

**ANALISIS SISTEM PENTANAHAN PADA
GARDU INDUK 150 KV RAWALO**



SKRIPSI

Ahmed Taha M.N.S

2103030032

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO
APRIL 2025**

**ANALISIS SISTEM PENTANAHAN PADA
GARDU INDUK 150 KV RAWALO**



SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk melakukan penelitian dalam Mata Kuliah
Skripsi

Ahmed Taha M.M.S

2103030032

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO
APRIL 2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Ahmed Taha Mohammed Naji Saeed
NIM : 2103030032
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Judul : Analisis Sistem Pentanahan Pada Gardu Induk
150 Kv Rawalo

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi ini hasil karya saya dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar serta bukan penjiplakan dari karya orang lain.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dan apabila dikemudian hari terbukti ada penjiplakan saya bersedia mempertanggungjawabkan sesuai ketentuan yang berlaku.

Purwokerto, April 2025

Yang membuat pernyataan



Ahmed Taha M. N.S.

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : Ahmed Taha M.N.S
NIM : 2103030032
Prodi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Judul : Analisis Sistem Pentanahan Pada Gardu Induk 150kv Rawalo

Telah disetujui untuk diajukan dalam sidang skripsi

Purwokerto, 21 April 2025

Dosen Pembimbing



Muhamad Taufiq Tamam, S.T., M.T.
NIK. 2160223

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang diajukan oleh :

Nama : Ahmed Taha M.N.S

NIM : 2103030032

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik dan Sains

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Judul : Analisis Sistem Pentanahan Pada Gardu Induk 150 kV

Rawalo

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

(S.T.)/ Sarjana Komputer (S.Kom)* pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 (Pembimbing) : Muhamad Taufiq Tamam, S.T., M.T. ()

Penguji 2 : Latiful Hayat, S.T., M.T. ()

Penguji 3 : Arif Johar Taufiq, S.T. M.T. ()

Ditetapkan di : Purwokerto
Tanggal :

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Dr. Ir. Iskahar, S.T., M.T.

NIK. 2160207



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

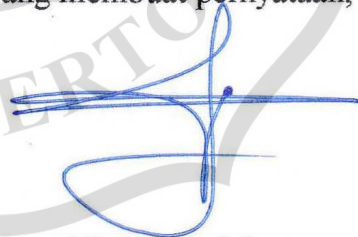
Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wata'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian hingga penyusunan laporan skripsi dengan judul "*ANALISIS SISTEM PENTANAHAN PADA GARDU INDUK 150 KV RAWALO*". Penyusunan laporan skripsi ini merupakan salah satu kurikulum untuk menyelesaikan program studi Strata Satu (S1) untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T), Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Namun, menyadari laporan skripsi ini masih ada hal-hal yang belum sempurna dan luput dari perhatian. Baik itu dari segi bahasa atau dari teknik penyajian. Oleh karena itu, dengan segala kekurangan dan kerendahan hati, sangat mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca sekalian demi perbaikan laporan ini kedepannya.

Akhirnya besar harapan agar laporan ini dapat memberikan manfaat yang berarti bagi para pembaca. Dan yang terpenting adalah dapat bermanfaat untuk memajukan ilmu pengetahuan.

Purwokerto, April 2025

Yang membuat pernyataan,



Ahmed Taha M.N.S.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Muhammadiyah Purwokerto dan demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmed Taha Mohammed Naji Saeed
NIM : 2103030032
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jenis Karya : Skripsi

menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) kepada Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS SISTEM PENTANAHAN PADA GARDU INDUK 150 KV RAWALO

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Purwokerto berhak menyimpan, mengalihmedia/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasi skripsi saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Purwokerto
Pada tanggal : 21 April 2025

Yang menyatakan,



Ahmed Taha M.N.S

Analisis Sistem Pentanahan Pada Gardu Induk 150 kV Rawalo

Ahmed Taha M.N.S

ABSTRAK

Sistem pentanahan atau *Grounding system* pada gardu induk memegang peranan vital untuk menjaga stabilitas dan keamanan sistem dari potensi bahaya yang timbul akibat gangguan pada sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, sistem pentanahan harus dirancang dan dipelihara dengan baik. Namun, dalam praktiknya, tidak semua gardu induk memiliki sistem pentanahan yang optimal meskipun telah menggunakan desain yang sesuai dengan kebutuhan. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis Sistem Pentanahan Pada Gardu Induk 150kV Rawalo. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis dengan melakukan studi literatur, memanfaatkan data lapangan yang sudah ada, kemudian melakukan perhitungan manual dengan acuan standar PUIL 2011 untuk melihat keamanan dari sistem tahanan pentanahan yang ada di Gardu Induk 150kV Rawalo. Pengukuran yang dilakukan yaitu mengukur resistensi pentanahan, nilai arus, dan ukuran elektroda. Faktor lain seperti panjang elektroda, diameter elektroda, jenis tanah dan model sistem pentanahan yang digunakan juga dilakukan pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gardu Induk Rawalo mampu meneruskan arus gangguan ke tanah hingga 8,3622 A dengan ukuran konduktor grid 767,442 mm². Toleransi tegangan langkah 70 sebesar 2333,02 V, toleransi tegangan sentuhnya sebesar 701,005V. Nilai Resistansi pentanahana sistem 0,172 Ω , Nilai Ground Potential Rise 1,4382984 V. Artinya, dengan menambahkan jumlah ataupun ukuran pada batang elektroda dan konduktor grid, maka nilai resistansi akan lebih baik.

Kata Kunci : *Sistem Pentanahan, Gardu Induk, Resistansi*

Analysis of the Grounding System at the 150 kV Rawalo

Ahmed Taha M.N.S

ABSTRACT

The grounding system at a substation plays a vital role in maintaining the stability and safety of the system from potential hazards caused by disturbances in the electrical power system. Therefore, the grounding system must be properly designed and maintained. However, in practice, not all substations have an optimal grounding system, even though the design may already meet the required standards. The purpose of this study is to analyze the Grounding System at the 150kV Rawalo Substation. This research uses an analytical approach through literature review, utilizing existing field data, and performing manual calculations based on the PUIL 2011 standards to assess the safety of the grounding resistance system at the 150kV Rawalo Substation. The measurements taken include grounding resistance, current values, and electrode size. Other factors such as electrode length, electrode diameter, soil type, and the grounding system model used were also measured. The results show that the Rawalo Substation can discharge fault current into the ground up to 8.3622 A with a grid conductor size of 767.442 mm². The step voltage tolerance (70 kg body weight) is 2333.02 V, and the touch voltage tolerance is 701.005 V. The system grounding resistance value is 0.172 Ω , and the Ground Potential Rise (GPR) is 1.4382984 V. This means that by increasing the number or size of the electrode rods and grid conductors, the resistance value can be further improved.

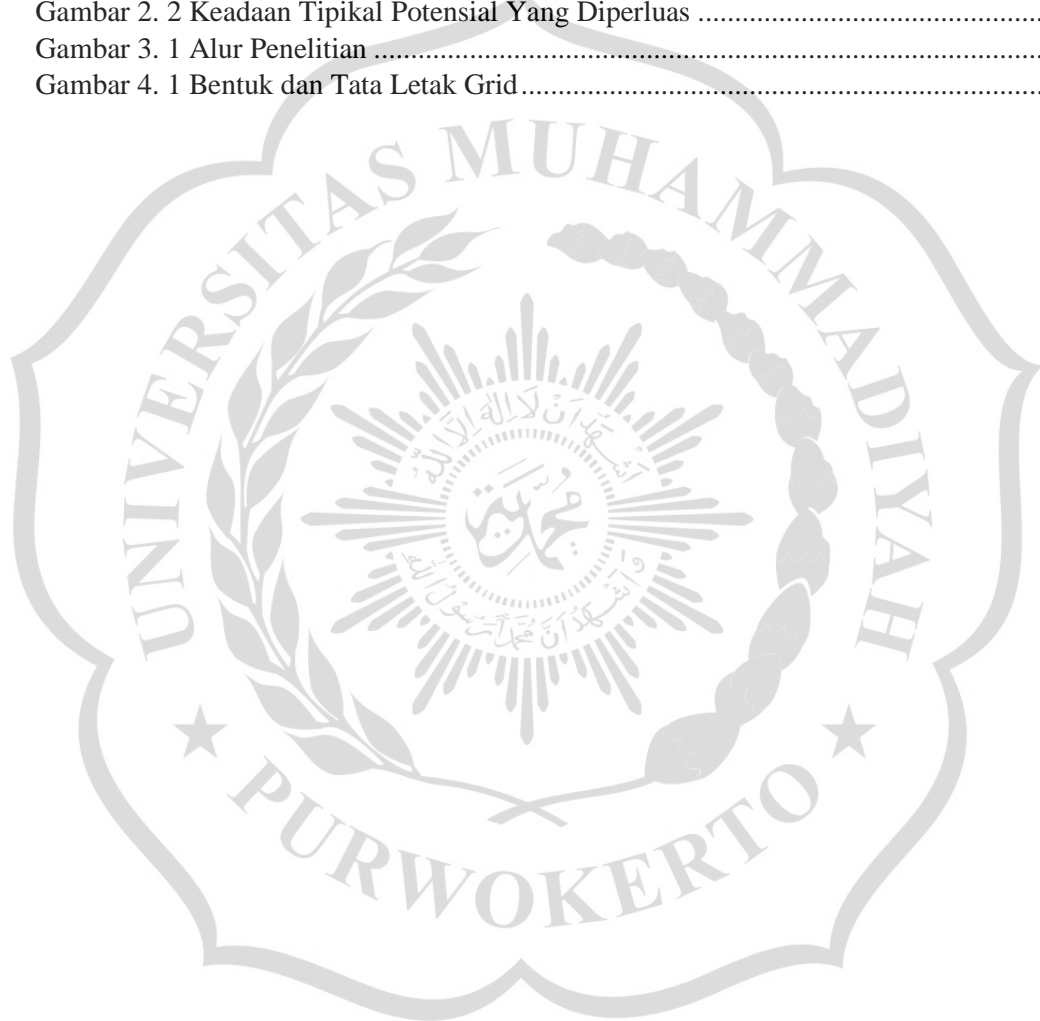
Keywords : *Grounding System, Substation, Resistance*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Hasil Penelitian Terdahulu	8
B. Landasan Teori	12
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	18
B. Sumber Data	18
C. Variabel Penelitian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
A. Data Tahanan Pentanahan Berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk 150Kv Rawalo	22
B. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan Gardu Induk 150Kv Rawalo	27
C. Perhitungan Pentanahan Grid	28
D. Perbandingan Data dari Gardu Induk dengan Data Perhitungan	39
BAB V PENUTUP	41
A. Kesimpulan	41
B. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Keadaan Dasar Kejut.....	16
Gambar 2. 2 Keadaan Tipikal Potensial Yang Diperluas	16
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	19
Gambar 4. 1 Bentuk dan Tata Letak Grid.....	28



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tegangan Sentuh yang Diizinkan	17
Tabel 2. 2 Tegangan Langkah yang Diizinkan	17
Tabel 4. 1 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada NGR	22
Tabel 4. 2 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Trafo Arus	23
Tabel 4. 3 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Trafo Tegangan.....	23
Tabel 4. 4 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Pemutus Tenaga.....	23
Tabel 4. 5 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Disconnecting Switch	24
Tabel 4. 6 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Lightning Arrester	24
Tabel 4. 7 Evaluasi dan Rrekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Serandang Gardu Induk 150 Kv	25
Tabel 4. 8 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Kubikel.....	26
Tabel 4. 9 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Pada Thanan Pentanahan Pada SUTT dan SUTET	26
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan di Gardu Induk 150kV Rawalo	27

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan salah satu infrastruktur yang sangat penting dalam mendukung berbagai sektor kehidupan, termasuk industri, transportasi, komunikasi, dan kebutuhan rumah tangga. Tanpa adanya distribusi tenaga listrik yang handal dan aman, berbagai aktivitas sehari-hari akan terganggu. Di Indonesia, sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu pembangkit listrik, jaringan transmisi, gardu induk, dan jaringan distribusi. Pembangkit listrik merupakan tempat energi listrik dihasilkan. Setelah listrik dapat dihasilkan, maka listrik tersebut diubah tegangannya menjadi tegangan tinggi menggunakan transformator *step up* agar energi listrik tersebut tidak mengalami kerugian dalam proses pengantaran jarak jauh. Transmisi berperan sebagai alat penghubung sekaligus alat yang menyalurkan listrik dari pembangkit listrik menuju gardu induk. (Rianta, 2021)

Pada gardu induk disinilah listrik diolah menjadi tegangan rendah menggunakan trafo *step down*. Kemudian listrik dengan tegangan yang sudah diubah sesuai kebutuhan ini siap untuk didistribusikan ke rumah-rumah. Salah satu komponen kunci yang menjamin keandalan dan keselamatan distribusi tenaga listrik adalah gardu induk, sebab disinilah proses transformasi tegangan dan distribusi listrik dilakukan. Berdasarkan besarnya tegangan, gardu induk terbagi menjadi 4, yaitu gardu induk dengan tegangan ekstra tinggi (>500kV), gardu induk dengan tegangan tinggi (150kV), gardu induk dengan tegangan

menengah (20kV – 70kV), dan gardu induk dengan tegangan rendah (1kV) (Wachyudin, 2022).

Di dalam gardu induk, sistem *grounding* memegang peranan vital untuk menjaga stabilitas dan keamanan sistem. *Grounding system* atau sistem pentanahan adalah sistem yang berfungsi untuk menghubungkan bagian dari sistem tenaga listrik ke tanah atau bumi. Sistem ini sangat penting untuk menjaga keamanan peralatan, operator, dan masyarakat dari potensi bahaya yang timbul akibat gangguan pada sistem tenaga listrik, seperti tegangan lebih akibat petir, gangguan isolasi, atau kesalahan operasi. Selain itu, *grounding system* juga berfungsi untuk menjaga kestabilan tegangan dalam sistem sehingga dapat mencegah kerusakan pada peralatan listrik akibat gangguan yang tidak terduga (Asyadi, 2022).

Pada gardu induk, sistem *grounding* yang andal sangat diperlukan mengingat gardu induk merupakan pusat distribusi tenaga listrik yang menangani tegangan tinggi. Gangguan tegangan tinggi pada gardu induk, seperti petir atau lonjakan tegangan, dapat menimbulkan bahaya yang signifikan, baik terhadap peralatan maupun manusia. Jika sistem *grounding* tidak berfungsi dengan baik, energi berlebih yang terjadi akibat gangguan tersebut tidak dapat disalurkan dengan aman ke tanah, sehingga dapat mengakibatkan kebakaran, kerusakan peralatan, atau bahkan cedera pada operator gardu. Oleh karena itu, desain dan implementasi sistem *grounding* yang baik merupakan salah satu aspek yang sangat krusial dalam operasi gardu induk. (Pranoto, 2018)

Untuk menjamin keandalan operasi gardu induk ini, sistem *grounding* harus dirancang dan dipelihara dengan baik. Namun, dalam praktiknya, tidak semua gardu induk memiliki sistem *grounding* yang optimal meskipun telah menggunakan desain yang sesuai dengan kebutuhan. Seperti pada Gardu Induk 150kV Rawalo yang menggunakan desain *Grid*, beberapa masalah terhadap sistem *grounding* masih sering terjadi. Masalah tersebut juga diakibatkan dari cukup rawannya sambaran petir di wilayah pemasangan penghantar SUTT Gardu Induk 150Kv Rawalo. Selain sambaran petir, wilayah pemasangan penghantar SUTT Gardu Induk 150Kv Rawalo juga berada di wilayah dengan kondisi tanah persawahan, pekarangan, perkebunan, dan perbukitan yang memiliki nilai resistivitas tanah cukup beragam. Sehingga pengecekan dan pemeliharaan peralatan perlu dilakukan.

Di Indonesia, sistem *grounding* diatur oleh standar-standar yang berlaku, seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) dan peraturan internasional seperti IEEE dan IEC (Aura, 2023). Standar-standar ini memberikan panduan tentang bagaimana sistem *grounding* harus dirancang, diimplementasikan, dan dievaluasi. Namun, penerapan standar-standar ini tidak selalu dilakukan secara optimal, terutama di beberapa daerah dengan keterbatasan sumber daya atau pengetahuan teknis. Oleh karena itu, diperlukan penelitian dan evaluasi yang mendalam terhadap sistem *grounding* di gardu induk untuk memastikan bahwa sistem tersebut memenuhi standar yang berlaku dan dapat berfungsi secara efektif dalam menghadapi berbagai kondisi operasi.

Fokus utama dalam penelitian ini adalah menganalisis dan mengevaluasi sistem *grounding* yang ada di gardu induk 150kv Rawalo. Gardu induk ini memiliki peran penting dalam penyaluran energi listrik di wilayah tersebut, sehingga sangat penting untuk memastikan bahwa sistem *grounding* yang ada telah dirancang dan dipelihara sesuai dengan standar yang berlaku. Penelitian ini akan mengevaluasi performa sistem *grounding* berdasarkan parameter-parameter teknis seperti tahanan pentanahan, kemampuan menangani arus gangguan, serta efektivitas dalam menyalurkan energi lonjakan tegangan.

Penelitian ini juga akan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem *grounding* di gardu induk 150kv Rawalo. Beberapa faktor yang akan dianalisis antara lain adalah jenis tanah di sekitar gardu induk, kondisi fisik peralatan *grounding*, serta pemeliharaan yang dilakukan secara berkala. Selain itu, penelitian ini akan membandingkan kinerja sistem *grounding* yang ada dengan standar yang berlaku untuk mengetahui apakah ada kebutuhan untuk perbaikan atau peningkatan sistem.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang bermanfaat bagi operator gardu induk 150kv Rawalo dan pihak-pihak terkait dalam meningkatkan keamanan dan keandalan sistem *grounding*. Jika ditemukan bahwa sistem *grounding* yang ada belum memenuhi standar, penelitian ini juga akan memberikan saran perbaikan yang dapat dilakukan untuk memastikan bahwa sistem *grounding* dapat bekerja secara optimal dalam menghadapi berbagai kondisi operasi.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi dalam bentuk analisis teknis terhadap sistem *grounding* di gardu induk 150kv Rawalo, tetapi juga menjadi acuan bagi pengelola gardu induk di Indonesia dalam meningkatkan keselamatan dan keandalan operasi sistem tenaga listrik. *Grounding system* yang baik merupakan fondasi penting bagi keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan, dan melalui penelitian ini, diharapkan bahwa peran penting *grounding* dalam menjaga stabilitas dan keselamatan sistem tenaga listrik dapat semakin diperkuat.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana sistem pentanahan pada Gardu Induk 150kv Rawalo ?
2. Bagaimana hasil evaluasi sistem pentanahan pada Gardu Induk 150kV Rawalo?
3. Apa rekomendasi perbaikan atau peningkatan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan sistem *grounding* di Gardu Induk 150kv Rawalo tersebut?

C. Batasan Masalah

1. Lokasi penelitian : penelitian ini dibatasi pada satu gardu induk 150kv Rawalo.
2. Sistem *grounding* : fokus penelitian ini hanya pada sistem *grounding* yang ada di Gardu Induk 150kv Rawalo, meliputi arus grid, nilai resistansi

pentanahan, ukuran konduktor pentanahan, toleransi tegang langkah, toleransi tegang sentuh.

3. Standar yang digunakan : analisis kinerja sistem *grounding* dilakukan berdasarkan standar yang berlaku, yaitu SNI, IEEE Std 80-2013, dan IEC 61936-1:2010.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sistem tahanan pentanahan pada sistem pentanahan di gardu induk 150Kv Rawalo dengan mengacu pada penelitian sejenis yang sudah terpasang di daerah atau perusahaan lain.

E. Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik di Gardu Induk 150kv Rawalo dengan mengidentifikasi potensi kelemahan pada sistem *grounding* serta memberikan rekomendasi perbaikan yang diperlukan.

2. Untuk mengetahui perbandingan antara hasil teoritis dan praktek lapangan.
3. Mendukung pengembangan ilmu pengetahuan

Penelitian ini akan memberikan sumbangsih dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik elektro, dengan menyediakan data dan analisis yang mendalam terkait sistem *grounding* di gardu induk 150kv

Rawalo. Penelitian ini juga bisa menjadi referensi bagi penelitian-penelitian lanjutan di bidang yang sama.

4. Membantu pemenuhan standar nasional dan internasional

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengelola gardu induk 150kv Rawalo dalam memastikan bahwa sistem *grounding* di gardu induk 150kv Rawalo sesuai dengan standar nasional (SNI) dan internasional (IEEE, IEC), sehingga dapat meningkatkan kepercayaan terhadap keandalan infrastruktur tenaga listrik.

5. Meminimalkan risiko gangguan operasional

Dengan evaluasi yang dilakukan, hasil penelitian ini dapat membantu meminimalkan risiko terjadinya gangguan operasional yang disebabkan oleh sistem *grounding* yang tidak optimal, yang pada akhirnya dapat mengurangi waktu *downtime* gardu induk 150kv Rawalo.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Adanya aktifitas tegangan listrik yang terjadi di Gardu Induk membuat peran keselamatan kerja menjadi hal yang utama. Oleh karena itu beberapa upaya perlu dilakukan untuk menjamin keselamatan dan keamanan manusia apabila sewaktu-waktu terjadi tegangan lebih. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu perhitungan yang teliti terhadap sistem pentanahan di Gardu Induk, baik perhitungan secara langsung di lapangan seperti yang akan dilakukan pada penelitian ini, maupun perhitungan yang dibantu dengan *software*. Sistem tahanan pentanahan biasanya menggunakan konduktor yang ditancapkan ke dalam tanah dengan posisi melintang (*vertical*), membujur (*horizontal/rod*), atau melintang dan membujur yang membentuk kisi (*grid*). Bahan dasar dari konduktor ini biasanya tembaga karena dapat memiliki nilai konduktivitas yang tinggi. Selain memiliki sifat konduktivitas yang tinggi, konduktor yang terbuat dari tembaga ini juga memiliki sifat yang tahan terhadap korosi, tahan terhadap peleburan dari keburukan sambungan listrik, dan memiliki kekuatan mekanis yang baik (Amiruddin, 2018).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Oktrialdi, 2022) menemukan bahwa model konduktor yang sering digunakan pada sistem tahanan pentanahan yaitu konduktor system *grid-rod*, yang mana jarak antara konduktor paralelnya sama (simetris). Pentanahan dengan *system grid-rod* ini dilakukan dengan cara menancapkan konduktor (elektroda) beberapa cm ke

dalam tanah, sejajar dengan permukaan tanah dan antar elektrodanya dihubungkan satu sama lain sehingga membentuk *grid*. Semakin banyak elektroda yang ditancapkan ke dalam tanah, maka tahanan pentanahan akan semakin optimal dalam menghadapi gangguan tegangan berlebih di dalam tanah. Hal tersebut dikarenakan elektroda *grid-rod* menyalurkan gangguan tegangan secara merata pada tiap tiap elektrodanya. Meskipun penggunaan system pentanahan *grid-rod* ini menguntungkan, namun sayangnya kelemahan dari sistem *grid-rod* ini yaitu membutuhkan konduktor yang lebih panjang. Sehingga penelitian ini berfokus untuk menganalisis sistem tahanan pentanahan menggunakan sistem *grid-simetris* yaitu *grid-rod* yang sejajar antar batang elektrodanya.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan (Junaidi, 2021), mengenai pengukuran tahanan pentanahan pada beberapa peralatan gardu induk, mereka mengukur *Lightning Arrest (LA)*, *Potential Transformer (PT)*, *Current Transformer (CT)*, *Circuit Breaker (CB)*, *Disconnecting Switch (DS)*. Secara keseluruhan hasil pengukurannya kurang dari 1 Ohm dan sesuai dengan standar PUIL 2011 yaitu kurang dari 5 Ohm.

Penelitian yang dilakukan (Adebayo, 2023) yaitu menguji resistansi bumi dengan cara pangkal petir masing masing diperiksa untuk memastikan kondisinya saat ini. Kemudian resistansi bumi dari setiap gardu induk di kota Yenagoa dilakukan dengan menggunakan penguji resistansi bumi. Resistansi antara pelat bumi dan tanah diukur dengan metode atau jatuh potensial. Dari hasil yang diperoleh, terlihat bahwa hampir semua resistansi pembumian gardu

induk berada di atas batas aman sebagaimana ditetapkan oleh Peraturan. Resistansi pembumian yang tinggi menandakan bahwa jika terjadi sambaran petir, lonjakan listrik, kontak pasokan yang tidak disengaja dengan saluran tegangan tinggi dan gangguan tanah pada sistem, operasi dan sensitivitas koordinasi perangkat arus lebih tidak akan efektif dan bahwa peralatan gardu induk terpapar pada bahaya listrik yang menimbulkan perlakuan atau bahaya bagi jiwa dan properti di titik konsumsi.

Pada penelitian sebelumnya, (Tonape, 2019) menggunakan metode komputasi dengan mengukur konduktor *grid* pembumian dan perhitungan potensial sentuh dan langkah (yaitu menghitung resistivitas tanah, pembumian resistansi jaringan, penghitungan kriteria sentuh dan langkah, kenaikan potensial tanah (GPR), verifikasi desain jaringan pembumian, perhitungan tegangan *mesh*, dan perhitungan tegangan langkah. Ketika gardu induk tegangan tinggi akan dirancang, tegangan langkah dan sentuh harus dihitung dan nilai harus dipertahankan sesuai standar yang ditentukan. Penting untuk diberikan pada transfer kenaikan Potensial Tanah (GPR) dalam kondisi gangguan untuk menghindari situasi berbahaya bagi pelanggan, publik, dan staf utilitas. Nilai tegangan *step* dan *mesh* yang diperoleh untuk gardu induk 132 kV masing-masing sebesar 389,6783 Volt dan 374,1747 Volt masih dalam batas yang diperbolehkan.

Penelitian yang dilakukan (Lubis, 2023) dengan mencatat hasil pengukuran *grounding* dan mencatat hasil resistensi pada transformator distribusi yang kemudian akan dibandingkan dengan standar PUIL kemudian

peneliti akan mencari berapa jumlah elektroda yang harus dipasang dan dirangkai dalam sistem pentanahan. Setiap pentanahan pada transformator distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Parapat menggunakan elektroda batang yang ditanam tegak lurus, dihubungkan secara paralel dan setiap elektroda batang memiliki panjang 2,4m dan diameter 0,015m. Untuk memperkecil nilai resistansi sistem pentanahan adalah dengan menambah elektroda. Elektroda yang dimasukkan ke dalam tanah lebih dari satu buah dan dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan resistansi yang lebih rendah. Jarak pemasangan minimal antar elektroda adalah 2 kali panjangnya. Hasil pengukuran pentanahan di lapangan telah memenuhi standar PUIL 2000 dengan nilai resistansi dibawah 5 ohm. Kabel penghantar yang digunakan untuk pemasangan sistem pentanahan pada transformator distribusi adalah AAACS dengan luas penampang 70 mm².

Penelitian yang dilakukan oleh (Riyanto, 2019) dengan mengukur nilai tahanan kaki menara transmisi yang hasilnya nilai aktual pentanahan yang diperoleh dari pengukuran adalah 1,21 ohm (maksimal) dan 1,13 ohm (minimal). Nilai tahanan tersebut masih dalam rekomendasi Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 yang disingkat dengan PUIL 2000. Kesimpulannya, semakin kecil nilai pentanahan yang diperoleh maka semakin baik sistem pentanahan dan proteksinya.

Berdasarkan hasil review pada penelitian sebelumnya, maka peneliti pada skripsi ini akan menggunakan metode penelitian dengan melakukan studi literatur, mengambil data perhitungan terdahulu dari gardu induk (yang sudah

ada), melakukan analisis nilai pentanahan, dan melakukan perbandingan hasil pentanahan tersebut dengan standar PUIL 2011.

B. Landasan Teori

1. Gardu induk

Menurut (Kasnalestari, 2022) gardu induk merupakan komponen penting dari sistem tenaga listrik. Gardu induk bekerja mengubah tegangan listrik dari satu level ke level lainnya sehingga dapat didistribusikan kepada pihak konsumen yaitu masyarakat. Mengingat pentingnya peran gardu induk yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, maka tentu perawatan terhadap alat di gardu induk harus dilakukan karena resiko kerusakan dan gangguan pada gardu induk sangat besar.

2. Sistem pentanahan

Menurut (Bintari, 2022), sistem pentanahan merupakan salah satu dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyetanahkan apabila terjadi muatan atau arus lebih yang mana bisa meminimalisir gangguan yang ditimbulkan. Adanya kekhawatiran bahwa gangguan bumi dapat menghasilkan tegangan yang berbahaya di bumi di lokasi gangguan ketika energi dihasilkan dari jarak jauh dan tidak ada saluran balik lain untuk gangguan bumi kecuali bumi itu sendiri (disebut kenaikan potensial tanah). Artinya, seseorang yang berada di dekat gangguan beresiko tersengat listrik karena dua faktor: pertama adalah perbedaan potensial yang berpotensi berbahaya antara bumi dan benda logam apa pun yang mungkin disentuhnya, kedua, gradien

tegangan yang berpotensi berbahaya antara kaki mereka dan tanah. Berdasarkan PUIL 2011, standar nilai tahanan pentanahan yaitu tidak lebih dari 5 ohm.

3. Sistem pentanahan peralatan

(Hamid, 2016) menyatakan sistem pentanahan peralatan merupakan penghubung bagian peralatan listrik yang pada keadaan normal tidak dialiri arus. Tujuan pertanahan peralatan yaitu membatasi tegangan antara bagian peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi baik kondisi normal maupun saat terjadi gangguan. Manfaatnya yaitu untuk memperoleh potensial yang merata dalam suatu bagian struktur dan peralatan serta hubung singkat ke tanah dipaksakan mengalir melalui tanah dengan tahanan yang tinggi akan menimbulkan perbedaan tegangan yang besar dan berbahaya. Ada tiga hal yang mempengaruhi besarnya tahanan pentanahan yaitu resistivitas tanah, panjang elektroda pentanahan, luas penampang elektroda pentanahan.

4. Model sistem tahanan pentanahan

(Sitorus, 2008), menyatakan bahwa terdapat tiga model dari sistem tanahan pentanahann yaitu *Driven Ground*, *Counterpoise*, dan model *Grid* atau *Mesh*. Model *Driven Ground* adalah model dari sistem tanahan pentanahan yang mana elektroda yang ditanam ke dalam tanah membentuk garis yang *vertikal*. Sedangkan untuk model *Counterpoise*, elektroda ditanam di dalam tanah dengan membetuk garis yang *horizontal*. Sedangkan untuk yang

terakhir, model sistem tanahan pentanahannya yaitu model *Grid* atau *Mesh*. Berbeda dengan dua model yang sebelumnya, model grid ini menggunakan kombinasi dari dua model sebelumnya yaitu model *Driven Ground* dan *Counterpoise*, dimana batang elektroda dipasang secara *horizontal* tapi juga dipasang secara *vertikal* dan pemasangannya pun terkait antara yang *horizontal* maupun *vertikal*. Model *Grid* ini adalah model yang sering digunakan di berbagai gardu induk karena dengan model ini, nilai resistensinya akan sangat kecil yaitu kurang dari 1 ohm.

Model sistem tanahan pentanahan ini bisa disesuaikan dengan berbagai kondisi yang ada, termasuk kondisi tanah dimana batang elektroda tersebut dipasang, panjangnya elektroda, dan besarnya luas penampang elektroda. Biasanya gardu induk akan memilih model sistem tanahan pentanahan ini sesuai dengan kebutuhan lingkungan untuk menghindari ancaman bahaya.

5. Ukuran konduktor

(Pranoto, 2018), menyatakan ukuran konduktor ini perlu diketahui untuk menentukan kualitas besarnya arus gangguan yang akan didistribusikan ke tanah. Berikut persamaan untuk menghitung besarnya ukuran konduktor yang dibutuhkan :

$$A = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k} \dots\dots\dots (2.1)$$

A : luas penampang konduktor (mm)

I² : Arus gangguan (fault current) (A)

t : Durasi waktu gangguan atau waktu pelepasan sistem proteksi (detik)

k : Konstanta material konduktor (berhubungan dengan jenis material, suhu awal, dan suhu maksimum yang diizinkan) (A²·s/mm²)

6. Arus grid

Arus grid biasanya dihitung untuk memastikan desain sistem grounding dapat menangani arus gangguan tanpa melebihi batas keamanan, seperti kerusakan mekanis atau peningkatan suhu yang berlebihan (Kamal, 2018).

$$I_g = I_f \cdot \frac{R_g}{R_g + R_e} \dots\dots\dots (2.2)$$

I_g : Arus grid (A)

I_f : Total arus gangguan (fault current) (A)

R_g : Resistansi grid (Ω)

R_e : Resistansi elektroda eksternal atau tanah sekitarnya (Ω)

7. Resistansi grid

Nilai resistensi grid yang lebih rendah meningkatkan efisiensi sistem pentanahan dengan meminimalkan tegangan sentuh dan langkah, sehingga mengurangi risiko bahaya bagi manusia dan peralatan (Agung, 2021).

$$R_g = \frac{\rho}{4 \cdot L} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

R_g : Resistansi grid (Ω)

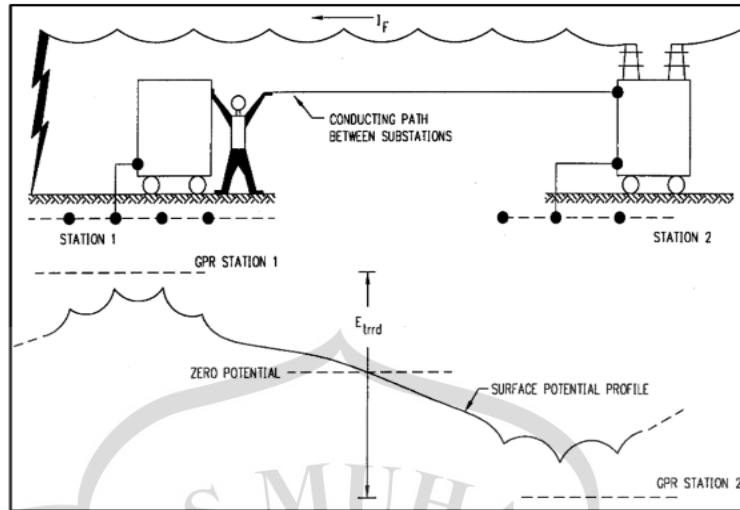
ρ : Resistivitas tanah ($\Omega \cdot m$)

L : Total panjang konduktor grid (m)

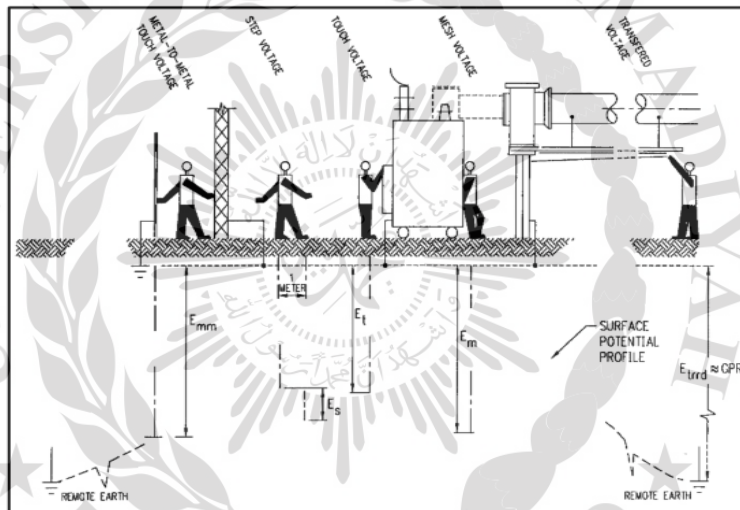
A : Luas area yang dicakup oleh grid (m^2)

8. Toleransi tegangan langkah dan tegangan sentuh

Berikut adalah berbagai kondisi kejut terhadap pentanahan pada gardu induk. Gambar 2.1 merupakan gambar Keadaan dasar kejut dan Gambar 2.2 merupakan gambar keadaan tipikal potensial yang diperluas (Pranoto, 2018).



Gambar 2. 1 Keadaan Dasar Kejut



Gambar 2. 2 Keadaan Tipikal Potensial Yang Diperluas

Persamaan Tegangan Langkah :

$$E_{\text{step}50} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \dots\dots (2.4)$$

$$E_{\text{step}70} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \dots\dots(2.5)$$

Persamaan Tegangan Sentuh :

$$E_{\text{step}50} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \dots\dots (2.6)$$

$$E_{\text{step}70} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \dots\dots (2.7)$$

Berikut table tegangan Sentuh yang diizinkan dan tegangan Langkah yang diizinkan menurut (Budiman, 2020) :

Tabel 2. 1 Tegangan Sentuh yang Diizinkan

No	Lama Gangguan (s)	Tegangan sentuh yang diizinkan (V)
1	0,1	1.980
2	0,2	1.400
3	0,3	1.140
4	0,4	990
5	0,5	890
6	1,0	626
7	2,0	443
8	3,0	362

Tabel 2. 2 Tegangan Langkah yang Diizinkan

No	Lama Gangguan (s)	Tegangan Langkah yang diizinkan (v)
1	0,1	7000
2	0,2	4950
3	0,3	4040
4	0,4	3500
5	0,5	3140
6	1,0	2216
7	2,0	1560
8	3,0	1280

9. *Ground Potential Rise (GPR)*

Ground Potential Rise (GPR) merupakan tegangan maksimum yang mampu dicapai oleh suatu pentanahan grid terhadap suatu titik pentanahan yang diasumsikan potensial atau voltase yang sama dengan potensial bumi (Muhsinin, 2022).

$$GPR = I_G \cdot R_1 \dots\dots\dots (2.8)$$

I_G : Arus Grid Maksimum (A)

R_1 : Resistansi system (Ω)

BAB III

METODE PENELITIAN

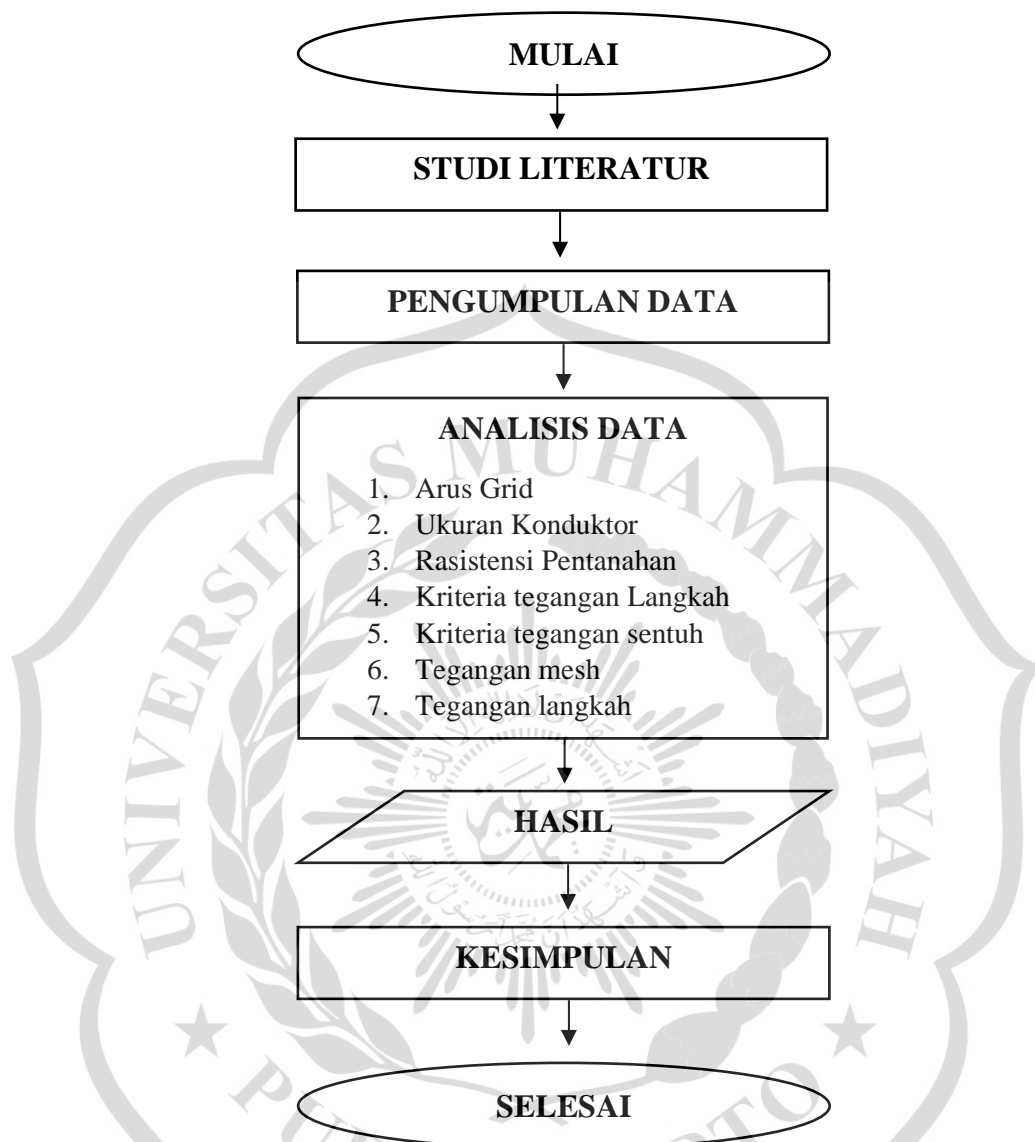
A. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Teknik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan teknik analisis. Dengan melakukan studi literatur, kemudian memanfaatkan data lapangan yang sudah ada, dan kemudian melakukan perhitungan manual dengan acuan standar PUIL 2011 untuk melihat keamanan dari sistem tahanan pentanahan yang ada di Gardu Induk 150kV Rawalo. Pengukuran yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengukur resistensi pentanahan, nilai arus, dan ukuran elektroda. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai resistensi pentanahan juga diperhatikan seperti panjang elektroda, diameter elektroda, jenis tanah dan serta model sistem pentanahan yang digunakan.

B. Sumber Data

Sumber data ataupun proses pengumpulan data untuk dianalisis yaitu yang pertama melakukan studi literatur, kemudian pengumpulan data dengan data lapangan yang dimiliki gardu induk 150kv Rawalo yang sudah ada sebelumnya, setelah itu melakukan analisis data berupa pengukuran resistensi pentanahan, nilai arus, ukuran elektroda, tegangan mesh dan tegangan langkah. Kemudian penghitungan data manual tersebut dibandingkan dengan data yang sudah ada sebelumnya dan dibandingkan dengan standar PUIL 2011 (Pranoto, 2018).

Berikut alur pengolahan data yang akan dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

C. Variabel Penelitian

1. Resistensi pentanahan

Resistensi pentanahan merupakan besarnya nilai tanahan pentanahan pada model grid. Model sistem tanahan pentanahan dengan grid ini dengan cara memasang elektroda secara horizontal dan vertikal yang dirangkai membentuk bentuk grid (Oktrialdi, 2022).

2. Nilai arus

Nilai arus disini adalah besarnya nilai arus yang ada pada sistem tahanan pentanahan yang berbentuk grid ketika gangguan terjadi (Kamal, 2018).

3. Ukuran elektroda

Elektroda atau konduktor adalah besi yang digunakan untuk menghantarkan arus ke dalam tanah. Pengalihan arus ke dalam tanah bertujuan untuk mengamankan arus yang berbahaya ke dalam tanah agar tidak menyengat manusia (Putra, 2021).

4. Toleransi tegangan langkah

Toleransi tegangan langkah adalah tegangan yang timbul di antara kedua kaki orang yang sedang berdiri di atas tanah *switchyard* gardu induk yang sedang dialiri arus gangguan hubung singkat ke tanah yang dapat ditoleransi oleh tubuh. Dalam tegangan langkah ini diasumsikan jarak antara kedua kaki manusia yaitu 1 meter dan diameter kaki 8 cm (IEEE, 2013). Pada gambar 2.2 ditunjukkan peristiwa timbulnya tegangan langkah yang disebabkan mengalirnya arus gangguan hubung singkat ke *grid* pembumian dimana pada saat bersamaan manusia berdiri pada area gardu induk yang terhubung ke *grid* pembumian (Pranoto, 2018).

5. Toleransi tegangan sentuh

Toleransi tegangan sentuh adalah tegangan yang timbul di antara objek yang disentuh dengan suatu titik berjarak 1 meter, di mana objek itu terhubung dengan *grid* pembumian yang dapat ditoleransi oleh tubuh. Besarnya arus

gangguan yang mengalir ke tubuh manusia dibatasi oleh tahanan tubuh manusia dan tahanan kontak kaki manusia ke tanah. (Pranoto, 2018)

6. Ground Potential Rise (GPR)

Dalam teknik elektro, kenaikan potensial bumi (EPR) juga disebut kenaikan potensial tanah (GPR) terjadi ketika arus besar mengalir ke bumi melalui impedansi jaringan bumi. Potensi relatif terhadap titik yang jauh di Bumi paling tinggi pada titik di mana arus memasuki tanah, dan menurun dengan jarak dari sumbernya. Kenaikan potensi tanah menjadi perhatian dalam desain gardu listrik karena potensi tinggi dapat membahayakan orang atau peralatan. Perubahan tegangan pada jarak (gradien potensial) mungkin sangat tinggi sehingga seseorang dapat terluka karena tegangan yang timbul antara dua kaki, atau antara tanah tempat orang tersebut berdiri dan benda logam. Setiap objek penghantar yang terhubung ke arde gardu induk, seperti kabel telepon, rel, pagar, atau pipa logam, juga dapat diberi energi pada potensial arde di gardu induk. Potensi yang ditransfer ini merupakan bahaya bagi manusia dan peralatan di luar gardu induk. (Muhsinin, 2022)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Tahanan Pentanahan Berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan

Primer Gardu Induk 150Kv Rawalo

Peralatan ataupun titik netral system tenaga listrik yang dihubungkan ke tanah dengan suatu pentanahan yang ada di Gardu Induk dimana system pentanahan tersebut dibuat di dalam tanah dengan struktur bentuk mesh. Kondisi tanah di Gardu induk sendiri kering berupa tanah cadas dimana tahanan tanahnya cukup tinggi nilainya jika dibanding dengan kondisi tanah yang basah. Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik. Alat ukur tahanan pentanahan yang dipergunakan adalah KYORITSU Model 4105 A.

Berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk yang dikeluarkan oleh PT. PLN, pengujian kinerja system pentanahan dilakukan berdasarkan parameter-parameter berikut ini :

1. Trafo tenaga

Tabel 4. 1 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada NGR

No	Hasl Uji (Ω)	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1	Bagus	-
2	> 1	Tidak Normal	Lakukan Perbaikan

Berdasarkan Tabel 4.1 Nilai Tahanan Pentanahan NGR yang baik harus dibawah <1 ohm. Jika nilai tahanan pentanahan >1 ohm harus dilakukan perbaikan system pentanahan.

2. Trafo arus

Tabel 4. 2 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Trafo Arus

No	Hasl Uji (Ω)	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1	Bagus	-
2	> 1	Tidak Normal	Periksa Kondisi Konduktor Grounding dan sambungan

Berdasarkan Tabel 4.2 Nilai Tahanan Pentanahan Trafo Arus yang baik harus dibawah <1 ohm. Jika nilai tahanan pentanahan >1 ohm harus dilakukan perbaikan kondisi konduktor grounding dan sambungan.

3. Trafo tegangan

Tabel 4. 3 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Trafo Tegangan

No	Hasl Uji (Ω)	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1	Bagus	-
2	> 1	Tidak Normal	Periksa Kondisi Konduktor Grounding dan sambungan

Berdasarkan Tabel 4.3 Nilai Tahanan Pentanahan Trafo Tegangan yang baik harus dibawah <1 ohm. Jika nilai tahanan pentanahan >1 ohm harus dilakukan perbaikan kondisi konduktor Grounding dan sambungan.

4. Pemutus tenaga (PMT)

Tabel 4. 4 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Pemutus Tenaga

No	Hasl Uji (Ω)	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1	Bagus	-
2	> 1	Tidak Normal	Periksa Kondisi Konduktor Grounding dan sambungan

Berdasarkan Tabel 4.4 Nilai Tahanan Pentanahan untuk PMT yang baik harus dibawah <1 ohm. Jika nilai tahanan pentanahan >1 ohm harus dilakukan perbaikan kondisi konduktor Grounding dan sambungan.

5. *Disconnecting switch (PMS)*

Tabel 4. 5 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Disconnecting Switch

No	Peralatan Yang Diperiksa	Tegangan Operasi	Hasil Ukur	Rekomendasi
1	Grounding	70 Kv 150 Kv / 275 Kv 500	>1 Ohm	Perbaiki, ganti secepatnya atau diberikan penambahan pentanahan peralatan tersebut

Berdasarkan Tabel 4.5 Nilai Tahanan Pentanahan untuk Disconnecting Switch (PMS) yang baik harus dibawah <1 ohm. Jika nilai tahanan pentanahan >1 ohm harus dilakukan perbaikan dengan mengganti secepatnya atau menambahkan pentanahan peralatan tersebut.

6. *Lightning Arrester (LA)*

Tabel 4. 6 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Lightning Arrester

No	Hasl Uji (Ω)	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1	Bagus	-
2	> 1	Terjadi Degradasi fungsi pentanahan LA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lakukan pembersihan kawat pentanahan, termasuk mur dan baud koneksi kawat pentanahan 2. Lakukan pengukuran ulang 3. Bila hasil ukur tetap >1 Ω, maka rencanakan perbaikan system pentanahan

Berdasarkan Tabel 4.6 Nilai Tahanan Pentanahan untuk Lightning Arrest (LA) yang baik harus dibawah <1 ohm. Jika nilai tahanan pentanahan >1 ohm maka terjadi degradasi fungsi pentanahan LA sehingga harus dilakukan perbaikan dengan mengganti secepatnya atau menambahkan pentanahan peralatan tersebut.

7. Serandang Gardu Induk 150 Kv

Pentanahan serandang adalah perlengkapan pembumian system transmisi yang berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari tiang Serandang ke tanah. Pentanahan tiang terdiri dari kawat tembaga atau kawat baja yang diklem pada pipa pentanahan yang ditanam di dekat pondasi tiang, atau dengan menanam plat aluminium/ tembaga di sekitar pondasi tiang yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari kawat tanah akibat sambaran petir.

Batas nilai pentanahan tiang serandang adalah <1 Ohm.

Tabel 4. 7 Evaluasi dan Rrekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Serandang Gardu Induk 150 Kv

No	Hasl Uji (Ω)	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1	Bagus	Lanjutkan pengukuran rutin 1 tahunan
2	> 1	Tidak Normal	Lakukan perbaikan

Berdasarkan Tabel 4.7 Nilai Tahanan Pentanahan untuk Serandang Gardu Induk 150 Kv yang baik harus dibawah <1 ohm, jika tahanan pentanahan baik maka akan dilanjutkan pengukuran rutin 1 tahunan. Jika nilai tahanan pentanahan >1 ohm maka fungsi pentanahan tidak normal, sehingga harus

dilakukan perbaikan. Kegiatan perbaikan system pentanahan meliputi kegiatan sebagai berikut :

- a. Perbaikan koneksi kawat pentanahan dengan rod pentanahan
- b. Penggantian kawat dan rod pentanahan
- c. Pengecekan koneksi rod pentanahan dengan system mesh.

8. Kubikel

Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik. Menurut IEEE std 80: 2000 (*Guide for Safety in AC Substation – Grounding*), besarnya nilai tahanan pentanahan untuk kubikel dan *switchgear* adalah ≤ 1 Ohm.

Tabel 4. 8 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan Pada Kubikel

No	Hasil Uji (Ω)	Keterangan	Rekomendasi
1	≤ 1	Cukup	Dilakukan uji ulang/ perbaikan/ penggantian

Berdasarkan Tabel 4.8 Nilai Tahanan Pentanahan untuk Kubikel yang cukup baik sebesar ≤ 1 ohm. Maka akan dilakukan uji ulang atau perbaikan dan penggantian jika hasil yang didapat > 1 . Jika nilai tahanan pentanahan < 1 ohm maka fungsi pentanahan baik dan normal.

9. Tower SUTT SUTET

Tabel 4. 9 Evaluasi dan Rekomendasi Pengujian Pada Thanan Pentanahan Pada SUTT dan SUTET

No	Hasil Uji (Ω)	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1	Bagus	-
2	> 1	Tidak Normal	Perbaikan atau mengganti secepatnya atau diberikan penambahan pentanahan kaki tiang

Berdasarkan Tabel 4.9 Nilai Tahanan Pentanahan SUTT dan SUTET dengan tegangan 150 kv yang baik harus dibawah <1 ohm. Jika nilai tahanan pentanahan >1 ohm harus dilakukan perbaikan atau mengganti secepatnya atau diberikan penambahan pentanahan kaki tiang.

B. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan Gardu Induk 150Kv Rawalo

Berdasarkan data pengukuran system pentanahan di Gardu Induk Rawalo 150 Kv dengan jarak antar elektro sebesar 3 meter maka dapat dilihat pada table berikut :

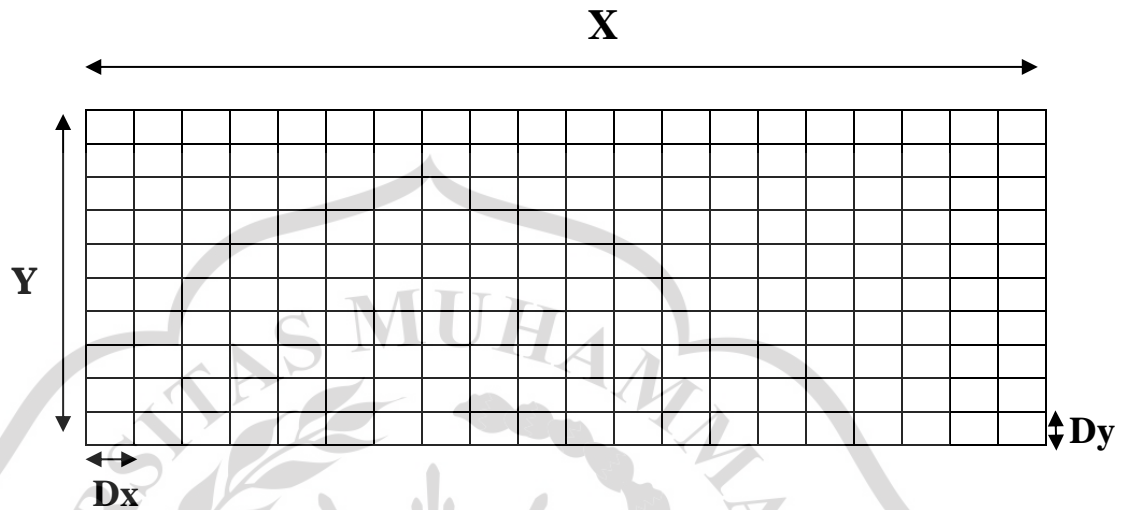
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan di Gardu Induk 150kV Rawalo

Tempat	Tahanan Grounding Grid (Ω)	Tahanan Pentanahan (Ω)
SR 1	0,245	4,260
SR 2	2,455	46,294
SR 3	2,346	44,239
SR 4	6,590	124,269

Berdasarkan tabel Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan di Gardu Induk 150kV Rawalo diketahui bahwa tahanan grounding untuk Switchyard 150 Kv untuk SR2, SR3, dan SR4 tidak baik karena masih lebih dari 1 Ω .

C. Perhitungan Pentanahan Grid

1. Bentuk tata letak grid



Gambar 4. 1 Bentuk dan Tata Letak Grid

Keterangan :

Panjang Area Pentanahan (X) = 200 m

Lebar Area Pentanahan (Y) = 50 m

Jarak Antar Elektroda Sumbu X (Dx) = 10 m

Jarak Antar Elektroda Sumbu Y Dy = 5 m

Kedalaman (h) = 2 m

Diameter (2a) = 0,07 m

Resistivitas Tanah (ρ) = 40 Ω

Berdasarkan dokumen desain system pentanahan pada GI Rawalo, digunakan sebanyak 21 rod pada sumbu X dan 11 rod pada sumbu Y sehingga jumlah total rod yang digunakan pada jaringan Mesh sistem pentanahan adalah sebanyak 231 rod.

2. Ukuran konduktor pentanahan

$$A_1 = I''_{k1} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \sigma_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 \cdot T_m}{K_0 \cdot T_0}\right)}} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana A_2 mempunyai rumus yang sama dengan $I''_{k2} = I''_{k1} \cdot S_f$

Keterangan :

A_1 = penampang sambungan peralatan ke ground (mm^2)

A_2 = penampang sikuit mesh (mm^2)

$I''_{k1} = 23,1$ kA

$TCAP = 3,422$ J/cm³/C⁰

$t_c = 1$ (s)

$\sigma_r = 0,00393$ Tr (1/°C)

$\rho_r = 1,7241$ ($\mu\Omega$ - cm)

$K_0 = 234,4529$

$T_m = 250$ (°C)

$T_a = 30$ (°C)

a.
$$A_1 = I''_{k1} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \sigma_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 \cdot T_m}{K_0 \cdot T_0}\right)}} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$A_1 = 23,1 \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{3,422 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 0,00393 \cdot 1,7241}\right) \ln\left(\frac{234,4529 \cdot 250}{234,4529 \cdot 30}\right)}}$$

$$A_1 = 23,1 \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{0,000342}{0,00678}\right) \ln\left(\frac{484,453}{264,453}\right)}}$$

$$A_1 = 23,1 \frac{1}{\sqrt{(0,00504) \ln(1,832)}}$$

$$A_1 = 23,1 \frac{1}{\sqrt{(0,00504) \frac{23,1}{234,4529} (1,832)}}$$

$$A_1 = 23,1 \frac{1}{\sqrt{(0,00504) \cdot 0,0985 (1,832)}}$$

$$A_1 = 23,1 \frac{1}{\sqrt{(0,00504) \cdot 0,18}}$$

$$A_1 = 23,1 \frac{1}{\sqrt{0,000907}}$$

$$A_1 = 23,1 \frac{1}{0,0301}$$

$$A_1 = 767,442 \text{ mm}^2$$

A_1 didapat dari perhitungan persamaan (4.1), sehingga didapatkan hasil sebesar $767,442 \text{ mm}^2$

b. $I''_{k2} = I''_{k1} \times S_f \dots\dots\dots (4.2)$

$$I''_{k2} = 23,1 \times 0,382$$

$$I''_{k2} = 8,3622 \text{ kA}$$

c. $A_2 = I''_{k2} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \sigma_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 \cdot T_m}{K_0 \cdot T_0}\right)}} \dots\dots\dots (4.3)$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{3,422 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 0,00393 \cdot 1,7241}\right) \ln\left(\frac{234 \cdot 250}{234 \cdot 30}\right)}}$$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{3,422 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 0,00393 \cdot 1,7241}\right) \ln\left(\frac{234,4529 \cdot 250}{234,4529 \cdot 30}\right)}}$$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{0,000342}{0,00678}\right) \ln\left(\frac{484,453}{264,453}\right)}}$$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{\sqrt{(0,00504) \ln (1,832)}}$$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{\sqrt{(0,00504) \frac{8,3622}{234,4529} (1,832)}}$$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{\sqrt{(0,00504) \cdot 0,0356 (1,832)}}$$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{\sqrt{(0,00504) \cdot 0,06}}$$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{\sqrt{0,0003024}}$$

$$A_2 = 8,3622 \frac{1}{0,0173}$$

$$A_2 = 0,1446 \text{ mm}^2$$

A_2 didapat dari perhitungan persamaan (4.3), sehingga didapatkan hasil sebesar $0,1446 \text{ mm}^2$

3. Toleransi tegangan langkah

$$E_{step50} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$E_{step70} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$\text{Dimana } C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} \dots\dots\dots (4.6)$$

Keterangan :

C_s = factor reduksi untuk efek lapisan permukaan

h_s = ketebalan lapisan permukaan (m)

ρ_s = resistivitas bahan permukaan ($\Omega \cdot m$)

ρ = resistivitas bumi dibawah lapisan permukaan ($\Omega \cdot m$)

t_s = durasi hubung singkat (s)

E_{step} = toleransi tegangan langkah (v)

E_{touch} = toleransi tegangan sentuh (v)

Perhitungan :

a.
$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_s}\right)}{2 \cdot h_s + 0,009} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot \left(1 - \frac{40}{3000}\right)}{2 \cdot 0,15 + 0,09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0,008}{0,39}$$

$$C_s = 1 - 0,2276923077$$

$$C_s = 0,7723076923$$

Sebelum menghitung toleransi tegangan Langkah, kita harus menghitung factor reduksi untuk efek lapisan permukaan dengan menggunakan persamaan (4.6), maka didapatkan hasil sebesar 0,7723076923.

c.
$$E_{step50} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$E_{step50} = (1000 + 6 \cdot 0,77 \cdot 3000) \frac{0,116}{\sqrt{1}}$$

$$E_{step50} = (1000 + 13860) \cdot 0,116$$

$$E_{step50} = 1723,76 \text{ v}$$

Untuk menghitung toleransi tegangan Langkah untuk berat badan 50kg digunakan persamaan (4.4) dengan memasukan C_s sebesar

0,7723076923 dan ρ_s sebesar 3000 maka dihasilkan $E_{step50} = 1723,76 \text{ v}$

d.
$$E_{step70} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \dots\dots\dots(4.5)$$

$$E_{step70} = (1000 + 6 \cdot 0,77 \cdot 3000) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{step70} = (1000 + 13860) \cdot 0,157$$

$$E_{step70} = 14860 \cdot 0,157$$

$$E_{step70} = 2333,02 \text{ v}$$

Untuk menghitung toleransi tegangan Langkah untuk berat badan 70kg digunakan persamaan (4.5) dengan memasukan C_s sebesar

0,7723076923 dan ρ_s sebesar 3000 maka dihasilkan $E_{step70} = 2333,02 \text{ v}$

4. Toleransi tegangan sentuh

$$E_{50} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \dots\dots\dots (4.7)$$

$$E_{70} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \dots\dots\dots (4.8)$$

$$\text{Dimana } C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} \dots\dots\dots (4.9)$$

Keterangan :

C_s = factor reduksi untuk efek lapisan permukaan

h_s = ketebalan lapisan permukaan (m)

ρ_s = resistivitas bahan permukaan ($\Omega \cdot \text{m}$)

ρ = resistivitas bumi dibawah lapisan permukaan ($\Omega \cdot \text{m}$)

t_s = durasi hubung singkat (s)

E_{step} = toleransi tegangan langkah (v)

E_{touch} = toleransi tegangan sentuh (v)

Perhitungan :

a.
$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} \dots\dots\dots (4.9)$$

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot (1 - \frac{40}{3000})}{2 \cdot 0,15 + 0,09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0,008}{0,39}$$

$$C_s = 1 - 0,2276923077$$

$$C_s = 0,7723076923$$

Sebelum menghitung toleransi tegangan sentuh, kita harus menghitung factor reduksi untuk efek lapisan permukaan dengan menggunakan persamaan (4.9), maka didapatkan hasil sebesar 0,7723076923.

b. $E_{touch50} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \dots\dots\dots (4.7)$

$$E_{touch50} = (1000 + 1,5 \cdot 0,77 \cdot 3000) \frac{0,116}{\sqrt{1}}$$

$$E_{touch50} = (1000 + 3465) \cdot 0,116$$

$$E_{touch50} = 4465 \cdot 0,116$$

$$E_{touch50} = 517,94 \text{ v}$$

Untuk menghitung toleransi tegangan sentuh untuk berat badan 50kg digunakan persamaan (4.7) dengan memasukan C_s sebesar 0,7723076923 dan ρ_s sebesar 3000 maka dihasilkan $E_{step50} = 517,94 \text{ v}$

c. $E_{touch70} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \dots\dots\dots (4.8)$

$$E_{touch70} = (1000 + 1,5 \cdot 0,77 \cdot 3000) \frac{0,157}{\sqrt{1}}$$

$$E_{touch70} = (1000 + 3465) \cdot 0,157$$

$$E_{touch70} = 4465 \cdot 0,157$$

$$E_{touch70} = 701,005 \text{ v}$$

Untuk menghitung toleransi tegangan sentuh untuk berat badan 70kg digunakan persamaan (4.8) dengan memasukan C_s sebesar 0,7723076923 dan ρ_s sebesar 3000 maka dihasilkan $E_{step70} = 701,005 \text{ v}$

5. Resistansi pentanahan grid

$$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \dots\dots\dots (4.10)$$

Dimana :

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{\alpha'} \right) + \frac{K1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} - K2 \right] \dots\dots\dots (4.11)$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2n_R \cdot \pi \cdot L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{b} \right) - 1 + \frac{2K1 \cdot L_r}{\sqrt{A}} \cdot (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right] \dots\dots\dots (4.12)$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{L_r} \right) + \frac{K1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} - K2 + 1 \right] \dots\dots\dots (4.13)$$

Keterangan :

R_1 = Resistansi ground grid tanpa batang (Ω)

R_2 = Resistansi dari semua batang dasar saja (Ω)

R_m = Resistansi gabungan antara grid dan batang (Ω)

R_g = Resistansi sistem (Ω)

ρ = 40 ($\Omega \cdot m$)

L_c = 693 (m)

L_r = 3 (m)

L_R = 250 (m)

α' = 7,5 (m)

A = 10.000 (m^2)

n_R = 231

$K1$ = 1,37

$K2$ = 5,64

$2a$ = 0,07 (m)

$2b$ = 50 (m)

$$a = 200 \text{ (m)}$$

$$b = 50 \text{ (m)}$$

$$\alpha' = \sqrt{(2a \cdot h)}$$

$$A = a \cdot b \text{ (m}^2\text{)}$$

Perhitungan :

$$a. R_1 = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{\alpha'} \right) + \frac{K1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} - K2 \right] \dots\dots\dots (4.11)$$

$$R_1 = \frac{40}{\frac{22}{7} \cdot 693} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 693}{7,5} \right) + \frac{1,37 \cdot 693}{\sqrt{10.000}} - 5,64 \right]$$

$$R_1 = 0,0184 \cdot [\ln (184,8) + 9,494 - 5,64]$$

$$R_1 = 0,0184 \cdot [5,219 + 9,494 - 5,64]$$

$$R_1 = 0,0184 \cdot [9,073]$$

$$R_1 = 0,167$$

Resistansi ground grid tanpa batang diperoleh dengan perhitungan persamaan (4.11). Dengan perhitungan tersebut maka diperoleh nilai $R_1 = 0,167 \Omega$ atau dengan kata lain $< 1 \Omega$.

$$b. R_2 = \frac{\rho}{2n_R \cdot \pi \cdot L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{b} \right) - 1 + \frac{2K1 \cdot L_r}{\sqrt{A}} \cdot (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right] \dots\dots\dots (4.12)$$

$$R_2 = \frac{40}{2 \cdot 231 \cdot \frac{22}{7} \cdot 250} \left[\ln \left(\frac{4 \cdot 250}{50} \right) - 1 + \frac{2 \cdot 1,37 \cdot 3}{\sqrt{10.000}} \cdot (\sqrt{231} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = \frac{40}{362853,95} [2,996 - 1 + 16,572]$$

$$R_2 = \frac{40}{362853,95} \cdot (18,567)$$

$$R_2 = 0,0001102371905 \cdot (18,567)$$

$$R_2 = 0,00205 \Omega$$

Resistansi dari semua batang dasar saja diperbolehkan dengan perhitungan persamaan (4.14). Dengan perhitungan tersebut maka diperoleh nilai $R_2 = 0,00205 \Omega$

$$c. R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{L_r} \right) + \frac{K1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} - K2 + 1 \right] \dots\dots\dots (4.13)$$

$$R_m = \frac{40}{\frac{22}{7} \cdot 7136} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 693}{3} \right) + \frac{1,37 \cdot 693}{\sqrt{10.000}} - 5,64 + 1 \right]$$

$$R_m = \frac{40}{2177,12} [\ln (462) + 4,854]$$

$$R_m = 0,0183728963[(6,136) + 4,854]$$

$$R_m = 0,0183728963[10,99]$$

$$R_m = 0,202 \Omega$$

Resistansi gabungan antara grid dan batang diperoleh dengan perhitungan persamaan (4.13). Dengan perhitungan tersebut maka diperoleh nilai $R_m = 0,202 \Omega$

$$d. R_g = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \dots\dots\dots (4.10)$$

$$R_g = \frac{(0,167 \cdot 0,0025) - 0,2019181303^2}{0,167 + 0,0025 - (2 \cdot 0,2019181303)}$$

$$R_g = \frac{0,00034235 - 0,0408}{0,16905 - 0,4038362606}$$

$$R_g = \frac{0,04045765}{0,2347862606}$$

$$R_g = 0,172 \Omega$$

Resistansi sistem diperoleh dengan perhitungan persamaan (4.10).

Dengan perhitungan tersebut maka diperoleh nilai $R_g = 0,172 \Omega$

6. Arus grid

$$I_G = S_f \cdot 3I_0 \dots\dots (4.14)$$

Dimana :

$$S_f = \frac{R_{g'} \cdot (R+JX)}{R_{g'} + (R+JX)} \dots\dots (4.15)$$

$$3I_0 = I''_{k1} \dots\dots (4.16)$$

Keterangan :

S_f = Faktor pembagi arus gangguan

I_G = Arus grid maksimal (kA)

$3I_0$ = 23,1 kA

I''_{k1} = 23,1 A

$R_{g'}$ = 1,00 Ω

R = 0,098

JX = 0,47

Perhitungan :

a.
$$S_f = \frac{R_{g'} \cdot (R+JX)}{R_{g'} + (R+JX)} \dots\dots (4.15)$$

$$S_f = \frac{1,00 \cdot (0,098+0,47)}{1,00 + (0,098+0,47)}$$

$$S_f = \frac{0,568}{1,568}$$

$$S_f = 0,362$$

Faktor pembagi arus gangguan diperoleh dengan perhitungan pada persamaan (4.15) tersebut, yang memiliki hasil $S_f = 0,362$

b. $I_G = S_f \cdot 3I_0 \dots\dots (4.14)$

$$I_G = 0,362 \cdot 23,1$$

$$I_G = 8,3622 \text{ kA}$$

Arus grid maksimum (kA) didapatkan dari perkalian seperti pada persamaan (4.14), yang mempunyai hasil $I_G = 8,3622 \text{ kA}$

7. GPR (Ground Potential Rise)

$$\text{GPR} = I_G \cdot R_g \dots\dots (4.17)$$

Keyerangan :

$$I_G = 8,3622 \text{ Ka}$$

$$R_g = 0,172$$

Perhitungan :

$$\text{GPR} = I_G \cdot R_g$$

$$\text{GPR} = 8,3622 \cdot 0,172$$

$$\text{GPR} = 1,4382984 \text{ V}$$

Ground Potential Rise merupakan hasil perkalian dari Arus Grid maksimum dan Resistansi Grid. Maka nilai dari GPR adalah 1,4382984 V

D. Perbandingan Data dari Gardu Induk dengan Data Perhitungan

Berdasarkan data dari Gardu Induk dan data dari perhitungan secara manual maka didapatkan selisih sebagai berikut :

Table 4 1 Perbandingan Data Dari Gardu Induk dengan Perhitungan

No	Perhitungan	Rumus	Perhitungan Manual	Data GI	Selisih	Presentase Selisih
1	Arus Grid	S_f	0,362	0,41	0,048	13,26%
		I_G	8,3622Ka	9,5kA	1,1378 kA	13,61%
2	Ukuran	A_1	767,442mm ²	134mm ²	633,442 mm ²	82,54%
	Konduktor	A_2	0,1446mm ²	70mm ²	54,8554 mm ²	37.935,96%
		I''_{k2}	8,3622Ka	9,42kA	1,0578 kA	12,65%
3	Resistansi	R_1	0,167Ω	0,10Ω	0,067Ω	40,12%
	Pentanahan	R_2	0,00205Ω	0,6Ω	0,598Ω	29.170,73%
	Sistem	R_m	0,202Ω	0,09Ω	0,112Ω	55,45%
		R_g	0,172Ω	0,10Ω	0,072Ω	41,86%
4	Toleransi	E_{step50}	1723,76V	-	-	-
	Tegangan	E_{step70}	2333,02V	2340V	6,98 V	0,3%
	Langkah	C_s	0,7723076923V	0,77	0,0023076923	0,3%
5	Tegangan	$E_{touch50}$	517,94V	-	-	-
	Kriteria Sentuh	$E_{touch70}$	701,005V	703V	1,995 V	0,28%

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Pada pentanahan Gardu Induk Rawalo mampu meneruskan arus gangguan ke tanah hingga 8,3622 A dengan ukuran konduktor grid 767,442 mm²
2. Toleransi tegangan langkah dengan berat 70 kg sebesar 2333,02 V sedangkan toleransi tegangan sentuh dengan berat 70 kg sebesar 701,005V
3. Resistansi pentanahan sistem sebesar 0,172 Ω
4. Ground Potential Rise merupakan hasil perkalian dari Arus Grid maksimum dan Resistansi Grid maka nilai dari GPR adalah $GPR = 1,4382984 \text{ V}$
5. Selisih atau eror dalam perbandingan dari Data Gardu Induk dengan perhitungan secara manual dapat disebabkan oleh :
 - a. Kesalahan dalam perhitungan
 - b. Kesalahan dari pembacaan alat ukur
 - c. Alat ukur yang sudah tidak mumpuni
6. Dengan menambahkan jumlah atau ukuran pada batang elektroda dan konduktor grid maka akan memberikan nilai resistansi yang lebih baik

B. Saran

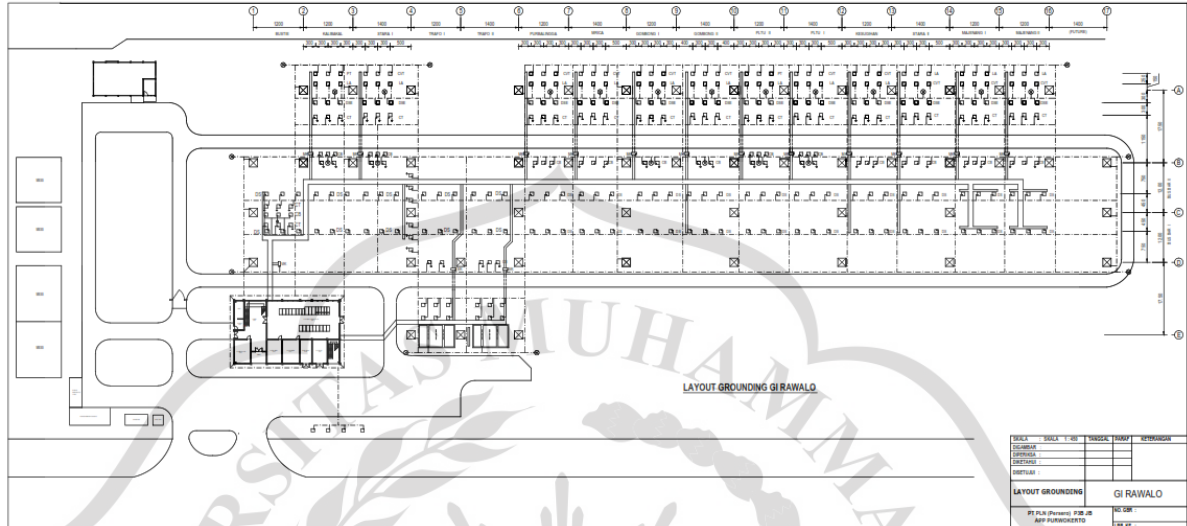
Setelah melakukan penelitian ini, dapat diberikan saran untuk nilai Pentanahan Gardu Induk agar tetap optimal yaitu dengan melakukan perawatan secara rutin minimal satu bulan sekali terhadap kondisi sistem pentanahan, dan pemeriksaan secara berkala terhadap kondisi bahan konduktor, apakah masih dalam kondisi layak atau tidak, karena terdapat perbedann nilai resistansi pentanahan yang bervariasi. Jika dirasa sudah tidak layak maka sebaiknya diganti.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebayo, A. D., & Ujam, C. J. (2023). Analysis of Electrical Grounding Design of Substation and Lines. *International Journal of Scholarly Research in Engineering and Technology*, Volume 2, 031–040. <https://doi.org/10.56781/ijrsret.2023.2.1.0016>
- Agung, A. I., Widyartono, M., & Hermawan, A. C. (2021). Analisis Perancangan Sistem Pentanahan Grid Secara Optimal Pada Sistem Tenaga Listrik. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(01), 55–64.
- Amiruddin, A., & Lubis, F. A. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material Tembaga Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. *Teknik Mesin ITM*, 4(2), 93–99.
- Asyadi, T. M., Fardesi, A., Muliadi, & Syukri. (2022). Pengaruh Tingkat Kedalaman Elektroda Terhadap Tahanan Pentanahan. *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, 2(1), 8–13.
- Aura, S. (2023, December 5). *Pentingnya Grounding dalam Instalasi Listrik: Manfaat dan Standar Keselamatan*. Kapitareka.
- Bintari, A., Mudjiono, U., & Nugraha, A. T. (2022). Analisa Pentanahan Netral dengan Tahan Menggunakan Sistem TN-C. *Elektrise: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 12(02), 92–108. <https://doi.org/10.47709/elektrise.v12i2.1853>
- Budiman, H., Sirait, B., & Purwoharjono. (2020). Evaluasi Tegangan Sentuh Tegangan Langkah dan Tegangan Pindah GITET 275 Kv Bengkulu. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 8(2).
- Hamid, M. K., & Abubakar, S. (2016). Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT.PLN (Persero) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon. *Journal of Electrical Technology*, 1(2), 13–16.
- Junaidi, Syukri, Muhammad Raudhi Azmi, Muliadi, & Teuku Multazam. (2021). Analisis Tahanan Pentanahan pada Peralatan Gardu Induk PT. PLN (Persero) Banda Aceh. *Journal of Electrical Engineering and Technology*, Volume 1 Nomor 1, 18–22.
- Kamal, J., & Abduh, S. (2018). Perancangan Sistem Pentanahan Gas Insulated Switchgear 150KV Pulogadung dengan Finite Elemen Method. *JETri*, 15(2), 187–200.
- Kasnalestari, T., Atmajaya, G. K., & Baqaruzi, S. (2022). Optimalisasi Pemeliharaan, Pengujian, dan Penggantian Current Transformer Jenis OSKF-

170. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 6(2), 222–231.
<https://doi.org/10.22373/crc.v6i2.14201>
- Lubis, F., Hamdani, H., & Info, A. (2023). An Analysis of The Grounding System in the 20 Kv Transformer Using Rod Electrodes in PT. PLN (Persero) ULP Parapat. *JURNAL SCIENTIA*, Volume 12 No 03, 3887–3895.
<http://infor.seaninstitute.org/index.php>
- Muhsinin, S., Haddin, M., & Widiastuti Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang Jl Kaligawe Raya Km, I. (2022). Evaluasi Pengaruh Perubahan Konduktor Rod Terhadap Resistansi Pentanahan GITET 500 Kv Ungaran. *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro*, 5(01), 21–28.
- Oktrialdi, B., & Harahap, P. (2022). *Sistem Pentanahan Berdasarkan Perbedaan Lapisan Tanah Untuk diaplikasikan Pada Gardu Induk*.
- Pranoto, A., Tumaliang, H., & MCh Mangindaan, G. (2018). Analisa Sistem Pentanahan Gardu Induk Teling Dengan Konstruksi Grid (Kisi-kisi). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, Volume 7, 189–198.
- Putra, D. E. (2021). Pengaruh Pembebanan Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan Transformator 250 Kva Pada Gardu BA 0005 PT. PLN (Persero) UP3 Bengkulu ULP Teluk Segara. *JURNAL SURYA ENERGY*, 5(1), 31–42.
<https://doi.org/10.32502/jse.v5i1.2767>
- Rianta, M. G. (2021, February 8). *Pengenalan Sistem Transmisi dan Distribusi Listrik*. IndonesiaRe.
- Riyanto, A., & Simatupang, J. W. (2019). Analisis Sistem Pentanahan Jaringan Gardu Induk 150 Kv PT Bekasi Power Cikarang. *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, Volume 4 No 1, 57–70.
- Sitorus, H., Sianaga, H. H., & Simanjuntak, H. (2008). Disain Sistem Pentanahan Grid-Rod Gardu Induk 150 kV untuk Berbagai Kondisi Tanah di Lampung. In S. Yuwono (Ed.), *Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* (pp. 103–113). Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Tonape, S., Shrimant Pujari, K., Siddharam Vhanmare, R., & Birudev Kokane, P. (2019). Design of Earth Grid for A 132/33Kv Substation: A Case Study. *Novateur Publications International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology (IJIERT)*, Volume 6(01), 1.
- Wachyudin, D., Ardiansyah, A. F., Soleh, M., & Siswanto, A. (2022). Perencanaan Distribusi Tenaga Listrik Tegangan Rendah Pada Perumahan Griya ArjunaKejuden. In *MESTRO JURNAL* (Vol. 4, Issue 01).

LAMPIRAN



Lampiran 1. Layout Grounding Gardu Induk 150kV Rawalo

No	Gardu induk	Kapasitas PMT eksisting (kA)	Hubung Singkat							
			Sebelum				Sesudah			
			1 phase		3 phase		1 phase		3 phase	
kA	%	kA	%	kA	%	kA	%			
1	KESUGIHAN	40	25,0	62,5	30,4	75,9	25,6	64,1	30,6	76,4
2	GOMBONG	40	6,9	17,2	9,5	23,9	6,9	17,3	9,6	23,9
3	LOMANIS	31,5	15,5	49,2	19,6	62,1	15,6	49,4	19,6	62,1
4	RAWALO	40	24,7	61,7	27,7	69,3	25,6	64,1	28,0	70,1
5	CILACAP	40	26,9	67,3	24,9	62,2	27,6	69,0	25,6	64,1
6	KALIBAKAL	40	8,5	21,3	11,6	28,9	8,1	20,3	11,4	28,4

Lampiran 2. Arus Hubung Singkat

LEMBAR PERNYATAAN TIDAK BERSEDIA DIPUBLIKASIKAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ahmed Taha Mohammed Naji Saeed
NIM : 2103030032
Fakultas/Prodi : TEKNIK ELEKTRO

Dengan ini menyatakan tidak bersedia mempublikasikan melalui Repositori Ilmiah (<http://repository.ump.ac.id>) Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Purwokerto karya ilmiah (TUGAS AKHIR / SKRIPSI / TESIS / DISERTASI / ARTIKEL)*

Yang berjudul

ANALISIS SISTEM PENTANAHAN PADA GARDU INDUK 150 KV RAWALO

Dengan alasan sebagai berikut:

SUDAH DIUPLOAD PADA JREE

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas segala bentuk resiko yang terjadi di kemudian hari.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : PURWOKERTO
Pada tanggal : 21 APRIL 2025

Penulis

Mengetahui

Dosen Pembimbing



Ahmed Taha M.N.S

M. Taufiq Tamam, S.T., M.T.

ANALISIS SISTEM PENTANAHAN PADA GARDU INDUK 150 KV RAWALO

ORIGINALITY REPORT

20% SIMILARITY INDEX	18% INTERNET SOURCES	2% PUBLICATIONS	10% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	------------------------------

PRIMARY SOURCES

1	jepca.unbari.ac.id Internet Source	2%
2	tragicenter.blogspot.co.id Internet Source	2%
3	www.scribd.com Internet Source	1%
4	docplayer.info Internet Source	1%
5	journal.uta45jakarta.ac.id Internet Source	1%
6	pdfcoffee.com Internet Source	1%
7	Submitted to Engineering Institute of Technology Student Paper	1%
8	repository.um-surabaya.ac.id Internet Source	1%

www.slideshare.net

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN

Nomor: A12.II/ 038 -S.Ket./FTS/III/2025

Wakil Dekan I Bidang Akademik, Kerjasama, Riset, Inovasi, dan Publikasi Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto, dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : **AHMED TAHA MOHAMMED NAJI SAEED**
N I M : **2103030032**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Judul Skripsi : **ANALISIS SISTEM PENTANAHAN PADA GARDU INDUK 150 KV RAWALO**
Dosen Pembimbing : **M. Taufiq Tamam, S.T., M.T.**

Berdasarkan hasil cek *similarity* laporan Skripsi mahasiswa tersebut di atas dengan hasil persentase kemiripan 20% dan dinyatakan **LOLOS UJI**.

Demikian surat keterangan ini kami buat dengan sesungguhnya untuk digunakan sebagai syarat mendaftar ujian Skripsi di lingkungan Fakultas Teknik dan Sains UMP.

Purwokerto, 3 Ramadhan 1446 H
3 Maret 2025 M

Wakil Dekan I
Bidang Akademik, Kerjasama, Riset,
Inovasi, dan Publikasi,



Prof. Dr. Ir. Anwar Ma'ruf, IPM.
NIK 2160178

Tembusan, Yth.:

1. Dekan (sebagai laporan)
2. Dosen Pembimbing Skripsi