

SKRIPSI

**PENGUKURAN NILAI RESISTIVITAS TANAH PADA
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI WILAYAH MAKASSAR**



DISUSUN OLEH :

MUH YUSUF SYAM

105821102217

NUR ZAHRA

105821105319

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR**

2024

SKRIPSI

PENGUKURAN NILAI RESISTIVITAS TANAH PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI WILAYAH MAKASSAR

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar*

DISUSUN OLEH:

MUH YUSUF SYAM

105821102217

NUR ZAHRA

105821105319

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2024



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 : Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Pada Transformator
Disitribusi di Wilayah Makassar

Nama : 1. Muh. Yusuf Syam
2. Nur Zahra

Stambuk : 1. 105821102217
2. 105821105319

Makassar, 05 September 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T.

Pembimbing II

Andi Faharuddin, S.T., M.T.
NIP. 132169986

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



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





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Muh. Yusuf Syam dengan nomor induk Mahasiswa 105821102217 dan Nur Zahra dengan nomor induk Mahasiswa 105821105319 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/20201/091004/2024, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Jum'at, 30 Agustus 2024.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

02 Rabi'ul Awa 1446 H

05 September 2024 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

a. Ketua : Ir. Abdul Hafid, M.T

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

3. Anggota

1. Ir. Suryani, S.T., M.T., IPM

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

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

Mengetahui :

Pembimbing I

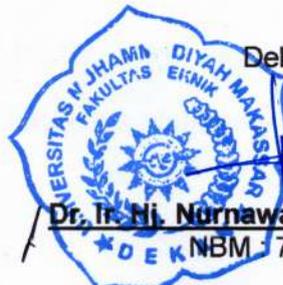
Pembimbing II

Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T

Andi Faharuddin, S.T., M.T

NIP. 132169986

Dekan



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

NBM 795 108



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta inayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “PENGUKURAN NILAI RESISTIVITAS TANAH PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI WILAYAH MAKASSAR”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada program Strata-1 di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu tercinta, kami mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar- besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
2. Bapak **Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, S.T., M.T., IPU** Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu **Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM.** Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Ibu **Ir. Adriani ST., MT., IPM**, Selaku Ketua Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Bapak **Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T** Selaku Pembimbing I dan Bapak **Andi Faharuddin.S.T.,M.T** Selaku Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya dalam pembimbing kami.
6. Bapak/Ibu Dosen serta staf Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Saudara-saudariku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhususnya angkatan 2017 dan selembaga Fakultas Teknik yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Akhirnya penulis harap semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca umumnya.

Billahi fisabililhaq fastabigul khaerat,

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, September 2024

Penulis

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan sistem pembumian (grounding system) pada empat jenis tanah yang berbeda, yaitu tanah lempung, tanah kebun, tanah berbatu, dan tanah berpasir. Metode yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini adalah metode eksperimen. Dalam penelitian ini penulis mengambil data di PT. PLN (PERSERO) RAYON MATTOANGIN, penulis menggunakan teknik penjajaran menggunakan dua elektroda untuk mengetahui nilai resistivitas tanah dari 4 jenis tanah yang berbeda. Pada pengukuran tugas akhir ini penulis melakukan pengukuran dari jenis tanah antara lain pasir, lempung, berbatu, kebun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tahanan tanah pada tanah lempung dan tanah kebun telah memenuhi standar yang ditentukan dan dianggap layak digunakan untuk sistem pembumian, sesuai dengan ketentuan PUIL 2000 yang mensyaratkan nilai tahanan tanah di bawah 5Ω . Tanah lempung memperoleh nilai $3,41 \Omega$ dan tanah kebun $2,86 \Omega$, keduanya berada di bawah ambang batas tersebut. Namun, tanah berbatu dan tanah berpasir masih memiliki nilai tahanan tanah yang tinggi, yaitu masing-masing $21,3 \Omega$ dan $13,98 \Omega$, sehingga dikategorikan "kurang layak" untuk sistem pembumian pada transformator. Oleh karena itu, tanah berbatu dan tanah berpasir tidak memenuhi ketentuan yang diatur dalam PUIL 2000 untuk digunakan sebagai sistem grounding.

Kata kunci : Pengukuran , Resistivitas, Transformator, Distribusi

Abstract

This study aims to analyze the feasibility of grounding systems on four different soil types, namely loam soils, garden soils, rocky soils, and sandy soils. The method used in carrying out this study is the experimental method. In this study the authors took data on PT. PLN (PERSERO) RAYON MATTOANGIN, the author used a juxtaposition technique using two electrodes to find out the soil resistivity values of 4 different soil types. In this final task measurement the author made measurements of soil types including sand, loam, rocky, garden. The results of the study showed that the soil resistance values of loamy soils and garden soils have met the specified standards and are considered worthy of use for earthing systems, in accordance with the provisions of PUIL 2000 which require soil resistance values below 5 Ω . The loam soil obtained a value of 3.41 Ω and the garden soil 2.86 Ω , both of which were below that threshold. However, rocky soils and sandy soils still have high soil resistance values, which are 21.3 Ω and 13.98 Ω respectively, so they are categorized as “less feasible” for grounding systems on transformers. Therefore, rocky soils and sandy soils do not meet the conditions set out in PUIL 2000 for use as grounding systems.

Keywords: Measurement, Resistivity, Transformer, Distribution

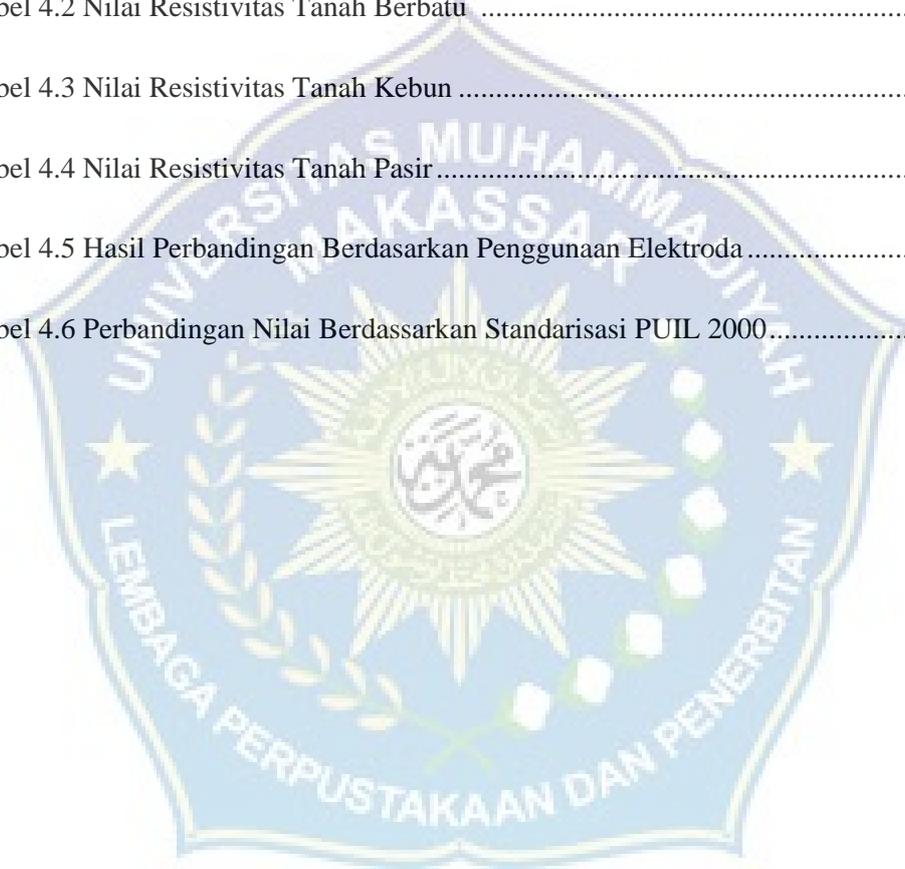
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Metode Penetian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Pengertian Umum Pentanahan	7
B. Sistem Pentanahan	10
C. Tujuan Dan Fungsi pentanahan.....	15
D. Komponen Pentanahan.....	17
E. Profil Tanah.....	20
F. Penghantar Tanah.....	22
G. Karakteristik Tanah.....	22
H. Struktur Tanah.....	22
I. Jenis-Jenis Tanah Dalam Pentanahan	23
J. Pengukuran Tahanan Pentanahan	24
K. Nilai Tahanan Pentanahan Tanah.....	24
L. Tahanan Jenis (resisitivitas)	25

M. Metode Pengukuran Tahanan Jenis Tanah.....	28
1. Susunan Wenner	28
2. Susunan Schlumberger	30
3. Metode Driven Rod.....	32
N. Metode pengukuran.....	33
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
A. Waktu Dan Lokasih Penelitian.....	36
B. Jenis Penelitian.....	36
C. Pengambilan Data.....	37
D. Analisa Data	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. Data dan hasil pengukuran	39
B. Pengukuran resistivitas tanah	41
1. Data Pengukuran tanah lempung	39
2. Data Pengukuran tanah berbatuan	40
3. Data Pengukuran tanah kebun	41
4. Data Pengukuran tanah pasir	43
C. Analisis Perbandingan dan Pembahasan.....	49
D. Kelayakan Groundingf Sistem Berdasarkan Standarisasi PUIL 2000	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 2.1 Resistensi Nilai Tanah	26
Tabel. 2.2 Tahanan Berdasarkan Jenis Tanah.....	27
Tabel 4.1 Nilai Resistivitas Tanah Lempung.....	43
Tabel 4.2 Nilai Resistivitas Tanah Berbatu	45
Tabel 4.3 Nilai Resistivitas Tanah Kebun	46
Tabel 4.4 Nilai Resistivitas Tanah Pasir.....	48
Tabel 4.5 Hasil Perbandingan Berdasarkan Penggunaan Elektroda.....	58
Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Berdasarkan Standarisasi PUIL 2000.....	61



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 2.1 . Sambaran Langsung pada Kawat Tegangan Tinggi.....	8
Gambar 2.2. Kerusakan Pada Sistem Kelistrikan	9
Gambar 2.3. Switching	9
Gambar 2.4 . Kerusakan pada Perlatan Komputer.....	10
Gambar 2.5. Rangkaian Pengganti Elektroda Batang.....	11
Gambar 2.6 Elektroda Batang.....	19
Gambar 2.7 Lapisan Tanah Secara Umum	21
Gambar 2.8 Susunan Wenner	28
Gambar 2.9 Susunan Shlumberger.....	30
Gambar 2.10 Susunan Shlumberger Balik.....	30
Gambar 2.11 Metode Driver Rod	32
Gambar 2.12 Rangkaian Pengukuran Tahanan Pentahanan	34
Gambar 3.1 Earth Tester	37
Gambar 3.2 Rangkaian Pengukuran.....	38
Gambar 4.1 Single Line Diagram Jalan	42
Gambar 4.2 Lokasi Tanjung Bunga	44
Gambar 4.3 Pengukuran Resistivitas Tanah, Trafo Tanjung Bunga	
depan Trans Studio	44
Gambar 4.4 Lokasi Jl. Rappocini Raya.....	45
Gambar 4.5 Pengukuran Resistivitas Tanah pada Trafo di Jl. Rappocini Raya	46

Gambar 4.6 Lokasi Jl.Benteng Somba Opu.....	47
Gambar 4.7 Pengukuran Resistivitas Tanah pada Trafo Jl. Benteng Somba Opu	47
Gambar 4.8 Lokasi Pantai Losari.....	48
Gambar 4.9 Pengukuran Resistivitas Tanah pada Trafo Pantai Losari .	49
Gambar 4.10 Earth Tester dan Batang Elektroda	50
Gambar 4.11 Earth Tester dan Batang Elektroda	52
Gambar 4.12 Earth Tester dan Batang Elektroda	54
Gambar 4.13 Earth Tester dan Batang Elektroda	56
Gambar 4.14 Diagram Perbandingan Tahanan Tanah berdasarkan Jumlah Elektroda Tanah Lempung	59
Gambar 4.15 Diagram Perbandingan Tahanan Tanah berdasarkan Jumlah Elektroda Tanah Kebun.....	59
Gambar 4.16 Diagram Perbandingan Tahanan Tanah berdasarkan Jumlah Elektroda Tanah Berbatu.....	60
Gambar 4.17 Diagram Perbandingan Tahanan Tanah berdasarkan Jumlah Elektroda Tanah pasir.....	60
Gambar 4.18 Diagram Perbandingan Nilai Berdasarkan Standarisasi PUIL 2000.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik paling di butuhkan manusia untuk menyalurkan kebutuhan listrik tersebut. Maka dari itu kebutuhan manusia terhadap listrik semakin banyak. Oleh karena itu diperlukan juga peralatan yang bisa mencukupi kebutuhan tersebut. dalam penyaluran kebutuhan tenaga listrik dari produsen listrik ke konsumen diperlukan sebuah jaringan dan gardu distribusi pada saat terjadi gangguan yang di alirkan ke tanah maka menimbulkan perbedaan tegangan pada permukaan tanah yang di sebabkan karena adanya tahanan tanah.

Sistem pentanahan belum digunakan ketika sistem tenaga masih memiliki ukurankapasitas yang kecil (sekitar tahun 1920) . alasan saat itu karena bila ada gangguan ke tanah pada sistem , dan dimana besar arus gangguan sama atau kurang dari 5 ampere , maka pada kondisi demikian busur api akan padam dengan sendirinya.

Arus gangguan listrik terjadi semakin besar seiring sistem tenaga listrik yang berkembang semakin besar sangat berbahaya bagi sistem karna bisa menimbulkan tegangan lebih transient yang sangat tinggi . oleh karena itu , para ahli kemudian merancang suatu sistem yang membuat sistem tenaga tidak lagi mengambang. sistem tersebut kemudian di kenal dengan sistem pentanahan atau *graounding sistem*.

Di dalam sistem tenaga listrik gardu induk mempunyai peranan dalam pengaturan daya ke setiap gardu-gardu induk yang lain melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu induk melalui *feeder* (penyulang) tegangan menengah. Maka dari itu besar kemungkinan gardu induk mengalami gangguan yang di sebabkan timbulnya arus lebih akibat petir dan hubung singkat. Arus lebih akan mengalir ke dalam tanah melalui peralatan yang terbuat dari metal, sebagai akibat dari tidak berfungsinya isolasi peralatan dengan baik dan nilai tahanan pentanannya yang besar.

Pengamanan terhadap sistem tenaga listrik tidak dapat terlepas dari sistem pentanhan. Perencanaan sistem pentanahan sangat perlu memperhitungkan nilai tahanan jenis tanah karena salah satu faktor penting dalam sistem pentanahan di pengaruhi oleh harga tahanan jenis tanah.

Tujuan utama dari pentanahan yaitu untuk menciptakan jalur yang *low-impedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan transien *voltage*. Dalam sambungan ke tanah di perlukan untuk melindungi peralatan- peralatan komunikasih dan personal terhadap bahaya petir atau kesalahan pada power sistem dan juga dapat berfungsi sebagai servis pada suatu sistem. Untuk merencanakan suatu sistem pentanahan ada beberapa faktor yang perlu di pertimbangkan antara lain tahanan jenis tanah, struktur tanah, keadaan lingkungan, biaya, ukuran dan bentuk sistemnya.

Dalam sebuah nilai tahanan jenis tanah yang akurat dapat di peroleh dengan melakukan pengukuran langsung pada lokasi pentanhan karena struktur tanah yang sesungguhnya belum tentu sama dengan ketetapan nilai tahanan jenis

tanah yang berlaku untuk beberapa jenis tanah. Pada suatu lokasi ditemukan nilai tahanan jenis tanah yang berbeda-beda (*non uniform soil AC*) hal ini terjadi karena nilai tahanan jenis tanah di pengaruhi oleh temperatur, kelembaban, dan kadar garam.

Dalam sistem pentanahan yang baik menurut STANDAR NASIONAL INDONESIA, PUIL, dan SPLN nilai tahanannya harus kurang dari 5 ohm. Dengan begitu pentingnya sistem pentanahan ini untuk mempertahankan kontinuitas pasokan listrik ke konsumen.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana kelayakan sistem grounding empat trafo pada PT. PLN (persero) RAYON MATTOANGIN
2. Apakah nilai tahanan tanah yang didapat pada sistem grounding trafo tersebut sesuai dengan aturan persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL dan SPLN) ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengukuran resistivitas tanah pada Empat jenis tanah
2. Mengetahui hasil tahanan tanah yang didapat dari sistem *grounding*

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah ini meliputi sebagai berikut :

1. Menentukan nilai pentahanan dari sistem *grounding* yang terdapat pada instalasi listrik transformator dan membandingkan dengan PUIL dan SPLN.
2. Merumuskan layak atau tidaknya sistem *grounding* pada instalasi listrik Transformator.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan terhadap teknologi kelistrikan terutama pada jurusan teknik elektro tentang sebuah pentanahan.
2. Mengetahui nilai resistivitas tanah dalam pentanahan pada setiap trafo distribusi.

F. Metode Penelitian

Langka-langkah yang di lakukan dalam peneulisan tugas akhir ini adalah :

1. Studi literatur

Pada tahapan ini dilakukan pedalaman materi untuk meyelesaikan sebuah masalah yang di rumuskan, selain itu dilakukan juga studi literatur dan jurnal yang mendukung penelitian. Studi literatur dilakukan suapaya dapat digunakan sebagai panduan informasi untuk mendukung penyelesaian pengolahan data penelitian, informasi. Studi literatur juga sangat diperlukan untuk pelaksanaan penelitian.

2. Wawancara

Wawancara merupakan sebuah komunikasi untuk mengumpulkan semua informasi dari seseorang. Dengan menggunakan tanya jawab secara langsung terhadap 2 pejabat instansi PLN RAYON MATOANGING untuk mendapatkan data penelitian yang diperlukan. yang di mana kami di bimbing oleh dua narasumber yang sebagai teknisi di PLN RAYON MATTOANGIN dimana atas nama pak FADLI HASBI dengan jabatan TL (TEKNIK) tim leader dan pak MUH PAKAR MULANTARA dengan jabatan JTC OP DAN HAR DIST (OP: OPRASI / HAR : PEMELIHARAAN /DIST: DISTRIBUSI).

3. Riset

Dalam pengambilan data dilakukan penulisan untuk melengkapi berbagai macam data-data. Dari sebuah tulisan yang akan membantu penulis untuk menyelesaikan laporan yang lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

4. Bimbingan

Bimbingan merupakan komunikasi antara penulis terhadap dosen pembimbing I dan II untuk memperbaiki tulisan penulis penulis bila ada kekurangan maupun kesalahan di dalam penulisan.

a) Sistematika penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan tugas akhir, latar belakang, rumusan masalah, tujuan masalah, batasan masalah, manfaat penulisan, metode

penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang tugas akhir, memuat sebuah dasar teori yang digunakan dan akan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, dan dengan masalah yang akan diteliti yaitu “ pengukuran macam-macam resistivitas tanah dalam setiap trafo distribusi.”

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan lokasi yang dilaksanakannya penelitian, jenis penelitian dan jalannya penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Umum Pentanahan

Sistem pentanahan mulai dikenal pada tahun 1900. Sebelumnya sistem- sistem tenaga listrik tidak diketanahkan karena ukurannya masih kecil dan tidak membahayakan. Namun setelah sistem-sistem tenaga listrik berkembang semakin besar dengan tegangan yang semakin tinggi dan jarak jangkauan semakin jauh, baru diperlukan sistem pentanahan. Kalau tidak, hal ini bisa menimbulkan potensi bahaya listrik yang sangat tinggi, baik bagi manusia, peralatan dan system pelayanannya sendiri.

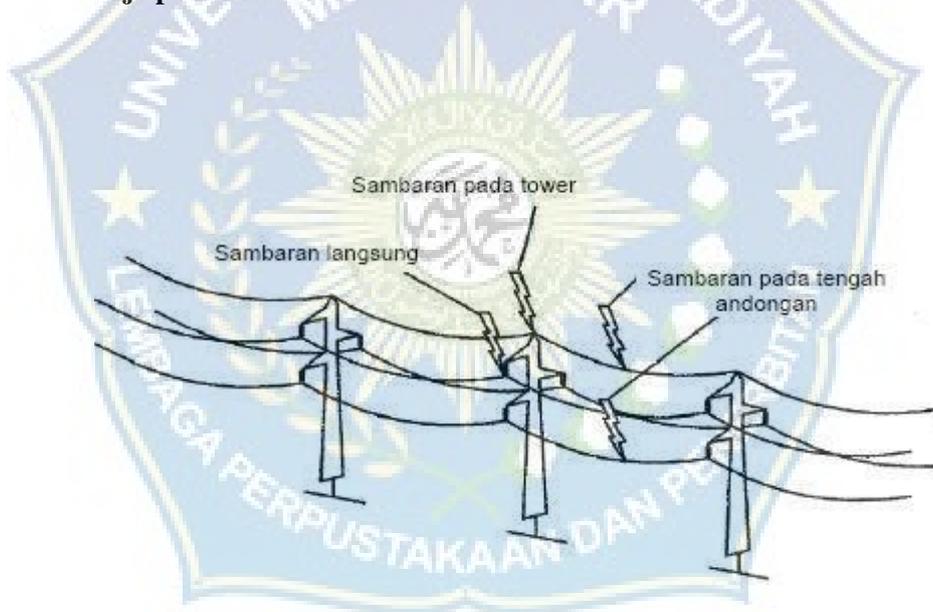
Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal. Oleh karena itu, system pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik.

Oleh karena itu, secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah:

1. Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
2. Menjamin kerja peralatan listrik/elektronik.
3. Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik.
4. Menyalurkan energi serangan petir ke tanah.
5. Menstabilkan tegangan dan memper kecil kemungkina terjadinya flashover ketika terjadi transient.
6. Mengalihkan energi radio frekuensi liar dari peralatan-peralatan seperti: audio, video, kontrol, dan komputer.

Surja (Gejala tegangan) pada gelombang yang dapat menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Dari sudut energi, surja pada kawat adalah penyuntikan energi secara tiba-tiba pada kawat. Surja dapat dibedakan menjadi surja petir dan surja hubung. Surja petir disebabkan oleh sambaran petir dan memiliki impuls standard $1.2/50 \mu\text{s}$. Sedangkan surja hubung disebabkan oleh operasi switching dan memiliki impuls standard $250/2500 \mu\text{s}$. Jika tegangan surja melebihi *BIL* (*Basic Insulation Level*) atau *BSL* (*Basic Switching Insulation Level*), maka surja dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan isolasi tersebut.

1. **Surja petir**



Gambar 2.1 . Sambaran Langsung pada Kawat Tegangan Tinggi

Sumber : (<https://journal.literasisains.id/>)

Sambaran langsung pada sistem distribusi akan menyebabkan overvoltages (voltage surges) sehingga terjadi kerusakan pada sistem listrik itu sendiri.

2. Surja Hubung



Gambar 2.2. Kerusakan Pada Sistem Kelistrikan

Sumber : (<https://journal.literasisains.id/>)



Gambar 2.3. Switching

Sumber : (<https://journal.literasisains.id/>)



Gambar 2.4 . Kerusakan pada Perlatan Komputer

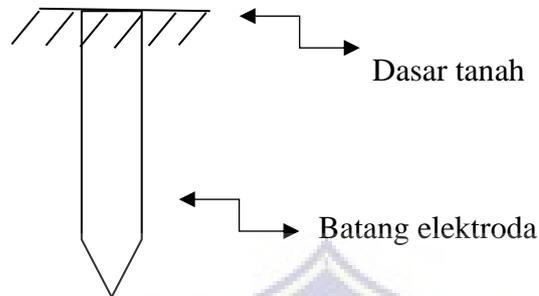
Sumber : (<https://journal.literasisains.id/>)

Melihat bahaya yang diakibatkan sambaran petir di atas, maka system proteksi petir harus mampu melindungi fisik maupun peralatan dari bahaya sambaran langsung (*external protection*) dan sambaran petir tidak langsung (*internal protection*) serta penyediaan sistem pentanahan yang memadai serta terintegrasi dengan baik.

B. Sistem Pentanahan

Yang dimaksud dengan Sistem pentanahan adalah hubungan konduksi antara jaringan atau peralatan listrik dengan bumi. Bagian yang langsung berhubungan dengan bumi atau ditanam di tanah ialah elektroda pentanahan. Pemilihan jenis elektroda pentanahan ini diarahkan kepada usaha pemenuhan hambatan pentanahan sekecil mungkin.

Ada beberapa jenis elektroda pentanahan yang sering digunakan, yaitu :



Gambar 2.5. Rangkaian Pengganti Elektroda Batang

Sumber : (<https://journal.literasisains.id/>)

Rangkaian ekuivalen satu elektrode batang dibuat dengan elemen rangkaian terkonsentrasi (Gonos, et al., 1998, 1999) seperti ditunjukkan pada gambar 2.5

Pentanahan yang baik tidak sekedar untuk keselamatan, tapi juga digunakan untuk mencegah sebuah kerusakan peralatan industri. Dalam sistem pentanahan yang baik maka akan meningkatkan reabilitas peralatan serat

mengurangi kemungkinan akan terjadinya kerusakan akibat petir dan arus gangguan.

Dalam sistem pentanahan atau biasanya di sebut dengan graounding sistem ialah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjatan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau listrik dengan bumi. (Lembo, 2016).

Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral dari suatu sistem tenaga listrik, dalam pentanahan sistem penangkal petir serta pentanahan untuk suatu peralatan khusus dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang lebih serius karena pada prinsip pentanahan merupakan dasar yang digunakan untuk suatu sistem proteksi. Tidaklah jarang orang awam maupun seorang teknisi masuk dengan sebuah kekerangan dalam memprediksi nilai dari suatu hambatan pentanahan. Dari sebuah sistem pentanahan yang di perhatikan dari suatu sistemnya ialah hambatan sistem dari suatu sistem pentanahan tersebut. (Lembo, 2016).

Perilaku tahanan sistem pentanahan sangat bergantung pada *frekuensi* (dasar dan harmonis) dari arus yang mengalir ke sistem pentanahan. dalam suatu pentanahan baik penangkal petir atau pentanahan netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi sistem pentanahan .

Besar impedansi pentanahan sangat dipengaruhi oleh banyak faktor baik faktor internal dan external. Yang di maksud dalam faktor internal meliputi :

- a) Dimensi konduktor pentanahan (diameter atau panjangnya)
- b) Resistivitas relative tanah
- c) Konfigurasi sistem

pentanahan Yang di maksud dengan faktor external meliputi :

- a) Bentuk arusnya (pulsa, sinosoidal searah)
- b) Frekuensi yang mengalir kedalam sistem pentanahan

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus melakukan pengukuran secara langsung pada setiap lokasih yag digunakan untuk sistem pentanahan. secara struktur tanah yang sesungguhnya tidak sederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasih yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama. (Lembo, 2016)

Dalam sebuah penerangan dan arus listrik, *circuit switching* serta *electrostatic discharge* adalah penyebab umum dari adanya sebuah sentakan listrik atau transient voltage.dari sebuah sistem pentanahan yang efektif akan meminimalkan efek tersebut. (Lembo, 2016).

Dalam NEC *National Electrical* (kitab undang-undang kelistrikan nasional) pasal 100 mendefenisikan bahwa pentanahan sebagai “ pembuat hubungan “ baik di sengaja ataupun tidak di sengaja anatar rangkaian listrik dan tanah, atau menghubungkan dengan benda konduktif yang berada di tanah.

Dalam sebuah pembumian digunakan untuk mengaliri arus tinggi ke bumi. tegangan yang di timbulkan seolah-olah ditimbulkan oleh tegangan

elektrostatik yang di lihat dari beberapa sistem tegangan elektrostatik tersebut. (Oktrialdi & Harahap, 2022).

Gangguan yang terjadi di tanah akibat adanya satu fasa yang merupakan permasalahan yang paling umum dalam sistem tenaga listrik dan gangguan ini mewakili dari 98 % semua gangguan yang terjadi. Sistem pentanahan dilakukan dengan cara memasang elektroda ke dalam tanah dimana elektroda tersebut batang yang ditanam secara vertikal dan batang tersebut bersifat konduktor bila ditanamkan secara horizontal. Jaringan pentanahan terbentuk baik dari perpaduan konduktor dan batang atau hanya di terbentuk dari konduktor saja. (Oktrialdi & Harahap, 2022)

Jaringan pentanahan merupakan keseluruhan alat pengukur kelistrikan yang digunakan untuk menghubungkan bagian-bagian penghantar ke tanah (bumi) dalam suatu sistem tenaga listrik. Sistem pentanahan merupakan bagian utama dari jaringan tenaga listrik tegangan tinggi dan tegangan rendah yang mempunyai paling sedikit 4 standar penting yaitu :

- a) Untuk melindungi dari sambaran petir dengan menyediakan jalur listrik secara mekanisme dan mengalirkan arus.
- b) Mengalir ke ground listrik, membatasi beda potensial di seluruh isolasi listrik yang menyebabkan sambaran listrik dan mengurangi terjadinya korsleting.
- c) Untuk membatasi energi serta menjamin sistem tenaga listrik bekerja secara akurat dengan memberikan identifikasi yang tepat untuk suatu

kekurangan sehingga sistem perlindungan yang tepat dapat bekerja dan memberikan urutan impedansi mulai dari nol serta pengembalian arus bolak balik dengan arus pengganti yang tidak seimbang.

- d) Membatasi energi untuk menjamin keamanan listrik dengan cepat, mengenali gangguan pada sistem sehingga efek dari gangguan yang mengganggu dapat di kurangi dan membatasi energi listrik yang tersentuh oleh tubuh manusia dan aliran yang mengalir ke tubuh tidak terlalu besar.
- e) Untuk membatasi beberapa bahaya dan mengurangi energi berbeda yang menambah kesamaan elektromagnetik.

C. Tujuan Dan Fungsi Pentanahan

Masalah-masalah listrik yang sering kali berkaitan dengan pentanahan yang kurang baik atau kualitas daya yang rendah. Maka dari itu sangat dianjurkan semua pentanahan dan sambungan pentanahan harus diperiksa minimal satu tahun sekali sebagai bagian dari program pemeliharaan selama periode pemeriksaan jika terjadi peningkatan nilai tahanan pentanahan lebih dari 20% harus dilakukan pencarian sumber permasalahan dan dilakukan koreksi agar nilai tahanannya lebih rendah dengan mengganti atau menambah batang pentanahan ke dalam sistem pentanahan dan tujuannya 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 antar konduktor sistem dan bumi. Deteksi

ini akan mengakibatkan peroperasian peralatan yang otomatis memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

Hal untuk mencegah terjadinya perbedaan tegangan potensial dari kemungkinan terjadinya loncatan api ketika ada sambaran petir. Maka perlu adanya pentanahan di samping untuk melindungi manusia, tanaman, dan peralatan juga untuk memperoleh jalur yang sangat aman untuk penghamburan arus liar, sambaran petir, listrik statis, intereferensi elektromagnetik (EMI) serta sinyal gangguan frekuensi radio (RFI).

Fungsi pentanahan yaitu untuk mengalirkan arus listrik kedalam tanah melalui suatu elektroda tanah yang di tanam di dalam tanah jika terjadi suatu gangguan, di samping itu berfungsi sebagai pengaman bagi manusia dari listrik. Arus listrik yang mengalir ke elektroda pentanahan akan mengakibatkan perbedaan tegangan antara elektroda pada suatu titik dengan titik lainnya di permukaan tanah. Apabila perbedaan maksimum sepanjang permukaan tanah ternyata masih begitu besar, maka kondisi ini sangat tidak menguntungkan karena akan membahayakan personil yang sedang bekerja. Perbedaan ini akan di rasakan disekitar peralatan. Untuk mengurangi hal tersebut maka haruslah dapat di rancang sistem pentanahan.

Adapun fungsi dari pentanahan peralatan-peralatan listrik yang di tanamkan antara lain :

1. Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak di lalui arus semua bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu titik aman untuk semua kondisi oprasional ataupun tidak normal.

2. Untuk memperkecil bahaya syok pada manusia dan hewan.
3. Untuk menetralkan graounding tagangan yang di terjadi pada permukaan tanah.

D.Komponen Sistem Pentanahan

Komponen sistem pentanahan secara garis besar terdiri dari dua bagian, yaitu hantaran penghubung dan elektroda pentanahan sebagai berikut. (Sunarhati, 2017) .

1. Hantaran Penghubung

Seperti kita ketahui pada instalasi listrik suatu saluran penghantar yang menghubungkan titik kontak pada badan atau rangka peralatan listrik dengan elektroda bumi. Pada instalasi penangkal petir yaitu saluran penghantar yang menghubungkan titik kontak pada terminal pentanahan batang dengan elektroda bumi. Generator atau transformator, yaitu menghubungkan titik netralnya dengan elektroda pentanahan.

2. Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan merupakan penghantar yang ditanam didalam tanah menggunakan kedalaman yang bervariasi dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut bertujuan supaya diperoleh aliran arus yang baik apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ke tanah.⁸ Komponen dari sistem pentanahan yang paling diperlukan yaitu elektroda. Bahan yang umum dipakai untuk elektroda yaitu tembaga, besi yang di *chrom* dan

baja. Syarat yang utama untuk elektroda pentanahan adalah menggunakan bahan yang tidak mudah berkarat (*non-corrosive metal*), kukuh secara mekanis terhadap desakan atau pukulan dan mempunyai konduktivitas yang tinggi.

Jenis elektroda pentanahan yang biasa digunakan untuk pengesanan sistem maupun pengesanan peralatan yaitu :

1. Elektroda pita

Elektroda pita adalah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang oada umumnya ditanam secara dangkal.

2. Elektroda Batang

Elektroda batang atau pasak adalah elektroda dari pipa atau besoh baja yang dilapisi tembaga yang ditancapkan kedalam tanah secara tegak lurus atau mendatar.

3. Elektroda Pelat

Elektroda pelat adalah elektroda dari bahan pelat logam atau pelat logam berlubang atau dari kawat kasa yang dipasang tegak lurus didalam tanah dengan tepi atasnya sekurang-kurangnya 1 m dibawah permukaan tanah.

Jadi *groundiing* yang di pakai pada travo ini merupakan elektroda batang. Elektroda Batang atau pasak adalah elektroda dari pipa atau besi baja yang dilapisi tembaga yang ditancapkan kedalam tanah secara tegk lurus atau mendatar.

Untuk mengetahui hasil dari sebuah tahanan tanah dari sistem grounding rumus tahanan untuk elektroda batang yaitu :

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

R = Tahanan pertahanan untuk batang tunggal (ohm)

p = Tahan jenis tanah (ohm-meter)

L = Panjang Elektroda (meter)

a = jari-jari elektroda (meter)

Rumus diatas merupakan rumus untuk mendapatkan hasil tahanan tanah dengan melihat nilai resistansi tanah dan melihat panjang elektroda yang ditanam beserta di diameter elektroda tersebut.



Gambar 2.6 Elektroda Batang

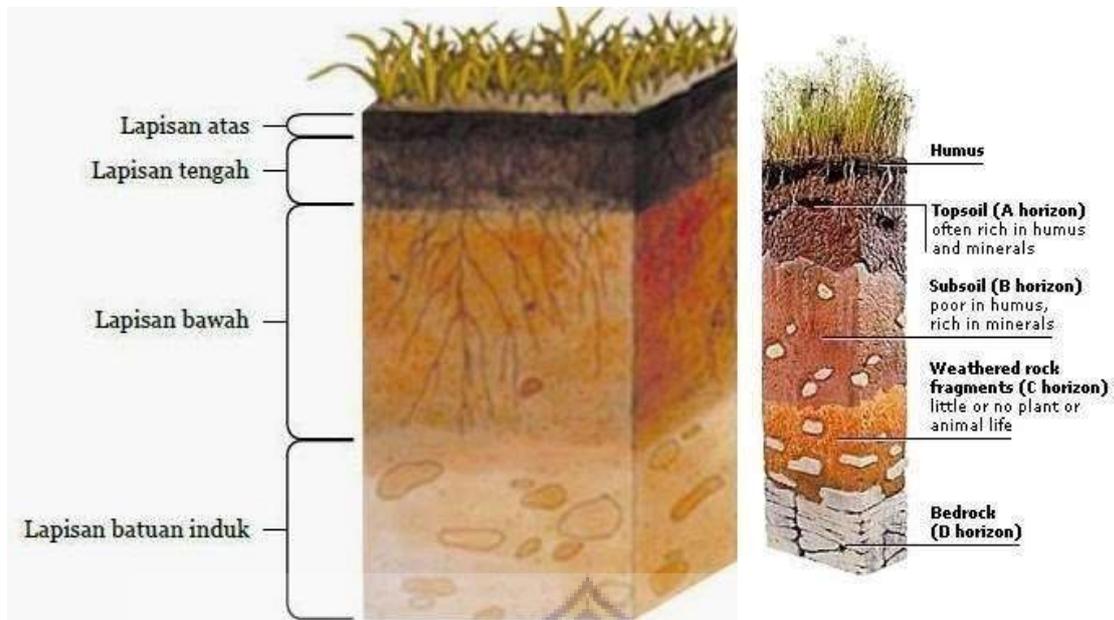
(sumber : Putra Utama Harahap, 2019)

Jika elektroda ini ditanam semakin dalam nilai yang dihasilkan akan semakin kecil, maka sistem *grounding* ini dikategorikan layak dan apabila nilai tahanan tanah yang dihasilkan besar, maka sistem *grounding* ini dapat membahayakan keamanan kelistrikan trafo atau bisa dikatakan *grounding* tersebut kurang layak.

Standarisasi penggunaan elektroda disebuah gedung harus memiliki minimal 2 batang elektroda agar dapat menghasilkan nilai tahanan tanah yang rendah dan dapat disimpulkan sistem *grounding* trafo tersebut dapat dikatakan layak.

E. Profil Tanah

Bumi mempunyai lapisan-lapisan penyangga atau mantel, pendukungnya mulai dari inti bumi hingga lapisan tanah yang merupakan lapisan pinggiran bumi, tanah sendiri terdiri dari beberapa lapisan, mulai dari lapisan atas yang terdiri dari lapisan lembut dan subur sampai ke lapisan bawah yang paling dasar terdiri dari bebatuan. Berikut ini gambar di bawah lapisan tanah pada tingkata atas sampai kurang lebih pada kedalaman 40 m.



Gambar 2.7 Lapisan Tanah Secara Umum

(sumber : <https://www.gramedia.com/literasi/lapisan-tanah/>)

(<https://roboguru.ruangguru.com/>)

Lapisan-lapisan tersebut di mulai dari lapisan atas yaitu O atau lapisan organik yang terdiri dari komposisi tanah lembut dan hunus, lapisan A merupakan lapisan selanjutnya yang terdiri dari tanah liat atau tanah lempung, lapisan B di mana pada lapisan ini terdapat mineral dan pasir sedangkan lapisan C lebih kompleks karena selain terdiri dari lapisan tanah juga suda mendekati struktur padat. (Sunawar, 2008).

F. Penghantar Tanah

Fungsi penghantar tanah untuk menyalurkan energi dari satu titik ke titik lain yang lain. Penghantar yang digunakan dalam kelistrikan adalah berisolasi dapat berupa kawat atau kabel. Ada juga penghantar tanpa isolasi atau BC. Bahan BC (*bare conductor*), penghantar berlubang (*hollow conductor*), ACSR (*aluminium conductor steel Reinforced*), bahan penghantar yang banyak digunakan ialah aluminium dan tembaga. Dalam hal ini bahan penghantar yang digunakan untuk pentanahan sering menggunakan penghantar dari bahan tembaga atau BC. (Sunarhati, 2017)

G. Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah pada sebuah elektroda dapat dipengaruhi dengan tiga hal, ialah tahanan elektroda batang, tahanan diantara elektroda pentanahan serta tanah dan tahanan tanah. Dalam sebuah pentanahan elektroda di antara terminal ground bergantung pada jenis elektroda groundnya, sedangkan tahanan ground bergantung pada jenis tanah. (Sunarhati, 2017).

H. Struktur Tanah

Dalam sistem pentanahan struktur tanah juga menentukan kualitas dari pentanahan. Struktur tanah dengan tahanan jenis tanah yang tinggi untuk memperoleh tahanan pentanahan yang diinginkan seringkali susah untuk di peroleh. Ada tiga cara untuk mengkondisikan tanah agar pada lokasi elektroda di tanam tahanan jenis tanah menjadi rendah yaitu (Saleh & Pratiwi, 2019) :

1. Dengan membuat lubang penanaman elektroda yang lebar dan dimasukkan mengelilingi elektroda tersebut, bahan-bahan seperti tanah liat dan kokas.
2. Mengelilingi elektroda pada satu jarak tertentu diberi zat-zat kimia yang mana akan memperkecil tahanan jenis tanah disekitarnya.
3. Zat-zat kimia yang biasa di pakai yaitu *sodium chlorida*, *calcium chlorida*, *magnesium sulfat*, dan *cofer sulfat* serta *bentonite*.

I. Jenis-Jenis Tanah Dalam Pentanahan

Jenis-jenis tanah yang akan digunakan bergantung pada kelembutan atau permukaan tanah. Permukaan tanah yang dimaksud adalah adanya tampilan tanah dimana penampakan bergantung pada ukuran serta keadaan partikel tanah tersebut. Beberapa jenis-jenis tanah adalah (Oktrialdi & Harahap, 2022) :

- 1) Tanah kerikil merupakan tanah yang di bentuk dari pecahan batuan dengan partikel seperti kurfa, feldspar dan mineral lainnya. tanah kerikil mempunyai struktur lapisan yang mampu menampung air dalam jumlah besar serta mengandung partikel nitrogen sehingga tidak cocok untuk sebuah pentanahan.
- 2) Tanah berpasir dibentuk oleh partikel kuarsa dan *feldspar*. Begitupula dengan tanah berpasir memiliki struktur lapisan yang mampu menampung air dengan jumlah besar serta memiliki partikel nitrogen sehingga jenis tanah ini tidak cocok untuk dijadikan pentanahan..
- 3) Tanah sedimen/ lumpur ini terbuat dari partikel kuarsa dengan ukuran molekul

dari 0,006 sampai 0,002 mm. tanah lumpur mampu menampung air lebih sedikit dibanding dengan liat yang ukurannya 1 gram tanah sedimennya adalah 15,9 ft². Tanah lumpur memiliki ekuivalen mekul yang lebih padat dibandingkan tanah berpasir.

- 4) Tanah liat merupakan sebuah tanah yang lebih padat dibandingkan dengan tanah lainnya. Tanah liat mempunyai ukuran partikel lebih kecil yaitu 0,002 mm. untuk struktur tanahnya terbuat dari mika, mineral lumpur serta mineral lainnya. Tanah liat mampu menampung air dalam jumlah yang cukup dengan waktu kapasitas yang lama sekali.

J. Pengukuran Tahanan Pentanahan

Dalam hal pengukuran tahanan pentanahan bertujuan untuk menentukan tahanan antara pelat besi atau tembaga yang di tanamkan di dalam tanah yang digunakan untuk melindungi perangkat keras listrik dari sebuah petir dan gangguan arus pendek. Maka dari itu pelat tersebut harus di tanam sampai perlindungan terhadap tanah disekitarnya sesedikit mungkin. Untuk mengukur sebuah perlawanan tanah menggunakan alat analisa penghalang bumi (*earth resistance tester*).

K. Nilai Tahanan Pentanahan Tanah

Berdasarkan nilai tahanan pentanahan yang terukur melalui metode *fall off potensial*, nilai tahanan jenis tanah dapat di tentukan dengan persamaan yang berlaku pada *IEEE Std 80-200*.

Dalam tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman tertentu tergantung dari beberapa faktor yaitu (Latiefa et al., 2018) :

1. Jenis tanah : liat, berpasir, berbatu, dan lain-lain.
2. Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan jenis tanah berlainan atau berjenis.
3. Komposisi kimia dari larutan garam kandunga air.
4. Kelembaban, temperatur dan kepadatan tanah.

L. Tahanan Jenis (Resisitivitas)

Tahanan tanah merupakan salah satu kunci utama yang menentukan tahanan elektrode dan pada kedalaman berapa pasak harus dipasang agar diperoleh tahanan yang rendah. Elektrode baja digunakan sebagai penghantar saluran distribusi dan pentanahan *substasion*.

Dalam memilih penghantar dapat mempertimbangkan hal berikut :

1. Untuk tanah yang bersifat korosi sangat lambat, dengan tahanan diatas 100 ohm-m, tidak ada batas perkenan korosi atau izin penambahan (*corosi allowance*).
2. Untuk tanah yang bersifat korosi lambat, dengan tahanan 25-100 ohm m,batas perkenan korosi adalah 15% dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas termal.

3. Untuk tanah yang bersifat korosi cepat, dengan tahanan kurang dari 25 ohm-m. Batas perkenan korosi sebanyak 30% dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor *stabilitas thermal*.

4. Penghantar dipilih dari ukuran standar seperti 10 x 6 mm sampai 65x78 mm. Tanah merupakan medium pembumian yang bersifat sebagai konduktor. Untuk frekuensi tinggi dan gelombang bermuka curam seperti petir dapat diartikan bahwa tanah merupakan konduktor sempurna.

Tabel 2.1. Resistansi Jenis Tanah

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

(Sumber : Nawir Herman, 2018)

Dari tabel 2.1 dapat dilihat nilai resistivitas tanah bervariasi dari satu tempat ke tempat lain, tergantung pada sifat-sifatnya. Dapat disimpulkan bahwa tanah yang lembab memiliki resistansi tahanan yang rendah di bandingkan dengan tanah yang memiliki sedikit kandungan air didalam nya, jika sebuah gedung dibangun di atas tanah kering sebaiknya elektroda yang digunakan lebih dari satu batang agar tahanan tanah yang dihasilkan rendah.

Sistem pentanahan jenis batang (*rod*), semakin dalam atang pentanahan ditanam kedalam tanah semakin kecil nilai tahanan tanahnya. Sehingga semakin

kecil nilai tahanan pentanahan, maka pentanahan tersebut semakin baik. Sebagai pedoman dasar, tabel berikut berisi resistivitas tanah di Indonesia.

Tabel 2.2. Tahanan Berdasarkan Jenis Tanah.

No	Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm-meter)
1	Tanah yang mengandung air garam	5-6
2	Rawa	30
3	Tanah Liat	100
4	Pasir Basah	200
5	Batu-Batu Kerikil basah	500
6	Pasir batu dan kerikil kering	1000
7	Batu	3000

Pada tabel 2.2 diatas adalah urutan tanah dari tahanan tanah yang sangat rendah berdasarkan jenis tanah yang ada di indonesia, Resistivitas tanah sangat menentukan resistansi pentanahan dari elektroda-elektroda pentanahan. Tanah yang memiliki kandungan air garam dapat menghasilkan tahanan tanah yang sangat rendah dibandingkan dengan jenis tanah yang lain, karena jenis tanah yang mengandung air garam memiliki zat adiktif yang tinggi sehingga dapat

menghasilkan tahanan tanah yang rendah untuk sebuah sistem *grounding* resistivitas tanah diberikan dalam satuan Ω -meter.

Dalam bahasan disini menggunakan satuan Ω -meter, yang merepresentasikan resistansi tanah yang diukur dari tanah yang berbentuk kubus yang bersisi 1 meter. Resistivitas tanah dapat berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat yang lain tergantung dari sifat-sifat yang dimilikinya.

M. Metode Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

Adapun pemilihan jenis-jenis tanah metode pengujian yang sering dilakukan untuk mengukur tahanan jenis tanah adalah:

1. Susunan Wenner

Susunan metode Wenner dapat ditunjukkan seperti gambar 2.8 Dibawah ini



Gambar 2.8. Susunan Wenner

(sumber : <https://puilsigit.blogspot.com>)

Dalam Metode Wenner, ke empat elektroda untuk masing-masing tes diregangkan dengan setiap pemasangan masing-masing berukuran sama secara berdekatan. Susunan Wenner mempunyai dua perspektif pelaksanaan. Pada sisi negatifnya metode ini membutuhkan kabel yang panjang, elektroda yang besar

dan setiap jarak renggangnya membutuhkan satu orang per elektroda untuk melengkapi penelitian sesuai dengan waktu yang dibutuhkan. Dan juga karena ke empat elektroda yang dipindahkan itu mudah terbaca dengan berbagai macam pengaruh.

Sedangkan sisi positifnya susunan ini sangat cocok dan efisien untuk mengetahui perbandingan tegangan yang masuk per unitnya dari arus yang mengalir. Pada kondisi yang tidak baik seperti, tanah kering atau tanah padat membutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui kontak tahanan antara elektroda dengan tanah. Tahanan Jenis Tanah dengan metode Wenner dapat dihitung dengan persamaan (1.1).

Persamaan 1.1

$$\rho_a = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} + \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Dimana :

ρ_a = Tahanan Jenis Tanah [$\Omega \cdot m$]

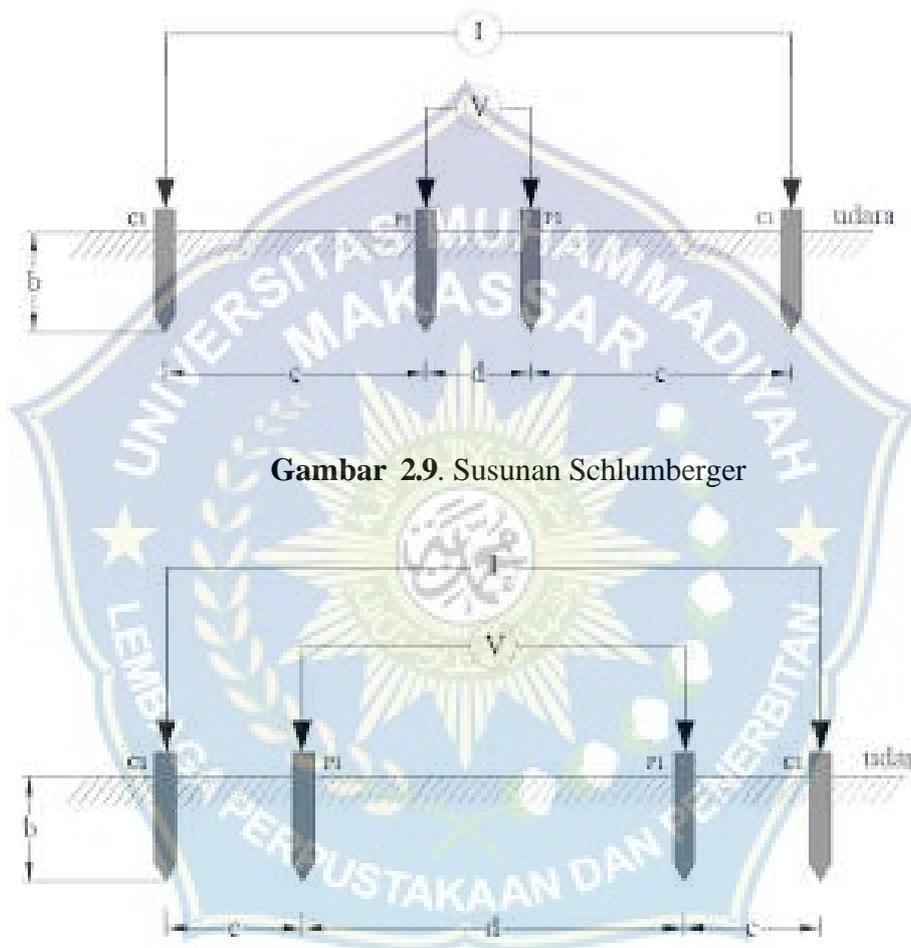
R = tahanan yang terukur [Ω]

a = jarak antara elektroda [m]

b = elektroda yang tertanam [m]

2. Susunan Schlumberger

Susunan Metode Schlumberger dapat ditunjukkan seperti Gambar 2.9 dan 2.10 di bawah ini:



Gambar 2.9. Susunan Schlumberger

Gambar : 2.10 Susunan Schlumberger Balik

Sumber : (<https://puilsigit.blogspot.com>)

Pada Gambar 2.9 untuk mengukur jarak pisah elektroda bagian luar adalah 4 atau 5 kali dari jarak pisah elektroda bagian dalam. Berkurangnya jumlah elektroda bagian dalam untuk mengetahui jarak pisah elektroda bagian luar juga berdampak pada berkurangnya efek samping dalam hasil tes.

Untuk memperoleh hasil tes sesuai dengan waktu yang disediakan, itu dapat diperoleh dengan cara menukar antara jarak pisah elektroda bagian dalam dengan elektroda bagian luar dari susunan schlumberger seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, ketika ada masalah pada tahanan kontak. Selama tahanan kontak dalam keadaan normal yang mengakibatkan elektroda arus lebih besar tegangannya dari jarak pisah elektroda bagian dalam yang diubah itu, kedua-duanya dapat digunakan sebagai elektroda arus dan konfigurasi ini disebut susunan schlumberger balik. Penggunaan metode schlumberger balik menambahkan tingkat keamanan seseorang ketika dialirkan arus yang besar. Penampang kabel yang lebih besar itu dibutuhkan jika aliran arusnya juga besar. Susunan schlumberger balik mengurangi panjangnya kabel yang lebih besar dan sesuai dengan waktu yang tersedia. Jarak pisah antara elektroda bagian luar adalah sejarak 10 meter dan untuk elektroda bagian dalam adalah $\frac{1}{2}$ dari elektroda bagian luar. Dalam hal ini, jarak kerenggangan pada elektroda bagian luar harus lebih kecil.

Metode Schlumberger dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \pi c(c + d) R/d$$

Dimana :

ρ = Tahanan Jenis Tanah [$\Omega \cdot m$]

R = Tahanan yang terukur [Ω]

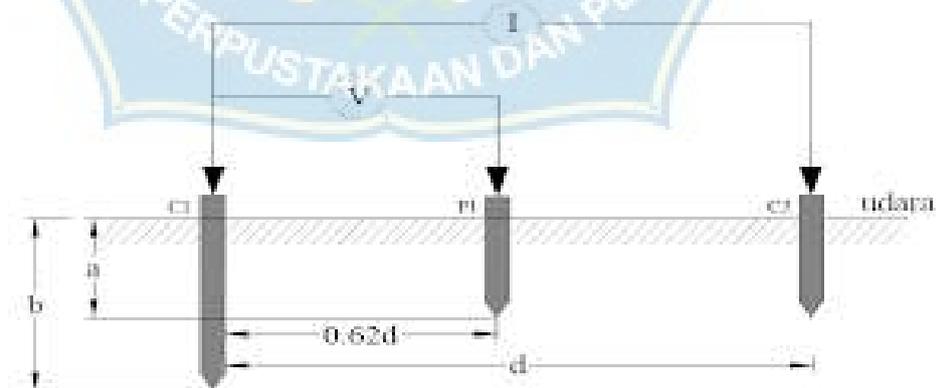
c = Jarak antara elektroda bagian luar dengan bagian dalam [m]

d = Jarak antara elektroda bagian dalam [m]

b = elektroda yang tertanam [m]

3. Metode Driven Rod

Metode *Driven Rod* (tiga pancangan) atau Metode *Fall Of Potential* cocok digunakan dalam keadaan normal, seperti garis transmisi pada sistem pembumian atau permasalahan dalam area, kesemuanya ini disebabkan karena pemasangan yang dangkal, kondisi tanah, penempatan pengukuran area dan tidak samanya jenis tanah pada dua lapisan tersebut. Metode *Driven Rod* ditunjukkan seperti Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 2.11 Metode Driven Rod

Sumber : (<https://puilsigit.blogspot.com>)

Metode Schlumberger dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Dimana :

R = Tahanan pembumian elektroda batang [Ω]

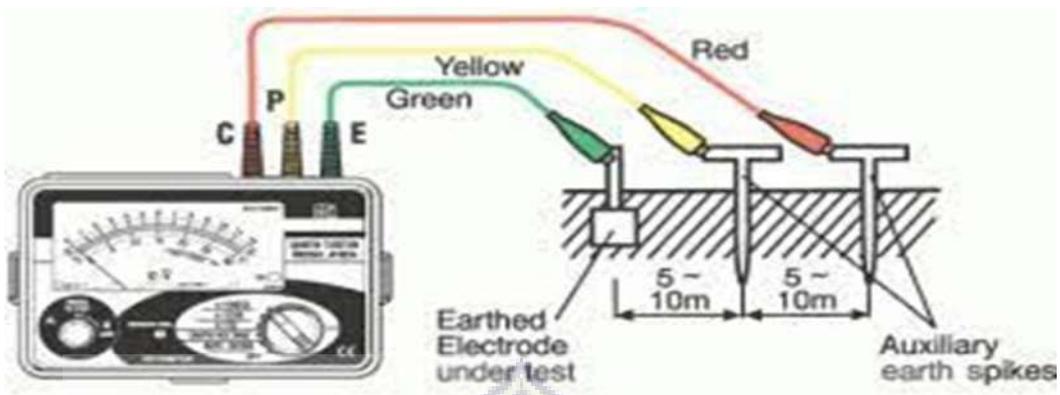
ρ = Tahanan jenis tanah [$\Omega.m$]

L = Panjang batang yang tertanam [m]

a = Jari-jari elektroda batang [m]

N. Metode Pengukuran

Dalam menggunakan metode pengukuran alat *earth tester* dengan dua buah elektroda maka metode menghubungkan terminal E (hijau) ke elektroda utama, juga menghubungkan terminal P (kuning) ke elektroda pembantu utama serta untuk terminal C (merah) ke terminal pembantu kedua. Rangkaian pengukuran tahanan pentanahan :



Gambar 2. 12. Rangkaian Pengukuran Tahanan Pentanahan

(sumber : <http://jurnal.borneo.ac.id>)

- a. elektroda tes adalah elektroda yang di ukur dengan menggunakan kabel hijau
- b. elektroda bantu adalah elektroda yang membantu elektroda tes untuk mendapatkan nilai tahanan

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran untuk mendapatkan estimasi hasil yang sangat ideal ialah :

1. Mengger tanah (*earth resistance tester*)
2. Graounding pembantu

Langka pelaksanaan

1. Mengeluarkan semua kabel atau konduktor dari rangkain peralatan
2. Membersihkan ujung kabel atau konduktor pentanahan yang akan di ukur dengan menggunakan amplas atau sikat baja jika terdapat kotoran atau korosi.
3. Memasang kabel pada terminal alat ukur

- a. Kabel yang berwarna hijau (E) disambungkan ke kawat elektroda yang akan di ukur nilai tahanannya.
 - b. Kabel yang berwarna kuning (P) disambungkan ke elektroda bantu alat ukur yang suda di tanamkan di dalam tanah.
 - c. Kabel yang berwarna merah (C) disambungkan ke elektroda bantu alat ukur yang suda di tanamkan di dalam tanah dengan jarak yang lebih jauh dari pada kabel kuning .
4. Menanamkan kedua elektorda bantu alat ukur ke dalam tanah di dua titik . kedua titik harus membentuk garis lurus dan berjarak 5 m yang merupakan jarak terdekat dari pentanahan peralatan yang akan di ukur .
 5. Menghubungkan ujung kabel E ke kawat atau konduktor pentanahan peralatan yang akan di ukur . menghubungkan kabel kuning (C) dan kabel merah (P) ke elektroda bantu dengan posisi tegak lurus.
 6. Setelah terminal sudah terpasang semua , menghidupkan alat earth tedter resistance , lalu menekan tobol ukur maka alat ini akan mulai mengukur.
 7. Mengamati dan mencatat penunjukan angka pada layar alat ukur

Langkah evaluasi pengukuran

1. Membandingkan hasil pengukuiran dengan standar PUIL
2. Jika hasil pengukuran sesuai hentikan pengukuran atau pengukuran selesai, jika hasil pengukuran tidak sesuai dengan standar lakukan perbaikan dan pengukuran kembali tahanannya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu Dan Lokasi Penelitian

1. Waktu

Penelitian ini akan dilakukan di bulan Januari 2024

2. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian ini di wilayah **PT. PLN (Persero) RAYON MATTOANGING .**

B. Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini adalah metode eksperimen :

- 1) Studi kepustakaan adalah suatu teknik untuk mempelajari teori yang diperlukan dari jurnal-jurnal untuk mendukung tugas akhir ini .
- 2) Interaksi dengan manajer dan teknisi dari **PLN MATTOANGIN** di mana pertanyaan dan jawaban dipertukarkan.
- 3) Studi lapangan adalah suatu teknik pengumpulan informasi secara langsung dari subjek penelitian dimana informasi di kumpulkan dengan melihat secara langsung untuk mendapat hasil resistivitas tanah dari 4 jenis tanah yang diteliti

C. Pengambilan Data

Dalam penelitian ini penulis mengambil data di **PT. PLN (PERSERO) RAYON MATTOANGIN**, penulis menggunakan teknik penjaran menggunakan dua elektroda untuk mengetahui nilai resistivitas tanah dari 4 jenis tanah yang berbeda . pada pengukuran tugas akhir ini penulis melakukan pengukuran dari jenis tanah antara lain pasir ,lempung, berbatu , kebun.

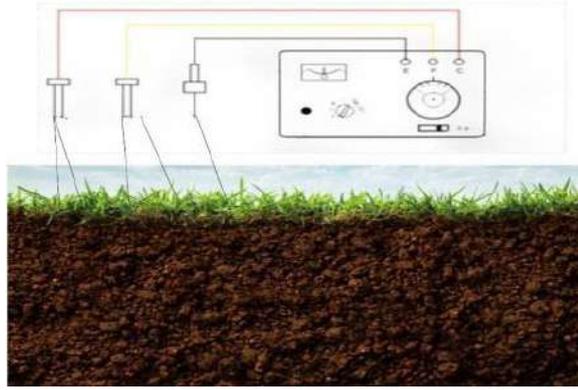
Pada pengukuran ini digunakan alat earth tester untuk mengukur menggunakan dua batang elektroda .



Gambar 3.1 Earth Tester

Sumber : (PLN)

Pada rangkaian pengukuran resistivitas tanah dapat di ketahui menggunakan dua buah elektroda batang yang dihubungkan dengan *Earth tester* .



Gambar 3.2 Rangkaian Pengukuran

Sumber : : (<https://journal.literasisains.id/>)

Apabila pada tahapan pengujian alat sudah baik dan tidak ada permasalahan dari komponen, maka lanjut ke tahapan yaitu pengumpulan data yang mana pengambilan data dari lapangan untuk di olah dan di analisa .

D. Analisa Data

Pengambilan data dilakukan setelah pengumpulan data / informasi di PT. PLN (persero) ULP MATTOANGING, informasi / data yang di peroleh akan dijelaskan dan diubah menjadi struktur numerik. dalam menganalisa informasi / data yang diperoleh , tidak ada strategi yang di gunakan, karena pengukuran langsung yang digunakan merupakan pengukuran biasa .

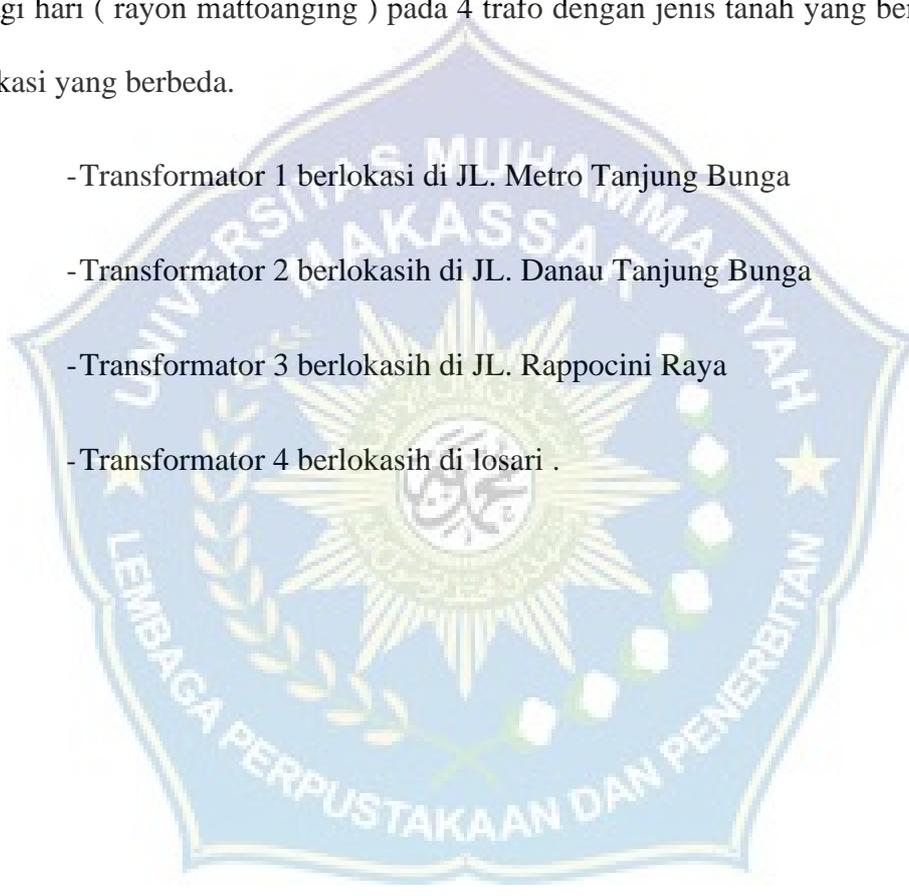
BAB IV

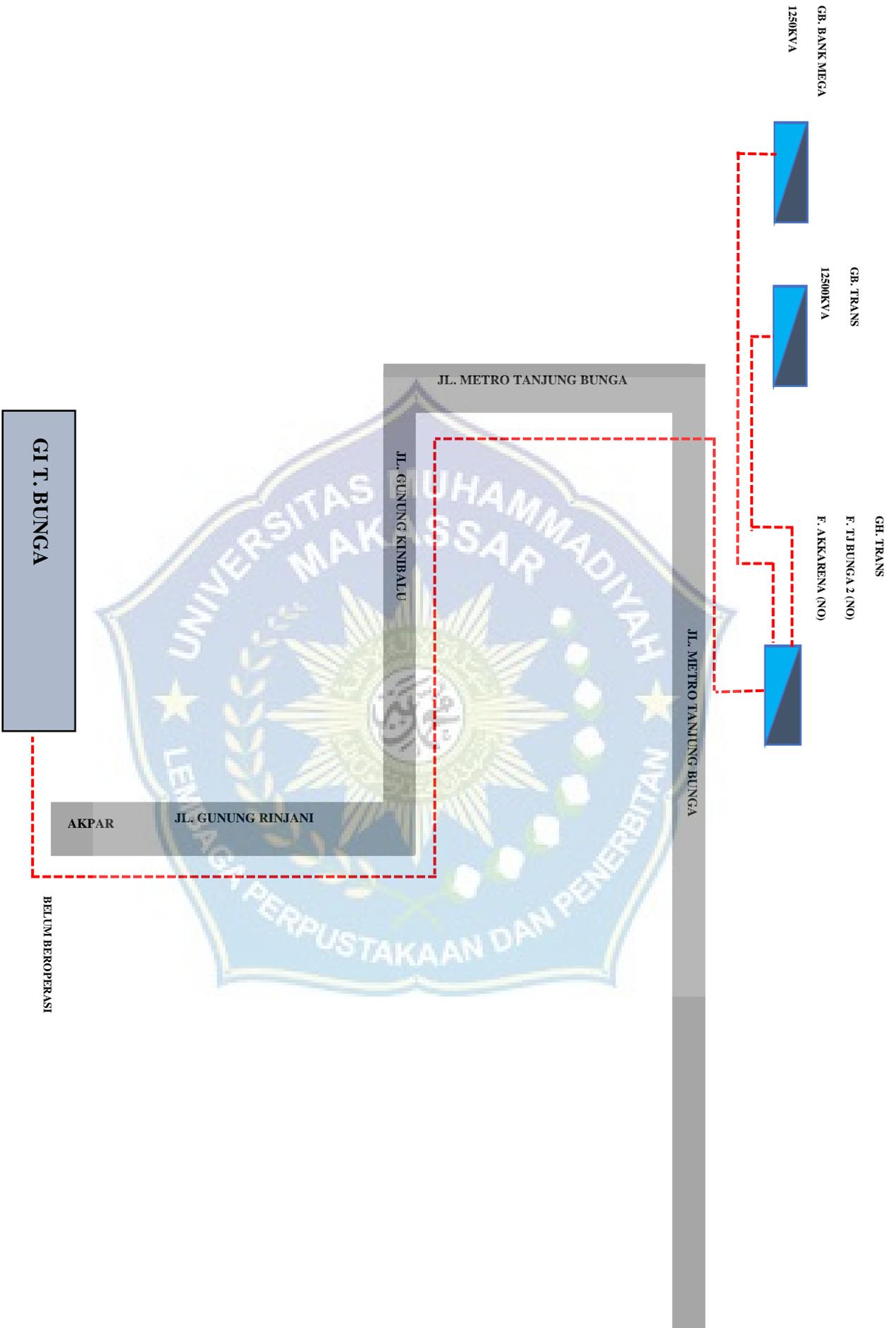
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data dan Hasil Penelitian

Data penelitian ini di ambil dari pengukuran langsung yang dilakukan di pagi hari (rayon mattoanging) pada 4 trafo dengan jenis tanah yang berbeda dan lokasi yang berbeda.

- Transformator 1 berlokasi di JL. Metro Tanjung Bunga
- Transformator 2 berlokasi di JL. Danau Tanjung Bunga
- Transformator 3 berlokasi di JL. Rappocini Raya
- Transformator 4 berlokasi di losari .





B. Pengukuran Resistivitas Pentanahan Tanah

Setelah kedua elektroda bantu di tanam dengan jarak 5m -10 m antar keduanya, dan kabel merah dengan kabel kuning sebagai penghubung ke earth tester untuk mendapatkan hasil maksimal di berbagai jenis tanah yang berbeda antara lain, lempung, berbatu, pasir, kebun agar dapat melihat perbandingannya setelah itu, di lakukan pengukuran menggunakan Earth tester yang merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mengetahui resistivitas tanah dari 4 jenis tanah yang berbeda. berikut adalah gambar pengukuran resistivitas tanah menggunakan Earth tester.

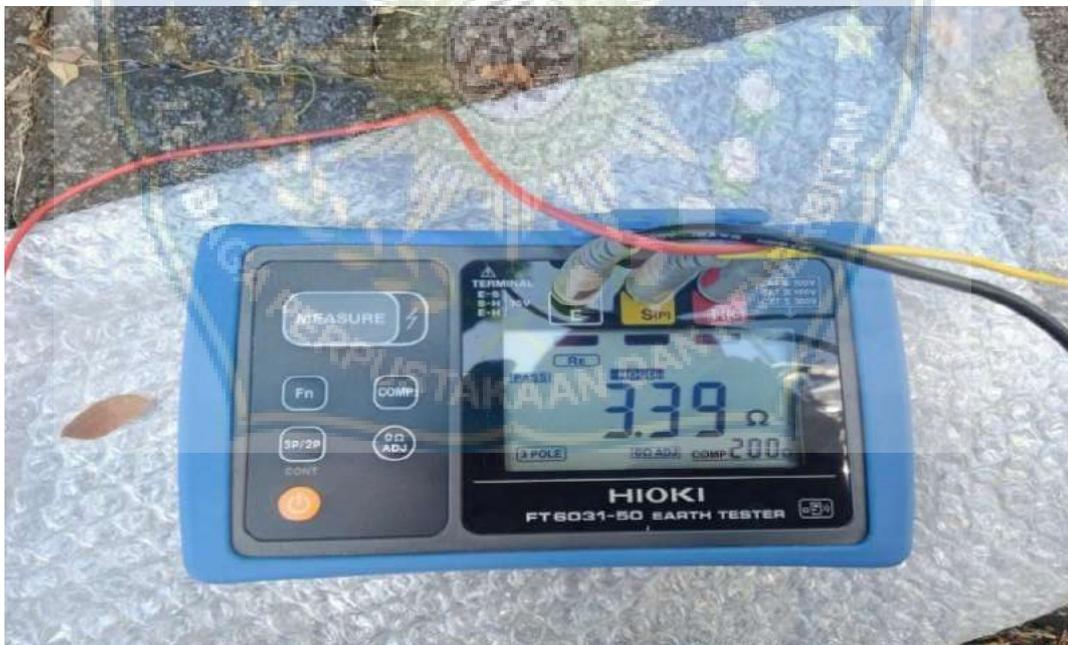
1. Data Pengukuran Tanah Lempung

Tabel 4.1. Nilai Resistans Tanah Lempung

No	Kedalaman Elektroda	Tahap Percobaan	Nilai Pentanahan Resistans (Ω)
1	4 Meter	1	3,39 Ω
2	4 Meter	2	3,44 Ω
3	4 Meter	3	3,40 Ω
	Nilai Rata-Rata		3,41 Ω



Gambar 4.2 Lokasi Tanjung Bunga

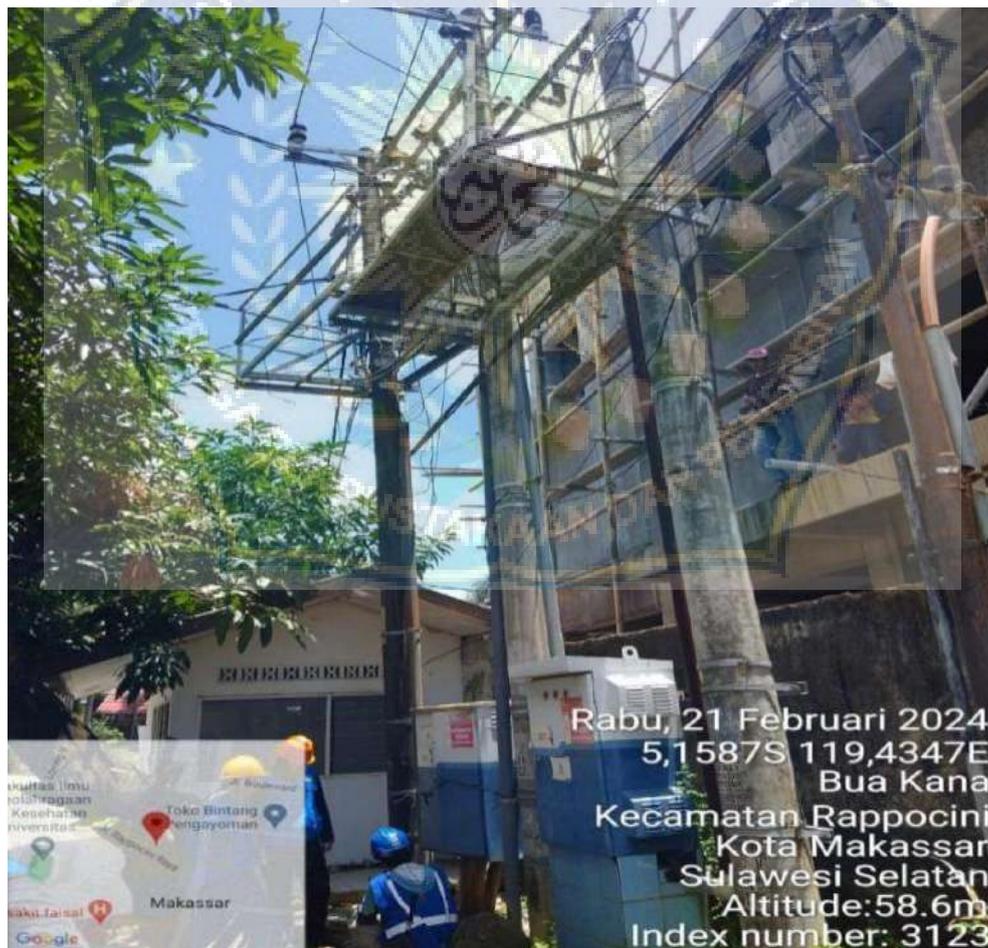


Gambar 4.3 Pengukuran Resistivitas Tanah , Trafo Tanjung Bunga Depan Trans Studio.

2. Data Pengukuran Tanah Berbatu

Tabel 4. 2 Nilai Resistans Tanah Berbatu

No	Kedalaman Elektroda	Tahap Percobaan	Nilai Pentanahan Resistans (Ω)
1	4 Meter	1	21,1 Ω
2	4 Meter	2	21,5 Ω
3	4 Meter	3	21,3 Ω
	Nilai Rata-Rata		21,3 Ω



Gambar 4.4 Lokasi Jl.Rappocini Raya



Gambar 4.5 Pengukuran Resistivitas Tanah di Jl. Rappocini Raya .

3. Data Pengukuran Tanah Kebun

Tabel 4.3 Nilai Resistivitas Tanah Kebun

No	Kedalaman Elektroda	Tahap Percobaan	Nilai Pentanahan Resistans (Ω)
1.	4 Meter	1	2,80 Ω
2.	4 Meter	2	2,88 Ω
3.	4 Meter	3	2,90 Ω
	Nilai Rata-Rata		2,86 Ω



Gambar 4.6 Lokasi Jl. Benteng Somba Opu

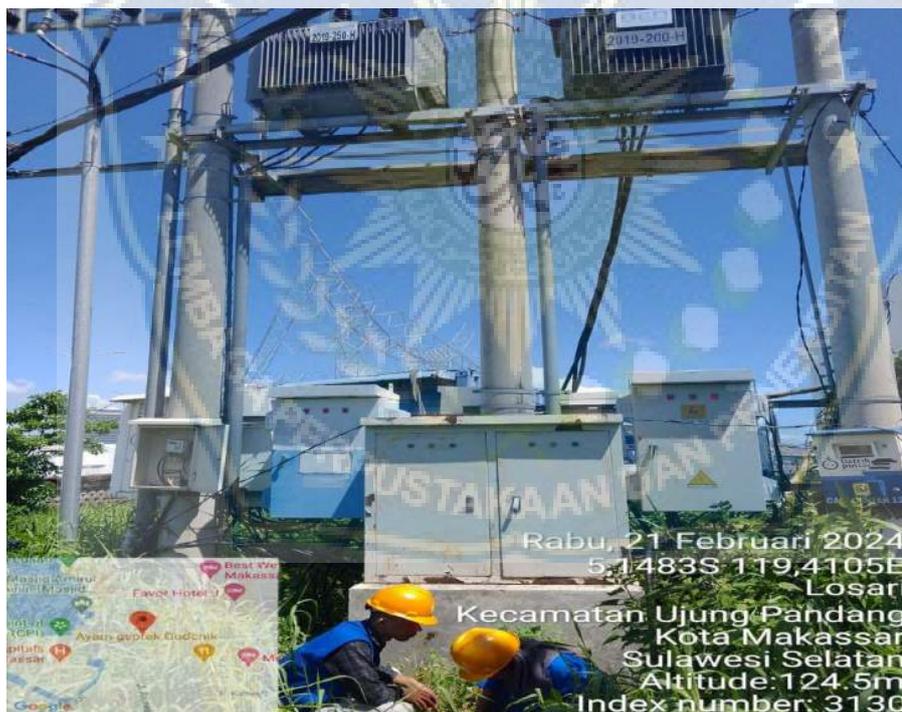


Gambar 4.7 Pengukuran Resistivitas Tanah Pada Trafo Benteng Somba Opu

4. Data Pengukuran Tanah Berpasir

Tabel 4.4. Nilai Resistans Tanah pasir

No	Kedalaman Elektroda	Tahap Percobaan	Nilai Pentanahan Resistans (Ω)
1.	4 Meter	1	13,96 Ω
2.	4 Meter	2	14,00 Ω
3.	4 Meter	3	13,99 Ω
Nilai Rata-Rata			13,98 Ω



Gambar 4.8 Lokasi Pantai Losari

Sumber : Milik Pribadi



Gambar 4.9 Pengukuran Resistivitas Tanah Pada Trafo Pantai Losari

C. Analisis Perbandingan dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh saat penelitian dilapangan tanah lempung memperoleh nilai rata-rata 3,41 Ω , dan tanah kebun yaitu 2,86 Ω angka ini menunjukkan hasil resistivitas tanah lempung dan tanah kebun sesuai standar yang ditentukan bagus. Sedangkan tanah berbatu memperoleh nilai rata-rata 21,3 Ω dan tanah pasir memperoleh nilai rata-rata 13,98 Ω , masih memiliki nilai tahanan tanah dengan angka yang masih sangat tinggi. Angka ini masih berada diatas nilai standarisasi hasil tahanan sebuah *grounding* yang baik menurut aturan yang telah diatur dalam persyaratan umum instalasi listrik 2000 (PUIL 2000).

Nilai tahanan pada ke 4 jenis tanah ini masih tinggi dikarenakan elektroda yang digunakan hanya 1 batang dengan kedalaman 4 meter. Menurut penelitian sebelumnya (Putra Utama Harahap, 2019), jika sebuah gedung menggunakan lebih dari 1 batang elektroda maka nilai tahanan tanah yang sebelumnya tinggi dapat diperoleh hasil yang lebih kecil. Dapat kita lihat pada perhitungan berikut.

a. Perhitungan Nilai Resistans Transformator Pada Lokasi Tanjung Bunga



Gambar 4.10 Earth Tester dan Elektroda Batang

Pada gambar 4.10 Menjelaskan metode pengukuran pada tahanan tanah lempung, dengan menggunakan Earth Tester yang dihubungkan dengan Elektroda Batang. Data pengukuran diatas sebagai berikut :

- Tahanan Pembumian Elektroda Batang (R) = 3,41 Ω
- Panjang Elektroda (L) = 4 Meter
- Diameter Elektroda = 5/8 inchi
- Jari-Jari Elektroda = 0.0158 meter

Berdasarkan data di atas untuk mendapatkan nilai resistivitas sebagai berikut

$$\rho = \frac{R}{\ln \frac{4L}{0,0158} - 1} \times 2\pi L$$

$$\rho = \frac{3,41}{(\ln \frac{4 \times 4}{0,0158} - 1)} \times 2 \times 3,14 \times 4$$

$$\rho = \frac{3,41}{(\ln 1.011,65)} \times 25,12$$

$$\rho = \frac{3,41}{6,91} \times 25,12$$

$$\rho = 0,492 \times 25,12$$

$$\rho = 12,35 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

Jadi nilai resistivitas tanah lempung adalah 12,35 $\Omega \cdot \text{m}$

Nilai tahanan tanah lempung jika di paralelkan 2 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{3,41} + \frac{1}{3,41}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{2}{3,41}$$

$$R_{total} = \frac{3,41}{2}$$

$$R_{total} = 1,70 \text{ } \Omega$$

Nilai tahanan tanah lempung jika di paralelkan 2 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{3,41} + \frac{1}{3,41} + \frac{1}{3,41}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{3}{3,41}$$

$$R_{total} = \frac{3,41}{3}$$

$$R_{total} = 1,13 \Omega$$

b. Perhitungan Nilai Resistans Transformator Pada Jl. Rappocini Raya



Gambar 4.11 Earth Tester dan Elektroda Batang

Pada gambar 4.11 Menjelaskan metode pengukuran pada tahanan tanah berbatu, dengan menggunakan Earth Tester yang dihubungkan dengan Elektroda Batang. Data pengukuran diatas sebagai berikut :

Tahanan Pembumian Elektroda Batang (R) = 21,3 Ω

Panjang Elektroda (L) = 4 Meter

Diameter Elektroda = 5/8 inchi

Jari-Jari Elektroda = 0.0158 meter

Berdasarkan data diatas diperoleh nilai resistivitas pentahanan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{R}{\ln \frac{4L}{0,0158} - 1} \times 2\pi L$$

$$\rho = \frac{21,3}{(\ln \frac{4 \times 4}{0,0158} - 1)} \times 2 \times 3,14 \times 4$$

$$\rho = \frac{21,3}{(\ln 1.011,65)} \times 25,12$$

$$\rho = \frac{21,3}{6,91} \times 25,12$$

$$\rho = 3,07 \times 25,12$$

$$\rho = 77,11 \Omega.m$$

Jadi nilai resistivitas tanah berbatu adalah 77,11 $\Omega.m$.

Nilai tahanan tanah berbatu jika di paralelkan 2 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{2}{21,3}$$

$$R_{total} = \frac{21,3}{2}$$

$$R_{total} = 10,65 \Omega$$

Nilai tahanan tanah berbatu jika di paralelkan 3 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{3}{21,3}$$

$$R_{total} = \frac{21,3}{3}$$

$$R_{total} = 7,1 \Omega$$

Nilai tahanan tanah berbatu jika di paralelkan 4 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{4}{21,3}$$

$$R_{total} = \frac{21,3}{4}$$

$$R_{total} = 5,3 \Omega$$

Nilai tahanan tanah berbatu jika di paralelkan 5 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3} + \frac{1}{21,3}$$

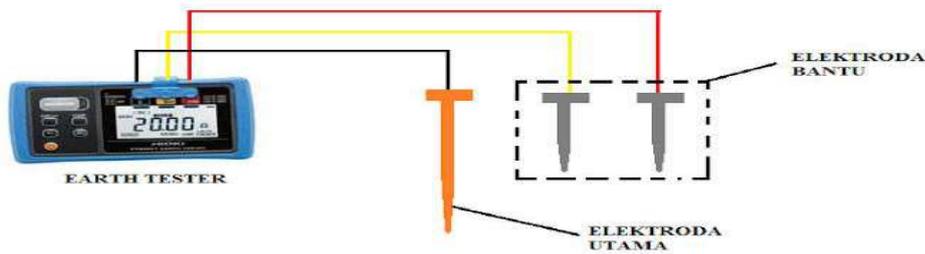
$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{5}{21,3}$$

$$R_{total} = \frac{21,3}{5}$$

$$R_{total} = 4,2 \Omega$$

c. Perhitungan Nilai Resistans Transformator Pada Jl. Benteng Somba

Opu



Gambar 4.12 Earth Tester dan Elektroda Batang

Pada gambar 4.12 Menjelaskan metode pengukuran pada tahanan tanah kebun dengan menggunakan Earth Tester yang dihubungkan dengan Elektroda Batang. Data pengukuran diatas sebagai berikut :

- Tahanan Pembumian elektroda Batang (R) = 2,86 Ω
- Panjang Elektroda (L) = 4 Meter
- Diameter Elektroda = 5/8 inchi
- Jari-Jari Elektroda = 0.0158 meter

Berdasarkan data diatas diperoleh nilai resistivitas pentahanan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{R}{\ln \frac{4L}{0,0158} - 1} \times 2\pi L$$

$$\rho = \frac{2,86}{(\ln \frac{4 \times 4}{0,0158} - 1)} \times 2 \times 3,14 \times 4$$

$$\rho = \frac{2,86}{(\ln 1.011,65)} \times 25,12$$

$$\rho = \frac{2,86}{6,91} \times 25,12$$

$$\rho = 0,41 \times 25,12$$

$$\rho = 10,29 \Omega.m$$

Jadi nilai resistivitas tanah kebun adalah 10,29 Ω .m.

Nilai tahanan tanah kebun jika di paralelkan 2 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{2,86} + \frac{1}{2,86}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{2}{2,86}$$

$$R_{total} = \frac{2,86}{2}$$

$$R_{total} = 1,43 \Omega$$

Nilai tahanan tanah berbatu jika di paralelkan 3 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1}$$

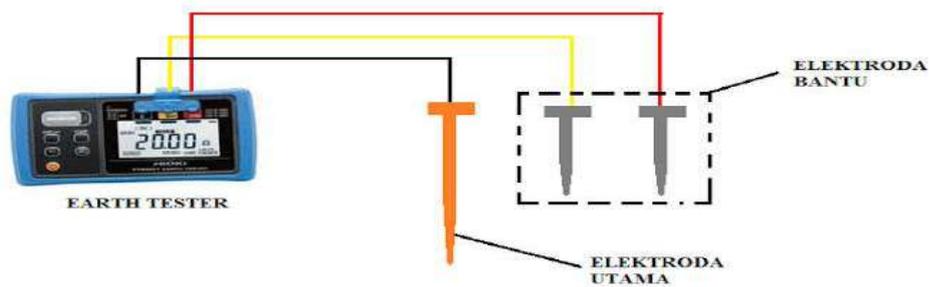
$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{2,86} + \frac{1}{2,86} + \frac{1}{2,86}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{3}{4,71}$$

$$R_{total} = \frac{2,86}{3}$$

$$R_{total} = 0,95 \Omega$$

d. Perhitungan Nilai Resistans Transformator Pada Pantai Losari



Gambar 4.13. Earth Tester dan Elektroda Batang

Pada gambar 4.13 Menjelaskan metode pengukuran pada tahanan tanah pasir dengan menggunakan Earth Tester yang dihubungkan dengan Elektroda Batang. Data pengukuran diatas sebagai berikut :

Tahanan Pembumian elektroda Batang (R) = 13,98 Ω

Panjang Elektroda (L) = 4 Meter

Diameter Elektroda = 5/8 inchi

Jari-Jari Elektroda = 0.0158 meter

Berdasarkan data diatas diperoleh nilai resistivitas pentahanan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{R}{\ln \frac{4L}{0,0158} - 1} \times 2\pi L$$

$$\rho = \frac{13,98}{\left(\ln \frac{4 \times 4}{0,0158} - 1\right)} \times 2 \times 3,14 \times 4$$

$$\rho = \frac{13,98}{(\ln 1.011,65)} \times 25,12$$

$$\rho = \frac{13,98}{6,91} \times 25,12$$

$$\rho = 2,02 \times 25,12$$

$$\rho = 50,74 \Omega.m$$

Jadi nilai resistivitas tanah pasir adalah 50,74 $\Omega.m$.

Nilai tahanan tanah pasir jika di paralelkan 2 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{13,98} + \frac{1}{13,98}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{2}{13,98}$$

$$R_{total} = \frac{13,98}{2}$$

$$R_{total} = 6,99 \Omega$$

Nilai tahanan tanah pasir jika di paralelkan 3 batang elektroda :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{13,98} + \frac{1}{13,98} + \frac{1}{13,98}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{3}{13,98}$$

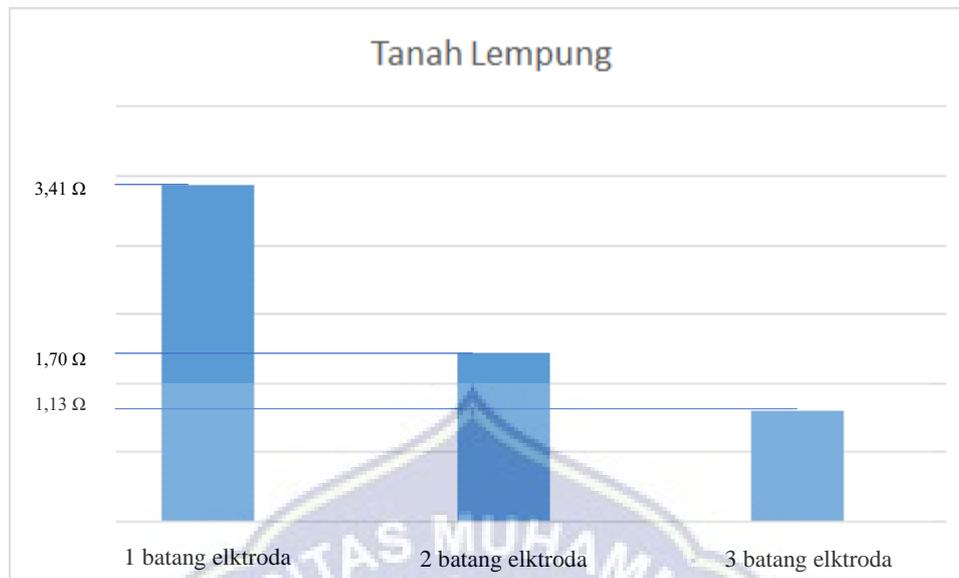
$$R_{total} = \frac{13,98}{3}$$

$$R_{total} = 4,66 \Omega$$

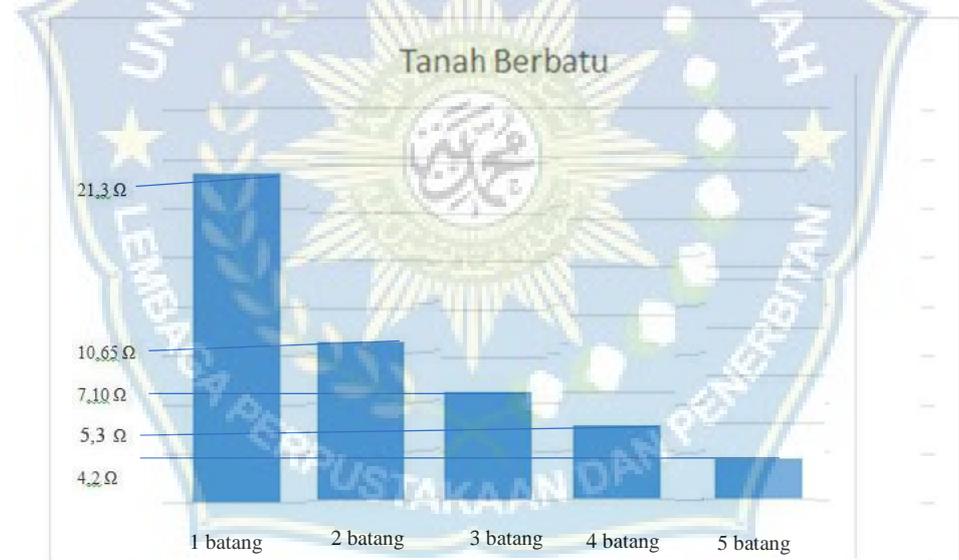
Tabel 4. 5 Hasil Perbandingan Tahanan Berdasarkan Penggunaan Elektroda

No	Jenis Tanah	Jumlah Elektroda			Standar PUIL
		1	2	3	
1	Tanah Lempung	3,41 Ω	1,70 Ω	1,13 Ω	0-5 Ω
2	Tanah Berbatu	21,3 Ω	10,65 Ω	7,10 Ω	0-5 Ω
3	Tanah Kebun	2,86 Ω	1,43 Ω	0,95 Ω	0-5 Ω
4	Tanah Pasir	13,98 Ω	6,99 Ω	4,66 Ω	0-5 Ω

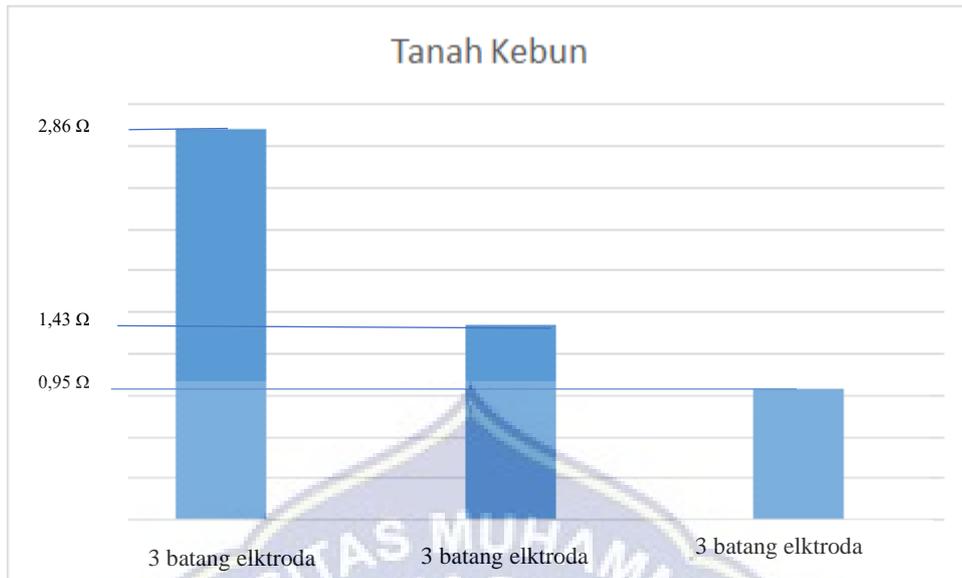
Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas dan hasil perbandingan berdasarkan elektroda lebih dari 1 batang dalam sistem grounding dapat memperkecil nilai tahanan tanah dari keempat trafo yang berada di Jl. Tanjung Bunga depan Trans Studio, Trafo Tanjung Bunga di Perumahan, Benteng Somba Opu, dan Pantai Losari.



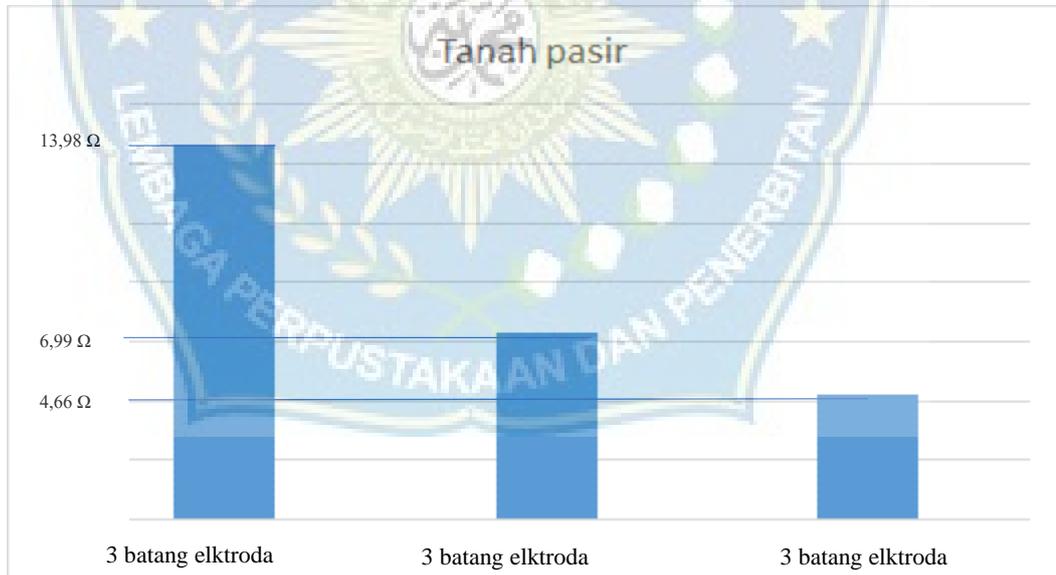
Gambar 4.14 Diagram Perbandingan Tahanan berdasarkan Jumlah Elektroda pada Tanah Lempung



Gambar 4.15 Diagram Perbandingan Tahanan berdasarkan jumlah Elektroda pada Tanah Berbatu



Gambar 4.16 Diagram Perbandingan Tahanan berdasarkan Jumlah Elektroda pada Tanah kebun



Gambar 4.17 Diagram Perbandingan Tahanan berdasarkan Jumlah Elektroda pada Tanah Berpasir

Tabel 4.5 dan diagram batang pada gambar 4.14 ,4.15, 4.16 dan 4.17.dapat dilihat perbedaan penggunaan elektroda lebih dari 1 batang dalam

sistem pembumian (*Grounding*) dapat lebih efektif untuk mendapatkan hasil tahanan tanah yang rendah. Semakin dalam elektroda yang ditanam dan semakin banyak elektroda yang digunakan dalam sistem pembumian maka hasil tahanan tanah yang didapatkan akan semakin rendah.

D. Kelayakan Grounding Sistem berdasarkan Standarisasi PUIL 2000

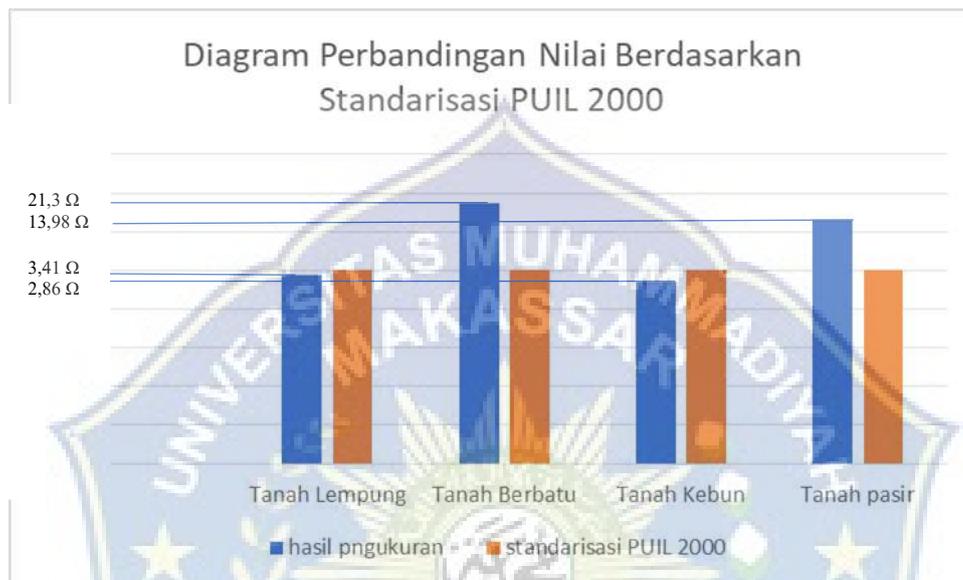
Nilai tahanan pentanahan yang dipersyaratkan oleh PUIL 2000 yaitu dibawah 5 Ohm. Semakin mendekati nilai potensial tanah (nol) maka sistem pentanahan dikatakan semakin baik. Sedangkan jika nilai tahanan pentanahan tidak memenuhi standarisasi PUIL 2000, maka mutlak harus dilakukan perbaikan terhadap nilai tahanan pentanahannya.

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Berdasarkan Standarisasi PUIL 2000

No	Jenis tanah	Hasil Pengukuran	Standarisasi PUIL 2000
1	Tanah Lempung	3,41 Ω	0-5 Ω
2	Tanah Berbatu	21,3 Ω	0-5 Ω
3	Tanah Kebun	2,86 Ω	0-5 Ω
4	Tanah Pasir	13,98 Ω	0-5 Ω

Menurut ketentuan PUIL 2000 sistem pembumian yang baik menghasilkan nilai tahanan di bawah 5 Ω , ke 4 jenis tanah dan sesuai tabel 4.9 diatas diperoleh hasil dari 5 Ω . tanah lempung memperoleh nilai 3,41 Ω , jenis tanah berbatu memperoleh nilai 21,3 Ω , tanah kebun memperoleh nilai 2,86 Ω dan tanah pasir memperoleh nilai 13,98 Ω . Dari

ke empat jenis tanah tersebut tanah lempung dan tanah kebun sudah memenuhi ketentuan yang telah diatur dalam PUIL 2000 untuk sebuah sistem grounding pada sebuah trafo, sedangkan tanah berbatu dan tanah berpasir tidak sesuai dengan ketentuan yang telah diatur dalam PUIL 2000 untuk sebuah sistem grounding pada sebuah trafo.



Gambar 4. 18 Diagram Perbandingan Nilai Berdasarkan Standarisasi PUIL 2000

Dari tabel 4.6 dan Gambar 4.18 dapat dilihat dan hasil pengukuran nilai keempat jenis tanah yang telah terpasang tanah lempung dan tanah kebun memperoleh nilai lebih dari 5 ohm. tanah lempung memperoleh nilai 3,41 Ω , jenis tanah berbatu memperoleh nilai 21,3 Ω , tanah kebun memperoleh nilai 2,86 Ω dan tanah pasir memperoleh nilai 13,98 Ω . Tanah lempung dan tanah kebun sudah memenuhi ketentuan yang telah diatur dalam PUIL 2000 untuk sebuah sistem grounding pada sebuah trafo, sedangkan tanah berbatu dan tanah berpasir tidak sesuai dengan ketentuan yang telah diatur dalam PUIL 2000 untuk sebuah sistem grounding pada sebuah trafo.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan sistem pembumian (*grounding system*) dari keempat jenis tanah dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai tahanan tanah dari pengukuran menggunakan *Earth Tester* diperoleh tanah lempung dan tanah kebun sudah memenuhi standar yang ditentukan bagus. Sedangkan tanah berbatu dan tanah berpasir masih memiliki nilai tahanan tanah dengan angka yang masih sangat tinggi dan dikategorikan “kurang layak” untuk sebuah sistem pembumian yang dipakai sebuah Transformator.
2. Menurut ketentuan PUIL 2000 sistem pembumian yang baik menghasilkan nilai tahanan tanah dibawah 5 Ω . dapat dilihat dari hasil pengukuran nilai keempat jenis tanah yang telah terpasang tanah lempung dan tanah kebun memperoleh nilai dibawah dari 5 ohm. tanah lempung memperoleh nilai 3,41 Ω , jenis tanah berbatu memperoleh nilai 21,3 Ω , tanah kebun memperoleh nilai 2,86 Ω dan tanah pasir memperoleh nilai 13,98 Ω . Tanah lempung dan tanah kebun sudah memenuhi ketentuan yang telah diatur dalam PUIL 2000 untuk sebuah sistem *grounding* pada sebuah trafo, sedangkan tanah berbatu dan tanah berpasir tidak sesuai dengan ketentuan yang telah diatur dalam PUIL 2000 untuk sebuah sistem *grounding* pada sebuah .

B. Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya sistem *grounding* pada kedua jenis tanah berbatu dan tanahh berpasir perlu ditinjau kembali bagaimana keadaan elektroda yang ditanam saat pembangunan beberapa tahun yang lalu.
2. Untuk memperoleh nilai yang rendah dan sesuai ketentuan sebuah sistem pbumian maka elektroda sebaiknya digunakan lebih dari satu batang agar mendapatkan nilai tahanan yang rendah.
3. Sistem pbumian yang telah terpasang sebaiknya segera diperbaiki oleh pihak yang berwenang agar dapat menghindari hal-hal yang tidak di inginkan

DAFTAR PUSTAKA

- Latiefa, R. F., Zakir, I., & Subekti, M. (2018). Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Tahanan Pentanahan Studi Kasus Pada Gardu Induk Kemayoran 150 kV. *Journal Of Electrical Vocational Education and Technology*, 3(1).
- Lembo, A. B. (2016). Analisis Pengaruh Pentanahan pada Gangguan Hubung Singkat P-N Saluran 1 Φ . *Politeknik Negeri Manado*.
- Oktrialdi, B., & Harahap, P. (2022). Sistem Pentanahan Berdasarkan Perbedaan Lapisan Tanah untuk di Aplikasikan pada Gardu Induk. *Universitas Islam Sumatera Utara*.
- Rumondor, I. I., Mangindaan, G. M. C., & Silimang, S. (2022). Analisa Sistem Pentanahan pada Trafo Distribusi di Universitas Sam Ratulangi. *Universitas Sam Ratulangi Manado*.
- Saleh, M., & Pratiwi, A. I. (2019). Analisis Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan Pada Tanah Berair. *Jurnal Nasional cosPhi*, 3.
- Sunarhati, M. (2017). Perhitungan Tahanan Pentanahan Gardu di Griya Kaswari Palembang. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Sunawar, A. (2008). Analisis Hambatan jenis Tanah yang dipengaruhi Lingkungan pada Tanah Berpasir dan Berbatu. *Universitas Indonesia*.
- Suartika, I Made. *Sistem Pembumian (Grounding) Dua Batang Sistem Pengaman Tenaga Listrik*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana ,Bali: Kampus Bukit Jimbaran. 2017.
- Yusmartato. *Pengukuran Grounding Pada Gedung Rumah Sakit Grand MitraMedika Medan*. Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan. *Journal of Electrical Technology*, Vol. 6, No.1. 2021.
- Nurhabibah Naibaho. *Analisa Pentanahan Elektroda Batang Pada Stop Kontak Untuk Menekan Biaya Listrik*. Jurnal Ilmiah Elektrokrisna 5.3. 2017.
- Ramadhani Dedy, dkk. *Pengaruh Penambahan Bentonit Untuk Mereduksi Nilai Resistansi Pentanahan Jenis Elektroda Batang Berlapis Tembaga Dan Pipa Baja Galvanis*. Jurnal Teknik Elektro 8.2 . 2019
- Mangare, R. W. *Sistem Pentanahan Peralatan Di Pt. Megasurya* (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Manado). 2016.
- Manoppo, Ronny Imanuel. *Analisa Sistem Pentanahan Generator Turbin Gas Di Pt. Pln (Persero) Sektor Pembangkitan Keramasan*. Other Thesis, Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya. 2017.

L

A

M

P

I

R

A

N



Nilai Resistivitas Tanah Lempung

No	Kedalaman Elektroda	Tahap Percobaan	Nilai Pentanahan
1	4 Meter	1	3,39
2	4 Meter	2	3,44
3	4 Meter	3	3,40
	Nilai Rata-Rata		3,41

Nilai Resistivitas Tanah Berbatu

No	Kedalaman Elektroda	Tahap Percobaan	Nilai Pentanahan
1	4 Meter	1	21,1 Ω
2	4 Meter	2	21,5 Ω
3	4 Meter	3	21,3 Ω
	Nilai Rata-Rata		21,3 Ω

Nilai Resistivitas Tanah Kebun

No	Kedalaman Elektroda	Tahap Percobaan	Nilai Pentanahan
1.	4 Meter	1	2,80
2.	4 Meter	2	2,88
3.	4 Meter	3	2,90
	Nilai Rata-Rata		2,86

Nilai Resistivitas Tanah pasir

No	Kedalaman Elektroda	Tahap Percobaan	Nilai Pentanahan
1.	4 Meter	1	13,96 Ω
2.	4 Meter	2	14,00 Ω
3.	4 Meter	3	13,99 Ω
	Nilai Rata-Rata		13,98 Ω

Hasil Perbandingan Tahanan Berdasarkan Penggunaan Elektroda

No	Jenis Tanah	Jumlah Elektroda		
		1	2	3
1	Tanah Lempung	4,87 Ω	2,43 Ω	1,62 Ω
2	Tanah Berbatu	6,74 Ω	3,37 Ω	2,24 Ω
3	Tanah Kebun	4,71 Ω	2,35 Ω	1,57 Ω
4	Tanah Pasir	6,32 Ω	3,16 Ω	2,10 Ω

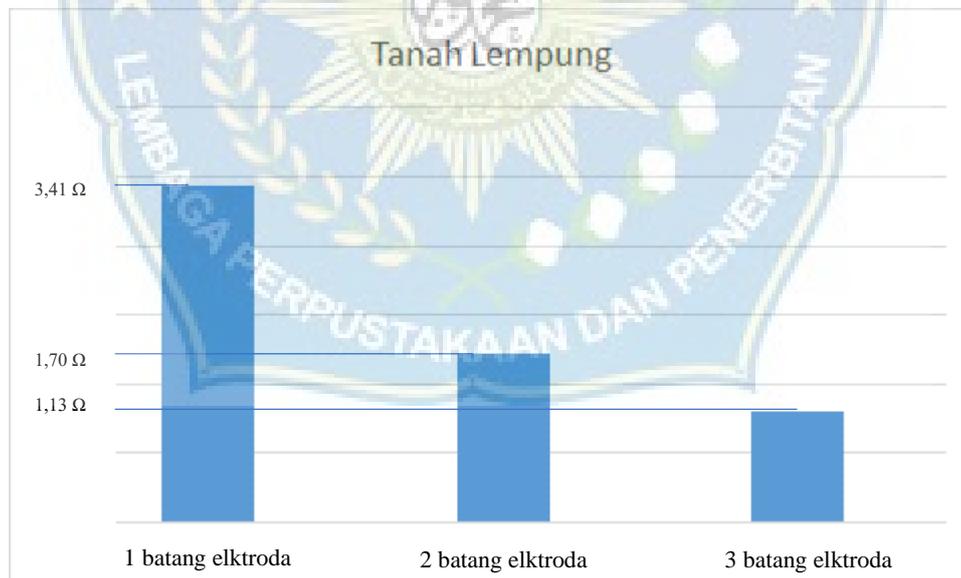


Diagram Perbandingan Tahanan berdasarkan Jumlah Elektroda pada Tanah Lempung



Diagram Perbandingan Tahanan berdasarkan jumlah Elektroda pada Tanah Berbatu

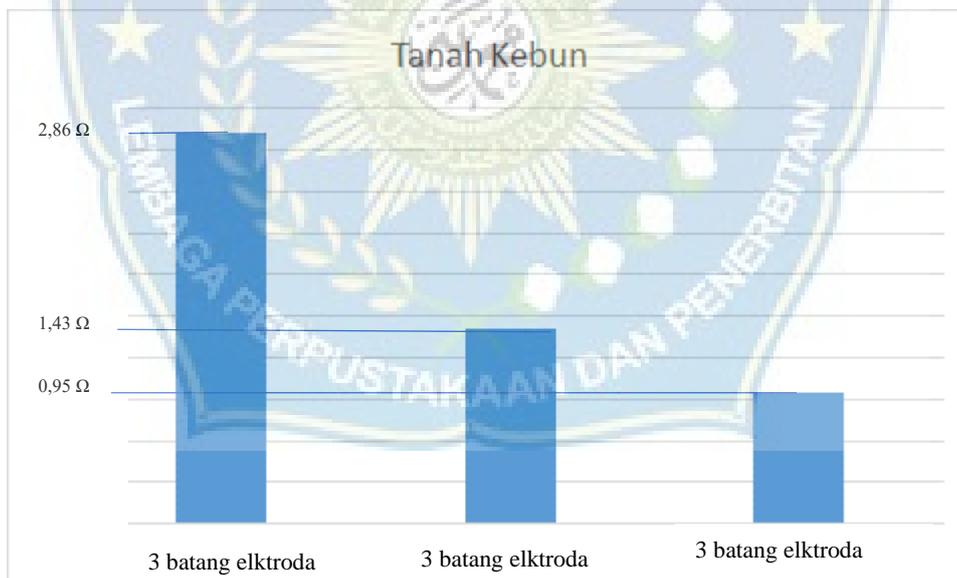


Diagram Perbandingan Tahanan berdasarkan Jumlah Elektroda pada Tanah kebun

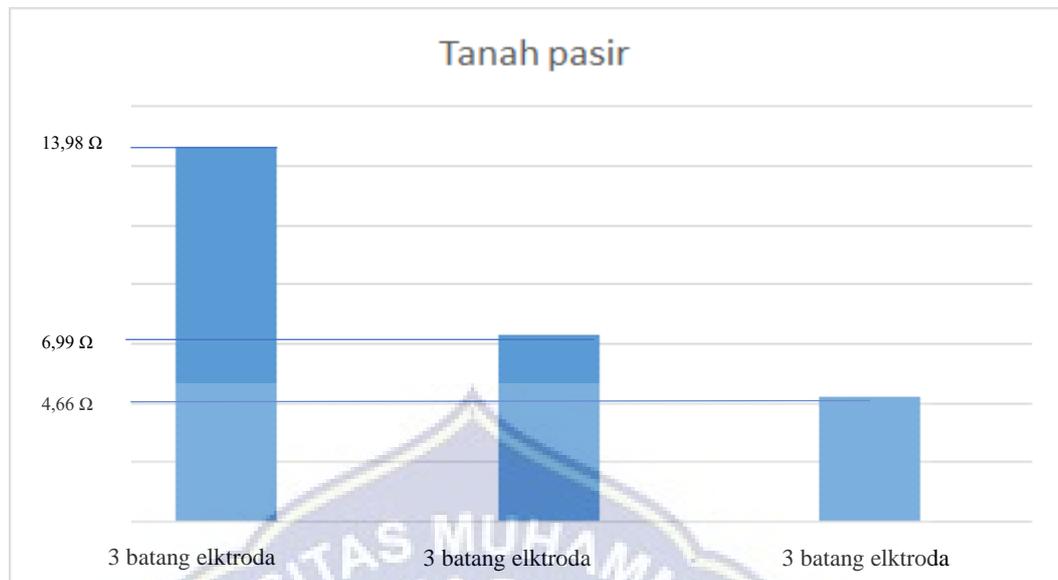


Diagram Perbandingan Tahanan berdasarkan Jumlah Elektroda pada Tanah Berpasir

Perbandingan Nilai Berdasarkan Standarisasi PUIL 2000

No	Jenis tanah	Hasil Pengukuran	Standarisasi PUIL 2000
1	Tanah Lempung	4,87 Ω	0-5 Ω
2	Tanah Berbatu	6,74 Ω	0-5 Ω
3	Tanah Kebun	4,71 Ω	0-5 Ω
4	Tanah Pasir	6,32 Ω	0-5 Ω

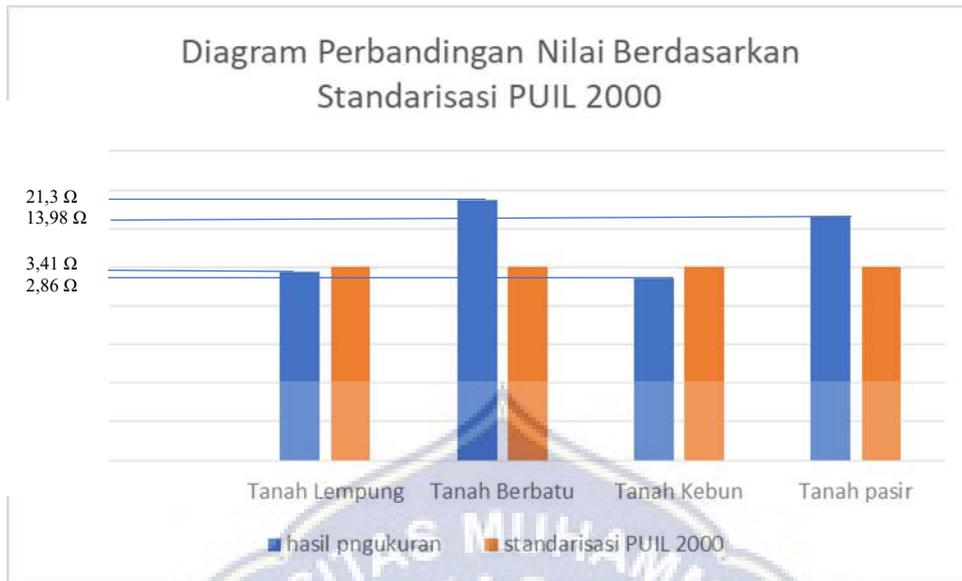
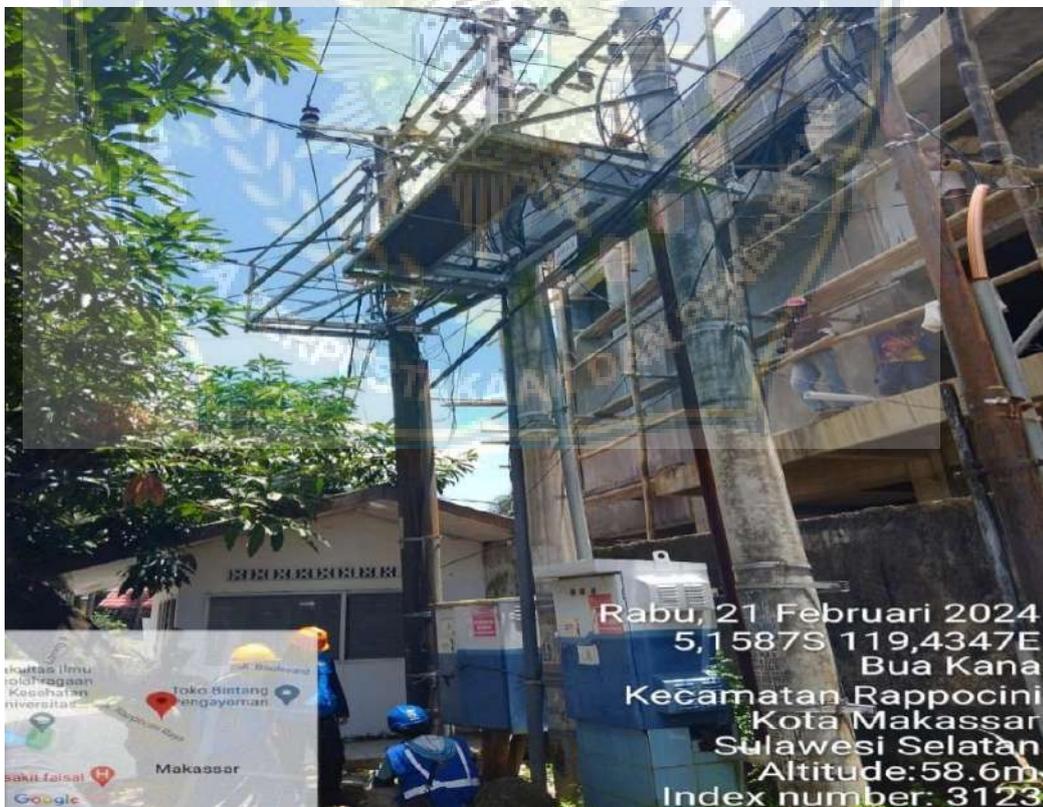


Diagram Perbandingan Nilai Berdasarkan Standarisasi PUIL 2000





Lokasi Jl. Tanjung Bunga





Lokasi Jl. Rappocini Raya





Lokasi Jl. Tanjung Bunga



Rabu, 21 Februari 2024
5,1483S 119,4105E
Losari
Kecamatan Ujung Pandang
Kota Makassar
Sulawesi Selatan
Altitude: 124.5m
Index number: 3130



Lokasi Pantai Losari



Earth Tester



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 : Muh yusuf syam/Nur zahra

Nim : 105821102217/105821105319

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	6 %	10 %
2	Bab 2	11 %	25 %
3	Bab 3	6 %	10 %
4	Bab 4	6 %	10 %
5	Bab 5	2 %	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, 09 Agustus 2024
Mengetahui

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,



BAB I Muh yusuf syam/Nur zahra -

105821102217/105821105319

by Tahap Tutup



Submission date: 09-Aug-2024 03:33AM (UTC+0700)

Submission ID: 2429277291

File name: BAB_I_Muh_yusuf_syamNur_zahra_105821102217105821105319.docx (18.85K)

Word count: 920

Character count: 6009

BAB I Muh yusuf syam/Nur zahra -
105821102217/105821105319

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.unimus.ac.id Internet Source	2%
2	bogiecomp.blogspot.com Internet Source	1%
3	pt.scribd.com Internet Source	1%
4	frscribd.com Internet Source	1%
5	repository.unj.ac.id Internet Source	1%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude matches



BAB II Muh yusuf syam/Nur
zahra -
105821102217/105821105319

by Tahap Tutup



Submission date: 09-Aug-2024 08:39AM (UTC+0700)

Submission ID: 2429277748

File name: II_BAB_I_Muh_yusuf_syamNur_zahra_-_105821102217105821105319.docx (3.53M)

Word count: 4016

Character count: 25135

7	Internet Source	<1 %
8	repository.polimdo.ac.id Internet Source	<1 %
9	repository.ppns.ac.id Internet Source	<1 %
10	repository.um-surabaya.ac.id Internet Source	<1 %
11	id.scribd.com Internet Source	<1 %
12	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
13	repository.upi.edu Internet Source	<1 %
14	www.anekapendidikan.com Internet Source	<1 %
Exclude quotes <input type="checkbox"/> Off		Exclude matches <input type="checkbox"/> Off
Exclude bibliography <input type="checkbox"/> Off		



BAB II Muh yusuf syam/Nur zahra -
105821102217/105821105319

ORIGINALITY REPORT

11 %
SIMILARITY INDEX

11 %
INTERNET SOURCES

1 %
PUBLICATIONS

0 %
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	text-id.123dok.com Internet Source	3%
2	123dok.com Internet Source	3%
3	jurnal.univpgri-palembang.ac.id Internet Source	1%
4	eprints.polsri.ac.id Internet Source	1%
5	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	1%
6	Herman Nawir, Muhammad Ruswandi Djalal, Sonong Sonong. "Rancang Bangun Sistem Pentanahan Penangkal Petir Pada Tanah Basah dan Tanah Kering pada Laboratorium Teknik Konversi Energi", JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 2018 Publication	1%

eprints.unpal.ac.id

BAB III Muh yusuf syam/Nur
zahra -

105821102217/105821105319



Submission date: 09-Aug-2024 08:40AM (UTC+0700)

Submission ID: 2429278197

File name: II_BAB_I_Muh_yusuf_syamNur_zahra_-_105821102217105821105319.docx (865.49K)

Word count: 291

Character count: 1869

BAB III Muh yusuf syam/Nur zahra -
105821102217/105821105319

ORIGINALITY REPORT

6%	6%	0%	%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	docplayer.info Internet Source	6%
---	-----------------------------------	----

Exclude quotes Exclude matches
Exclude bibliography



BAB IV Muh yusuf syam/Nur
zahra

105821102217/105821105319



Submission date: 09-Aug-2024 08:41AM (UTC+0700)

Submission ID: 2429278638

File name: IV_BAB_I_Muh_yusuf_syamNur_zahra_-_105821102217105821105319.docx (6.15M)

Word count: 1743

Character count: 9585

BAB IV Muh yusuf syam/Nur zahra -
105821102217/105821105319

ORIGINALITY REPORT

6% SIMILARITY INDEX
6% INTERNET SOURCES
5% PUBLICATIONS
% STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



1	www.townofbwg.com Internet Source	4%
2	"Investigate the current-voltage relationship for a resistor and filament lamp. To determine whether each obeys ohms law.", AS and A Level/Physics/Electrical & Thermal Physics, 2004-04-07 Publication	1%
3	repositori.usu.ac.id Internet Source	1%
4	repository.up.ac.id Internet Source	<1%
5	www.scribd.com Internet Source	<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

BAB V Muh yusuf syam/Nur
zahra

105821102217/105821105319

by Tahap Tutup



Submission date: 09-Aug-2024 08:41AM (UTC+0700)

Submission ID: 2429278910

File name: V_BAB_I_Muh_yusuf_syamNur_zahra_-_105821102217105821105319.docx (15.9K)

Word count: 370

Character count: 2230

BAB V Muh yusuf syam/Nur zahra -
105821102217/105821105319

ORIGINALITY REPORT

2%

SIMILARITY INDEX

2%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

bengkulutoday.com
Internet Source

2%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude matches

