

**EVALUASI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI
150KV UNGARAN-PUDAKPAYUNG**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1) PADA PROGRAM
STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



Di susun oleh :

SATRIYA RAFI HERNANDA

NIM : 30601601889

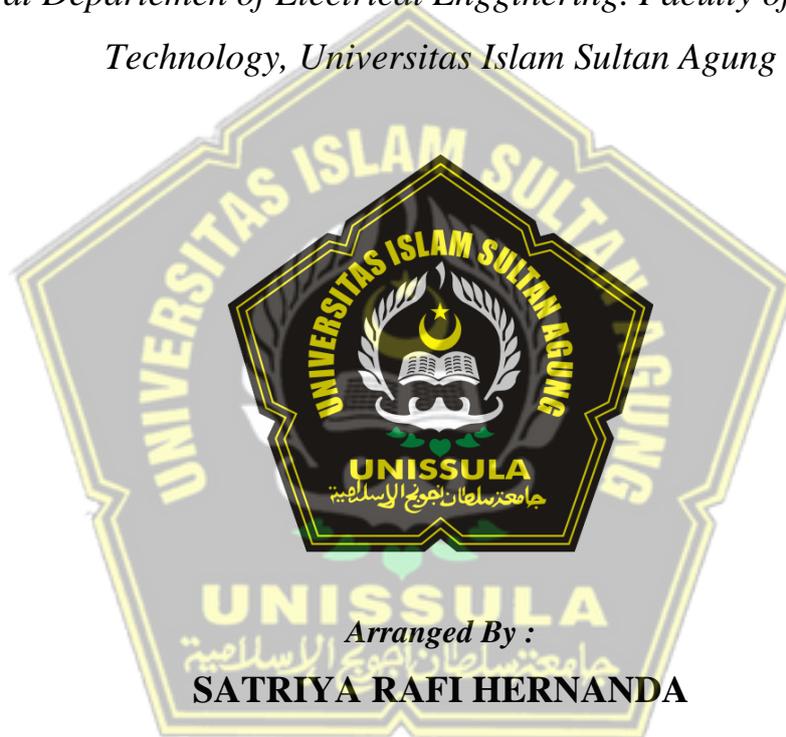
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2023

FINAL PROJECT

***EVALUATION GROUNDING OF TRANSMISSION
TOWER LEG 150 KV UNGARAN–PUDAKPAYUNG***

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



Arranged By :

SATRIYA RAFI HERNANDA

NIM : 30601601889

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGGINERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “EVALUASI PENTANAHAN KAKI
MENARA TRANSMISI 150 KV UNGARAN-PUDAKPAYUNG”

Ini disusun oleh :

Nama : Satriya Rafi Hernanda

NIM : 30601601889

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T.

NIDN. 0618066301

Dedi Nugroho, S.T., M.T.

NIDN. 0617126602

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro

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

NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “EVALUASI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 150 KV UNGARAN-PUDAKPAYUNG” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

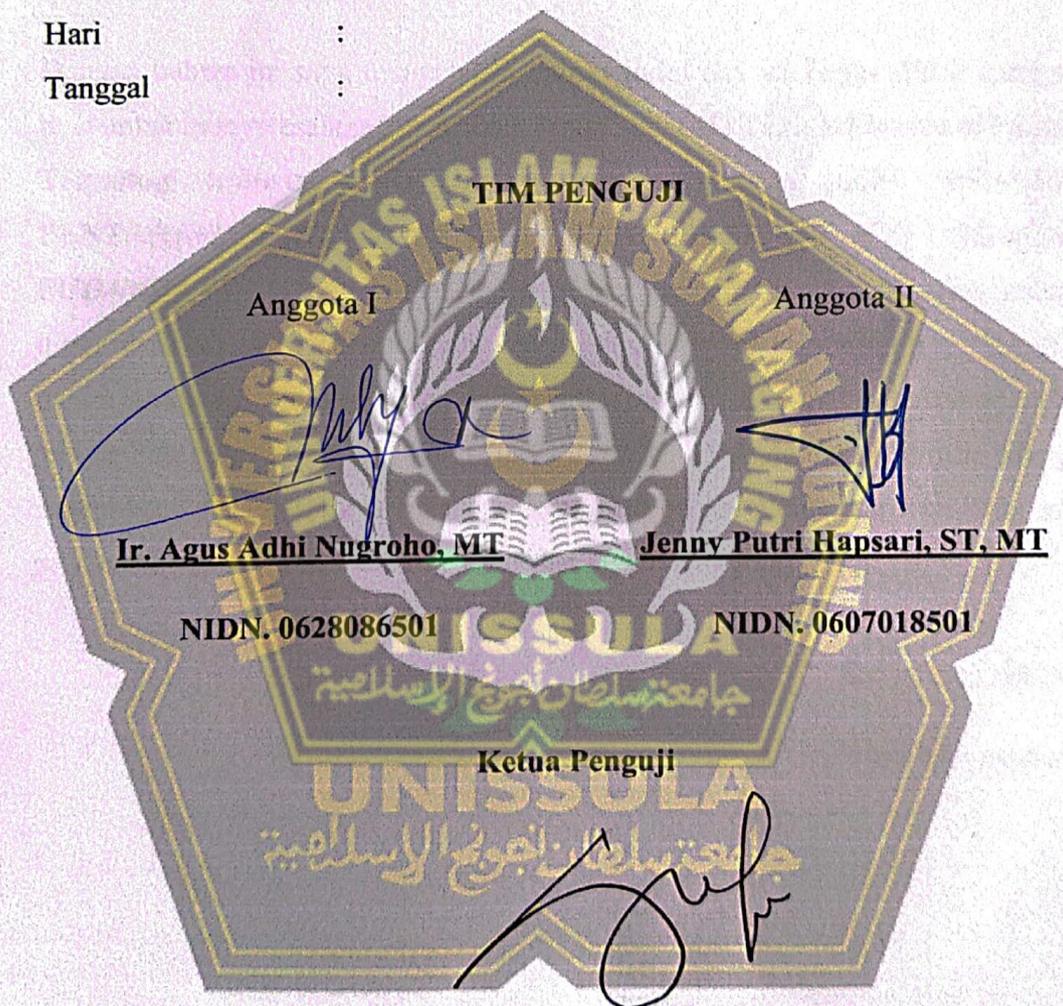
Hari : Satriya Rafi Hernanda

Tanggal : 30601601889

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Satriya Rafi Hernanda
NIM : 30601601889
Judul Tugas Akhir : EVALUASI PENTANAHAN KAKI MENARA
TRANSMISI 150 KV UNGARAN-
PUDAKPAYUNG

Dengan bahwa ini saya menyatakan, bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri UNISSULA Semarang dengan judul "EVALUASI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 150 KV UNGARAN-PUDAKPAYUNG" adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis, maupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan, kesuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, Juli 2023

Yang Menyatakan,



(Satriya Rafi Hernanda)

NIM. 30601601889

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Satriya Rafi Hernanda

NIM : 30601601889

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Jl. Serasi 2 no 62 rt 2 rw 11 Kel. Beji, Kec. Ungaran Timur,
Kab. Semarang

No. Hp/ Email : 081215382818/ satriyarafi@gmail.com

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul :
**EVALUASI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 150 KV
UNGERAN – PUDAKPAYUNG**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasi di internet dan media lain untuk kepentingan akedemis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, Juli 2023

Yang menyatakan



Satriya Rafi Hernanda

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan :

Pertama,

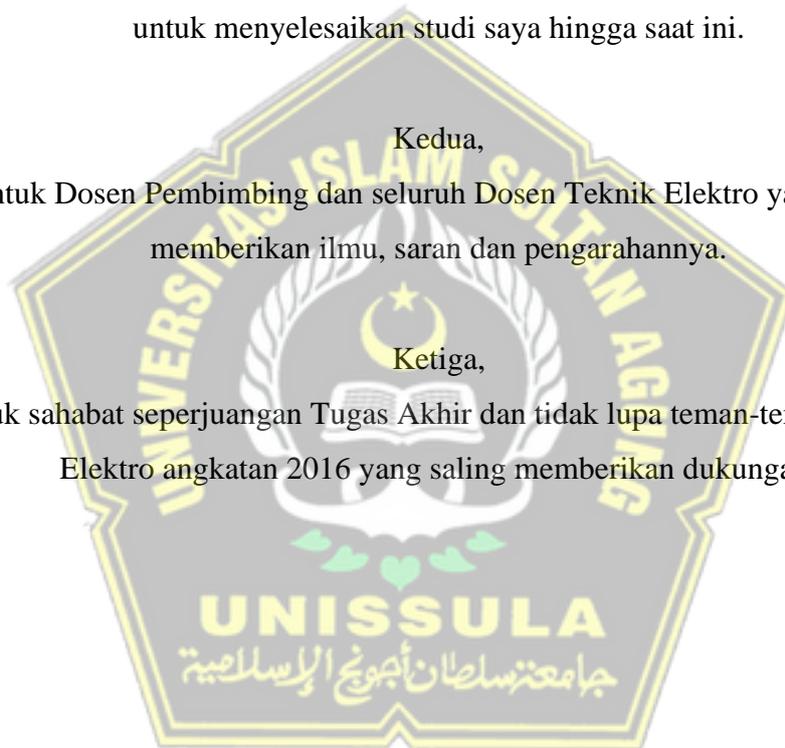
Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada orang tua saya yang saya cintai (Bapak Suherlan & Ibu Nanik Sri Setyowati) yang sudah membesarkan saya dengan sepenuh hati, memberikan dukungan dan menjadi motivasi bagi saya untuk menyelesaikan studi saya hingga saat ini.

Kedua,

Untuk Dosen Pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan ilmu, saran dan pengarahannya.

Ketiga,

Untuk sahabat seperjuangan Tugas Akhir dan tidak lupa teman-teman Teknik Elektro angkatan 2016 yang saling memberikan dukungan.



HALAMAN MOTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. (QS. Al Insyirah: 5-6).

وَمَنْ يَتَّقِ اللَّهَ يَجْعَلْ لَهُ مَخْرَجًا وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ

Barang siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Dia akan mengadakan baginya jalan keluar, dan memberinya rezeki dari arah yang tiada disangka-sangkanya.

(Ath-Thalaq: 2-3)

وَلَا تَأْتِسُوا مِنْ رَوْحِ اللَّهِ إِنَّهُ لَا يَأْتِسُ مِنْ رَوْحِ اللَّهِ إِلَّا الْقَوْمُ الْكَافِرُونَ

Dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya yang berputus asa dari rahmat Allah, hanyalah orang-orang yang kafir." (QS. Yusuf: 87).

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Pentanahan Kaki Menara Transmisi 150 kV Ungaran–Pudakpayung” dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW.

Laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk meraih gelar sarjana (S1) di program studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas mendapat bantuan dari berbagai pihak. Dengan rasa setulus hati, penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya yang telah memberikan ketabahan, kesabaran, dan kelapangan hati serta pikiran dalam menimba ilmu.
2. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Dr. Ir Novi Marlyana, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Terimakasih kepada Dosen Pembimbing saya Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT dan Bapak Dedi Nugroho, ST., MT yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya sehingga penulisan bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Kedua orang tua saya tercinta yang telah memberikan dukungan baik materiil maupun non materiil dan tidak pernah berhenti mendo'akan saya.
8. Kepada sahabat seperjuangan saya, yaitu Mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2016 yang membantu dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Penulis dengan sepenuh hati meminta maaf dan juga membutuhkan kritik maupun saran yang membangun dari berbagai pihak, sehingga kedepan Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis juga.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh



Semarang, Juli 2023

Satriya Rafi Hernanda

DAFTAR ISI

EVALUASI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 150KV UNGERAN - PUDAKPAYUNG	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR GRAFIK.....	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Transmisi	7
2.2.2 Proteksi	7

2.2.3 Pentanahan	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Model Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.3 Metode Penelitian.....	26
3.3.1 Langkah Pelaksanaan.....	26
3.3.2 Data Penelitian.....	27
3.4 Metodologi Penelitian	28
3.4.1 Pengukuran Tahanan Pentanahan.....	28
3.4.2 Perhitungan Tahanan Pentanahan	28
3.4.3 Validasi hasil Perhitungan dan Pengukuran	28
3.4.4 Analisa Perbaikan tahanan pentanahan	28
3.5 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Penelitian.....	30
4.1.1 Pengukuran Tahanan Pentanahan.....	30
4.1.2 Analisa Pengukuran	32
4.1.3 Perhitungan Tahanan Pentanahan	33
4.1.4 Analisa Perhitungan.....	38
4.2 Pembahasan	38
4.2.1 Karakteristik Pengukuran Tahanan Pentanahan SUTT	38
4.2.2 Usulan Perbaikan Pentanahan Tower	42
4.2.3 Perbandingan Pengukuran Perhitungan Dengan Standar	44
4.2.4 Analisa Perhitungan	45
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tahanan jenis tanah.....	23
Tabel 3. 1 Alat yang Digunakan.	25
Tabel 3. 2 Peralatan K3.....	25
Tabel 3. 3 Standar Pengukuran Pentanahan.....	27
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Pentanahan Tower	30
Tabel 4. 2 Data Perhitungan Pentanahan Tower.....	35
Tabel 4. 3 Nilai Tahanan Pentanahan di atas 5 ohm.....	40
Tabel 4. 4 Nilai Tahanan Pentanahan di atas 10 ohm.....	41
Tabel 4. 5 Perbandingan Pengukuran Perhitungan Dengan Standar	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Sistem Penyaluran Daya Listrik.....	7
Gambar 2. 2	Konduktor Tanah.....	8
Gambar 2. 3	Konduktor Penghubung Konduktor Tanah.	9
Gambar 2. 4	Konduktor Penghubung Konduktor Tanah ke Tanah.	10
Gambar 2. 5	Pentanahan Tower.....	14
Gambar 2. 6	Earth Grounding Tester Kyoritsu 4105A.....	14
Gambar 2. 7	Elektroda Pentanahan.....	15
Gambar 2. 8	Busbar Grounding.....	15
Gambar 2. 9	Copper Butter Connector.....	15
Gambar 2. 10	Grounding Electroda Rod.....	16
Gambar 2. 11	Grounding Electroda Plat.....	18
Gambar 2. 12	<i>Grounding Counterpoise</i>	19
Gambar 2. 13	Earth Tester.....	20
Gambar 2. 14	Pengukuran Earth Tester.....	21
Gambar 3. 1	Model Pentanahan Ungaran - Pudukpayung.....	24
Gambar 3. 2	Pemasangan Alat Ukut Pentanahan.....	26

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Grafik Perhitungan.....	45
-------------------------------------	----



ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang terjadi pada pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran – Pudakpayung adalah nilai tahanan pentanahannya yang tinggi, penyebab yang lain adalah : terdapat banyak kejadian sambaran petir pada penghantar 150 kV Ungaran–Pudakpayung sejumlah 303 kejadian, korosi dan kerusakan, kualitas tanah yang buruk sehingga berakibat kerentanan terhadap kerusakan perangkat, jika sistem pentanahan tidak efektif, perangkat dan peralatan yang terhubung ke tower transmisi dapat menjadi rentan terhadap kerusakan akibat petir, lonjakan tegangan, atau gangguan elektromagnetik, ketika perlindungan yang memadai tidak ada, perangkat elektronik dan sistem komunikasi dapat mengalami kerusakan yang signifikan. Solusi terhadap masalah tersebut diperlukan evaluasi pengujian dan perawatan yang dilakukan secara rutin terhadap instalasi pentanahan yang baik termasuk tinggi dan kedalaman elektroda pentanahan, penggunaan bahan yang sesuai, dan peningkatan yang kuat pada koneksi agar dapat memastikan sistem pentanahan beroperasi dengan aman dan efektif.

Penelitian ini membahas tentang evaluasi pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran–Pudakpayung dengan model yang ditentukan sebagai pentanahan tower menggunakan batang elektroda, parameter yang dibutuhkan antara lain tahanan jenis tanah, panjang elektroda, dan besar diameter elektroda batang. Jenis metode yang dilakukan adalah metode pengukuran tahanan pentanahan, perhitungan dengan penambahan panjang elektroda, dan dibandingkan dari hasil pengukuran dan hasil perhitungan dan melakukan evaluasi upaya perbaikan tahanan pentanahan kaki menara transmisi 150 kV.

Hasil pengukuran tersebut akan didapatkan nilai tahanan pentanahan yang menjadi acuan pentanahan tower transmisi tersebut masih layak atau tidak. Sesuai dengan standar yang dipakai oleh PLN yaitu dibawah sampai dengan 10 ohm pada penghantar 150 kV. Hasil pengukuran nilai tahanan pentanahan pada penghantar 150 kV Ungaran-Pudakpayung sebesar 85 % dalam keadaan baik karena hasil nilai tahanan pentanahannya masih di bawah 5 ohm, 10,5 % dalam kondisi perlu pengawasan karena nilai tahanan pentanahannya diatas 5 ohm dan mendekati 10 ohm. yaitu pada tower nomor 33G sebesar 8,13 ohm, nomor 33F sebesar 5,12 ohm, nomor 35 sebesar 7,32 ohm, nomor 60 sebesar 5,30 ohm, nomor 66 sebesar 5,84 ohm. Dan 0,5 % dalam kondisi buruk yaitu pada tower 33 J dan 33D yaitu sebesar 12,2 ohm dan 13,7 ohm. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran–Pudakpayung sejumlah 41 tower dalam keadaan baik, 5 tower dalam keadaan awas, dan 2 tower dalam keadaan buruk. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tower nomer 33J sebesar 12,2 Ohm dengan menambahkan elektroda batang dan di paralel sebesar 6,1 Ohm, dan tower nomor 33D sebesar 13,6 Ohm dengan menambahkan elektroda batang menjadi 6,8 Ohm.

Kata kunci: pentanahan, saluran udara tegangan tinggi, tower transmisi 150 kV

ABSTRACT

One of the problems encountered in the grounding of the 150 kV Ungaran-Pudakpayung transmission tower is the high resistance value of the grounding. Other causes include frequent lightning strikes on the 150 kV Ungaran-Pudakpayung conductor, corrosion and damage, and poor soil quality, resulting in vulnerability to equipment damage. When the grounding system is not effective, devices and equipment connected to the transmission tower become susceptible to damage from lightning, voltage surges, or electromagnetic interference. In the absence of adequate protection, electronic devices and communication systems can suffer significant damage. The solution to these problems requires regular evaluation, testing, and maintenance of the grounding installation, including the height and depth of the grounding electrode, appropriate material usage, and strong enhancements to connections to ensure the grounding system operates safely and effectively.

This research discusses the evaluation of the grounding of the 150 kV Ungaran-Pudakpayung transmission tower using a determined model of tower grounding with electrode rods. The required parameters include soil resistivity, electrode length, and electrode rod diameter. The methods used involve measuring the grounding resistance, calculating the addition of electrode length, comparing the measurement and calculation results, and evaluating efforts to improve the footing resistance of the 150 kV transmission tower.

The measurement results provide the reference for determining whether the grounding of the transmission tower is still adequate or not. According to PLN standards, the grounding resistance for the 150 kV conductor should be below or equal to 10 ohms. The measurement results of the grounding resistance for the 150 kV Ungaran-Pudakpayung conductor show that 85% of them are in good condition as their resistance values are below 5 ohms. However, 10.5% require monitoring as their resistance values are above 5 ohms and approaching 10 ohms. Specifically, tower number 33G has a resistance of 8.13 ohms, tower number 33F has a resistance of 5.12 ohms, tower number 35 has a resistance of 7.32 ohms, tower number 60 has a resistance of 5.30 ohms, and tower number 66 has a resistance of 5.84 ohms. Additionally, 0.5% are in poor condition, with tower 33J and 33D having resistances of 12.2 ohms and 13.7 ohms, respectively. Based on the conducted tests, it can be concluded that out of the 41 towers tested, 41 are in good condition, 5 towers require monitoring, and 2 towers are in poor condition. The calculation results show that tower number 33J is 12.2 Ohms by adding a rod electrode and in parallel it becomes 6.1 Ohms, and tower number 33D is 13.6 Ohms by adding a rod electrode, resulting in 6.8 Ohms.

Keywords: *grounding, high-voltage overhead lines, 150 kV transmission tower*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pentanahan merupakan suatu upaya yang digunakan di bidang kelistrikan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan-peralatan listrik. Sistem penyaluran merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik yang bertugas untuk menyalurkan listrik dari pembangkit kemudian disalurkan melalui saluran transmisi hingga sampai kepada pelanggan. Saluran transmisi tersebut diantaranya meliputi Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500kV, Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV.

Saluran transmisi memegang peranan penting dalam menyalurkan listrik dari pembangkit sampai dengan konsumen. Proteksi yang dilakukan juga sangat menunjang keberhasilan dari sistem saluran transmisi. Pembumian merupakan faktor penting dalam sistem proteksi untuk melindungi sistem jaringan transmisi berjalan bagus. Sistem pentanahan dicapai dengan menancapkan batang elektroda pembumian dalam posisi tegak lurus ke dalam tanah. Sistem tahanan pentanahan yang terpasang di dalam tanah akan semakin berkurang kualitasnya seiring berjalannya waktu, sehingga arus yang mengalir melalui elektroda yang menuju ke sistem pentanahan menjadi kurang sempurna. Semakin kecil nilai tahanan pentanahannya maka sistem pentanahannya akan semakin baik, karena arus gangguan akan lebih mudah mengalir ke dalam bumi, semakin kecil nilai resistansinya maka akan semakin cepat arus mengalir ke dalam bumi, dan sistem pentanahan akan semakin baik. [1]

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV Ungara-Pudakpayung merupakan bagian dari sistem pendistribusian tenaga listrik khususnya provinsi Jawa Tengah yang menghubungkan dua sub sistem utama yaitu sub sistem Ungaran dan sub sistem Pedan. Jaringan transmisi pada penghantar Ungaran–Pudakpayung memiliki panjang 10,9 kilometer dengan jumlah tower 48. Tower transmisi penghantar 150 kV Ungaran–Pudakpayung rata rata terletak di atas tanah rawa, tanah liat dan ladang. Menurut Buku Petir PLN terdapat 303 kejadian petir pada penghantar 150 kV Ungaran-Pudakpayung. Ini meyebabkan perlunya sistem

pegamanan dari gangguan yang diakibatkan sambaran petir. Sistem tersebut merupakan sistem pentanahan tower. Untuk mendapatkan kelayakan nilai tahanan pentanahan tower perlu dilakukan pengukuran nilai tahanan pentanahan tower transmisi.

Permasalahan yang terjadi pada pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran – Pudukpayung adalah nilai tahanan pentanahannya yang tinggi, penyebab yang lain adalah : terdapat banyak kejadian sambaran petir pada penghantar 150 kV Ungaran – Pudukpayung sejumlah 303 kejadian, korosi dan kerusakan, kualitas tanah yang buruk sehingga berakibat kerentanan terhadap kerusakan perangkat, jika sistem pentanahan tidak efektif, perangkat dan peralatan yang terhubung ke tower transmisi dapat menjadi rentan terhadap kerusakan akibat petir, lonjakan tegangan, atau gangguan elektromagnetik, ketika perlindungan yang memadai tidak ada, perangkat elektronik dan sistem komunikasi dapat mengalami kerusakan yang signifikan.

Solusi terhadap masalah ini diperlukan evaluasi pengujian dan perawatan yang di lakukan secara rutin terhadap instalasi pentanahan yang baik termasuk tinggi dan kedalaman elektroda pentanahan, penggunaan bahan yang sesuai, dan peningkatan yang kuat pada koneksi agar dapat memastikan sistem pentanahan beroperasi dengan baik, aman dan efektif. Perawatan rutin yang dilakukan PT.PLN (Persero) yaitu dalam kurun waktu tahunan atau satu kali dalam satu tahun.

Mutu pada tahanan pentanahan tower transmisi 150 kV ditentukan dari hasil ukur suatu tahanan pentanahan dimana didapatkan nilai tahanan pentanahan yang mengacu pada SK DIR PLN NO. 0520-1.K/DIR/2014. Maka dapat menentukan kualitas suatu tahanan pentanahan tower transmisi 150 kV.

Penelitian ini sebelumnya adalah pengembangan dari sebuah penelitian yang pernah dibuat dengan judul “EVALUASI PERHITUNGAN TAHANAN PENTANAHAN MENARA TRANSMISI 150 KV SLUKE-REMBANG” [2], Disini beliau membahas tentang evaluasi perhitungan tahanan pentanahan menara transmisi 150 kV. Sebagai objek penelitian diambil menara 150 kV Sluke-Rembang. Dari analisa yang dilakukan beliau dengan menggunakan metode perhitungan dengan mengubah variable yaitu memperkecil rho tanah 0.25 kali,

memperbesar L menjadi 4 kali dan memperbesar jari-jari elektroda menjadi 4 kali lipat dan diperoleh hasil masing-masing 3.95 ohm, 4.81 ohm dan 2.37 ohm. Dari hasil analisa perhitungan perubahan variable rho tanah menjadi 0.25 kali memperoleh hasil yang paling efektif. Maka dari itu penulis melakukan evaluasi pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran-Pudakpayung dengan mengubah parameter panjang elektroda sebesar 4 meter sampai dengan 6 meter agar mendapatkan hasil yang efektif dan meghemat biaya materiil yang digunakan.

Hasil pengujian tahanan pentanahan menunjukkan nilai tahanan pentanahan tower transmisi sejumlah 48 tower dengan 41 tower dalam keadaan baik dan 5 tower dalam keadaan awas yaitu tower (33G, 33F, 35, 60) , dan 66 dan 2 tower dalam keadaan buruk yaitu tower (33J dan 33D). Pentanahan di katakan dalam keadaan baik jika nilai tahanan pentanahannya mendekati 0 ohm dan tidak lebih dari 5 ohm, tahanan pentanahan dikatakan kondisi awas apabila nilai tahanan pentanahannya diatas 5 ohm dan mendekati 10 ohm, tahanan pentanahan dikatakan buruk apabila nilai tahanan pentanahannya diatas 10 ohm atau di atas batas standar yang di gunakan oleh PT.PLN (Persero). Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran–Pudakpayung sejumlah 41 tower dalam keadaan baik, 5 tower dalam keadaan awas, dan 2 tower dalam keadaan buruk, Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tower nomer 33J sebesar 12,2 Ohm dengan menambahkan elektroda batang dan di pararel sebesar 6,1 Ohm, dan tower nomor 33D sebesar 13,6 Ohm dengan menambahkan elektroda batang menjadi 6,8 Ohm.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana kondisi tahanan pentanahan kaki menara transmisi 150 kV Ungaran–PudakPayung ?
- b. Bagaimnan Pengukuran dan perhitungan tahanan pentanahan kaki menara transmisi 150 kV Ungaran-Pudakpayung ?

- c. Bagaimana analisa perbaikan tahanan pentanahan kaki menara transmisi 150 kV Ungaran–Pudakpayung yang di atas standar ?

1.3 Pembatasan Masalah

Dari rumusan masalah yang di tuliskan di atas, penulis membatasi masalah sebagai berikut :

- a. Penelitian dilakukan di sekitar kaki menara transmisi SUTT 150 kV Ungaran–Pudakpayung
- b. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan contoh pada satu menara transmisi SUTT 150 kV Ungaran-Pudakpayung
- c. Elektroda yang digunakan sebagai analisa adalah elektroda jenis batang/rod
- d. Analisa perbaikan di lakukan pada elektroda yang nilai ukur tahanan pentanahannya melebihi standar

1.4 Tujuan

Dari perumusan dan pembatasan masalah diatas, penulis bertujuan sebagai berikut :

- a. Diketuainya kondisi pentanahan kaki menara transmisi 150 kv Ungaran–Pudak Payung.
- b. Diketuainya perhitungan dan pengukuran tahanan pentanahan kaki menra transmisi 150 kv Ungaran–Pudak payung
- c. Diketuainya usaha perbaikan pentanahan kaki menara transmisi 150 kv Ungaran–Pudak Payung.

1.5 Manfaat

Dari tujuan diatas, penulis mendapatkan manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Diketuainya informasi tambahan tentang hasil pengukuran tahanan kaki menara transmisi 150 kv Ungaran–Pudakpayung kepada pihak PT. PLN (Persero).
- b. Diketuainya tambahan informasi tentang kondisi tahanan pentanahan dari kaki menara transmisi 150 kv Ungarann-Pudakpayung.

- c. Diketuainya wawasan dan ilmu pengetahuan bagi peneliti, khususnya dalam hal pentanahan.

1.6 Sistematika Penulisan

Memerikan gambaran secara garis besar dalam hal ini dijelaskan isi dari masing-masing bab dari laporan ini. Sistematika penulisan dalam pembuatan laporan ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang konsep serta prinsip dasar yang dijelaskan secara rinci menggunakan topik dan subjek penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah serta merumuskan hipotesis yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan model penelitian, objek penelitian, data penelitian, diagram alir penelitian dan langkah-langkah penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini berisikan tentang pembahasan data dan analisa penelitian yang diperoleh dari hasil studi lapangan dan pengolahan data-data yang diperoleh. Juga membahas tentang bagaimana cara mengatasi masalah pentanahan pada kaki menara transmisi 150 kv Ungaran-Pudakpayung.

BAB V PENUTUP

Berisikan kesimpulan dari analisa yang dilakukan dan saran dalam pembuatan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa peneliti terdahulu yang sudah dilakukan tentang tahanan pentanahan menara transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 kV. Telah dilakukan oleh peneliti, antara lain :

- a. Pada penelitian yang berjudul “Analisa Kelayakan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Jelok–Bringin Menggunakan Metode Komparasi” [3]. Hasil menunjukkan bahwa penambahan sebuah batang elektroda dengan panjang 6 meter dapat memperbaiki nilai tahanan pentanahan sebesar 3,5287 Ohm yang berarti memenuhi persyaratan (SK DIR PLN No. 0520-1.K/DIR/2014) yaitu kurang dari 10 Ohm. Dari hasil pengukuran 23 unit tower dari 24 unit tower atau 95,83% dari total tower, karakteristik hasil pengukurannya masih relatif dalam kondisi layak yaitu dibawah 10 Ohm.
- b. Pada penelitian yang berjudul “Studi Pengukuran Tahanan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV Pedan–Ungaran”[4]. Hasil menunjukkan bahwa nilai pengukuran dari tahanan pentanahan tower sebanyak 174 dengan batang elektroda menggunakan panjang 3 meter mempunyai nilai tahanan 2 Ohm. Dan dapat diperkecil dengan pembuktian yaitu analisis perhitungan tahanan pentanahan dengan mengganti parameter panjang elektroda menjadi 4 meter yang didapat nilai tahanan pentanahan sebesar 1.56 Ohm atau memakai elektroda batang dengan kedalaman 5 meter yang di dapat nilai tahanan pentanahan sebesar 1.29 Ohm.
- c. Pada penelitian yang berjudul “ Analisa Perbaikan Pentanahan Kaki Menara Transmisi 150 kV Rembang–Blora Bertahanan Tinggi dan Usaha Menurunkannya”[5]. Hasil menunjukkan bahwa untuk memperoleh tahanan kurang dari 5 Ohm beliau melakukan perhitungan dan perbaikan. Yaitu dengan menambah satu batang elektroda berdiameter $\frac{3}{4}$ inci. Hasil

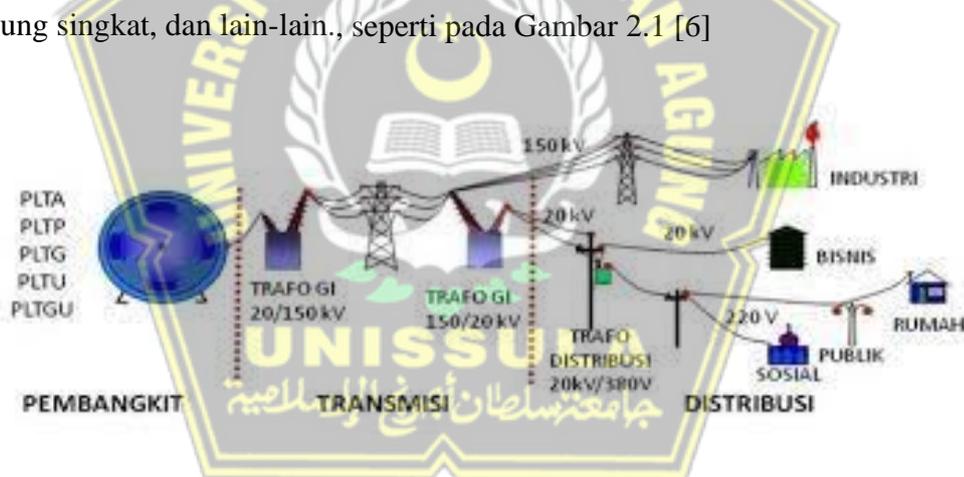
pengukuran menunjukkan 44 tower memerlukan perbaikan dan sekarang sudah sesuai dengan standar atau kurang dari 5 Ohm.

Dari penelitian tersebut penulis mencari metode pengukuran yang paling tepat yang dapat memberikan nilai akurat mendekati nilai nyata dari tahanan pentanahan menara.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Transmisi

Dalam sistem tenaga listrikan saluran transmisi yang umumnya ada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV merupakan faktor yang memegang peran Sangat penting dalam proses distribusi listrik, oleh karena itu perlindungan terhadap saluran transmisi perlu diperhatikan. Umumnya, gangguan pada saluran transmisi meliputi gangguan petir, hubung singkat, dan lain-lain., seperti pada Gambar 2.1 [6]



Gambar 2. 1 Sistem Penyaluran Daya Listrik.

2.2.2 Proteksi

Proteksi adalah instalasi untuk meminimalkan kerusakan pada peralatan akibat gangguan, salah satunya adalah sambaran petir. Proteksi petir untuk saluran transmisi dan distribusi (SUTT & SUTET) merupakan instalasi penting yang rentan terhadap sambaran petir karena struktur yang tinggi dan lokasi yang terbuka. Sambaran petir pada SUTT/SUTET adalah injeksi muatan listrik. Injeksi muatan ini menyebabkan lonjakan tegangan di SUTT/SUTET, menghasilkan lonjakan tegangan berupa gelombang impuls yang merambat ke ujung-ujung SUTT/SUTET.

Lonjakan tegangan akibat sambaran petir sering disebut sebagai lonjakan petir. Jika lonjakan petir ini mencapai GI (Isolasi Peralatan), dapat merusak isolasi peralatan GI. Oleh karena itu, perangkat perlindungan perlu dipasang untuk mencegah lonjakan petir yang mencapai GI agar tidak melebihi kekuatan isolasi peralatan GI.

Komponen yang termasuk dalam fungsi proteksi petir adalah semua komponen dalam SUTT & SUTET yang berfungsi untuk melindungi saluran transmisi dari sambaran petir, yang terdiri dari :

1. Konduktor Tanah (*Earth Wire*)

Konduktor tanah atau Earth Wire berfungsi melindungi konduktor fasa atas dari sambaran petir. Konduktor tanah ditempatkan di atas konduktor fasa untuk meminimalkan sudut perindungannya jika terjadi sambaran petir di atas konduktor tanah. Namun, jika sambaran petir mencapai sisi konduktor, dapat merusak konduktor fasa dan menyebabkan gangguan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Konduktor Tanah.

2. Konduktor penghubung konduktor tanah

Untuk mempertahankan hubungan konduktor tanah dengan tiang, sebuah konduktor penghubung dipasang di ujung travers konduktor tanah, yang

dihubungkan ke konduktor tanah. Konduktor penghubung terbuat dari bahan konduktor tanah yang dipotong sesuai panjang yang dibutuhkan. Pada konfigurasi tipe tegangan, konduktor penghubung dipasang antara tiang dan konduktor tanah, serta antara klamp tegangan konduktor tanah. Tujuannya adalah agar arus gangguan petir dapat mengalir langsung ke tiang dan juga antar konduktor tanah. Sementara itu, pada konfigurasi tipe penyangga, konduktor penghubung dipasang pada tiang dan dihubungkan ke konduktor tanah menggunakan klamp jembatan atau dengan memasangnya pada klamp suspensi konduktor tanah, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Konduktor Penghubung Konduktor Tanah.

3. Konduktor Penghubung Konduktor Tanah ke Tanah

Pada menara transmisi yang berada di daerah sering terjadi sambaran petir, biasanya dipasang konduktor penghubung dari tanah ke tanah. Material yang digunakan untuk konduktor penghubung biasanya sama dengan bahan konduktor tanah. Konduktor penghubung ini berfungsi untuk mengalirkan langsung sambaran petir yang mengenai konduktor tanah maupun menara SUTT/SUTET ke tanah, sesuai dengan yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. [7]



Gambar 2. 4 Konduktor Penghubung Konduktor Tanah ke Tanah.

2.2.3 Pentanahan

Pentanahan merupakan perlengkapan pembumian yang difungsikan agar mengalirkan arus listrik dari menara SUTT dan SUTET ke tanah guna mencegah terjadinya flashover balik pada isolator saat sistem pentanahan terkena sambaran petir. Sistem pentanahan yang digunakan, baik untuk pentanahan netral pada sistem tenaga listrik, pentanahan sistem penangkal petir, maupun pentanahan untuk peralatan khususnya di bidang telekomunikasi dan elektronik, perlu mendapatkan perhatian serius karena merupakan dasar dari sistem proteksi. Tidak jarang orang awam maupun teknisi mengalami kesulitan dalam memprediksi nilai hambatan pentanahan. Parameter yang paling dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah hambatan sistem pentanahan itu sendiri. [8].

Besaran hambatan pentanahan ini sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal. Faktor internal meliputi:

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

Yang dimaksud dengan faktor eksternal meliputi :

- a. Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah
- b. Frekuensi yang mengalir ke dalam system pentanahan [8].

1. Tujuan Pentanahan

Tujuan utama dari pentanahan adalah menciptakan jalur dengan impedansi rendah ke tanah untuk mengalirkan gelombang listrik dan tegangan transien. Penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau tegangan transien adalah penerangan, arus listrik, sirkuit switching, dan pelepasan elektrostatik. Sebuah sistem pentanahan yang efektif akan meminimalkan efek-efek dari fenomena-fenomena tersebut.

Tujuan sistem pentanahan adalah sebagai berikut:

- a. Membatasi besarnya tegangan terhadap tanah agar tetap berada dalam batas yang diijinkan.
- b. Menyediakan jalur untuk aliran arus yang dapat mendeteksi adanya hubungan yang tidak diinginkan antara konduktor sistem dengan tanah. Deteksi ini akan mengaktifkan peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

2. Karakteristik sistem pentanahan yang efektif

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif untuk menara transmisi adalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan yang baik, dengan semua koneksi dalam sistem telah direncanakan sebelumnya dengan aturan tertentu.
- b. Verifikasi visual dapat dilakukan.
- c. Menghindari gangguan pada arus listrik dari perangkat.
- d. Semua komponen logam harus dihubungkan ke sistem pentanahan untuk meminimalkan aliran arus listrik melalui material konduktif dengan potensial listrik yang sama.

3. Bagian-bagian yang harus ditanahkan dalam instalasi listrik meliputi:

- a. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (konduktor listrik) dan mudah dijangkau oleh manusia. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa potensial logam yang mudah dijangkau oleh manusia selalu sama dengan potensial tanah tempat manusia berpijak, sehingga tidak membahayakan bagi orang yang menyentuhnya.

- b. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari sambaran petir ke tanah dengan lancar.
 - c. Kawat petir yang terletak di bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini juga berfungsi sebagai lightning arrester. Karena posisinya berada sepanjang saluran transmisi, semua tiang transmisi harus ditanahkan agar sambaran petir yang mengenai kawat petir dapat disalurkan dengan lancar ke tanah melalui tiang transmisi.
 - d. Titik netral dari transformator atau generator. Ini diperlukan untuk keperluan proteksi khusus yang terkait dengan gangguan hubung tanah. Idealnya, resistansi pentanahan dari titik-titik pentanahan tersebut tidak melebihi 4 ohm. Secara teoritis, resistansi tanah adalah nol karena luas penampang bumi tak terbatas. Namun, pada kenyataannya, resistansi pentanahan tidak nol karena adanya resistansi kontak antara perangkat pentanahan dengan tanah tempat perangkat tersebut dipasang (di tanah).
4. Syarat sistem pentanahan

Persyaratan dari sistem pentanahan yang efektif untuk menara transmisi adalah sebagai berikut:

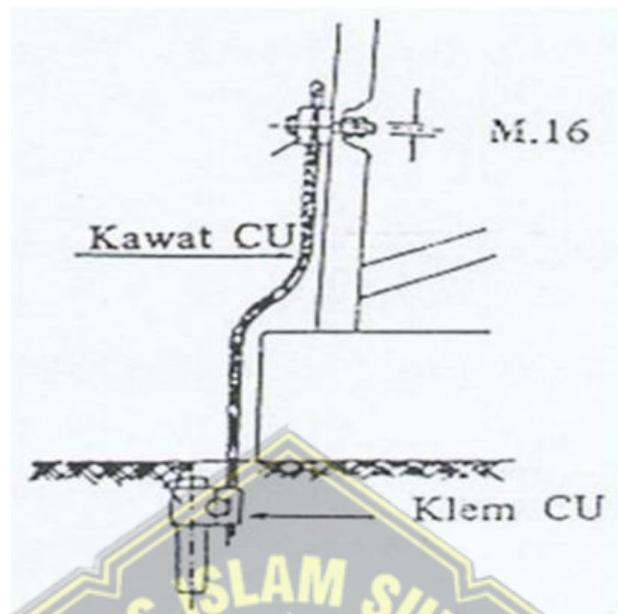
- a. Menciptakan jalur impedansi rendah ke tanah untuk melindungi personel dan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
- b. Mampu menangani dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat gangguan hubung tanah.
- c. Menggunakan bahan tahan korosi untuk berbagai kondisi kimia tanah, untuk memastikan kelangsungan kinerja sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
- d. Menggunakan sistem mekanis yang kuat tetapi mudah dalam perawatan dan perbaikan jika terjadi kerusakan.

Dalam sistem pentanahan, semakin kecil nilai resistansi, semakin baik, terutama untuk melindungi personel dan peralatan. Beberapa standar yang disepakati adalah bahwa saluran transmisi dari sub-stasi harus direncanakan

sedemikian rupa sehingga nilai resistansi pentanahan tidak melebihi 10Ω untuk aplikasi data, dan nilai resistansi maksimum yang diizinkan adalah 5Ω di bangunan. Pola pentanahan bergantung pada kerja ganda dan interkoneksi piquetes. Nilai resistansi dari bahan yang digunakan untuk piquetes tidak mengurangi nilai resistansi sistem pentanahan, tetapi memiliki fungsi pentingnya sendiri. Bahan pentanahan dimaksudkan untuk mengendalikan dalam batas aman sesuai dengan peralatan yang digunakan, sedangkan piquetes adalah batang sederhana, yang menjadi alasan utama penurunan nilai resistansi tanah dalam gradien tegangan tinggi pada permukaan piquetes. Akibat dari sifat ini, piquetes harus ditempatkan dekat atau di sekitar bangunan stasiun. Pada saluran tegangan tinggi (132KV), nilai resistansi maksimum 15 ohm masih dapat ditoleransi, dan pada saluran distribusi (33-0.4 KV), dipilih nilai resistansi 25 ohm. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan antara lain:

- a. Sistem batang paralel.
 - b. Sistem piquetes tertanam dengan beberapa piquetes dan diolah untuk kondisi kimia tanah.
 - c. Menggunakan pelat tertanam, penghantar tertanam, dan rangka beton baja yang terhubung secara listrik. [5]
5. Pentanahan Kaki Tower (*Grounding Tower*)

Pentanahan menara terdiri dari penghantar berbahan tembaga / baja yang diklem kepipa pentanahan yang dekat tiang dan ditanamkan. Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuk system pentanahan karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang di perkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama, sesuai pada Gambar 2.9



Gambar 2. 5 Pentanahan Tower.

Alat dan Bahan yang digunakan dalam sistem pentanahan adalah sebagai berikut :

a. Earth Grounding Tester

Merupakan alat yang di gunakan untuk mengetahui besaran Tahanan pentanahan. Alat ukur yang digunakan masih menggunakan analog sehingga proses pembacaan yang di hasilkan kurang akurat. Berikut gambar alat ukur tahanan pentanahan seperti pada Gambar 2.6.



b. Elektrode **Gambar 2. 6** Earth Grounding Tester Kyoritsu 4105A

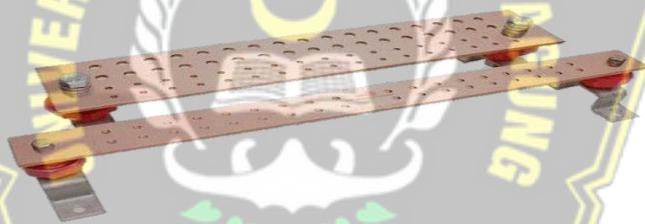
Merupakan bahan yang di gunakan sebagai media untuk menyalurkan listrik kedalam tanah guna mengetahui nilai resistansi tanah. Berikut gambar Elektroda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Elektroda Pentanahan

c. Busbar Grounding

Digunakan sebagai penghubung antara kabel grounding dan kabel petir, sehingga kabel petir dapat mengalirkan arus gangguan menuju ke grounding. Berikut contoh gambar Busbar Grounding seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Busbar Grounding

d. Copper Butter Connector

Digunakan untuk menyambung kabel grounding. Kabel grounding tidak boleh ada yang putus atau tidak boleh ada sambungan. Berikut gambar copper Butter Connector seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9. [2]

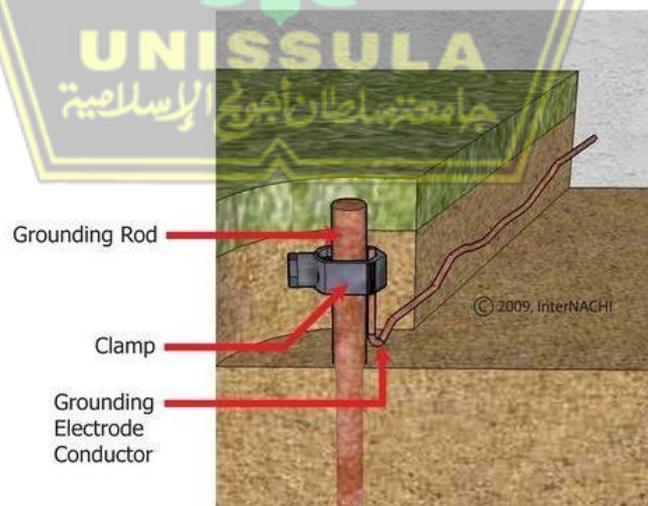


Gambar 2. 9 Copper Butter Connector

Jenis-jenis pentanahan *tower* pada SUTT/ SUTET:

a. Electroda batang

Elektroda batang adalah rel logam yang ditanamkan tegak lurus ke dalam tanah dengan kedalaman antara 1 sampai 10 meter. Pentanahan ini paling sederhana dan efektif, dimana nilai tahanan tanah adalah rendah. Metode pentanahan ini sangat umum digunakan karena memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan penggunaan elektroda lainnya. Keuntungan menggunakan elektroda batang ini adalah harga elektroda cukup murah dan mudah didapatkan, pemasangannya sederhana dan tidak memerlukan ruang yang luas. Jika ditanam hingga kedalaman air tanah untuk mengurangi tahanan pentanahan, dan jika tahanan dari sebuah elektroda belum cukup rendah, elektroda tambahan dapat dipasang di sekitar elektroda pertama dan kemudian dihubungkan secara paralel untuk mencapai tahanan pentanahan yang lebih rendah. Semakin panjang elektroda batang ditanam dalam tanah, semakin kecil tahanan kontakannya dengan tanah karena berkurangnya resistivitas tanah dan meningkatnya luas permukaan tanah yang bersentuhan dengan elektroda, sesuai pada Gambar 2.10 [5]



Gambar 2. 10 Grounding Electroda Rod.

Persamaan untuk mencari tahanan pentanahan elektroda rod dirujuk sesuai pada Persamaan (2.1).

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \quad (2.1)$$

dengan :
 R = tahanan pentanahan (ohm)
 ρ = tahanan jenis tanah (Ohm-meter)
 L = panjangnya elektroda (meter)
 a = jari jari elektroda (meter)

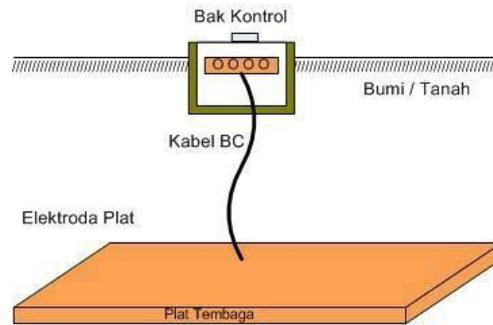
Persamaan untuk mencari tahanan pentanahan elektroda rod dirujuk sesuai pada Persamaan (2.2).

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)} \quad (2.2)$$

dengan :
 ρ = tahanan jenis tanah (Ohm-meter)
 R = tahanan pentanahan (ohm)
 L = panjangnya elektroda (meter)
 a = jari jari elektroda (meter)

b. Electroda plat

Elektroda plat adalah plat logam yang ditanam secara tegak lurus atau mendatar tergantung pada tujuan penggunaannya. Metode pentanahan ini umumnya digunakan untuk perlindungan terhadap petir. Jika digunakan sebagai elektroda pbumian untuk tujuan perlindungan, plat tersebut dipasang tegak lurus dengan kedalaman sekitar 1 meter di bawah permukaan tanah, diukur dari sisi atas plat. Sedangkan jika digunakan sebagai elektroda pengatur untuk mengendalikan gradien tegangan dan menghindari tegangan langkah yang besar dan berbahaya, plat tersebut ditanam mendatar. Penggunaan elektroda plat untuk pentanahan hantaran netral kini sudah jarang digunakan karena memiliki beberapa kelemahan, seperti harganya yang mahal, mudah berkarat, dan kurang praktis, karena memerlukan penggalian lubang terlebih dahulu untuk melakukan pemeriksaan, sesuai dengan Gambar 2.11. [10]



Gambar 2. 11 Grounding Electroda Plat.

Persamaan untuk mencari tahanan pentanahan elektroda plat dirujuk sesuai pada Persamaan (2.3).

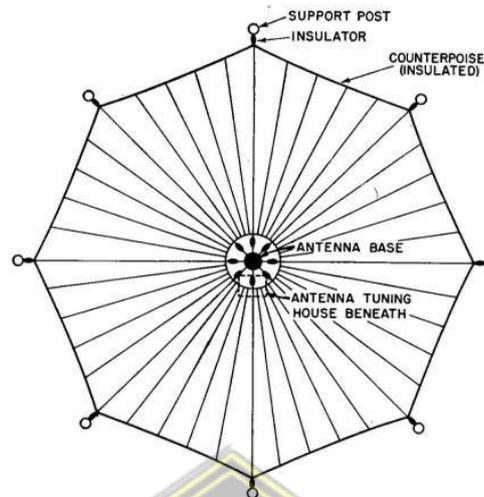
$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(1 + 1,84 \frac{b}{t} \right) \quad (2.3)$$

dengan :

- R = tahanan pentanahan (ohm)
- ρ = tahanan jenis tanah (Ohm-meter)
- L = panjangnya elektroda (meter)
- a = jari jari elektroda (meter)
- b = lebar plat (m)
- a = Kedalaman plat tertanam dari permukaan (m)

c. *Counterpoise* electrode

Counterpoise elektroda adalah pentanahan dengan cara memasang konduktor dengan horisontal di dalam bumi. Pentanahan ini bisa dipakai di daerah yang nilai tahananannya cukup tinggi sesuai pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Grounding Counterpoise.

Persamaan untuk mencari tahanan pentanahan *counterpoise* dirujuk sesuai pada Persamaan (2.4).

$$R = \sqrt{r\rho} \coth(L\sqrt{r/p}) \quad \Omega \quad (2.4)$$

dengan :

- R = tahanan pentanahan (ohm)
- ρ = tahana jenis tanah (Ohm-meter)
- L = panjangnya elektroda (meter)
- r = tahanan kawat (Ohm/meter)

Tujuan desain counterpoise adalah mencapai tahanan yang tetap dari counterpoise sebelum tegangan pada puncak menara mencapai tingkat loncatan api dari isolator. Panjang minimum counterpoise dapat dihitung dengan Persamaan (2.5).

$$L = \sqrt{\frac{p}{r}} \cdot \coth^{-1}\left[\frac{R}{\sqrt{r\rho}}\right] \quad (2.5)$$

dengan :

- R = tahanan pentanahan (ohm)
- ρ = tahana jenis tanah (Ohm-meter)
- L = panjangnya elektroda (meter)
- r = tahanan kawat (Ohm/meter)

Bila counterpoise cukup panjang, 2 atau 3 lebih kawat digunakan untuk counterpoise sampai tahanan yang diinginkan diperoleh [11]

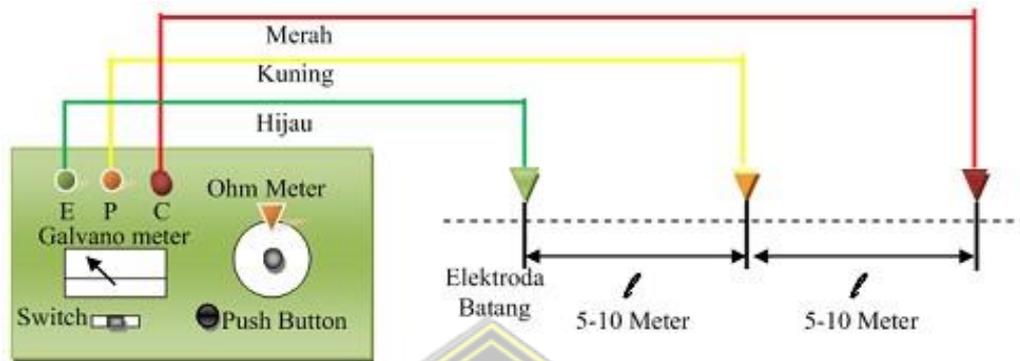
Nilai impedansi pentanahan mengacu pada nilai resistansi dari penghubung suatu titik listrik atau penghantar. Standar pentanahan telah diatur dalam Persyaratan Umum untuk Instalasi Listrik (PUIL 2000) dan masih berlaku hingga saat ini, dengan batas kurang dari atau sama dengan 5Ω . Nilai ini merupakan batas toleransi tertinggi untuk impedansi pentanahan. Namun, dalam beberapa struktur tanah tertentu, nilai resistansi hingga 10Ω diperbolehkan. Jika nilai impedansi pentanahan tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, upaya harus dilakukan untuk menyesuaikannya dengan nilai yang telah ditentukan. Jika nilai impedansi pentanahan terlalu besar, dapat memiliki dampak negatif pada komponen instalasi, karena pentanahan yang tidak sempurna dapat menyebabkan aliran arus sisa yang dapat merusak komponen, terutama komponen elektronik yang sensitif terhadap arus.

Alat pengukur impedansi pentanahan, yang juga dikenal sebagai Earth Tester, digunakan untuk melindungi peralatan listrik atau elektronik dari induksi listrik yang disebabkan oleh sambaran petir. Untuk mengukur impedansi pentanahan, digunakan Earth Tester, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Earth Tester

Cara pengukuran nilai tahanan pentanahan (*grounding*) menggunakan Earth Tester, seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Pengukuran Earth Tester.

Periksa kondisi batang elektroda grounding menara yang akan diukur. Jika kotor, bersihkan terlebih dahulu permukaan batang tersebut dengan lap bersih atau kertas amplas agar klem kabel probe dapat langsung kontak dengan permukaan tembaga yang telah dibersihkan dan untuk mencegah kesalahan pembacaan pada alat ukur.

- Periksa kondisi dan perlengkapan pendukung dari alat ukur digital untuk grounding.
- Earth Tester memiliki tiga kabel, yaitu merah (C), kuning (P), dan hijau (E).
- Sambungkan kabel sesuai dengan warna yang telah ditentukan pada Earth Tester.
- Sambungkan kabel merah dan kuning ke tanah, masing-masing dengan jarak sekitar 5-10 meter dari elektroda grounding atau batang grounding.
- Sambungkan juga kabel hijau ke batang elektroda grounding yang sudah terpasang.
- Lakukan pengukuran grounding (impedansi grounding) dengan memutar knob alat ukur pada posisi 20 Ω , 200 Ω , atau 2000 Ω , tergantung kondisi tanah di area setempat yang akan diukur.

- g. Kemudian tekan tombol Earth Tester untuk mengetahui grounding menara, biasanya ditandai dengan warna kuning atau merah pada tampilan alat ukur dan nilai impedansi grounding akan ditampilkan.
- h. Selesai, nilai impedansi grounding menara telah diketahui.

Resistansi sistem transmisi berfungsi untuk mengalirkan langsung sambaran petir dari menara SUTT maupun SUTET ke tanah. Resistansi menara terdiri dari penghantar berbahan tembaga atau baja yang diklem pada pipa grounding yang terkubur dekat pondasi menara.

Nilai resistansi grounding harus dibuat sekecil mungkin agar menghindari tegangan tinggi pada sistem penyaluran transmisi. Batas nilai resistansi grounding di menara adalah sebagai berikut:

- 70 Kilovolt: 5 Ohm
- 150 Kilovolt: 10 Ohm
- 275 - 500 Kilovolt: 15 Ohm

4. **Tahanan Jenis Tanah**

Nilai tahanan jenis tanah merupakan faktor paling penting yang secara signifikan mempengaruhi nilai resistansi pentanahan. Lokasi sistem pentanahan memiliki peran yang sangat penting; oleh karena itu, ketika mendirikan sistem pentanahan, perlu memperhatikan nilai tahanan jenis tanah di sekitarnya.

Nilai tahanan jenis tanah tergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhinya, termasuk:

- a. Jenis tanah
- b. Lapisan tanah (tanah dengan beberapa lapisan)
- c. Kelembaban tanah
- d. Suhu

Telah dilakukan percobaan untuk mengubah komposisi kimia tanah dengan cara menyebarkan natrium klorida di sekitar area elektroda pentanahan untuk mengurangi nilai tahanan jenis tanah. Namun, metode ini hanya memiliki efek sementara dan perlu dilakukan secara berkala, setidaknya setiap 6 bulan sekali. Nilai resistansi pentanahan juga tergantung pada kedalaman elektroda pentanahan,

karena nilai resistansi pentanahan akan semakin baik saat mencapai titik air tanah yang konstan.

Di satu lokasi, mungkin terdapat berbagai jenis tanah, sehingga nilai tahanan jenis tanah didekati dengan menggunakan nilai rata-rata dari jenis tanah yang ada di lokasi tersebut. Nilai rata-rata digunakan karena berbagai jenis tanah di satu lokasi dapat bercampur dan mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah di lokasi tersebut.

Sebelumnya, para ahli telah melakukan penelitian tentang nilai tahanan jenis tanah; oleh karena itu, para peneliti telah mencoba melakukan perhitungan menggunakan rumus yang disebutkan di atas untuk mendapatkan beberapa pendekatan nilai tahanan jenis tanah berdasarkan penelitian yang dilakukan, seperti yang tercantum dalam Tabel 2.1. [12]

Tabel 2. 1 Tahanan jenis tanah [12]

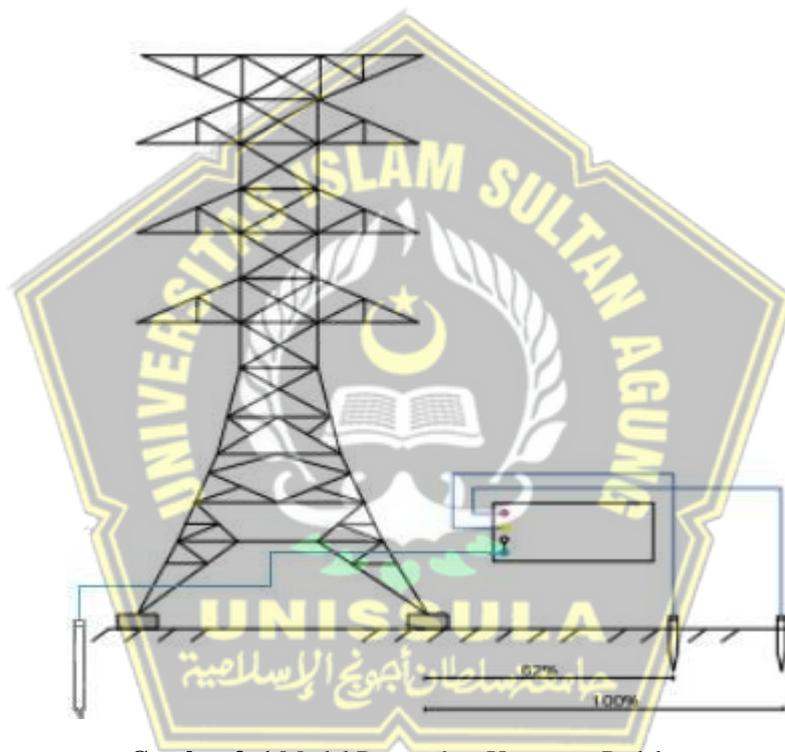
Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ω)
Tanah Rawa	10 s.d 40
Tanah Liat dan Ladang	20 s.d 100
Pasir Basah	50 s.d 200
Kerikil Basah	200 s.d 3.000
Pasir dan Kerikil Kering	< 10.000
Tanah Berbatu	2.000 – 3.000
Air Laut dan Tawar	10 s.d 100

Dan peneliti menggunakan Tabel 2.1 tahanan jenis tanah ini untuk dijadikan parameter jenis tanahnya [13]

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Model penelitian Tugas Akhir adalah melakukan pengukuran tahanan pentanahan kaki menara transmisi 150 kV menggunakan pentanahan jenis elektroda batang yang ditanamkan tegak lurus ke dalam tanah dengan kedalaman antara 1 sampai 10 meter. model penelitian ini dilakukan pengukuran tahanan pentanahan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Model Pentanahan Ungaran - Pudukpayung

Obyek penelitian pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV Ungaran-Pudukpayung yang menghubungkan GI 150kV Ungaran dengan GI Pudukpayung dilakukan di wilayah kerja PT.PLN (Persero) ULTG Semarang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam melaksanakan pengukuran tahanan pentanahan adalah sebagai berikut yang ditunjukkan pada Table 3.1.

Tabel 3. 1 Alat yang Digunakan.

No	Nama Alat	Satuan	Volume
1	Earth Tester merk Kyoritsu 4105A	1	Buah
2	Kunci Ring Pas 14”, 17”, 19”, dan 24”	2	Buah
3	Kunci Shock	1	Set
4	Tang Jepit Dan Kombinasi	2	Buah
5	Obeng	1	Buah
6	Palu	1	Buah
7	Earth Tester Merk Kyoritsu 4102A	1	Set
8	Penetrating Oil	1	Can
9	Tool Bag	1	Buah
10	Sikat Baja dan Kuningan	2	Buah
11	Perlengkapan Tulis dan Buku	1	Buah

Untuk peralatan K3 yang digunakan dalam pelaksanaan pengukuran pentanahan ditunjukkan pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Peralatan K3.

No	Nama alat	Satuan	Volume
1	Safety Helmet	1	Buah
2	Safety Shoes	1	Pasang
3	Safety Gloves	1	Pasang
4	Wearpack	1	Buah
5	Perlengkapan P3K	1	Set

Bahan-bahan yang digunakan adalah parameter yang digunakan peneliti untuk melakukan perhitungan tahanan pentanahan kaki menara transmisi 150 kV sebagai berikut :

1. (D) diameter elektroda batang sebesar 0.015 meter/(a) jari-jari elektroda batang sebesar 0.0075 meter.
2. Data hasil pengukuran tahanan pentanahan (R) SUTT 150 kV Ungaran – Pudukpayung 48 tower dapat dilihat pada Tabel 4.1.
3. Panjang elektroda ke tanah (L) sepanjang 3 meter.

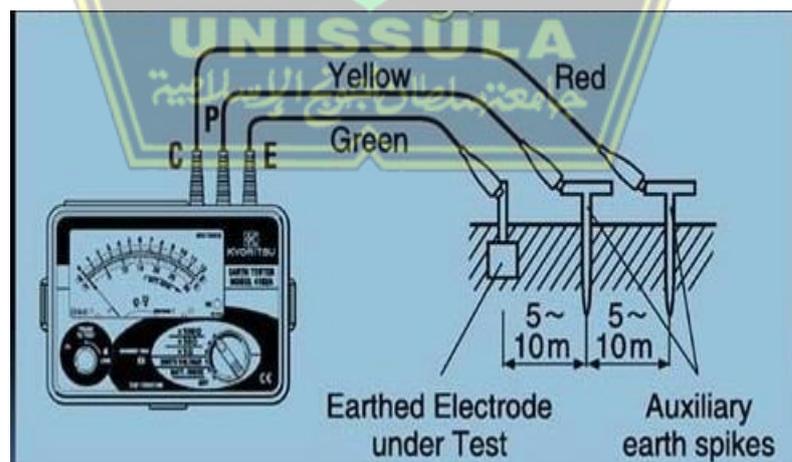
3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan yaitu melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

3.3.1 Langkah Pelaksanaan

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pelaksanaan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan APD sesuai SOP
2. Menyiapkan peralatan kerja dan peralatan K3
3. Cek kondisi baterai alat uji
4. Cek kondisi kabel alat uji
5. Breafing
6. Berdoa



Gambar 3. 2 Pemasangan Alat Ukut Pentanahan

Setelah melakukan persiapan maka dilakukan pelaksanaan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Rangkaian kabel alat ukur tahanan pentanahan sesuai pada Gambar 3.2
 1. Kabel hijau (Green) dipasang pada objek yang diukur
 2. Kabel kuning (Yellow) dipasang sejauh kurang lebih 5 meter dari objek yang diukur
 3. Kabel merah (Red) dipasang sejauh kurang lebih 10 meter dari objek yang diukur
- b. Lakukan pengukuran nilai tahanan pentanahan pada objek berikut ini :
 1. Tahanan pentanahan gabungan (tower dan arde)
 2. Tahanan pentanahan arde leg A, B, C, D atau leg yang ada ardenya (perlu pelepasan arde pada kaki tower dengan menggunakan kunci ring pas sesuai ukuran)
 3. Tahanan pentanahan tower (tanpa arde yang terhubung)
- c. Pilih skala pada selector switch, mulai dari yang tertinggi. Apabila hasilnya terlalu kecil, turunkan skala pengukuran alat uji
- d. Sebelum memulai pengujian, pastikan koneksi alat uji dengan objek yang diukur telah terpasang dengan baik dan tidak ada personil yang menyentuh alat uji maupun objek.
- e. Lakukan pengukuran dalam blangko hasil pengukuran tahanan pentanahan kaki tower

3.3.2 Data Penelitian

Data – data hasil pengukuran tahanan pentanahan yang di peroleh dari hasil pengukuran pentanahan yang telah dilaksanakan oleh PT.PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Ungaran. Standar pengukuran yang di gunakan adalah menggunakan standar yang digunakan PLN, yaitu sesuai dengan PUIL 2000 seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Standar Pengukuran Pentanahan [12]

Peralatan yang di periksa	Tegangan Operasi	Standar
Pentanahan	70 kV	≤ 5 Ohm
Pentanahan	150kV	≤ 10 Ohm
Pentanahan	275 kV / 500 kV	≤ 15 Ohm

3.4 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti mengawali penelitian dengan melakukan studi literatur dan studi lapangan, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data – data, baik data primer maupun sekunder. Data primer dapat didapatkan langsung dari sumber yang bersangkutan dengan penelitian ini, sedangkan data sekunder didapatkan dari jurnal, buku, maupun penelitian dari orang lain tentang pentanahan tower transmisi. Selanjutnya yaitu menentukan tahapan prosedur penelitian sampai dengan analisis dan kesimpulan.

Dalam penelitian ini tidak semua tower transmisi 150 kv yang di teliti, namun peneliti melakukan penelitian terhadap tower transmisi yang memiliki nilai ukur yang diatas standar yang didapatkan dari data pada saat pengumpulan data. Berikut metode penelitian yang digunakan diantaranya :

3.4.1 Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan sesuai objek yang telah ditentukan yaitu pada menara transmisi 150kV Ungaran – Pudukpayung dengan jumlah 48 tower. Dengan menggunakan alat ukur eart tester merk kyoritsu 4105A.

3.4.2 Perhitungan Tahanan Pentanahan

Perhitungan tahanan pentanahan dilakukan dengan mengumpulkan data variable-variabel pendukung pada persamaan rumus yang ada. Seperti tahanan jenis tanah, panjang elektroda, serta luasan elektroda yang digunakan

3.4.3 Validasi hasil Perhitungan dan Pengukuran

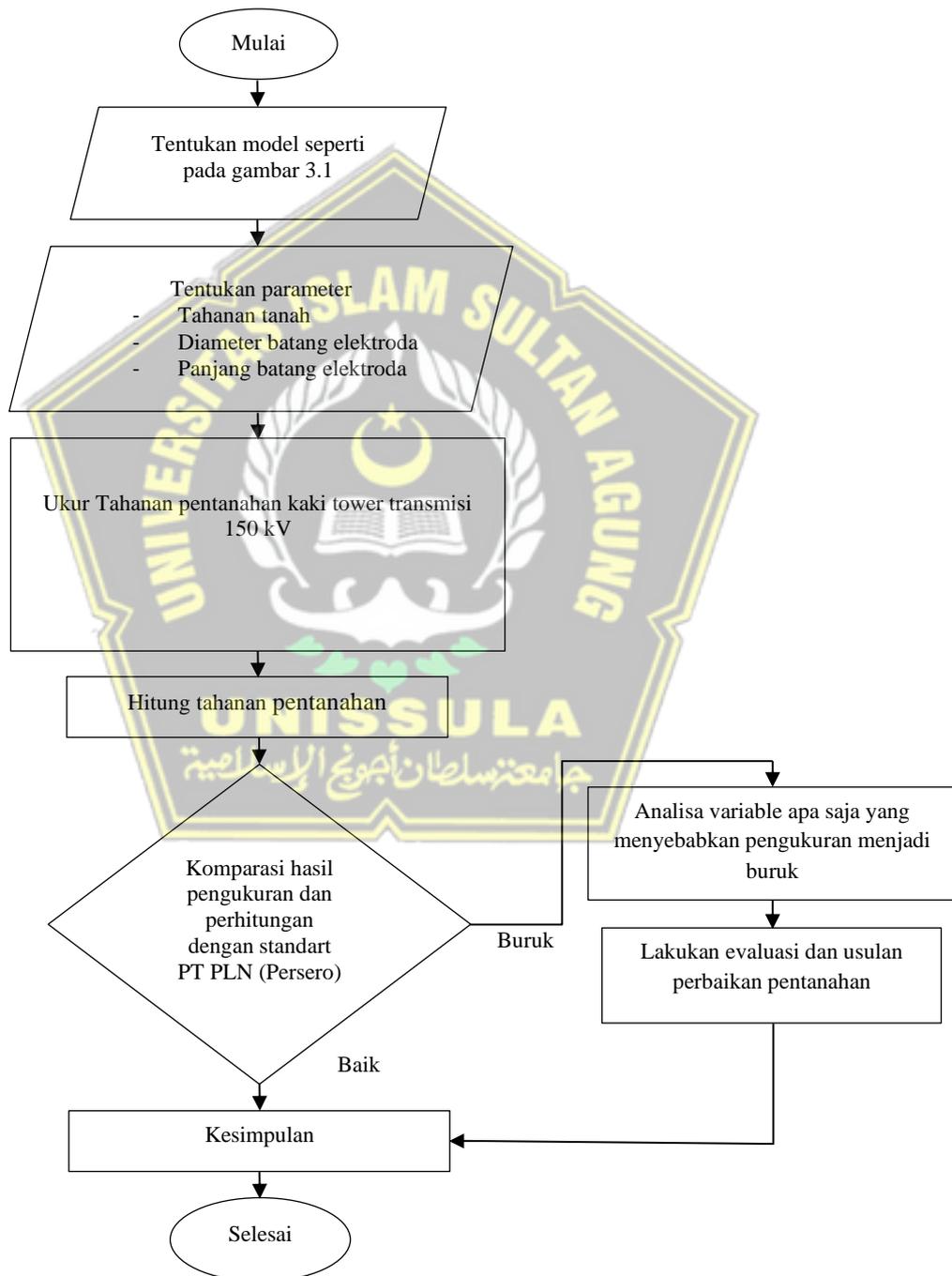
Validasi yang digunakan adalah dengan membandingkan hasil perhitungan dan pengukuran terhadap standar yang ada.

3.4.4 Analisa Perbaikan tahanan pentanahan

Analisa perbaikan yang digunakan adalah dengan perhitungan merubah variable rho, panjang elektroda dan jari jari elektroda pada nilai pengukuran tahanan pentanahan yang melebihi standar sehingga memperoleh nilai hitung dibawah standar.

3.5 Flowchart Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan pelaksanaan yang tersusun secara runtut untuk mendapatkan data dan hasil Analisa pengukuran pentanahan tower SUTT 150 kV Penghantar Ungaran -Pudakpayung. Secara garis besar diagram alir digambarkan sebagai berikut:



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dengan merujuk pada parameter parameter pentanahan tower transmisi 150 kV, pengukuran yang dilakukan, serta perhitungan tahanan pentanahan. Dari data tersebut penulis dapat menguraikan kondisi tahanan pentanahan tower transmisi 150kV Ungaran – Pudukpayung setelah mengetahui parameter tahanan tanah, diameter elektroda dan panjang elektroda, serta mendapatkan data hasil pengukuran tahanan pentanahan dan perhitungan tahanan pentanahan. Hasil data pengukuran tahanan pentanahan yang dilakukan tersebut di bandingkan dengan nilai resistansi sesungguhnya sebagai patokan yang didapatkan dari hasil perhitungan. Dari perbandingan inilah akan diketahui nilai tahanan pentanahannya, apabila nilainya buruk maka dilakukan analisa variabel apa saja yang mempengaruhi nilai tahanan pentanahannya menjadi buruk dan melakukan evaluasi dan usulan perbaikan pentanahan tower transmisi 150 kV supaya mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang terbaik.

4.1.1 Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan menara transmisi 150 kv dilakukan dengan standar operasional PT.PLN (Persero). Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur digital earth tester merek kyoritsu 4105-A. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran tahanan pentanahan tower transmisi Ungaran-Pudukpayung dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Pentanahan Tower

No	No Tower	Pentanahan Kaki Tower (ohm)	Jenis Tanah
1	33 M	0.65	Liat dan Ladang
2	33 L	0.88	Liat dan Ladang

No	No Tower	Pentanahan Kaki Tower (ohm)	Jenis Tanah
3	33 K	0.57	Liat dan Ladang
4	33 J	12.2	Liat dan Ladang
5	33 I	2.87	Liat dan Ladang
6	33 H	0.98	Liat dan Ladang
7	33 G	8.13	Liat dan Ladang
8	33 F	5.12	Liat dan Ladang
9	33 E	0.48	Tanah Rawa
10	33 D	13.7	Liat dan Ladang
11	33 C	4.89	Tanah Rawa
12	33 B	3.21	Tanah Rawa
13	33 A	0.46	Tanah Rawa
14	34	2.65	Liat dan Ladang
15	35	7.32	Liat dan Ladang
16	36	1.94	Liat dan Ladang
17	37	2.09	Liat dan Ladang
18	38	1.89	Liat dan Ladang
19	39	4.25	Liat dan Ladang
20	40	0.88	Liat dan Ladang
21	41	0.9	Liat dan Ladang
22	42	3.45	Liat dan Ladang
23	43	0.56	Tanah Rawa
24	44	0.65	Liat dan Ladang
25	45	1.23	Liat dan Ladang
26	46	0.97	Liat dan Ladang
27	46 A	2.56	Liat dan Ladang
28	47	0.67	Liat dan Ladang
29	48	0.32	Liat dan Ladang

No	No Tower	Pentanahan Kaki Tower (ohm)	Jenis Tanah
30	49	2.56	Liat dan Ladang
31	50	0.52	Liat dan Ladang
32	51	0.78	Liat dan Ladang
33	52	0.88	Liat dan Ladang
34	53	0.95	Tanah Rawa
35	54	1.67	Liat dan Ladang
36	55	2.19	Tanah Rawa
37	56	1.76	Liat dan Ladang
38	57	0.84	Tanah Rawa
39	58	1.72	Liat dan Ladang
40	59	2.8	Liat dan Ladang
41	60	5.3	Liat dan Ladang
42	61	0.88	Liat dan Ladang
43	62	2.35	Liat dan Ladang
44	63	1.33	Liat dan Ladang
45	64	1.55	Liat dan Ladang
46	65	1.62	Liat dan Ladang
47	66	5.84	Liat dan Ladang
48	67	1.41	Liat dan Ladang

Dari tabel hasil pengukuran di atas pengukuran yang dilakukan yaitu pengukuran kaki tower tanpa arde kaki. Pengukuran ini dilakukan pada pentanahan arde kaki tower secara langsung. Sistem pentanahan ini di ukur dengan cara memisahkan dengan kaki tower untuk mendapatkan nilai dari hambatan pentanahan.

4.1.2 Analisa Pengukuran

Dari hasil pengukuran tersebut didapatkan nilai tahanan pentanahan yang menjadi acuan pentanahan tower transmisi tersebut masih layak atau tidak. Sesuai

dengan standar yang dipakai oleh PLN yaitu dibawah sampai dengan 10 ohm pada penghantar 150 kV. Hasil pengukuran nilai tahanan pentanahan pada penghantar 150 kV Ungaran-Pudakpayung sebesar 85 % dalam keadaan baik karena hasil nilai tahanan pentanahannya masih di bawah 5 ohm, 10,5 % dalam kondisi batas toleransi karena nilai tahanan pentanahannya diatas 5 ohm dan mendekati 10 ohm. yaitu pada tower nomor 33G sebesar 8,13 ohm, nomor 33F sebesar 5,12 ohm, nomor 35 sebesar 7,32 ohm, nomor 60 sebesar 5,30 ohm, nomor 66 sebesar 5,84 ohm. Dan 0,5 % dalam kondisi buruk yaitu pada tower 33 J dan 33D yaitu sebesar 12,2 ohm dan 13,7 ohm.

4.1.3 Perhitungan Tahanan Pentanahan

Perhitungan yang dilakukan peneliti adalah patokan untuk mendapatkan nilai sesungguhnya dari tahanan pentanahan. Perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan (2.1) yang dikembangkan oleh profesor H.B. Dwight yang telah banyak digunakan sebagai pendekatan matematis penelitian-penelitian sebelumnya.

Untuk menghitung tahanan jenis tanah (ρ) data yang diperlukan adalah data hasil pengukuran tahanan pentanahan tower gabungan sebanyak 48 tower transmisi 150 kV Ungaran – Pudakpayung yang di dapat dari PT.PLN (Persero) ULTG Semarang sebagai berikut :

4. (D) diameter elektroda batang sebesar 0.015 meter/(a) jari-jari elektroda batang sebesar 0.0075 meter.
5. Data hasil pengukuran tahanan pentanahan (R) SUTT 150 kV Ungaran – Pudakpayung 48 tower dapat dilihat pada Tabel 4.1.
6. Panjang elektroda ke tanah (L) sepanjang 3 meter.

Di bawah ini perhitungan tahanan jenis tanah (ρ) di contohkan tower nomer 33 J dan selanjutnya hasil perhitungan dapat dilihat dari Tabel 4.1 :

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

$$\rho = \frac{2 \times 3.14 \times 3 \times 12,2}{\left(\ln \frac{4 \times 3}{0.0075} - 1\right)} = \frac{229,84}{(\ln 1600 - 1)} = \frac{229,84}{6.37} = 36,08 (\Omega\text{-m})$$

Untuk menghitung tahanan elektroda ke tanah (R) data yang dipakai adalah hasil perhitungan dari tahanan jenis tanah (ρ) sebanyak 48 tower. Maksud dari perhitungan ini yaitu membandingkan hasil pengukuran dari PT. PLN (Persero) dengan hasil perhitungan yang tentunya dirubah dari segi panjang elektroda yang di tanam. Data yang dipakai sebagai berikut :

1. (D) diameter elektroda batang sebesar 0.015 meter/(a) jari-jari elektroda batang sebesar 0.0075 meter.
2. Data hasil perhitungan dari tahanan jenis tanah (ρ)
3. Panjang elektroda ke tanah (L) sepanjang 4 meter, 5 meter dan 6 meter

Di bawah ini perhitungan tahanan elektroda ke tanah (R) dicontohkan tower nomer 33 J dan selanjutnya hasil dapat dilihat pada Tabel 4.1

1. L = 3 meter

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

$$R = \frac{36.08}{2 \times 3.14 \times 3} \left[\left(\ln \frac{4 \times 3}{0.0075} \right) - 1 \right]$$

$$R = \frac{36.08}{18.84} [(\ln 1600) - 1]$$

$$R = 1.91 \times 6.37$$

$$R = 12.19 \Omega$$

2. L = 4 meter

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

$$R = \frac{36.08}{2 \times 3.14 \times 4} \left[\left(\ln \frac{4 \times 4}{0.0075} \right) - 1 \right]$$

$$R = \frac{36.08}{25.12} [(\ln 2133.3) - 1]$$

$$R = 1.43 \times 6.66$$

$$R = 9.56 \Omega$$

3. L = 5 meter

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

$$R = \frac{36,08}{2 \times 3.14 \times 5} \left[\left(\ln \frac{4 \times 5}{0.0075} \right) - 1 \right]$$

$$R = \frac{36.08}{31.4} [(\ln 2666.66) - 1]$$

$$R = 1.14 \times 6.88$$

$$R = 7.9 \Omega$$

4. L = 6 meter

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

$$R = \frac{36.08}{2 \times 3.14 \times 6} \left[\left(\ln \frac{4 \times 6}{0.0075} \right) - 1 \right]$$

$$R = \frac{36.08}{37.68} [(\ln 3200) - 1]$$

$$R = 0.95 \times 7.07$$

$$R = 6.76 \Omega$$

4.1.4 Validasi hasil perhitungan, pengukuran dan standar

Dari hasil perhitungan dan pengukuran tahanan pentanahan tower transmisi 150 kV ditunjukkan sesuai Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Data Perhitungan Pentanahan Tower

No	Jari-jari (meter)	No Tower	Pengukuran tower gabungan di PT PLN (Persero) dengan elektroda batang (L) sebesar 3 meter		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$
			(R) tahanan lekroda ke tanah (Ω)	$\rho = \frac{2\pi LR}{\left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)}$ ($\Omega - m$)	L = 4 meter	L = 5 meter	L = 6 meter
1	0,0075	33 M	0.65	1,92	0,51	0,42	0,36
2	0,0075	33 L	0.88	2,60	0,69	0,57	0,49
3	0,0075	33 K	0.57	1,69	0,45	0,37	0,32

No	Jari-jari (meter)	No Tower	Pengukuran tower gabungan di PT PLN (Persero) dengan elektroda batang (L) sebesar 3 meter		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$
			(R) tahanan lekroda ke tanah (Ω)	$\rho = \frac{2\pi LR}{\left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)}$ ($\Omega - m$)	L = 4 meter	L = 5 meter	L = 6 meter
4	0,0075	33 J	12.2	36,08	9,57	7,91	6,77
5	0,0075	33 I	2.87	8,49	2,25	1,86	1,59
6	0,0075	33 H	0.98	2,90	0,77	0,64	0,54
7	0,0075	33 G	8.13	24,05	6,38	5,27	4,51
8	0,0075	33 F	5.12	15,14	4,01	3,32	2,84
9	0,0075	33 E	0.48	1,42	0,38	0,31	0,27
10	0,0075	33 D	13.7	40,52	10,74	8,88	7,60
11	0,0075	33 C	4.89	14,46	3,83	3,17	2,71
12	0,0075	33 B	3.21	9,49	2,52	2,08	1,78
13	0,0075	33 A	0.46	1,36	0,36	0,30	0,26
14	0,0075	34	2.65	7,84	2,08	1,72	1,47
15	0,0075	35	7.32	21,65	5,74	4,74	4,06
16	0,0075	36	1.94	5,74	1,52	1,26	1,08
17	0,0075	37	2.09	6,18	1,64	1,35	1,16
18	0,0075	38	1.89	5,59	1,48	1,22	1,05
19	0,0075	39	4.25	12,57	3,33	2,75	2,36
20	0,0075	40	0.88	2,60	0,69	0,57	0,49
21	0,0075	41	0.9	2,66	0,71	0,58	0,50
22	0,0075	42	3.45	10,20	2,71	2,24	1,91
23	0,0075	43	0.56	1,66	0,44	0,36	0,31
24	0,0075	44	0.65	1,92	0,51	0,42	0,36
25	0,0075	45	1.23	3,64	0,96	0,80	0,68
26	0,0075	46	0.97	2,87	0,76	0,63	0,54
27	0,0075	46 A	2.56	7,57	2,01	1,66	1,42
28	0,0075	47	0.67	1,98	0,53	0,43	0,37

No	Jari-jari (meter)	No Tower	Pengukuran tower gabungan di PT PLN (Persero) dengan elektroda batang (L) sebesar 3 meter		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) - 1 \right]$
			(R) tahanan lekroda ke tanah (Ω)	$\rho = \frac{2\pi LR}{\left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)}$ ($\Omega - m$)	L = 4 meter	L = 5 meter	L = 6 meter
29	0,0075	48	0.32	0,95	0,25	0,21	0,18
30	0,0075	49	2.56	7,57	2,01	1,66	1,42
31	0,0075	50	0.52	1,54	0,41	0,34	0,29
32	0,0075	51	0.78	2,31	0,61	0,51	0,43
33	0,0075	52	0.88	2,60	0,69	0,57	0,49
34	0,0075	53	0.95	2,81	0,74	0,62	0,53
35	0,0075	54	1.67	4,94	1,31	1,08	0,93
36	0,0075	55	2.19	6,48	1,72	1,42	1,22
37	0,0075	56	1.76	5,21	1,38	1,14	0,98
38	0,0075	57	0.84	2,48	0,66	0,54	0,47
39	0,0075	58	1.72	5,09	1,35	1,11	0,95
40	0,0075	59	2.8	8,28	2,20	1,81	1,55
41	0,0075	60	5.3	15,68	4,16	3,43	2,94
42	0,0075	61	0.88	2,60	0,69	0,57	0,49
43	0,0075	62	2.35	6,95	1,84	1,52	1,30
44	0,0075	63	1.33	3,93	1,04	0,86	0,74
45	0,0075	64	1.55	4,58	1,22	1,00	0,86
46	0,0075	65	1.62	4,79	1,27	1,05	0,90
47	0,0075	66	5.84	17,27	4,58	3,78	3,24
48	0,0075	67	1.41	4,17	1,11	0,91	0,78

Hasil validasi diatas diperoleh hasil untuk perhitungan secara keseluruhan masih di bawah standar, tetapi terdapat tower yang nilai tahanan pentanahannya masih di atas standar yaitu tower nomor 33 J sebesar 12.2 Ohm dan tower nomor 33 D sebesar 13.7 Ohm.

4.1.5 Analisa Perhitungan

Besaran nilai pengukuran dan perhitungan pentanahan pada tower transmisi 150kV diketahui makin kecil maka akan semakin baik, tetapi ada batasan maksimal yang diijinkan oleh pihak PLN sebagai pengelola SUTT 150 kV Ungaran-Pudakpayung adalah maksimal 10 ohm. Kecilnya nilai tahanan pentanahan ini berfungsi untuk mempercepat lewatnya arus yang diakibatkan oleh beda potensial tegangan yang besar ke tanah apabila sambaran langsung pada kawat tanah, maka tidak mengganggu jalur SUTT 150 kV Ungaran-Pudakpayung.

Berdasarkan Tabel 4.2 didapatkan hasil bahwa besar nilai tahanan pentanahan tower SUTT 150kV Ungaran-Pudakpayung yang merupakan bagian dari unit kerja PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Semarang sebagian besar masih dalam kondisi baik, namun ada beberapa tower yang nilai pentanahannya dalam kondisi buruk.

Analisis kondisi tahanan pentanahan dari SUTT 150 kV Ungarn-Pudakpayung Berdasarkan pada Tabel 4.2 rata-rata hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan memiliki kondisi yang baik karena masih dibawah 10 ohm, tetapi masih ada beberapa nilai tahanan pentanahan diatas 10 ohm.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakteristik Pengukuran Tahanan Pentanahan SUTT

Karakteristik pengukuran tahanan pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran-Pudakpayung terdapat pada teknik metode pengukuran sebagai berikut:

a. Kondisi Baik

Kondisi nilai tahanan pentanahan yang masih dalam kondisi baik terdapat pada ketiga teknik metode pengukuran, yaitu sebagai berikut:

1. Pengukuran tahanan pentanahan kaki tower tanpa arde

Suatu keadaan dimana nilai tahanan pentanahan kaki tower tanpa arde sebagian besar masih dalam kondisi baik, namun ada beberapa nilai tahanan diatas 5 ohm dan 10 Ohm yaitu tower no. 33G sebesar 8.13, tower no 35 sebesar 7.32, tower no 60 sebesar 5.3, tower no 66 sebesar 5.84, tower no 33 J sebesar 12,2 Ohm, dan 33 D sebesar 13,7 Ohm. Salah

satu faktor yang ada di lapangan adalah kondisi tanahnya adalah tanah ladang.

2. Pengukuran nilai tahanan pentanahan arde kaki tower

Keadaan ini dimana nilai dari tahanan pentanahan arde kaki tower sebagian besar masih dalam kondisi baik, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

a) Keadaan Ground rod serta kontak klem yang masih baik

Keadaan ini terjadi belum terdampak korosi setelah sekian lama dipendam dalam tanah, akibatnya keadaan kontak antara ground rod dengan penghantar pentanahan masih dalam kondisi baik

b) Kondisi tanah yang memiliki kelembaban tanah tinggi

Keadaan tanah yang masih memiliki kelembaban yang tinggi adalah salah satu variabel penentu besar nilai tahanan pentanahan. Dengan makin lembabnya tanah, maka nilainya akan semakin baik

c) Keadaan air tanah yang tetap

Seperti yang diketahui, nilai pentanahan dengan kondisi baik adalah dapat mendekati dengan air tanah. Apabila keadaan air di dalam tanah tetap, maka dapat disebabkan oleh faktor turunnya curah hujan yang mulai meninggi pada saat dilakukan pengukuran.

b. Kondisi Awas

Kondisi ini terjadi apabila tahanan pentanahannya mencapai diatas 5 Ohm sampai 10 Ohm, kondisi ini sebagai kondisi baik yang diperlukan pengawasan dan pengamatan lebih apabila terjadi kenaikan nilai tahanan pentanahan. Tower pada keadaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Nilai Tahanan Pentanahan di atas 5 ohm

No	No Tower	Pentanahan Kaki Tower	Hasil Perhitungan Tahanan Pentanahan Tower Transmisi 150 kV Ungaran – Pudukpayung PT PLN (Persero)					Jenis Tanah
			ρ	L 3meter	L 4meter	L 5meter	L 6meter	
1	33 G	8.13	24,05	8,13	6,38	5,27	4,51	Tanah liat ladang
2	33 F	5.12	15,14	5,12	4,01	3,32	2,84	Tanah liat ladang
3	35	7.32	21,65	7,32	5,74	4,74	4,06	Tanah liat ladang
4	60	5.3	15,68	5,3	4,14	3,43	2,94	Tanah liat ladang
5	66	5.84	17,27	5,84	4,58	3,78	3,24	Tanah liat ladang

Variabel yang dapat mempengaruhi keadaan nilai tahanan pentanahan mencapai 5 ohm serta mendekati nilai 10 ohm yaitu dimungkinkan sebagai berikut :

- a. Kemampuan Ground rod yang sudah menurun
Keadaan ini disebabkan oleh kondisi ground rod yang sudah mengalami korosi karena sudah terpendam dalam tanah selama periode yang cukup lama serta diakibatkan dari faktor kimia tanah, maka koneksi antara ground rod dan tanah juga mulai mengalami kenaikan
- b. Keadaan Kontak Antara Ground Rod Dengan Penghantar Sudah Korosi
Tahanan kontak antara ground rod dengan penghantar pentanahan yang terdapat pada klem pentanahan dapat meningkat karena kontak antara ground rod dengan penghantar pentanahan mulai mengalami korosi yang disebabkan oleh faktor kimia tanah. Nilai tahanan pentanahan bisa naik disebabkan nilai tahanan kontak yang meningkat
- c. Kelembabab Serta Air Tanah yang Sudah Berubah
Kelembaban air tanah serta kelembabannya bisa berubah-ubah bergantung pada kondisi curah hujan maupun cuaca yang terjadi di daerah setempat.

c. Kondisi Buruk

Kondisi ini terjadi pada tower yang memiliki nilai tahanan pentanahannya diatas 10 Ohm yaitu pada tower 33 J sebesar 12,2 Ohm dan tower no 33 D sebesar 13,7 Ohm. nilai tahanan pentanahan tower seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Nilai Tahanan Pentanahan di atas 10 ohm

No	No Tower	Pentanahan Kaki Tower	Hasil Perhitungan Tahanan Pentanahan Tower Transmisi 150 kV Ungaran – Pudukpayung PT PLN (Persero)					Jenis Tanah
			ρ	L 3meter	L 4meter	L 5meter	L 6meter	
1	33 J	12,2	36,08	12,2	9,57	7,91	6,77	Tanah ladang
2	33 D	13,7	40,52	13,7	10,74	8,88	7,6	Tanah ladang

Variabel yang dapat mempengaruhi keadaan nilai tahanan pentanahan mencapai diatas 10 ohm yaitu dimungkinkan sebagai berikut :

d. Kemampuan Ground rod yang sudah menurun

Keadaan ini disebabkan oleh kondisi ground rod yang sudah mengalami korosi karena sudah terpendam dalam tanah selama periode yang cukup lama serta diakibatkan dari faktor kimia tanah, maka koneksi antara ground rod dan tanah juga mulai mengalami kenaikan

e. Keadaan Kontak Antara Ground Rod Dengan Penghantar Sudah Korosi

Tahanan kontak antara ground rod dengan penghantar pentanahan yang terdapat pada klem pentanahan dapat meningkat karena kontak antara ground rod dengan penghantar pentanahan mulai mengalami korosi yang disebabkan oleh faktor kimia tanah. Nilai tahanan pentanahan bisa naik disebabkan nilai tahanan kontak yang meningkat

f. Kelembabab Serta Air Tanah yang Sudah Berubah

Kelembaban air tanah serta kelembabannya bisa berubah-ubah bergantung pada kondisi curah hujan maupun cuaca yang terjadi didaerah setempat.

4.2.2 Usulan Perbaikan Pentanahan Tower

Setelah diketahui hasil nilai tahanan pentanahan yang di atas standar atau lebih dari 10 Ohm, maka dilakukan upaya untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan sebagai berikut :

a. Melaksanakan Pemeliharaan secara rutin

Perawatan rutin yang dilakukan untuk mempertahankan kondisi yang baik dari sistem pentanahan kaki menara transmisi. Realisasi pelaksanaan perawatan setiap tahun adalah cara untuk memantau kondisi sistem pentanahannya. Nilai tahanan pentanahan yang di atas standara akan masuk kedalam daftar rencana perbaikan nilai tahanan pentanahan. Sambungan dari klem yang kurang baik, atau korosi antar sambungan menjadi penyebab utama kerusakan yang terjadi pada sistem pentanahan tower transmisi.

b. Menambah batang elektroda

Setelah Diketahui terdapat nilai tahanan pentanahan yang di atas standar atau lebih dari 10 Ohm, maka dilakukan penambahan batang elektroda untuk menurunkan nilai tahanan pentanahannya. Dengan diawali menentukan desain dari elektroda batang yang dilakukan dengan perhitungan yang dapat diketahui pada tabel 4.4. Diketahui parameter dalam perhitungan yaitu dengan panjang elektroda 3 meter diameter elektroda sebesar 1,5 cm atau 0,15 meter. Renana desain serta perhitungan dari nilai tahanan pentanahan sesuai dengan persamaan 2.1 adalah sebagai berikut :

a. Tower nomor 33 J.

dengan : $\rho = 36,08$ (Ohm-meter)

$L = 3$ (meter)

$a = 0,0075$ (meter)

$\pi = 3.14$ (meter)

$$R = \frac{36,08}{2 \times 3.14 \times 3} \left[\left(\ln \frac{4 \times 3}{0,0075} \right) - 1 \right]$$

$$R = \frac{36,08}{18,84} \left[\left(\ln \frac{12}{0,0075} \right) - 1 \right]$$

$$R = 1,91 \left[(\ln 1600) - 1 \right]$$

$$R = 1,91 \times 6,37$$

$$R = 12,181 \text{ Ohm}$$

Dengan menambahkan batang elektroda yang dipasang secara paralel sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti berikut :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{12,181} + \frac{1}{12,181}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{2}{12,181}$$

$$R_p = \frac{12,181}{2}$$

$$R_p = 6,09 \text{ Ohm}$$

b. Tower nomor 33 D.

dengan : $\rho = 40,52$ (Ohm-meter)

$L = 3$ (meter)

$a = 0,0075$ (meter)

$\pi = 3,14$ (meter)

$$R = \frac{40,52}{2 \times 3,14 \times 3} \left[\left(\ln \frac{4 \times 3}{0,0075} \right) - 1 \right]$$

$$R = \frac{40,52}{18,84} \left[\left(\ln \frac{12}{0,0075} \right) - 1 \right]$$

$$R = 2,150 \left[(\ln 1600) - 1 \right]$$

$$R = 2,150 \times 6,37$$

$$R = 13,695 \text{ Ohm}$$

Dengan menambahkan batang elektroda yang dipasang secara paralel sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti berikut :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{13,695} + \frac{1}{13,695}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{2}{13,695}$$

$$Rp = \frac{13,695}{2}$$

$$Rp = 6,847 \text{ Ohm}$$

Dengan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan sebuah batang elektroda yang tertanam secara tegak lurus didalam tanah pada tower 33 J yaitu sebesar 12,181 Ohm menjadi 6,09 Ohm dengan menambahkan batang elektroda, pada tower nomor 33 D yaitu sebesar 13,695 Ohm menjadi 6,847 Ohm.

4.2.3 Perbandingan Pengukuran Perhitungan dengan Standar

Hasil pengukuran, perhitungan dengan standar pentanahan tower transmisi dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan pengukuran perhitungan dengan standar

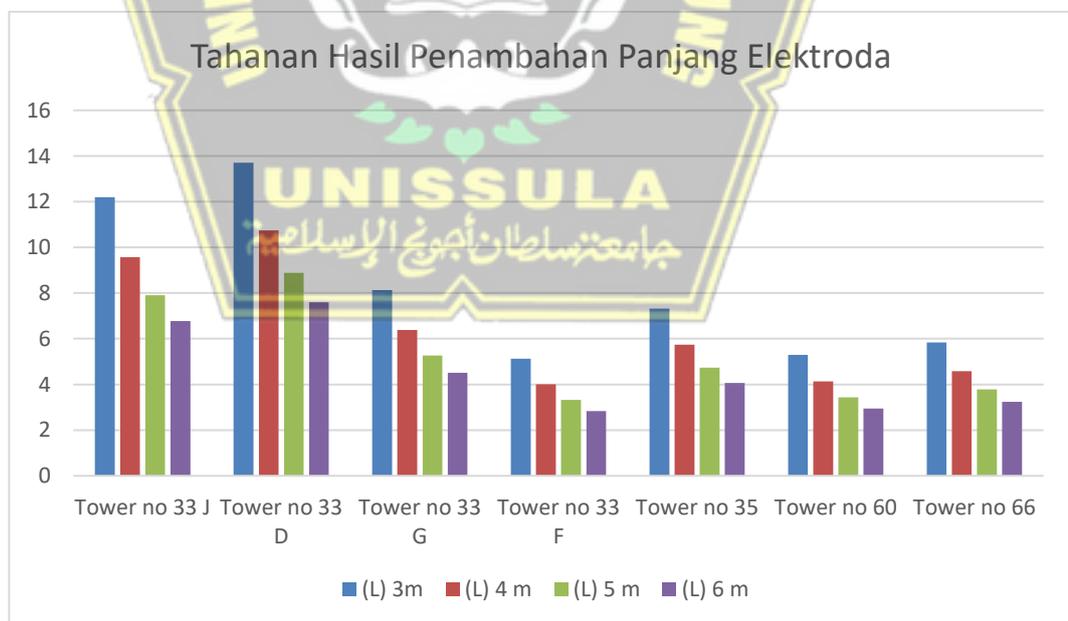
No	No Tower	Pengukuran Pentanahan Kaki Tower (Ohm)	Hasil Perhitungan Tahanan Pentanahan Tower Transmisi 150 kV Ungaran – Pudukpayung PT PLN (Persero)					Standar Pentanahan
			ρ Ohm	L 4 m	L 5 m	L 6 m	2 elektroda rod	
1	33 J	12,2	36,08	9,57	7,91	6,77	6,1	Di bawah Standar
2	33 D	13,7	40,52	10,74	8,88	7,6	6,8	Di bawah Standar

Hasil menunjukkan nilai tahanan pentanahan pada pengukuran tower 33 J sebesar 12, 2 Ohm dengan menambahkan panjang elektroda 6 meter sebesar 6,77 Ohm dan menambahkan batang elektroda menjadi 6,1 Ohm, tower 33 D sebesar 13, 7 Ohm dengan menambahkan panjang elektroda 6 meter sebesar 6,7 Ohm dan menambahkan batang elektroda menjadi 6,8 Ohm. Maka dengan menambahkan batang elektroda pada pentanahan tower transmisi adalah metode yang paling efektif dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran-Pudukpayung. Terlihat pada Tabel 4.5 hasil pengukuran yang tadinya di

atas standar dengan melakukan perhitungan menambahkan panjang elektroda dan menambahkan batang elektroda menjadi di bawah standar.

4.2.4 Analisa Perhitungan

Dari perhitungan secara teoritis di atas pada Tabel 4.2 diketahui dengan menambahkan panjang elektroda menjadi 3 meter dan 4 meter, terdapat selisih antara pengukuran nilai tahanan pentanahan yang didapat dan perhitungan yang dilakukan untuk tower dengan jumlah 5 tower yang di tunjukkan pada Tabel 4.3 dan 2 tower yang di tunjukkan pada Tabel 4.4. Tahanan pentanahan hasil penambahan panjang elektroda mengalami penurunan yang dapat membantu memperbaiki nilai tahanan pentanahan yang di atas standar, Tetapi dengan cara menambahkan 1 batang elektroda didapatkan hasil yang paling efektif karena melakukan perbaikan dengan menambah batang elektroda lebih mudah di kerjakan, dapat dilihat pada Grafik 4.1.



Grafik 4. 1 Grafik Perhitungan

Hasil grafik perhitungan yang dilakukan dapat diketahui bahwa semakin panjang elektroda batang yang di tancapkan tegak lurus kedalam tanah, maka akan semakin kecil nilai tahanan pentanahannya. Terlihat pada tower transmisi nomer 33 J sebesar 12,2 ohm dengan menambahkan panjang elektroda sebesar 6 meter menjadi 6,77 ohm, tower nomor 33 D sebesar 13,7 ohm dengan menambahkan panjang elektroda sebesar 6 meter menjadi 7,60 ohm, 33G sebesar 8,13 ohm dengan menambahkan panjang elektroda 6 meter menjadi 4,51 ohm, Tower nomor 33F sebesar 5,12 ohm menjadi 4,01 dengan menambahkan panjang elektroda sebesar 4 meter dan semakin kecil pada penambahan panjang elektroda sebesar 5 meter dan 6 meter sebesar 3,32 untuk 5 meter dan 2,84 untuk 6 meter , tower nomor 35 sebesar 7,32 ohm dengan menambahkan panjang elektroda 5 meter menjadi 4,07 ohm dan semakin kecil pada penambahan panjang elektroda 6 meter sebesar 4,06 ohm, tower nomor 60 sebesar 5,30 ohm dengan penambahan panjang elektroda 4 meter menjadi 4,14 ohm dan semakin kecil dengan penambahan panjang elektroda 5 meter dan 6 meter sebesar 3,43 ohm untuk 5 meter dan 2,94 ohm untuk 6 meter, tower nomor 66 sebesar 5,84 ohm dengan menambahkan panjang elektroda sebesar 4 meter menjadi 4,58 ohm dan semakin kecil pada penambahan panjang elektroda 5 meter dan 6 meter sebesar 3,78 ohm untuk 5 meter dan 3,24 ohm untuk 6 meter.

Struktur dan karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan sistem pembumian yang akan digunakan. Nilai tahanan jenis tanah harganya juga bermacam macam tergantung pada komposisi tanah masing masing. Selain itu faktor yang menjadi penentu nilai tahanan pentanahan lainnya adalah material yang digunakan seperti panjang, dimensi, maupun besar kawat penghantar yang digunakan. Semakin panjang elektroda maka akan semakin kecil nilai tahanan pentanahannya, dapat dilihat pada Tabel 4.3

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan terhadap nilai tahanan pentanahan tower transmisi 150 kV Ungaran-Pudakpayung, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi pada tower transmisi 150 kV Ungaran-Pudakpayung, rata rata terletak pada tanah rawa dan ladang. Pentanahan tower sebagian besar masih terbilang layak, tetapi masih terdapat tower dalam kondisi buruk. Terdapat 41 tower transmisi yang nilai tahanan pentanahannya di bawah 5 ohm, 2 tower dalam keadaan buruk atau di atas standar 10 ohm yaitu tower no 33 J dan 33 D sebesar 12,2 ohm dan 13,7 Ohm, ada juga tower dengan kondisi awas atau di atas 5 ohm dan mendekati nilai 10 ohm yaitu tower nomor 33G sebesar 8,13 Ohm, nomor 33F sebesar 5,12 Ohm, nomor 35 sebesar 7,32 Ohm, nomor 60 sebesar 5,30 Ohm, dan tower nomor 66 sebesar 5,84 Ohm.
2. Pengukuran dan perhitungan yaitu dengan metode pengukuran kaki menara tanpa arde dan melakukan perhitungan dengan merubah variable panjang elektroda dengan panjang 4 meter, 5 meter dan 6 meter, dan melakukan perhitungan menambahkan batang elektroda dan d paralel, dapat di ketahui tower nomer 33 J dengan panjang elektroda 3 meter menghasilkan tahanan pentanahan 12,2 Ohm, dengan menambhankan panjang elektroda 6 meter menjadi 6,77 Ohm, dan menambahkan batang elektroda menjadi 6,1 Ohm. Menambahkan batang elektroda adalah metode yang paling efektif dan pengerjakaannya yang mudah.
3. Data analisa hasil nilai tahanan pentanahan yang belum layak atau di atas standar perlu dilakukan pemeliharaan yang lebih baik serta usulan penambahan panjang elektroda terlihat pada tabel 4.5 tower nomor 33 J memiliki nilai tahanan sebesar 12,2 Ohm ditambahkan elektroda batang yang di tancapkan kedalam tanah dan di paralel menjadi 6,1 Ohm, tower

nomor 33 D memiliki nilai tahanan sebesar 13,7 Ohm ditambahkan elektroda batang yang di tancapkan kedalam tanah dan di paralel menjadi 6,8 Ohm sehingga hasil pengukuran menjadi layak dan paling efektif.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian nilai tahanan pentanahan pada tower transmisi 150 kV Ungaran–Pudakpayung dapat disampaikan beberapa saran :

1. Mempercepat jadwal perawatan rutin pentanahan tower dari satu tahunan menjadi 6 bulanan.
2. Apabila terdapat nilai tahanan pentanahan yang di atas standar harus segera dilakukan perbaikan sistem pentanahannya.
3. Menambahkan panjang elektroda dapat digunakan sebagai salah satu upaya untuk menurunkan nilai tahanan pentanahannya.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero), “Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET),” 2014, pp. 1–148.
- [2] H. Widiatmoko, “Evaluasi Perhitungan Tahanan Pentanahan Menara Transmisi 150 kV Sluke-Rembang,” *Univ. Islam Sultan Agung Semarang*, 2020.
- [3] D. Pranatali, “Analisis Kelayakan Pentanahan Tower SUTT 150 kV Jelok-Bringin Metode Komparasi,” *Univ. Islam Sultan Agung Semarang*, 2022.
- [4] A. Farmada, “Studi Pengukuran Tahanan Pentanahan Tower SUTET 500 kV Pedan-Ungaran,” *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2016.
- [5] N. Hajar Saputro, “Analisa Perbaikan Pentanahan Kaki Menara Transmisi 150 kV Rembang-Blora Bertahanan Tinggi dan Usaha Menurunkannya,” *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2016.
- [6] D. P. Nasional, *Transmisi Tenaga Listrik Modul Bahan Ajar SMK Kelas XI SM 3 Kurikulum 2013 Teknik Jaringan Transmisi Tenaga Listrik PPPPTK BMTI bekerjasama dengan Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*. 2018.
- [7] L. Surat and K. Direksi, “DOKUMEN PT PLN (PERSERO),” 2014.
- [8] M. Ulil Abshar, J. Teknik Elektro, and P. Negeri Ujung Pandang, “Analisis Resistansi Pentanahan Pada Menara Transmisi 150 kV Jalur Maros-Sungguminasa,” *SNTEI*, 2020.
- [9] N. Naibaho, “Analisa Sistem Pentanahan Elektrode Rod Dengan Biaya Energi Yang Ekonomis,” *Ikraith Teknol.*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [10] T. Arfianto and A. I. Salam, “Analisis Tahanan Pentanahan Kaki Tower SUTT 70 kV Rute Cigereleng-Majalaya,” *Protek*, vol. 06, no. 1, 2019.
- [11] M. Amri, A. Faisal, M. Amril, J. Hidayat, and U. Hasnita Akademi Teknik dan Keselamatan Penerbangan Medan, “Studi Pengukuran Tahanan Pentanahan Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV Sidikalang-Salak Dengan Menggunakan Sistem Counterpoise,” *J. Electr. Technol.*, vol. 4, no. 3, 2019.
- [12] Panitia Revisi PUIL, *Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional*, BSN. 2000.
- [13] M. Ir.Leonardus Siregar, “Analisa Pengukuran Tahanan Pembumian Menara Transmisi Titi Kuning-Lubuk Pakam,” *Univ. HKBP*, 2016.