanpa resistensi apa pun. Namun, dalam kenyataannya sangat sulit untuk sepenuhnya terhubung ke tanah. Maka daripada itu dibuatlah standar resistensi atau penghalang maksimum 5 ohm dibuat untuk kabel darat, yang merujuk pada PUIL 2000 yang hingga saat ini masih berlaku. Pihak berwenang dalam hal ini adalah PLN, tidak dapat mengkonfirmasi nilai penghalang yang lebih tinggi dari 0-5 Ohm, hal ini didasarkan pada jenis tanah yang berbeda beda di setiap tempat. Selain itu, nilai dari sistem pentanahan yang berlebihan secara teknis sangat berbahaya karena kebocoran listrik biasanya bisa merusak komponen listrik khususnya bagian elektronik, terutama yang rentan terhadap energi statis, dan energi statis apabila tidak segera disalurkan ke bumi. Berikut ini adalah cara yang bisa dilakukan tanpa membongkar instalasi pentanahan apabila instalasi pentanahan sudah terpasang tetapi nilai resistansi belum sesuai dengan standar ketentuan dari PLN :

- 1) Membangun sistem pentanahan baru
- 2) Meningkatkan kedalaman *Ground rod*
- 3) Mengganti luas penampang *Ground rod*

Walaupun pemasangannya sama, yakni ditanam didalam tanah namun sistem pentanahan dan juga sistem penangkal petir adalah hal yang berbeda. Sistem pentanahan listrik baik untuk pemasangan rumah maupun industri harus dipisahkan dari sistem penangkal petir. Jarak antara terminal dan pabrik harus setidaknya 10 meter, namun tidak jauh dari tanah.

Standar sistem pentanahan listrik tidak hanya perihal dalam nilai, dan juga pemasangan saja, tetapi juga perihal pentanahan perlengkapan. Pentanahan perlengkapan adalah setiap perlengkapan yang berhubungan dengan sistem tenaga listrik contohnya adalah kotak kontak, kotak sakelar, terminal strip dan sebagainya. Adapun batas dari pentanahan perlengkapan adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk peralatan-peralatan elektronis yang sangat peka, nilai tahanan pentanahan harus kurang dari 10 $\Omega$ , atau sekitar 0,5  $\Omega$ .
- 2) Untuk stasiun-stasiun besar, tahanan bus pentanahan 1  $\Omega$
- 3) Untuk stasiun-stasiun yang lebih kecil, tahanan bus pentanahanya 50 $\Omega$ .
- 4) Untuk lingkungan perkotaan dan perumahan yang belum memiliki sistem air pdam tahanan bus pentanahanya 250 $\Omega$ .
- 5) Untuk menara transmisi 150kV tahanan pentanahan kaki menara tidak boleh lebih dari 50 $\Omega$

### 2.2.2 Fungsi Sistem Pentanahan Listrik

Sistem pentanahan listrik atau biasa yang disebut dengan grounding memiliki fungsi utama yakni melindungi atau memproteksi peralatan listrik, manusia yang ada disekitar instalasi tersebut agar tidak terkena secara langsung. Sistem atau prinsip kerjanya adalah ketika ada arus gangguan hubung singkat, arus hubung singkat tersebut secara langsung bisa dihantarkan ke bumi melalui penghantar pentanahan yang dipasang kedalam tanah[10]. Apabila nilai resistansi dari suatu sistem pentanahan yang terpasang kecil maka arus gangguan listrik akan cepat tersalurkan ke tanah, dan juga sebaliknya apabila nilai tahanan resistansi pentanahan yang terpasang besar maka arus gangguan listrik akan memerlukan waktu yang lama untuk disalurkan ke dalam tanah. Pemasangan grounding yang tidak sempurna juga akan mengakibatkan bahaya yang akan mengakibatkan rusaknya komponen komponen listrik terutama yang berhubungan dengan komponen elektronik.

### 2.2.3 Tujuan Adanya Sistem Pentanahan Listrik

Tujuan utama dari pemasangan sistem pentanahan listrik adalah untuk memberikan penghantar yang memiliki resistensi rendah terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan *transient voltage*. Pemasangan sistem pentanahan listrik yang baik sesuai dan sesuai dengan SOP PLN akan meminimalisir adanya sentakan listrik atau *transient voltage*[11].

Menurut IEEE Std 142<sup>TM</sup>-2007 4, tujuan system pentanahan adalah:

1. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
2. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor sistem dan bumi.
3. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

## 2.3 Komponen – Komponen Sistem Pentanahan Listrik

### 2.3.1 Penghantar Pentanahan

Jenis penghantar pentanahan ini biasanya berbentuk kabel dan terbuat dari bahan tembaga murni, ada 2 jenis kabel yang digunakan. Jenis yang pertama adalah menggunakan isolasi, dan yang kedua tanpa isolasi. Penggunaan penghantar berisolasi, biasanya berbentuk kabel yang berwarna kuning strip hijau digunakan pada instalasi listrik dan pemasangannya berada didalam ruangan, seperti pada panel, KKB, KKK dsb. Sedangkan, penghantar tanpa isolasi biasanya digunakan pada instalasi listrik berada didalam ruangan. Fungsi dari penghantar tanpa kabel ini adalah untuk menghubungkan instalasi pentanahan yang berasal dari dalam panel menuju ke *ground rod* utama. Untuk ukuran dan jenis dari penghantar tanpa isolasi yang biasanya sering digunakan di industri

adalah BC 70mm dan 90mm, sedangkan untuk penghantar menggunakan isolasi adalah NYM 2,5mm.

### 2.3.2 Jenis- Jenis Elektroda Pentanahan

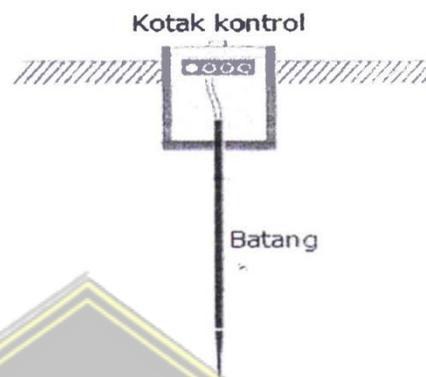
Menurut PUIL 2000 [3.18.11 & 3.18.4.1] Elektroda pentanahan atau yang disebut juga dengan elektroda pembedaan adalah suatu penghantar atau konduktor yang ditanam secara langsung ke dalam tanah untuk mengalirkan arus gangguan dan arus bocor ke dalam tanah agar tegangan tidak berubah saat terjadi gangguan. Berikut ini adalah syarat yang biasanya diperhatikan ketika hendak memilih suatu konduktor untuk digunakan sebagai elektroda pentanahan :

- 1) Memiliki daya hantar jenis (*conductivity*) yang cukup besar.
- 2) Memiliki kekerasan (kekuatan) secara mekanis pada tingkat yang tinggi terutama bila digunakan pada daerah yang tidak terlindung terhadap kerusakan fisik.
- 3) Tahan terhadap peledakan dari keburukan sambungan listrik, walaupun konduktor tersebut akan terkena *magnitude* arus gangguan dalam waktu yang lama.
- 4) Tahan terhadap karat / korosi

Jika sudah mengetahui syarat yang biasa digunakan untuk memilih suatu elektroda pentanahan, tahap selanjutnya adalah menentukan jenis – jenis elektroda. Jenis elektroda pentanahan sangat beragam dan nantinya jenis elektroda pentanahan juga akan berpengaruh terhadap lainnya, artinya adalah karena bentuk elektroda yang berbeda maka pemasangan dan perlakuan dari tiap jenis elektroda pun juga berbeda. Berikut ini adalah elektroda yang sering dipasang di industri atau rumah tinggal :

- 1) Elektroda Batang, adalah sebuah elektroda yang berbentuk seperti pipa pvc namun terbuat dari bahan besi baja profit yang pemasangannya dilakukan secara sederhana hanya dengan menancapkan elektroda ini kedalam tanah [12]. Dasar – dasar dari teori sederhana sistem pentanahan adalah berasal dari elektroda ini, mungkin karena elektroda ini cukup

mudah dalam pemasangan maka daripada itu elektroda ini sering digunakan untuk bahan praktikum atau penelitian. Pada gambar dibawah ini adalah contoh pemasangan elektroda batang



gambar 2. 2 elektroda batang

Kelebihan elektroda pentanahan tipe batang ini jika dibandingkan dengan tipe setelah ini adalah tidak memerlukan tempat yang luas. Pemasangan elektroda jenis batang ini biasanya pada gardu induk, rumah tangga. Panjang elektroda batang yang disarankan oleh PUIL 2000 adalah 1,75 m. Berikut ini adalah rumus persamaan tahanan pentanahan untuk elektroda tipe batang tunggal.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} (\ln 4L/d - 1) \quad (1)$$

Dimana :

$R$  = Tahanan Pembumian Batang elektroda (ohm)

$\rho$  = Tahanan jenis Tanah (Ohm-m)

$L$  = Panjang batang yang tertanam (m)

$d$  = Diameter batang Elektroda (m)

ketika sudah melakukan pemasangan dengan satu elektroda batang namun belum didapatkan besarnya nilai tahanan pentanahan yang diinginkan maka tahanan pentanahan dapat diperkecil dengan rumus persamaan berikut ini[13].

$$R = 1,1 \frac{\rho L}{n} \quad (2)$$

$R$  = tahanan yang diharapkan

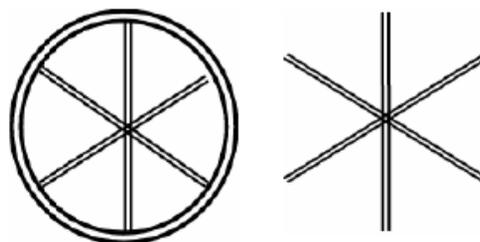
$\rho L$  = tahanan terukur

$n$  = jumlah elektroda

2) Elektroda Pita adalah penghantar pentanahan yang terbuat dari konduktor yang dipilin berbentuk pita bulat. Perbedaan elektroda pita dengan elektroda batang adalah elektroda ini biasanya ditanam secara dangkal dan secara horizontal, sementara itu elektroda jenis batang biasanya ditanam secara dalam dan secara vertikal. Pemasangan elektroda pita ini akan sulit jika terjadi di lapisan tanah yang berjenis batu atau kapur, selain pemasangan yang sulit untuk mendapatkan nilai dari elektroda pita ini juga cukup sulit. Berikut ini adalah gambar pemasangan elektroda pentanahan jenis pita dan juga beberapa macam konfigurasi elektroda pita.



gambar 2. 3 elektroda pita



gambar 2. 4 Konfigurasi pemasangan elektroda pita

3) Elektroda Plat, elektroda plat terbuat dari bahan plat logam tembaga utuh atau plat tembaga berlubang atau kawat kasa tembaga dengan ketebalan rata rata 3mm. Kelebihan dari penggunaan elektroda plat ini adalah nilai tahanan pentanahan kecil daripada elektroda lain jika ditanam secara dalam dan bersamaan, mungkin karena faktor luas penampangnya yang lebih besar jika dibandingkan dengan elektroda lainnya, namun kekurangan dari elektroda plat ini adalah harganya yang kurang ekonomisnya tempat yang digunakan dibandingkan dengan elektroda jenis lain. Berikut ini adalah gambar pemasangan dari elektroda plat.



gambar 2. 5 elektroda plat

#### 2.4 Karakteristik Tanah dan Tahanan Jenis Tanah

Karakteristik tanah adalah salah satu variabel mutlak yang dikenal karena terkait erat dengan sistem pentanahan yang digunakan. Faktor penting yang secara signifikan mempengaruhi ukuran tahanan pentanahan adalah studi karakteristik tanah yang terkait dengan pengukuran jenis tanah dan tahanan pentanahan, ini sesuai dengan tujuan utama yang diharapkan yakni untuk mendistribusikan arus gangguan ke tanah secepat mungkin. Tahanan jenis (Ohm) merupakan nilai resistansi bumi yang menunjukkan konduktivitas listrik bumi [14].

Tahanan jenis tanah sangat penting, untuk sistem pentanahan listrik karena akan berdampak pada faktor lainnya, jika tanah tersebut memiliki kandungan yang bersifat korosif akan mengakibatkan penghantar pentanahan bisa saja tidak tahan lama dan memiliki nilai pentanahan

yang buruk. Besar dari nilai tahanan jenis tanah berbeda-beda bisa dikarenakan iklim, suhu, kelembapan, dan juga kedalaman dari pentanahan tersebut dipasang, semakin dalam *ground rod* dipasang maka semakin kecil pula nilai tahanan pentanahan. Berdasarkan PUIL (2000) berikut ini adalah tabel macam macam tahanan jenis tanah yang terdapat pada tanah di indonesia.

Tabel 2. 1 macam macam tahanan jenis tanah

NO	Jenis tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ohm)
1	Tanah Rawa	30
2	Tanah Liat dan Tanah Ladang	100
3	Tanah Berpasir basah	200
4	Tanah Berkerikil basah	500
5	Tanah Berpasir dan berkerikil kering	1000
6	Tanah Berbatu	5000

Besar kecil tahanan pentanahan dipengaruhi oleh 2 faktor, yakni faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal adalah yang bersifat dalam instalasi pentanahan sendiri contohnya adalah

i. Dimensi konduktor, disini yang dibahas adalah diameter atau panjangnya, biasanya yang digunakan dilapangan adalah kabel type BC dengan diameter 50mm dan 70mm. Apabila pemasangan kabel tersebut tidak menggunakan berdiameter diatas, pasti hasilnya akan berbeda ketika menggunakan kabel berdiameter 50 dan 70mm

ii. Jenis tanah, Tanah basah atau lembab ideal untuk pentanahan atau grounding karena kandungan airnya tinggi dan dapat menetralsisir langsung ketika ada masalah dengan sistem instalasi

iii. Perencanaan dan pengaturan yang baik diperlukan untuk menghasilkan sistem pentanahan yang baik. Perencanaan untuk sistem pentanahan pada instalasi tegangan menengah dikatakan baik apabila

nilai tahanannya  $< 5$  ohm.

Yang dimaksud dengan faktor eksternal meliputi :

- a. Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, dan searah).
- b. Frekuensi yang mengalir ke dalam system pentanahan

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuk sistem pentanahan, karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang berbeda pula.

Sementara itu, hal yang harus diketahui adalah tanah juga sebagai penghantar arus pentanahan, maka daripada itulah sistem pentanahan memerlukan resistivitas yang baik tentunya. Menurut wikipedia, resistivitas adalah salah satu parameter fisis untuk mempelajari struktur permukaan bawah tanah, termasuk juga untuk mengetahui sifat tanah, dan mengukur tahanan pentanahan.

Tabel 2. 2 Jenis tanah dan nilai resistansi tanah

NO	Jenis Tanah	Resistansi Tanah (Ohm)
1	Tanah Organik	1-10
2	Tanah Basah	11-100
3	Tanah Kering	101-1000
4	Tanah Berbatu	1001-10000

Berdasarkan tabel 2.2 dapat disimpulkan bahwa jika jenis tanah berbeda, maka berbeda pula nilai resistansi tanahnya. Semakin sedikit kandungan air didalam tanah tersebut maka nilai resistansinya tinggi, berbalik dengan jenis tanah yang memiliki kandungan air yang banyak akan mengakibatkan nilai tahanan pentanahan akan kecil. Sebagai contoh apabila ingin memasang elektroda pentanahan ditanah yang kering maka jumlah pemasangannya akan jauh lebih banyak dibandingkan dengan

pemasangan pada tanah yang memiliki kandungan air yang cukup banyak.

## 2.5 Transformator 630kVA

Transformator atau biasa yang disebut dengan trafo adalah komponen penting dalam proses transmisi dan distribusi tegangan listrik, fungsinya adalah menaikkan dan menurunkan tegangan listrik. Prinsip kerja dari trafo adalah menggunakan kumparan kawat yang bila dialiri arus bolak-balik akan menghasilkan induksi elektromagnetik. Artinya arus pada belitan menimbulkan medan magnet. Inti besi atau tempat dibungkusnya kawat akan memperbesar medan magnet akibat induksi. Arus bolak-balik menghasilkan arus yang terus berubah. Arus bolak-balik ini dapat bekerja pada kumparan sekunder dan menciptakan gaya gerak listrik serta arus. Trafo memiliki beberapa jenis seperti trafo step up (memiliki lilitan sekunder lebih banyak dibandingkan lilitan primer) untuk menaikkan tegangan, trafo step down (lilitan primer lebih banyak dibandingkan lilitan sekunder) untuk menurunkan tegangan, trafo distribusi, current trafo, potensial trafo dll.



gambar 2. 6 Trafo 630kVA

Transformator yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi UNINDO 630kVA ; 20KV / 400V. Artinya adalah trafo tersebut bermerk Unindo berkapasitas 630kVA dengan jenis trafo distribusi step down dari

20KV ke 400V dengan tegangan kerja 3 fasa / 400V yang memiliki konfigurasi Delta-Bintang.

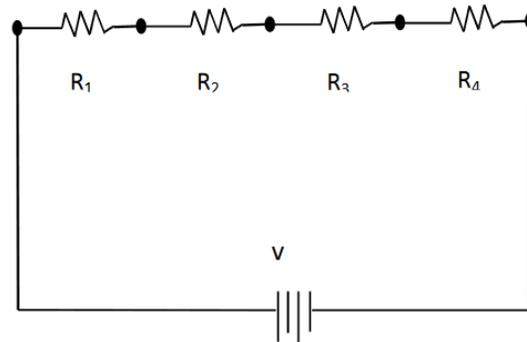
## 2.6 Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik dapat dibedakan menjadi 2 macam melalui sumber tegangannya yakni rangkaian listrik AC (*Alternatif Current*) yang berasal dari sumber tegangan bolak-balik, dan DC (*Direct Current*) berasal dari sumber tegangan searah. Rangkaian Listrik adalah rangkaian yang terdiri dari berbagai komponen seperti Resistor, Transistor, dll dengan syarat rangkaian tersebut merupakan rangkaian tertutup [15]. Arus pada rangkaian listrik dapat mengalir karena adanya perbedaan muatan yang terjadi dalam satu waktu, artinya ketika muatan tersebut bergerak maka arus akan mengalir jika muatan itu tidak bergerak maka arus tak akan mengalir. Muatan merupakan satuan sub bab terkecil dari atom, muatan dibagi menjadi 2 yakni muatan positif (proton) dan muatan negatif (elektron) dan muatan normalnya adalah neutron [16]. Sementara itu tegangan adalah perbedaan potensial antara 2 penghantar fasa dan netral.

Rangkaian seri adalah rangkaian listrik yang terdiri dari beberapa beban listrik yang tersambung ke sumber tegangan dan disusun secara sejajar, adapun sifat-sifat rangkaian seri adalah sebagai berikut :

1. Arus beban pada rangkaian tersebut adalah sama
2. Rangkaian ini harus tertutup atau rangkaian ini tidak boleh terputus.
3. Jika resistansinya sama, tegangan suplai dibagi dengan jumlah beban yang terhubung seri
4. Besarnya arus pada rangkaian ini dipengaruhi oleh besar kecilnya beban yang terpasang.

Berikut ini adalah gambar dari rangkaian listrik hubungan seri



gambar 2. 7 gambar rangkaian listrik hubungan seri

Dari gambar diatas didapatkan hasil persamaan rangkaian listrik sebagai berikut,

$$\text{Hambatan Total (RT)} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_N \quad (3)$$

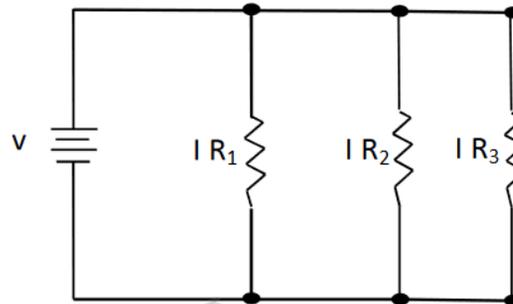
$$\text{Tegangan pada salah satu R} = \frac{R}{R_{Total}} \times V \quad (4)$$

$$\text{Arus (I)} = \frac{V}{R_{Total}} \quad (5)$$

Rangkaian paralel adalah rangkaian yang memiliki satu garis edar untuk mengalirkan tegangan arus dan disusun secara berderet. Adapun sifat sifat rangkaian paralel adalah sebagai berikut :

1. Apabila ada rangkaian terputus, maka rangkaian lainya bisa untuk bekerja tanpa adanya gangguan.
2. Tahanan total dari rangkaian ini akan kecil lebih kecil dibandingkan tahanan yang terkecil di rangkaian ini.
3. Besarnya arus berbeda tergantung dari jumlah beban yang ada di sirkit tersebut.
4. Tegangan suplai sama dengan tegangan dari masing-masing sirkit yang terpasang.

Berikut ini adalah gambar rangkaian listrik hubungan paralel.



gambar 2. 8 gambar rangkaian listrik hubungan paralel

Dari gambar diatas bisa dibuat persamaan / rumus sebagai berikut,

$$\text{Hambatan Total (RT)} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

$$\text{Atau Hambatan Total (RT)} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \quad (7)$$

$$\text{I pada masing masing R (IR)} = \frac{V}{R} \quad (8)$$



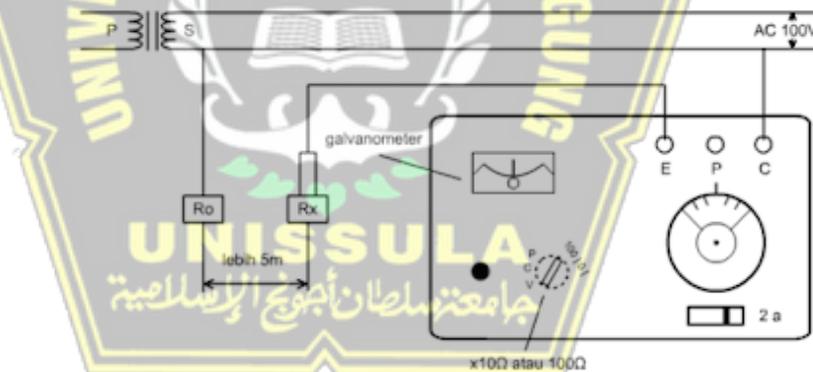
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Model Penelitian

Metode atau cara pengukuran sistem pentanahan yang sering digunakan untuk pengambilan data dilakukan dengan 3 metode, antara lain sebagai berikut :

i. Metode 2 titik elektroda (*two point method*)

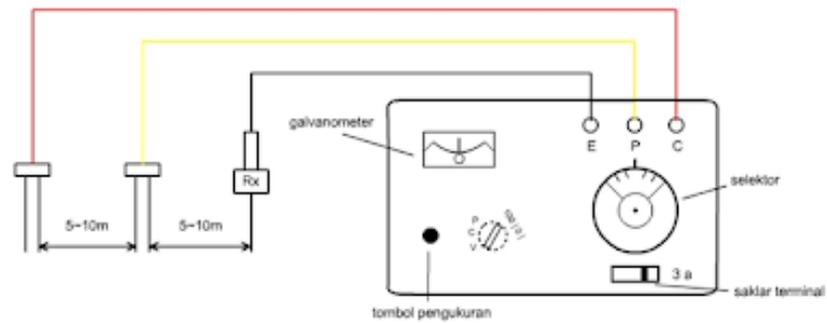
Metode dua titik ini dilakukan dengan cara menghubungkan 2 terminal yakni terminal E dan terminal C sedangkan terminal P tidak digunakan. Untuk terminal E (*earth*) disambungkan ke elektroda pbumian yang asli yang nantinya akan diukur. Sedangkan untuk terminal C disambungkan ke elektroda bantu yang nanti dipasang sebelum dilakukan pengukuran[17].



gambar 3. 1 metode 2 titik elektroda

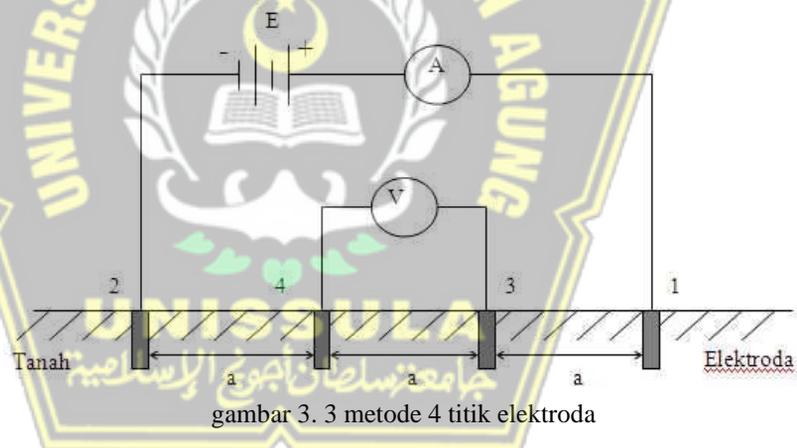
ii. Metode 3 titik elektroda (*three point method*)

Metode tiga titik ini dilakukan dengan cara menghubungkan 3 terminal, yakni terminal E, terminal C dan terminal P. Untuk terminal E disambungkan dengan grounding utama yang terpasang, sedangkan untuk terminal C dan terminal P dihubungkan dengan 2 elektroda bantu yang masing-masing dipasang dengan jarak sekitar 5 meter dari satu elektroda ke elektroda lainnya[17].



gambar 3. 2 metode 3 titik elektroda

iii. Metode 4 titik elektroda ini dilakukan dengan cara memasukan arus kedalam tanah melalui elektroda C1 dan pengukuran tegangan dilakukan pada elektroda bantu P1 dimana elektroda C1 tadi yang diberi arus tadi akan menghasilkan jauh lebih besar dari jarak tegangan pada elektroda P1[18].



gambar 3. 3 metode 4 titik elektroda

### 3.2 Obyek Penelitian

Obyek penelitian dilakukan pada Transformator 630kVA milik PT.GS yang berada di daerah Kabupaten Semarang, yang kebetulan sedang di periksa/diuji kelayakan nya oleh PT.Izza ElektriKa Inspeksi Solusindo.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Guna untuk mendukung peneliti dalam melaksanakan penelitian ini, perlu menggunakan alat dan peralatan yang memadai, berikut ini alat dan peralatan yang digunakan penulis :

#### i. Earthtester

Alat yang digunakan pada pengukuran besarnya tahanan pentanahan adalah Earthtester. Besar atau kecilnya nilai tahanan sistem pentanahan perlu diketahui, dikarenakan apabila ada arus gangguan akan cepat menuju ke tanah apabila nilai pentanahan kecil dan juga sebaliknya. Selain itu sistem pentanahan juga berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dan manusia. Sama halnya seperti alat ukur lainnya, Earthtester memiliki 2 type yakni type digital dan type analog, namun pada saat ini yang sering digunakan adalah type digital daripada type analog karena type digital lebih memudahkan untuk pembacaan dan juga human erornya lebih sedikit dibanding dengan type analog. Ada juga type yang berbeda, sekarang ini earthtester juga banyak yang modelnya, dari yang menggunakan kabel untuk pengukuran sampai dengan yang seperti capit atau *clamp* juga ada

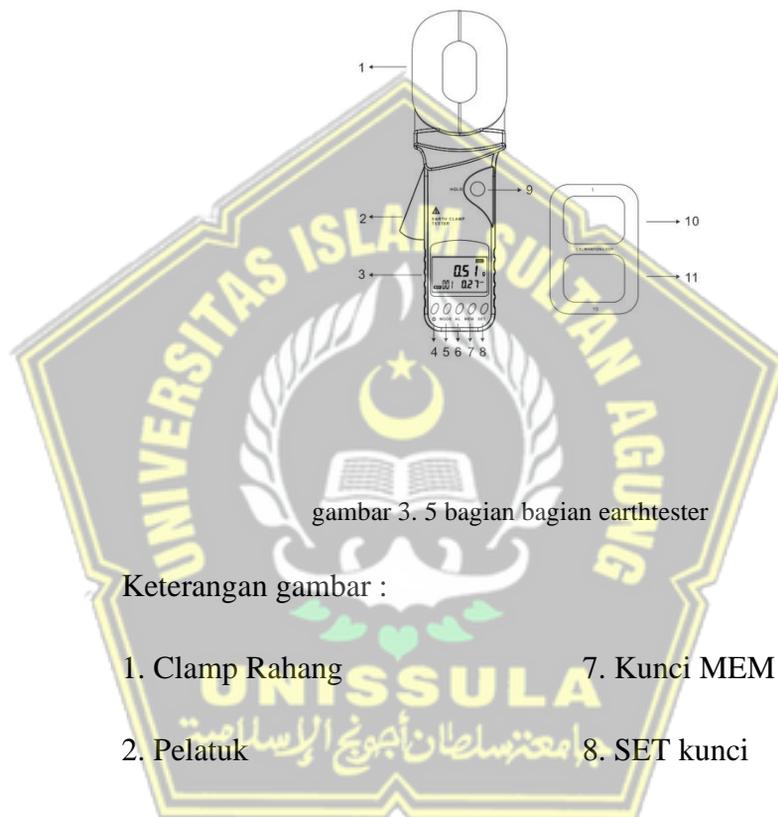
Keuntungan dengan menggunakan *Digital Clamp Earthtester* adalah tidak perlu memasang elektroda bantu, pengukuran langsung pada *ground rod* yang dipasang pada pusat sistem pentanahan saja. Berikut ini adalah gambar dari earthtester model analog dan juga *clamp*



gambar 3. 4 earthtester

Keuntungan dengan menggunakan digital clamp earth tester adalah tidak perlu memasang elektroda bantu, pengukuran langsung pada *ground rod* yang dipasang pada pusat sistem pentanahan saja.

Berikut ini adalah bagian-bagian dari *Digital Clamp Earthtester*



gambar 3. 5 bagian bagian earthtester

Keterangan gambar :

- |                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| 1. Clamp Rahang   | 7. Kunci MEM             |
| 2. Pelatuk        | 8. SET kunci             |
| 3. LCD            | 9. Tahan Kunci           |
| 4. Kunci Kekuatan | 10. LOOP Kalibrasi : 10  |
| 5. Kunci MODE     | 11. LOOP Kalibrasi : 100 |
| 6. Kunci AL       |                          |



gambar 3. 6 tampilan layar earthtester

Keterangan gambar :

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. Simbol Pembukaan Rahang | 8. Simbol Penyimpanan Data |
| 2. Simbol Alarm            | 9. Simbol Baterai          |
| 3. Lebih Besar dari Simbol | 10. Satuan resistansi      |
| 4. Simbol DC/AC            | 11. Nilai Resistansi       |
| 5. Simbol Akses Data       | 12. Satuan Saat ini        |
| 6. Simbol Memori Data      | 13. J. Penyimpanan         |
| 7. Simbol Kebisingan       | 14. Nilai Sekarang         |

**ii. Handphone**

Handphone digunakan untuk mendokumentasikan hasil dari pengukuran sistem pentanahan yang telah diukur, handphone yang digunakan peneliti adalah milik pribadi dengan merk Samsung type A50

**iii. Laptop**

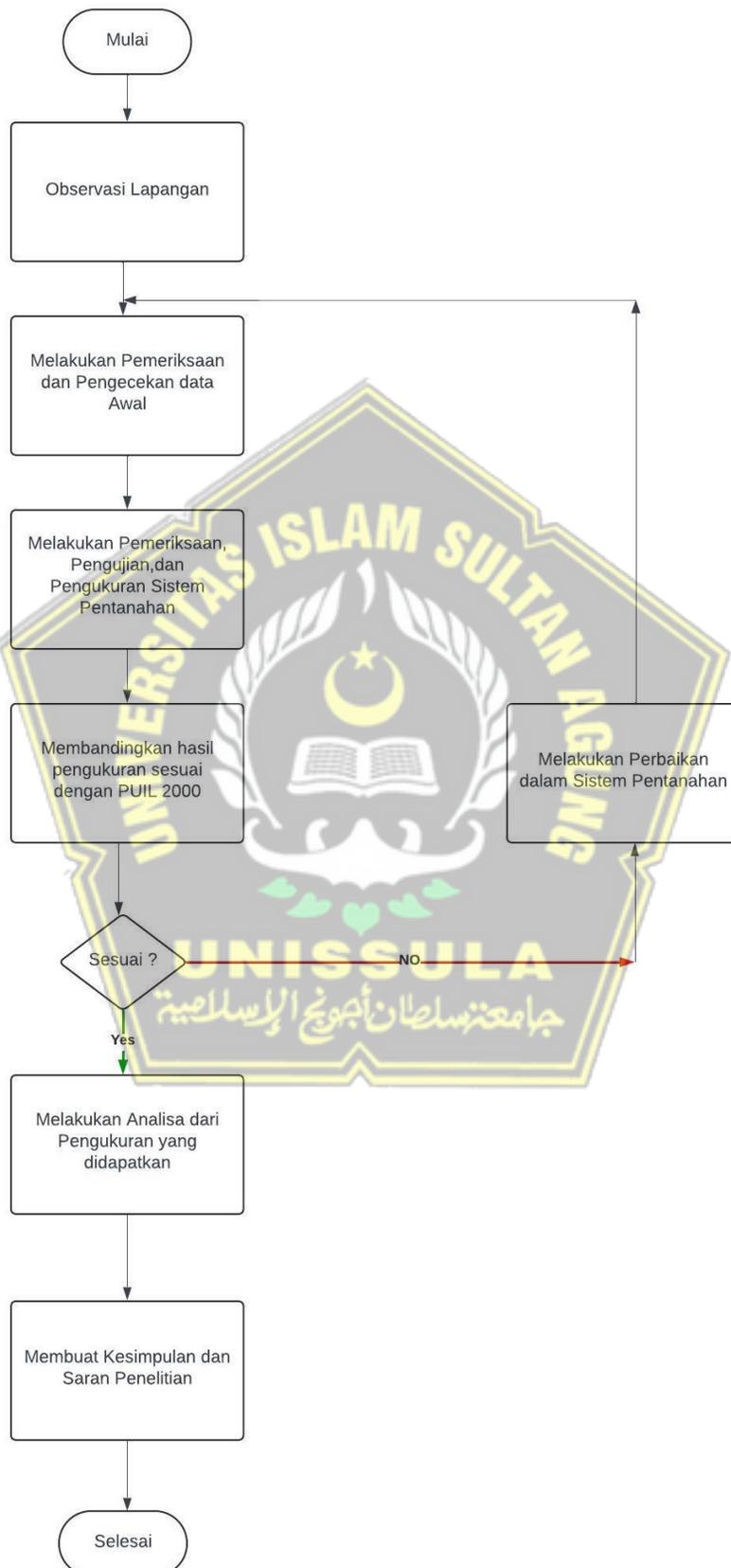
Laptop digunakan peneliti untuk penyusunan laporan penelitian.

### 3.4 Data Penelitian

Data penelitian yang diambil dari penelitian kali ini merupakan data real yang diambil langsung dari PT.Izza Elekrika Inspeksi Solusindo. Data penelitian diambil dengan beberapa metode, yakni dengan menggunakan Earthtester metode 3 titik dan juga metode pengukuran langsung dengan menggunakan *Digital Clamp Earthtester*. Setelah data berhasil di dapatkan, tahap selanjutnya adalah menganalisa hasil tersebut lalu kemudian menyimpulkan kelayakan sistem pentanahan.



### 3.5 Diagram Alur Penelitian



gambar 3. 7 Diagram alur penelitian

### 3.6 Tahapan Penelitian

Pada Tahapan penelitian ini mendeskripsikan pada gambar diatas sebagai berikut .

1. Melakukan proses awal yakni Observasi Lapangan, yakni pada PT GS yang berlokasi di Kabupaten Semarang
2. Melakukan pemeriksaan awal dan pengecekan data awal, dalam hal ini yang diperiksa dan dicek adalah dokument-dokument pemilikan trafo, surat keaslian dan jual beli trafo
3. Melakukan pengujian dan pengukuran sistem pentanahan transformator tersebut pada ground rod, sehingga mendapatkan hasil pengukuran
4. Analisa hasil dengan membandingkan nilai hasil dari pengukuran tersebut dengan nilai standar dari PUIL yang telah ditetapkan maksimal 50hm
5. Analisa nilai tersebut,jika kurang dari 50hm maka sistem pentanahan sesuai standar, dan jika nilai pentanahan melebihi dari 5 ohm maka harus melakukan perbaikan dalam sistem pentanahannya
6. Setelah melakukun analisa maka, buatlah kesimpulan,rekomendasi dan laporan terkait pemeriksaan dan pemeriksaan yang telah dilakukan
7. Jika sudah tercatat, maka lepas capitan clamp earth tester dan tekan tombol hold lagi untuk melepas kunci hasil dari pengukuran tersebut.
8. Matikan clamp earth tester kemudian, rapikan dan susun secara rapi pada tempat semula

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil observasi atau pemeriksaan yang dilakukan penulis pada saat dikawasan Trafo 630kVA milik PT.GS, didapatkan beberapa hasil atau nilai dari pengujian sistem pentanahan tersebut. Pengukuran tersebut berdasarkan pada mode penelitian yang sudah dibahas pada bab tiga sebelumnya, dengan menggunakan 3 metode (metode 2 titik elektroda, metode 3 titik elektroda, dan metode 4 titik elektroda)

Pada bab empat ini membahas tentang hasil dan analisis data hasil pengukuran sistem pentanahan pada transformator 630kVA dengan menggunakan *Earthtester* metode 3 titik dan *Clamp Digital Earthtester*. Selanjutnya hasil data tersebut dibandingkan atau disejajarkan dengan perhitungan secara manual sesuai dengan rumus yang berlaku, lalu memberikan penilaian layak atau tidaknya pentanahan tersebut terpasang. Berikut ini adalah hasil dari pemeriksaan sistem pentanahan yang didapat dari observasi lapangan.

#### **4.1 Pengukuran Sistem Pentanahan dengan alat Earthtester metode 3 titik dan Digital Clamp Earthtester**

Pengukuran dan pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan dengan menggunakan alat *Digital Clamp Earthtester*. Alat ini mempunyai keunggulan dibandingkan *Earthtester* menggunakan elektroda bantu untuk pengukuran yakni, alat ini bisa langsung digunakan pada *ground rod* sistem pentanahan seperti tang *Ampere* yang bisa langsung mengukur arus yang dicapit. Sedangkan pengukuran sistem pentanahan dengan *Earthtester* metode 3 titik memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah dengan adanya elektroda bantu yang dipasang ditancapkan ke dalam tanah, alat ini memiliki kepekaan terhadap nilai resistansi pentanahan. Berikut ini adalah hasil dari pengukuran dan pengujian tahanan pentanahan dengan menggunakan *Digital Clamp Earthtester* dan *Earthtester* dengan metode 3 titik

Tabel 4. 1 Data Hasil Percobaan Pengukuran pertama

Percobaan Ke -	Hasil Pengukuran dari Merek Earthtester yang digunakan	
	ETCR 2100A+ (Ohm)	KYORITSU KEW 4105A (Ohm)
1	8.8	8.8
2	8.6	8.8
3	8.6	8.7
4	8.6	8.7
5	8.8	8.8
6	8.8	8.6
7	8.8	8.8
8	8.7	8.7
9	8.6	8.8
10	8.7	8.8
Average	8.7	8.75
Keterangan :		
Data	IPTLTM	
Tanggal	18 November 2023	
Lokasi	PT. GS Jl. Raya Bergas Ungaran	
Name Plat Trafo	Unindo 630 kVA; 20 kV / 400V	
Diameter Ground Rod	BC 70mm	
Dalam Groun Rod	12 Meter	
Cuaca	Cerah	
Suhu dan Kelembapan	34°C / 53%	
Angin dan Presitipasi	13kM/J & 10%	

Tabel 4. 2 Data Hasil Percobaan Pengukuran Ke-dua

Percobaan Ke -	Hasil Pengukuran dari Merek Earthtester yang digunakan	
	ETCR 2100A+ (Ohm)	KYORITSU KEW 4105A (Ohm)
1	9.5	9.4
2	9.5	9.4
3	9.5	9.3
4	9.3	9.1
5	9.3	9.5
6	9.3	9.1
7	9.2	9.1
8	9.2	9.1
9	9.5	9.5
10	9.2	9.1
Average	9.35	9.26
Keterangan :		
Data	IPTLTM	
Tanggal	18 November 2022	
Lokasi	PT GS. Jl Raya Bergas Ungaran	
Name Plat Trf	Unindo 630 kVA; 20 kV / 400V	
Ground Rod	BC 50 mm	
Kedalaman Ground Rod	12 Meter	
Cuaca	Cerah	
Suhu dan Kelembapan	34°C / 53%	
Angin dan Presitipasi	13kM/J & 10%	

Tabel 4. 3 Data Hasil Percobaan Pengukuran Ke-tiga

Percobaan Ke -	Hasil dari Pengukuran Merk Earthtester yang digunakan	
	ETCR 2100A+ (Ohm)	KYORITSU KEW 4105A (Ohm)
1	11.5	11.7
2	11.6	11.7
3	11.6	10.8
4	11.5	11.4
5	10.8	11.6
6	10.8	11.0
7	10.8	11.0
8	10.7	11.0
9	11.5	11.4
10	10.8	11.6
Average	11.16	11.32
Keterangan :		
Data	IPTLTM	
Tanggal	18 November 2022	
Lokasi	PT GS. Jl. Raya Bergas Ungaran	
Name Plat Trf	Unindo 630 kVA; 20 kV / 400V	
Ground Rod	BC 70 mm	
Kedalaman Ground Rod	9 Meter	
Cuaca	Cerah	
Suhu dan Kelembapan	34°C / 53%	
Angin dan Presipitasi	13km/J & 10%	

Tabel 4. 4 Data Hasil Percobaan Pengukuran Ke-empat

Percobaan Ke -	Hasil dari Pengukuran Merk Earthtester yang digunakan	
	ETCR 2100A+ (Ohm)	KYORITSU KEW 4105A (Ohm)
1	12.3	12.1
2	12.1	12.1
3	12.5	12.6
4	12.0	12.8
5	12.0	12.8
6	12.0	12.0
7	12.0	12.0
8	12.5	12.6
9	12.5	12.4
10	12.5	12.5
Average	12.24	12,39
Keterangan :		
Data	IPTLTM	
Tanggal	18 November 2022	
Lokasi	PT GS. Jl. Bergas Raya Ungaran	
Name Plat Trf	Unindo 630 kVA; 20 kV / 400V	
Ground Rod	BC 50 mm	
Kedalaman Ground Rod	9 Meter	
Cuaca	Cerah	
Suhu dan Kelembapan	34°C / 53%	
Angin dan Presipitasi	13km/J & 10%	

Dari data tabel hasil pengukuran yang diatas diketahui bahwasanya sistem pentanahan trafo 630kVA tersebut dilakukan sebanyak sepuluh kali pada tiap diameter ground rod yang berbeda (70mm dan 50mm) dan ketinggian pemasangan ground road yang berbeda(12M dan 9M) serta dengan 2 merek alat Earthtester yang berbeda (ETCR 2100A+ dan KYORITSU KEW 4105A).

Ada beberapa standar untuk Berikut adalah beberapa standar yang relevan yang digunakan untuk evaluasi dan desain sistem pentanahan transformator pada jaringan distribusi sekunder:

#### **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)**

**IEEE Std 80-2013:** "Guide for Safety in AC Substation Grounding". Standar ini memberikan panduan untuk desain sistem pentanahan di gardu induk AC, termasuk transformator distribusi.

**IEEE Std 142-2007:** "Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems" (dikenal sebagai IEEE Green Book). Standar ini memberikan panduan komprehensif untuk pentanahan sistem daya di lingkungan industri dan komersial.

#### **IEC (International Electrotechnical Commission)**

**IEC 60364-5-54:2011:** "Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors". Standar ini memberikan panduan untuk instalasi pentanahan di bangunan.

**IEC 61936-1:2010:** "Power installations exceeding 1 kV AC – Part 1: Common rules". Standar ini mencakup aturan umum untuk instalasi daya yang melebihi 1 kV, termasuk pentanahan.

### NFPA (National Fire Protection Association)

**NFPA 70 (NEC):** "National Electrical Code". Kode ini mencakup persyaratan untuk pentanahan dan ikatan di instalasi listrik.

### BS (British Standards)

**BS 7430:2011+A1:2015:** "Code of practice for protective earthing of electrical installations". Standar ini memberikan panduan untuk pentanahan protektif di instalasi listrik.

### NESC (National Electrical Safety Code)

**NESC C2-2017:** Standar ini mencakup persyaratan keselamatan untuk sistem listrik dan komunikasi, termasuk pentanahan.

#### 4.1.1. Perhitungan Nilai Pentanahan dengan menggunakan rumus

Perhitungan nilai pentanahan dengan menggunakan rumus ini bertujuan untuk melakukan *checking* atau pemeriksaan terhadap hasil yang didapatkan dilapangan, dan untuk melakukan perhitungan nilai pentanahan apabila pada saat melakukan pengujian dan pemeriksaan menemui kendala seperti hujan, badai atau yang lainnya. Berikut ini adalah rumus yang biasa digunakan untuk melakukan perhitungan pentanahan.

1. Perhitungan nilai sistem pentanahan untuk diameter *ground rod* 70 mm, dengan kedalaman *ground rod* 12Meter, dan jenis tanah di area pengukuran adalah tanah liat maka tahanan jenisnya adalah 100 Ohm.

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

$$R = \frac{100}{2.3,14.12} \left( \ln \frac{4.12}{0,07} - 1 \right)$$

$$R = \frac{100}{75,36} \left( \ln \frac{48}{0,07} - 1 \right)$$

$$R = 1,32 (\ln 685,71 - 1)$$

$$R = 8,618 \text{ Ohm}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus diatas didapatkan nilai sejumlah, (8,618 Ohm) sedangkan jika dibandingkan dengan hasil tabel pengukuran 1 (8,7 hingga 8,75 Ohm) maka ada perbedaaan nilai sebesar 0,082 hingga 0,132 Ohm.

2. Perhitungan nilai sistem pentanahan untuk diameter *ground rod* 50 mm, dengan kedalaman *ground rod* 12Meter, dan jenis tanah di area pengukuran adalah tanah liat maka tahanan jenisnya adalah 100 Ohm.

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

$$R = \frac{100}{2,3,14 \cdot 12} (\ln \frac{4 \cdot 12}{0,05} - 1)$$

$$R = \frac{100}{75,36} (\ln \frac{48}{0,05} - 1)$$

$$R = 1,32 (\ln 960 - 1)$$

$$R = 9,063 \text{ Ohm}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus diatas didapatkan nilai sejumlah (9,063 Ohm) sedangkan jika dibandingkan dengan hasil tabel pengukuran ( 9,26 hingga 9,35 Ohm ) maka ada perbedaaan nilai sebesar 0,197 hingga 0,287 Ohm.

3. Perhitungan nilai sistem pentanahan untuk diameter *ground rod* 70mm, dengan kedalaman *ground rod* 9Meter, dan jenis tanah di area pengukuran adalah tanah liat maka tahanan jenisnya adalah 100 Ohm.

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

$$R = \frac{100}{2,3,14 \cdot 9} (\ln \frac{4 \cdot 9}{0,07} - 1)$$

$$R = \frac{100}{56,52} (\ln \frac{36}{0,07} - 1)$$

$$R = 1,77 (\ln 514,28 - 1)$$

$$R = 11,04 \text{ Ohm}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus diatas didapatkan nilai sejumlah (11,04 Ohm) sedangkan jika dibandingkan dengan hasil tabel pengukuran ( 11,16 hingga 11,32 Ohm ) maka ada perbedaaan nilai sebesar 0,12 hingga 0,28 Ohm.

4. Perhitungan nilai sistem pentanahan untuk diameter *ground rod* 70mm, kedalaman *ground rod* 9Meter, dan jenis tanah di area pengukuran adalah tanah liat maka tahanan jenisnya adalah 100 Ohm.

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

$$R = \frac{100}{2.3,14.9} \left( \ln \frac{4.9}{0,07} - 1 \right)$$

$$R = \frac{100}{56,52} \left( \ln \frac{36}{0,07} - 1 \right)$$

$$R = 1,77 (\ln 685,71 - 1)$$

$$R = 11,55 \text{ Ohm}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus diatas didapatkan nilai sejumlah (11,55 Ohm) sedangkan jika dibandingkan dengan hasil tabel pengukuran ( 12,24 hingga 12,39 Ohm ) maka ada perbedaaan nilai sebesar 0,69 hingga 0,84 Ohm..

#### 4.2 Hasil Analisa Hasil Pengukuran dengan Hasil Perhitungan

Tabel 4. 5 hasil analisa pengujian dan pengukuran sistem pentanahan 1 dan 2

No	Φ , L rod	Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan	Status
		ETCR 2100+A	KYORITSU KEW 4105A		
1	70mm, 12M	8.8 Ohm	8.8 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
2	70mm, 12M	8.6 Ohm	8.8 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
3	70mm, 12M	8.6 Ohm	8.7 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
4	70mm, 12M	8.6 Ohm	8.7 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
5	70mm, 12M	8.8 Ohm	8.8 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
6	70mm, 12M	8.8 Ohm	8.6 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai

7	70mm, 12M	8.8 Ohm	8.8 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
8	70mm, 12M	8.7 Ohm	8.7 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
9	70mm, 12M	8.6 Ohm	8.8 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
10	70mm, 12M	8.7 Ohm	8.8 Ohm	8,618 Ohm	Tidak Sesuai
11	50mm, 12M	9.5 Ohm	9.4 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
12	50mm, 12M	9.5 Ohm	9.4 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
13	50mm, 12M	9.5 Ohm	9.3 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
14	50mm, 12M	9.3 Ohm	9.1 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
15	50mm, 12M	9.3 Ohm	9.5 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
16	50mm, 12M	9.3 Ohm	9.1 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
17	50mm, 12M	9.2 Ohm	9.1 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
18	50mm, 12M	9.2 Ohm	9.1 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
19	50mm, 12M	9.5 Ohm	9.5 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai
20	50mm, 12M	9.2 Ohm	9.1 Ohm	9,063 Ohm	Tidak Sesuai

Tabel 4. 6 hasil analisa pengujian dan pengukuran sistem pentanahan hari ke-3 dan 4

NO	Φ , L rod	Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan	Status
		ETCR 2100+A	KYORITSU KEW 4105A		
1	70mm, 9M	11.5 Ohm	11.7 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
2	70mm, 9M	11.6 Ohm	11.7 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
3	70mm, 9M	11.6 Ohm	10.8 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
4	70mm, 9M	11.5 Ohm	11.4 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
5	70mm, 9M	10.8 Ohm	11.6 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai

6	70mm, 9M	10.8 Ohm	11.0 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
7	70mm, 9M	10.8 Ohm	11.0 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
8	70mm, 9M	10.7 Ohm	11.0 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
9	70mm, 9M	11.5 Ohm	11.4 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
10	70mm, 9M	10.8 Ohm	11.6 Ohm	11, 04 Ohm	Tidak Sesuai
11	50mm, 9M	12.3 Ohm	12.1 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
12	50mm, 9M	12.1 Ohm	12.1 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
13	50mm, 9M	12.5 Ohm	12.6 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
14	50mm, 9M	12.0 Ohm	12.8 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
15	50mm, 9M	12.0 Ohm	12.8 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
16	50mm, 9M	12.0 Ohm	12.0 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
17	50mm, 9M	12.0 Ohm	12.0 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
18	50mm, 9M	12.5 Ohm	12.6 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
19	50mm, 9M	12.5 Ohm	12.4 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai
20	50mm, 9M	12.5 Ohm	12.5 Ohm	11,55 Ohm	Tidak Sesuai

Hasil dari pengukuran dan perhitungan yang dilakukan pada Tranformator 630kVA PT GS Ungaran dengan pengukuran menggunakan metode *Earthtester* 3 titik dan *Digital Clamp Earthtester* kondisi sistem pentanahanya dapat dipertanyakan karena hasil yang didapatkan dari kedua metode tersebut nilai yang diperoleh  $>5\text{Ohm}$ . Sedangkan nilai suatu tahanan pentanahan yang baik untuk suatu sistem pentanahan menurut PUIL 2000 adalah  $\leq 5\text{Ohm}$ . Dari hasil pengukuran dan perhitungan dapat dikorelasikan dengan fenomena yang terjadi dengan nilai sistem pentanahan yang tinggi sebagai berikut :

1. PT.GS berlokasi di jalan raya ungaran bergas merupakan daerah pegunungan yang memiliki jenis tanah liat, tanah ini memiliki sifat bergantung dengan cuaca jika potensi curah hujan tinggi maka kadar air tinggi, dan juga sebaliknya jika kemarau tanah ini kering memiliki sedikit kadar air, sehingga berpengaruh dengan besar atau kecilnya nilai yang didapat dalam pengukuran. Perlu diketahui air merupakan konduktor cair alami yang berada di alam semesta ini.
2. Ketika melakukan pengukuran kabel pentanahan dipermukaan tanah dengan diatas trafo menghasilkan nilai berbeda seperti yang ditunjukkan gambar 5 pada P6 hingga P8. Pengukuran P6 hingga P8 kabel pentanahan dipermukaan tanah dengan menggunakan KYORITSU KEW 4105A didapatkan hasil yang kecil dibandingkan pengukuran P6 hingga P8 pada kabel pentanahan diatas trafo dengan menggunakan ETCR2100A+ .Hal ini disebabkan karena perbedaan suhu. Suhu ditanah lebih dingin dibandingkan dengan suhu diatas trafo, selain itu kelembapan udara diatas trafo kering karena kerangka trafo terbuat dari bahan konduktor kalor yang dapat menyerap panas.
3. Diameter dan kedalaman *ground rod* juga berpengaruh dalam hasil pengukuran, *ground rod* dengan panjang sama yakni 12 meter, namun dengan diameter berbeda (50mm dan 70mm) dapat menghasilkan nilai berbeda, semakin dalam penanaman dan semakin besar diameter *ground rod* maka semakin baik pula hasil pengukuran sistem pentanahan tersebut.
4. Hasil pengukuran 2 alat (Kyoritsu KEW 4105A dan ECTR 2100+A) hasilnya ada yang berbeda ada pula yang sama hal ini dikarenakan faktor dari kelas ketelitian dari masing masing alat tersebut. Seuai dengan spesifikasi merk ETCR 2100+A  $\pm 1\% \pm 0,01\Omega$  , dan merk Kyoritsu KEW 4105  $\pm 2\% \pm 0,1\Omega$ . Artinya semakin kecil kelas ketelitian suatu alat maka semakin kecil pula kesalahan dari hasil pengukuran. Sementara itu untuk hasil pengukuran, bisa berbeda dengan hasil pengukuran Kyoritsu KEW 4105A dan ETCR 2100+A karena rumus tersebut mengacu pada

teori dan belum dipengaruhi oleh faktor faktor lain dilapangan seperti struktur tanah, suhu,kadar air dalam tanah dll.

5. Hasil pengukuran kedua alat tersebut (Kyoritsu KEW 4105 dan ETCR 2100+A) juga dipengaruhi oleh kondisi dari kedua alat tersebut. waktu pemakaian dari alat ukur juga berpengaruh seperti yang diketahui alat ukur ETCR 2100+A merupakan alat ukur tipe baru untuk mengukur sistem pentanahan jika dibandingkan dengan alat ukur Type Kyoritsu KEW 4105A. Alat Kyoritsu KEW 4105A dan ETCR 2100A+ juga membutuhkan kalibrasi dengan jangka waktu minimal 6 bulan sekali, jika lebih lama akan mengakibatkan kelas ketelitiannya naik meskipun tidak signifikan namun berakibat pada hasil pengukuran. Sedangkan untuk pengukuran sendiri tidak memerlukan kelas ketelitian, kalibrasi dan waktu penggunaan makadaripada itu hasil nya berbeda dengan alat ukur.

Dari tabel 4.5 dan tabel 4.6 hasil nilai pentanahan dapat di perbaiki dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

1. Perhitungan perbaikan nilai sistem pentanahan untuk diameter *ground rod* 70 mm, dengan kedalaman *ground rod* 12Meter, nilai pentanahan yang terukur adalah 8,75 Ohm, dan nilai pentahanan yang diinginkan adalah 3,5 Ohm.

$$R = 1,1 \frac{pL}{n}$$

$$3,5 = 1,1 \frac{8,75}{n}$$

$$\frac{8,75}{n} = \frac{3,5}{1,1}$$

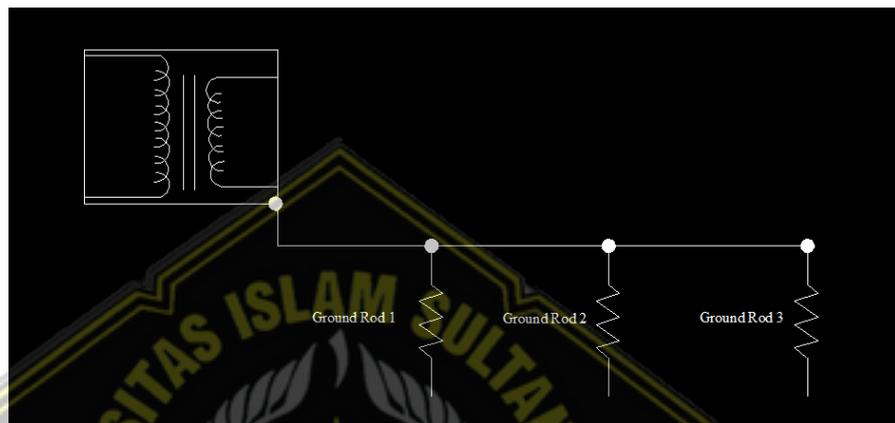
$$3,5n = 1,1 \times 8,75$$

$$3,5n = 9,625$$

$$n = \frac{9,625}{3,5}$$

$$n = 2,75$$

Jadi untuk memperbaiki nilai grounding harus melakukan penambahan *ground rod* sebanyak 3 batang dengan diameter dan panjang yang sama agar mencapai nilai pembumian yang diinginkan yakni 3,5Ohm dan dipasang secara paralel seperti halnya gambar berikut ini



gambar 4. 1 sistem paralel 3 ground rod

- Perhitungan perbaikan nilai sistem pentanahan untuk diameter *ground rod* 50 mm, dengan kedalaman *ground rod* 12Meter, nilai pentanahan yang terukur adalah 9,35 Ohm, dan nilai pentanahan yang diinginkan adalah 3,5 Ohm.

$$R = 1,1 \frac{\rho L}{n}$$

$$3,5 = 1,1 \frac{9,35}{n}$$

$$\frac{9,35}{n} = \frac{3,5}{1,1}$$

$$3,5n = 1,1 \times 9,35$$

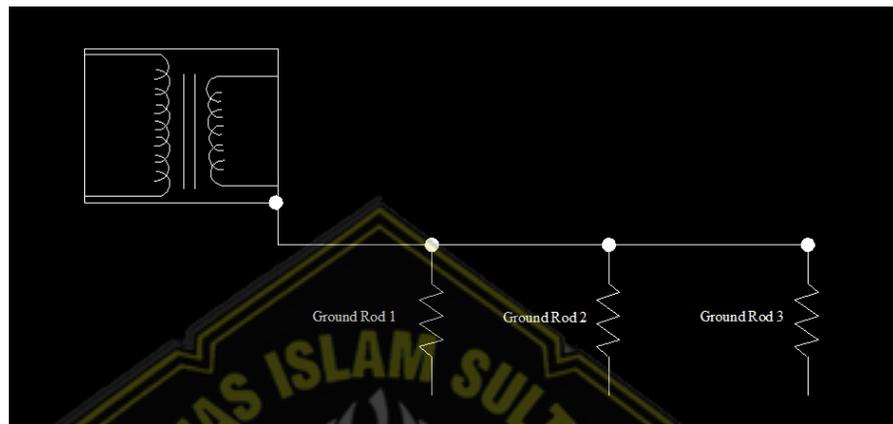
$$3,5n = 10,285$$

$$n = \frac{10,285}{3,5}$$

$$n = 2,94$$

Jadi untuk memperbaiki nilai grounding harus melakukan penambahan *ground rod* sebanyak 3 batang dengan diameter dan panjang yang sama

agar mencapai nilai pembumian yang diinginkan yakni 3,5Ohm. untuk pemasanganya sendiri dipasang secara paralel dengan elektroda pentanahan sebelumnya, dan dipasang secara paralel seperti halnya gambar berikut ini



gambar 4.2 sistem paralel 3 ground rod

3. Perhitungan perbaikan nilai sistem pentanahan untuk diameter *ground rod* 70 mm, dengan kedalaman *ground rod* 9Meter, nilai pentanahan yang terukur adalah 11,32 Ohm, dan nilai pentanahan yang diinginkan adalah 3,5 Ohm.

$$R = 1,1 \frac{\rho L}{n}$$

$$3,5 = 1,1 \frac{11,32}{n}$$

$$\frac{11,32}{n} = \frac{3,5}{1,1}$$

$$3,5n = 1,1 \times 11,32$$

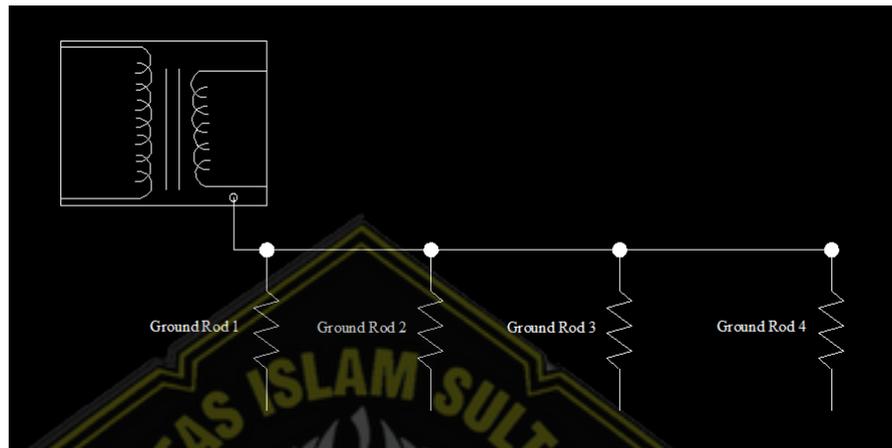
$$3,5n = 12,452$$

$$n = \frac{12,452}{3,5}$$

$$n = 3,55$$

Jadi untuk memperbaiki nilai grounding harus melakukan penambahan *ground rod* sebanyak 4 batang dengan diameter dan panjang yang sama

agar mencapai nilai pembumian yang diinginkan yakni 3,5Ohm, dan dipasang secara paralel seperti halnya gambar berikut ini



gambar 4. 3 gambar sistem paralel 4 *ground rod*

4. Perhitungan perbaikan nilai sistem pentanahan untuk diameter *ground rod* 50 mm, dengan kedalaman *ground rod* 9Meter, nilai pentanahan yang terukur adalah 12,39 Ohm, dan nilai pentanahan yang diinginkan adalah 3,5 Ohm. untuk pemasanganya sendiri dipasang secara paralel dengan elektroda pentanahan sebelumnya.

$$R = 1,1 \frac{pL}{n}$$

$$3,5 = 1,1 \frac{12,39}{n}$$

$$\frac{12,39}{n} = \frac{3,5}{1,1}$$

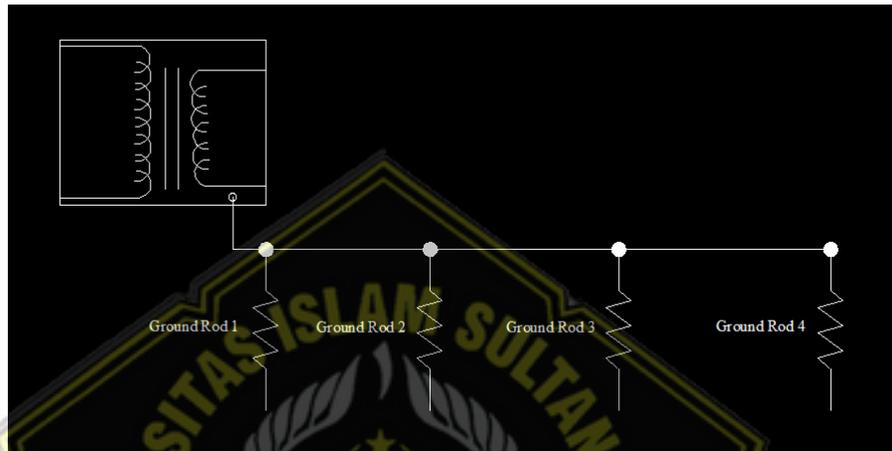
$$3,5n = 1,1 \times 12,39$$

$$3,5n = 13,629$$

$$n = \frac{13,629}{3,5}$$

$$n = 3,89$$

Jadi untuk memperbaiki nilai grounding harus melakukan penambahan *ground rod* sebanyak 4 batang dengan diameter dan panjang yang sama yakni 50mm agar mencapai nilai pembumian yang diinginkan yakni 3,50hm, untuk pemasangannya sendiri dipasang secara paralel dengan elektroda pentanahan sebelumnya seperti berikut ini.



gambar 4. 4 gambar sistem paralel 4 *ground rod*

#### 4.3 Hasil Kelayakan Sistem Pentanahan Transformator 630kVA

Berdasarkan Dari hasil tabel 4.5 dan 4.6 terkait dengan analisa pengukuran dan perhitungan diatas, dan juga dari file dokumentasi yang terdapat pada gambar 4.1 terkait dengan pengecekan di lapangan didapatkan hasil bahwasanya bisa dikatakan sistem pentanahan milik PT. GS **tidak lolos** untuk syarat Uji Laik Operasi, dikarenakan hasilnya melebihi ambang batas yang telah ditetapkan yakni 50hm, maka perusahaan yang bersangkutan dalam hal ini adalah PT G.S wajib untuk membenahi sistem pentanahan agar laik operasi agar tidak terjadi short circuit.



gambar 4. 5 kondisi terkini sistem pentanahan trafo 630kVA milik PT GS Ungaran



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab V ini berisikan penutup yang memuat tentang kesimpulan dan saran yang didapatkan oleh penulis dari awal penelitian hingga sekarang. Adapun kesimpulan dan saran adalah sebagai berikut :

#### **5.1 KESIMPULAN**

Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan dari hasil pengamatan atau pengukuran dilapangan, analisa data yang didapatkan dan juga wawancara dengan penanggung jawab teknik di perusahaan tersebut sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran dan pengujian Transformator 630kVA milik PT.GS yang telah dilakukan sebanyak 40 kali dengan 2 metode yang berbeda yaitu metode Digital Clamp Earthtester dan metode 3 titik. Pada data 1-4 didapatkan perhitungan dengan rata rata 10,45 Ohm
2. Hasil Analisis pengukuran dan pengujian transormator 630kVA didapatkan nilai pentanahan tertinggi menggunakan ground rod 50mm dengan kedalaman 9meter sebesar 11,55 Ohm, dan nilai pentanahan terkecil dengan menggunakan ground rod 70mm dengan kedalaman 12meter sebesar 8,618 Ohm.
3. Kondisi kelayakan sistem pentanahan Transformator 630kVA di PT.GS **tidak layak/tidak sesuai** dikarenakan hasil pengukuran yang dilakukan melebihi ambang batas yang ditetapkan yakni 50hm

#### **5.2 Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis meyakini masih banyak kekurangan dari hasil tugas akhir ini. Berikut ini merupakan saran dari penulis untuk acuan pengembangan agar nantinya lebih baik lagi :

1. Perlu menambahkan data pada saat musim penghujan agar dapat membandingkan nilai ketika musim kemarau dan musim penghujan
2. Perlu dilakukannya penambahan *ground rod* atau penghantar yang dipasang secara paralel agar nilai sistem pentanahannya bisa turun

sehingga aman jika nantinya terjadi arus hubung singkat pada transformator.

3. Perlu dilakukannya pembangunan untuk rumah transformator selain agar tidak terkena panas atau hujan secara langsung juuga dapat mengamankan bahaya sengatan listrik langsung dari transformator tersebut.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Wibowo, H. Hartopo, dan ..., "Analisis Kebutuhan Parkir Untuk Industri Pakaian Jadi Pt. Mod Indo-Pringapus," *JTI (Jurnal Tek. ...)*, vol. 03, no. 02, hal. 21–32, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.undaris.ac.id/index.php/jei/article/view/368%0Ahttps://ejournal.undaris.ac.id/index.php/jei/article/download/368/267>.
- [2] J. (2019) Poniran Tamba, Yahya Ginting, "Sistem Pentanahan Pada Jaringan Distribusi Di PT . PLN ( Persero )," *Teknol. Energi Uda*, vol. VIII, no. September, hal. 81–86, 2019.
- [3] R. R. Fazrin, Trisnawiyana, dan T. Tohir, "Pengujian Nilai Resistansi Pentanahan Elektroda Batang dengan Zat Aditif Bentonit dan Tanpa Bentonit," *Irwans*, hal. 103–108, 2023.
- [4] T. Ta'ali, A. B. Pulungan, H. Hambali, dan S. Shalvadila, "Analisis Sistem Grounding Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 2, hal. 320, 2021, doi: 10.24036/jtev.v7i2.114819.
- [5] J. Yalindua, B. Kilis, dan H. Sumual, "Perancangan Sistem Pentanahan Gedung Pusat Komputer Universitas Negeri Manado," *J. EDUNITRO J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, hal. 71–80, 2022, doi: 10.53682/edunitro.v2i2.4019.
- [6] D. R. Pattiapon, J. J. Rikumahu, dan M. Jamlaay, "Analisa Kesalahan Pemasangan Grounding Pada Kwh Meter Prabayar," *J. ELKO (Elektrikal dan Komputer)*, vol. 2, no. 1, hal. 92–103, 2021, doi: 10.54463/je.v2i1.12.
- [7] Yusmartato, R. Nasution, Z. Pelawi, dan S. R., "Pengukuran Grounding Pada Gedung Rumah Sakit Grand MitraMedika Medan," *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. No. 1, hal. 23–30, 2021.
- [8] A. B. Muljono, I. M. A. Nrrartha, S. Sultan, I. M. Ginarsa, dan S. M. Al

- Sasongko, “Aplikasi Pengukuran Tahanan Pentanahan Untuk Pengamanan Tegangan Sentuh Dan Pelatihan Teknik Instalasi Listrik Bagi Masyarakat Desa Semparu Kecamatan Kopang Kabupaten Lombok Tengah,” *J. Gema Ngabdi*, vol. 1, no. 3, hal. 77–85, 2019, doi: 10.29303/jgn.v1i3.18.
- [9] A. Santoso, A. Herawati, dan Y. S. Handayani, “Analisis Sistem Pentanahan Instalasi Listrik Gedung Lembaga Pemasarakatan Kelas Ila Bengkulu,” *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 10, no. 2, hal. 28–33, 2020, doi: 10.33369/jamplifier.v10i2.15320.
- [10] A. Faisal, M. Amril, J. Hidayat, dan U. Hasnita, “Studi Pengukuran Tahanan Pentanahan Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT ) 150 KV Sidikalang-Salak Dengan Menggunakan Sistem Counterpoise,” *J. Electr. Technol.*, vol. 4, no. 3, hal. 130–134, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/2068%0Ahttps://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/download/2068/1467>.
- [11] A. Sugiharto, “Pentanahan untuk Perlindungan Peralatan dan Bangunan Gedung,” *Maj. Ilm. Swara Patra*, vol. 9, hal. 34–42, 2019.
- [12] R. D. Setiawan, “Pengaruh penambahan bentonit untuk mereduksi nilai resistansi pentanahan jenis elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis,” *J. Tek. Elektro. Vol. 08 Nomor 02 Tahun 2019*, 437-44, hal. 437–444, 2019.
- [13] Ahmad Rosyid Idris, Usman Usman, dan Wanda Suyono, “Analisis Pengaruh Pemasangan Counterpoise pada Tower Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV Line Mandai-Pangkep,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, no. September, 2021.
- [14] R. Heriyansyah, Junaidi, dan M. I. Arsyad, “Analisa Penurunan Resistansi Pentanahan Menggunakan Arang Cangkang Sawit Dengan Elektroda Batang Dilokasi Jenis Tanah Liat dan Gambut,” *J. Electr. Eng.*, 2021.
- [15] S. V. A. Gede Wiratma Jaya1), “Rangkaian listrik merupakan suatu

susunan komponen elektronika yang saling dihubungkan satu sama lain dengan metode tertentu dan paling sedikit memiliki satu lserdhana menggunakan resistor yang dialirkan arus listrik dari sumber tegangan DC. Sedang,” *Kaji. Teor. Arus List. Dan Daya List. Pada Rangkaian Resist. Seri Dan Paralel Berdasarkan Jumlah Resist. Yang Digunakan* , vol. Volume 9, hal. 87–93, 2023.

- [16] A. Rosman, Risdayana, E. Yuliani, dan Vovi, “Karakteristik arus dan tegangan pada rangkaian seri dan rangkaian paralel dengan menggunakan resistor,” *J. Ilm. d’Computare*, vol. 9, hal. 40–43, 2019.
- [17] Sunarto, “Pengukuran Resistansi Elektroda Pembumian dengan Tiga Metoda yang Berbeda,” *Jur. Tek. Elektro Politek. Negeri Bandung*, vol. 2, 2018.
- [18] N. Nurdiana dan A. Nurdin, “Pengaruh Kedalaman Terhadap Tahanan Pentanahan Di Area Rusunawa Kampus Universitas Pgri Palembang,” *J. Ampere*, vol. 4, no. 2, hal. 327, 2020, doi: 10.31851/ampere.v4i2.3453.

