

Makalah Penelitian

PENGARUH PENAMBAHAN TITIK *GROUND ROD* TERHADAP NILAI TAHANAN PENTANAHAN TOWER TRANSMISI SUTT 70kV TES-PEKALONGAN

Rhenol Alexander Siboro¹, Siti Anisah²

TEKNIK ELEKTRO, FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI, UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI MEDAN

email: rhenol11051999@gmail.com, sitianisah@dosen.pancabudi.ac.id

Corresponding Author: Rhenol Alexander Siboro

ABSTRACT

The grounding system is an important part of the installation of the High Voltage Overhead Line (SUTT) transmission tower, which serves to channel the interference current to the ground to maintain human safety and equipment reliability. A low grounding resistance value is needed for the protection system to work optimally. This study aims to analyze the effect of the addition of ground rod points on the grounding resistance value in the 70kV TES-PEKALONGAN SUTT transmission tower. Measurements are made directly using an earth tester. The measurement results show that the addition of ground rod points can significantly reduce the grounding resistance value. Thus, increasing the number of grounding points can be one of the technical solutions to improve the performance of the grounding system on the electricity transmission network.

Keywords: *grounding resistance, ground rod, transmission tower*

ABSTRAK

Sistem pentanahan merupakan bagian penting dalam instalasi tower transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), yang berfungsi untuk menyalurkan arus gangguan ke tanah demi menjaga keselamatan manusia dan keandalan peralatan. Nilai tahanan pentanahan yang rendah sangat dibutuhkan agar sistem proteksi dapat bekerja secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan titik ground rod terhadap nilai tahanan pentanahan pada tower transmisi SUTT 70kV TES-PEKALONGAN. Pengukuran dilakukan secara langsung menggunakan earth tester. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan titik ground rod dapat menurunkan nilai tahanan pentanahan secara signifikan. Dengan demikian, penambahan jumlah titik pentanahan dapat menjadi salah satu solusi teknis untuk meningkatkan performa sistem grounding pada jaringan transmisi listrik.

Kata Kunci: tahanan pentanahan, ground rod, tower transmisi

1. Pendahuluan

Sistem pentanahan (grounding) merupakan salah satu komponen penting dalam instalasi tenaga listrik, terutama pada sistem transmisi tegangan tinggi. Fungsi utama dari sistem pentanahan adalah untuk melindungi peralatan dan keselamatan manusia dari gangguan tegangan lebih, baik yang disebabkan oleh petir, gangguan hubung singkat, maupun induksi dari sistem lain. Tahanan pentanahan yang tinggi dapat menyebabkan risiko kerusakan peralatan dan membahayakan keselamatan personel, serta dapat menurunkan keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada jaringan transmisi udara (Saluran Udara Tegangan Tinggi – SUTT) 70kV di lokasi TES-PKLNG, keberadaan sistem pentanahan yang andal sangat penting untuk menjamin keselamatan dan keandalan sistem tenaga listrik. Salah satu parameter utama dalam sistem pentanahan adalah nilai tahanan pentanahan, yang berfungsi untuk memastikan bahwa arus gangguan dapat dialirkan ke tanah secara efektif. Berdasarkan standar PLN untuk sistem tegangan 70kV, nilai tahanan pentanahan yang disyaratkan adalah di bawah 5 ohm. Nilai yang



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

melebihi batas tersebut dapat mengurangi efektivitas sistem proteksi, serta berdampak negatif terhadap kinerja sistem secara keseluruhan.

Namun, dalam praktiknya, nilai tahanan pentanahan sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, jenis dan kedalaman elektroda pentanahan (ground rod), serta konfigurasi sistem pentanahan. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan adalah dengan menambahkan jumlah titik ground rod. Penambahan ini diharapkan mampu memperluas area kontak dengan tanah dan memperbaiki jalur aliran arus gangguan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh penambahan titik ground rod terhadap penurunan nilai tahanan pentanahan pada tower transmisi SUTT 70kV di lokasi TES-PKLN. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan data dan rekomendasi teknis yang bermanfaat dalam upaya perbaikan sistem pentanahan pada jaringan transmisi tegangan tinggi, khususnya di wilayah dengan karakteristik tanah yang memiliki resistivitas tinggi.

2. Rumusan Masalah

Sesuai latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, ada beberapa permasalahan yang akan dirumuskan, yaitu :

- Bagaimana nilai tahanan pentanahan pada tower transmisi SUTT 70kV TES-PEKALONGAN sebelum dilakukan penambahan titik ground rod?
- Mengapa perlu dilakukan penambahan ground rod pada tower transmisi SUTT 70kV TES-PEKALONGAN?
- Apa metode konfigurasi yang digunakan untuk menambah *ground rod* pada SUTT 70kV TES-PEKALONGAN?
- Bagaimana pengaruh penambahan *ground rod* terhadap nilai resistansi pembumian kaki tower transmisi SUTT 70kV TES-PEKALONGAN?

3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang menjadi ruang lingkup dari penelitian ini ialah:

- Penelitian ini dilakukan pada tower transmisi SUTT 70kV di lokasi TES-PKLN.
- Penelitian ini tidak membahas secara rinci mengenai gangguan akibat sambaran petir..
- Metode penambahan ground rod yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Mesh Grid.
- Penelitian ini hanya fokus pada sistem pentanahan dan tidak membahas sistem pengamanan lain pada jaringan transmisi SUTT 70kV secara mendetail.

4. Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini ialah :

- Mengetahui kondisi tahanan pentanahan pada tower transmisi SUTT 70kV di lokasi TES-PKLN.
- Memperoleh data pengukuran tahanan pentanahan pada kaki tower transmisi SUTT 70kV TES-PEKALONGAN.
- Mengetahui proses dan efektivitas penambahan ground rod menggunakan metode Mesh Grid sebagai upaya menurunkan nilai tahanan pentanahan tower transmisi SUTT 70kV TES-PEKALONGAN agar sesuai dengan standar PLN, yaitu di bawah 5 ohm.

5. Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat dalam penelitian ini ialah:

- Penelitian ini menjadi upaya untuk menambah pengalaman dan mengembangkan ilmu pengetahuan bagi penulis dan pembaca, khususnya mengenai sistem pentanahan dan cara penambahan ground rod sebagai metode penurunan tahanan pentanahan.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

- b) Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan sistem pengamanan petir melalui penambahan ground rod pada tower transmisi SUTT 70kV, khususnya di lokasi TES-PKLNG..

6. Sistematika Penulisan

Agar pembaca mudah dalam memahami tugas akhir ini, maka penulis membuat sistematika penulisan dalam beberapa Bab, dimana setiap Bab saling berhubungan dengan Bab lainnya. Adapun isi dalam skripsi ini ialah :

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi kajian pustaka terkait Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70kV, komponen-komponen tower transmisi, gangguan yang mungkin terjadi, sistem pengamanan, serta sistem pentanahan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan diagram alir penelitian, metode pelaksanaan penelitian, jadwal dan lokasi penelitian, serta alat dan bahan yang digunakan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil pengujian penambahan titik ground rod terhadap nilai tahanan pentanahan pada tower transmisi SUTT 70kV TES-PEKALONGAN serta pembahasan terkait data yang diperoleh.

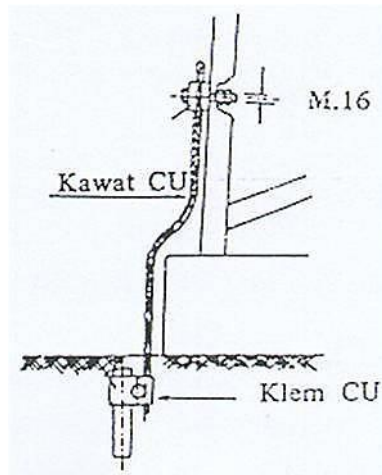
BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan pelaksanaan penelitian baik secara lapangan maupun teori, serta saran yang diberikan oleh penulis untuk pengembangan selanjutnya.

2. Tinjauan Pustaka

1. Sistem Pentanahan (Grounding System)

Sistem pentanahan merupakan bagian vital dalam sistem kelistrikan yang berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan seperti petir, lonjakan tegangan, dan arus hubung singkat ke tanah. Sistem ini melindungi peralatan listrik dari kerusakan dan menjaga keselamatan personel dari potensi kejutan listrik. Pada tower transmisi SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi), sistem pentanahan berperan sebagai jalur pelepasan arus gangguan dari kawat pelindung (GW/OPGW) ke tanah melalui elektroda pentanahan yang tertanam di sekitar kaki tower.



Gambar 2. 1 Skema Sistem Pentanahan Tower Transmisi

Sumber : Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN, 2014

2. Tahanan Pentanahan dan Standar PLN

Tahanan pentanahan (ground resistance) adalah hambatan listrik antara sistem pentanahan (elektroda) dan tanah. Nilai ini dipengaruhi oleh resistivitas tanah, dimensi elektroda, dan konfigurasi instalasi.

Rumus perhitungan tahanan satu batang elektroda vertikal:

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

Keterangan:

- R: tahanan pentanahan (Ω)
- ρ : resistivitas tanah ($\Omega \cdot m$)
- L: panjang elektroda (m)
- d: diameter elektroda (m)

Berdasarkan buku pedoman pemeliharaan SUTT/SUTET PLN tahun 2014, nilai standard pentanahan pada tiap rating tegangan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Standar Hasil Pengujian Resistansi Pentanahan Tower

PERALATAN YANG DIPERIKSA	TEGANGAN OPERASI	STANDAR
Pentanahan (<i>Grounding</i>)	70 kV	≤ 5 Ohm
	150 kV	≤ 10 Ohm
	275 kV / 500 kV	≤ 15 Ohm

Sumber : Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN, 2014



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

3. Fungsi ground rod

Ground rod adalah elektroda berbentuk batang panjang yang ditanam secara vertikal ke dalam tanah dan berfungsi sebagai jalur untuk mengalirkan arus gangguan (seperti arus petir atau arus hubung singkat) ke bumi. Ground rod biasanya terbuat dari baja galvanis atau baja berlapis tembaga (copper-bonded steel) dengan panjang bervariasi, umumnya antara 1,5 hingga 3 meter, dan diameter antara 14 hingga 20 mm.

Fungsi ground rod adalah sebagai berikut :

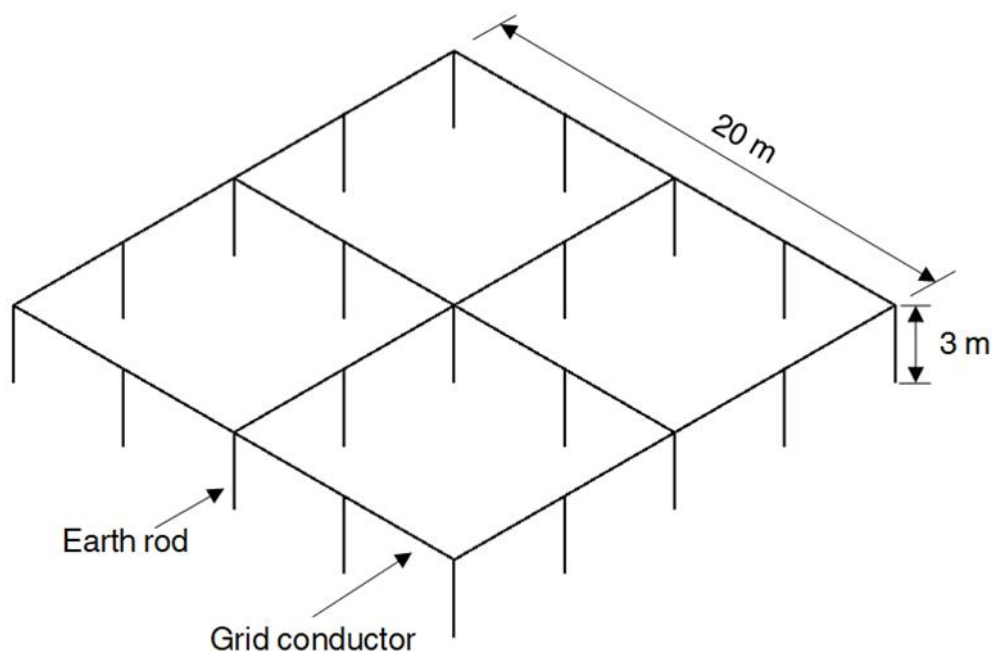
- Sebagai penghubung langsung antara sistem kelistrikan dan bumi.
- Menyediakan jalur hambatan rendah untuk arus gangguan.
- Menstabilkan tegangan sistem terhadap gangguan eksternal.

4. Konfigurasi Mesh Grid untuk penambahan ground rod

Konfigurasi mesh grid adalah sistem pentanahan berbentuk kisi-kisi konduktor (umumnya tembaga atau besi galvanis) yang dibentangkan horizontal di bawah permukaan tanah, membentuk jaringan grid segiempat atau persegi panjang yang saling terhubung. Grid ini biasanya ditanam pada kedalaman 0,5 – 1 meter, dengan ukuran antar-konduktor antara 3 – 10 meter, tergantung desain.

Elemen utama konfigurasi mesh grid:

- Konduktor utama horizontal: Dibentangkan dalam pola grid (segmen horizontal dan vertikal).
- Ground rod (vertikal): Ditanam di titik-titik tertentu (umumnya di sudut grid) untuk mengoptimalkan pelepasan arus ke lapisan tanah yang lebih dalam.
- Sambungan (bonding): Semua konduktor dan rod harus disambung dengan impedansi sangat rendah, tahan korosi, dan kuat mekanis.
- Ukuran grid: Bisa 5×5 m, 10×10 m, dst., tergantung luas tapak dan kebutuhan resistansi akhir.



Gambar 2.4 Konfigurasi Mesh Grid

Sumber : Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN, 2014

Keunggulan dan kelemahan metode Mesh Grid

Metode yang digunakan pada penambahan ground rod di SUTT 70kV TES-PEKALONGAN adalah metode mesh grid yang tentunya memiliki keunggulan dan kelemahan yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.4.1 Keunggulan metode Mesh Grid

Keunggulan	Penjelasan Teknis
Penurunan resistansi grounding	Grid memperluas area pelepasan arus, sangat efektif di tanah dengan resistivitas tinggi
Distribusi arus merata	Mencegah konsentrasi arus dan tegangan pada satu titik (safety)
Pengendalian tegangan langkah dan sentuh	Salah satu metode terbaik untuk memenuhi standar keselamatan IEEE Std 80
Redundansi tinggi	Sistem tetap bekerja walau ada konduktor putus atau korosi lokal
Cocok untuk sistem penting	Digunakan di gardu induk, tower SUTT, dan sistem proteksi tinggi

Sumber : Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN, 2014

Tabel 2.4.1.1 Kelemahan metode Mesh Grid

Kelemahan	Penjelasan Teknis
Biaya awal tinggi	Material dan pekerjaan tanah lebih mahal dibanding hanya ground rod
Butuh area luas	Tidak cocok untuk lokasi dengan lahan terbatas atau berbatu keras
Pekerjaan sipil kompleks	Membutuhkan penggalian terkontrol dan pemasangan konduktor presisi
Sensitif korosi	Terutama jika menggunakan logam murah atau di area dengan pH tanah ekstrem

Sumber : Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN, 2014

5. Pengaruh Resistivitas Tanah terhadap penambahan ground rod

Tanah sebagai media konduktif memiliki nilai resistivitas yang sangat bervariasi, tergantung jenis tanah, kelembapan, dan kandungan mineral. Semakin tinggi resistivitas tanah, semakin besar tahanan pentanahan.

Berikut tabel nilai resistivitas tanah berdasarkan jenisnya :

Tabel 2.5 Nilai Resistivitas Tanah Berdasarkan Jenisnya

Jenis Tanah	Resistivitas ($\Omega \cdot m$)	Keterangan
Tanah lembab	10 – 100	Ideal untuk grounding
Tanah liat	50 – 500	Umum di berbagai daerah



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

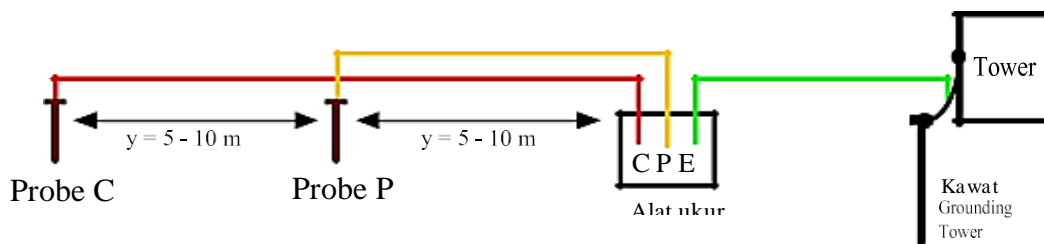
Jenis Tanah	Resistivitas ($\Omega \cdot m$)	Keterangan
Pasir basah	100 – 1.000	Dipengaruhi kadar air
Pasir kering	1.000 – 10.000	Tidak ideal
Tanah berbatu	10.000 – 100.000	Perlu rekayasa tambahan
Gambut kering	20.000 – 200.000	Sangat tinggi resistivitas

Sumber : *Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN, 2014*

2.6 Pengujian Tahanan Pentanahan pada ground rod

Pengujian tahanan dilakukan untuk memastikan nilai yang dicapai memenuhi standar. Salah satu alat populer adalah **Kyoritsu Earth Tester** (misal: model 4105A), yang menggunakan **metode tiga terminal**.

Cara pemakaian alat ukur ini dapat dilihat pada gambar 2. 25 berikut :



Gambar 2.5 Rangkaian *Earth Tester Digital Kyoritsu Model 4105 A*

Sumber : *Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN, 2014*

Langkah-langkah Pengujian:

1. Tanam elektroda bantu P dan C dalam garis lurus, masing-masing 5–15 meter dari elektroda E.
2. Hubungkan kabel merah ke C, hijau ke E, dan kuning ke P.
3. Nyalakan alat, alat mengalirkan arus AC dari C ke E dan mengukur tegangan antara P dan E.
4. Alat menghitung tahanan berdasarkan hukum Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

5. Hasil tampil dalam satuan ohm di layar digital.

2.7 Rekomendasi hasil pengujian resistansi pentanahan tower

Rekomendasi merupakan tindak lanjut teknis yang harus dilakukan sebagai hasil evaluasi dari kegiatan pengujian dan pemeliharaan sistem pentanahan pada tower transmisi. Rekomendasi ini disusun berdasarkan instruksi manual dari pabrikan, standar operasional PLN, serta hasil pengamatan dan pengalaman teknis di lapangan.

Tujuan dari pemberian rekomendasi ini adalah untuk menjaga keandalan sistem proteksi petir dan gangguan tanah, sekaligus menjamin keselamatan peralatan dan personel operasional.

Berikut tabel rekomendasi berdasarkan Buku pedoman pemeliharaan SUTT/SUTET PLN tahun 2014 :

Tabel 2. 4 Rekomendasi Pengujian Resistansi Pentanahan Tower sesuai standard PLN

Tegangan Tower	Nilai Maksimum Tahanan (Ω)	Rekomendasi
70 kV	≤ 5 Ohm	Lanjutkan pengujian rutin setiap 1 tahun
	> 5 Ohm	Perbaiki segera, ganti sistem atau tambahkan elektroda pentanahan
150 kV	≤ 10 Ohm	Lanjutkan pengujian rutin setiap 1 tahun
	> 10 Ohm	Perbaiki segera, ganti sistem atau tambahkan elektroda pentanahan
275 kV / 500 kV	≤ 15 Ohm	Lanjutkan pengujian rutin setiap 1 tahun
	> 15 Ohm	Perbaiki segera, ganti sistem atau tambahkan elektroda pentanahan

Sumber : Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN, 2014

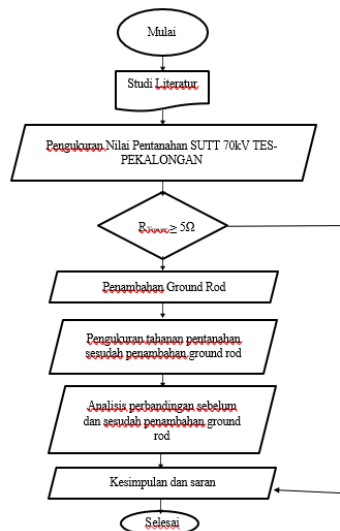
3. Bahan & Metode

3.1 Diagram Alir



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **kuantitatif deskriptif** yang bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi nilai tahanan pentanahan pada tower transmisi berdasarkan standar yang berlaku. Data yang dikumpulkan berupa hasil pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat ukur resistansi tanah.



3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di lokasi tower transmisi SUTT 70kV TES-PEKALONGAN di ULTG Pekalongan, UPT Bengkulu, dengan pengambilan data dilakukan selama periode pemeliharaan rutin tahun 2024. Lokasi dipilih berdasarkan wilayah dipilih sehubungan dengan adanya pekerjaan kontrak yg berjalan.














3.4 Peralatan yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan sejumlah peralatan untuk menunjang proses pengukuran tahanan pentanahan di lapangan, sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Peralatan yang digunakan

	
<p>Earth Tester Digital Kyoritsu 4105A</p>	<p><i>Ground Rod</i></p>



	
<i>Hydraulic Press Schoen</i>	Kawat GSW 50 mm ²
	
Palu Besar	Kunci Ring dan Pas 18 mm ²
	
Pemantik api	<i>Schoen GSW 50 mm²</i>
	
Cangkul	Pelubang Tanah Biopori Putar
	
Bubuk Mesiu	Tempat pembakaran mesiu
	
Perlengkapan Alat Pelindung Diri	
	
Earth Tester Digital Kyoritsu 4105A	<i>Ground Rod</i>

Sumber : Penulis, 2024



Lisensi
 Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

3.5 Prosedur Pengumpulan Data

Langkah-langkah pengambilan data dilakukan sebagai berikut:

1. **Identifikasi lokasi tower** yang akan diuji dan dokumentasikan posisi koordinatnya.
2. **Pasang elektroda bantu** (potensial dan arus) dengan jarak 5–15 meter dari titik uji (ground rod tower) sesuai dengan prosedur pengujian 3-titik.
3. **Hubungkan kabel pengujian** sesuai warna:
 - **Merah** ke ground rod (E)
 - **Hijau** ke elektroda potensial (P)
 - **Kuning** ke elektroda arus (C)
4. **Nyalakan alat Kyoritsu**, dan lakukan pembacaan nilai resistansi.
5. **Catat hasil pengukuran**, ulangi sebanyak minimal 3 kali pada setiap tower untuk keandalan data.
6. Bandingkan nilai resistansi dengan standar PLN sesuai level tegangan (lihat Tabel 2.4).
7. **Berikan rekomendasi** jika hasil pengukuran melebihi batas toleransi.

3.6 Teknik Analisis Data

Data hasil pengukuran tahanan pentanahan dianalisis secara kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Analisis dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Mencatat seluruh hasil pengukuran tahanan pentanahan (Ohm) dari setiap tower transmisi yang diuji.
2. Menghitung rata-rata nilai pengukuran apabila dilakukan lebih dari satu kali pada titik yang sama.
3. Menghasilkan hasil pengukuran dengan standar nilai maksimal tahanan pentanahan berdasarkan tegangan operasi tower, sebagaimana tercantum dalam tabel.

4. Hasil

4.1 Hasil Pengukuran Pentanahan Sebelum Penambahan Titik Ground

Pengukuran nilai pentanahan sebelum dilakukan penambahan titik ground (ground rod) dilakukan pada 40 tower SUTT 70 kV TES-PEKALONGAN untuk memperoleh gambaran kinerja sistem pentanahan eksisting. Hasil pengukuran awal menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan berada pada kisaran 5–8 ohm. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem pentanahan



yang ada masih memiliki keterbatasan dalam menyediakan jalur pelepasan arus gangguan yang memadai.

Nilai tahanan pentanahan awal yang relatif tinggi mengindikasikan bahwa jumlah dan konfigurasi elektroda pentanahan eksisting belum mampu menurunkan pentanahan sistem secara optimal. Pada kondisi ini, jalur aliran arus gangguan menuju tanah masih terbatas, sehingga penurunan nilai tahanan pentanahan melalui penambahan titik ground menjadi diperlukan. Berikut hasil nilai pentanahan sebelum penambahan titik ground :

Tabel 4. 1 Nilai pentanahan sebelum penambahan titik ground

N O	NO TOWER	NILAI PENTANAHAN SEBELUM (ohm)	JENIS TANAH
1	1	6,8	Gambut
2	2	7,2	Gambut
3	3	6,5	Gambut
4	4	7,8	Gambut
5	5	6,9	Gambut
6	8	5,8	Gambut
7	9	7	Gambut
8	11	6,6	Gambut
9	13	7,4	Gambut
10	14	6,2	Gambut
N O	NO TOWER	NILAI PENTANAHAN SEBELUM (ohm)	JENIS TANAH
11	32	6,5	Tanah Merah
12	33	7	Tanah Merah
13	34	6,2	Tanah Merah
14	35	7,6	Tanah Merah
15	36	5,9	Tanah Merah
16	40	6,8	Tanah Merah
17	41	7,2	Tanah Merah
18	43	6,4	Tanah Merah
19	44	7,8	Tanah Merah
20	45	6,1	Tanah Merah
21	70	6,9	Berpasir
22	72	7,4	Berpasir
23	74	6,5	Berpasir
24	76	7,8	Berpasir
25	77	6,2	Berpasir
26	78	7,1	Berpasir
27	79	6,8	Berpasir
28	80	7,5	Berpasir
29	82	6	Berpasir
30	85	7,3	Berpasir
31	99	6,7	Berbatu
32	100	7,2	Berbatu



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

33	102	6,4	Berbatu
34	104	7,8	Berbatu
35	106	6,9	Berbatu
36	107	7,5	Berbatu
37	108	6,6	Berbatu
38	109	7,1	Berbatu
39	110	6,3	Berbatu
40	111	7,9	Berbatu
NO	NO TOWER	NILAI PENTANAHAN SEBELUM (ohm)	JENIS TANAH
1	1	6,8	Gambut
2	2	7,2	Gambut
3	3	6,5	Gambut
4	4	7,8	Gambut
5	5	6,9	Gambut
6	8	5,8	Gambut
7	9	7	Gambut
8	11	6,6	Gambut
9	13	7,4	Gambut
10	14	6,2	Gambut

Hasil pengukuran sebelum penambahan ground rod ini menjadi acuan untuk mengevaluasi efektivitas metode penambahan titik ground. Dengan mengetahui nilai pentanahan awal, dapat dilakukan perbandingan secara kuantitatif terhadap hasil pengukuran setelah penambahan ground rod, sehingga pengaruh langsung penambahan rod terhadap penurunan nilai pentanahan dapat dianalisis secara jelas.

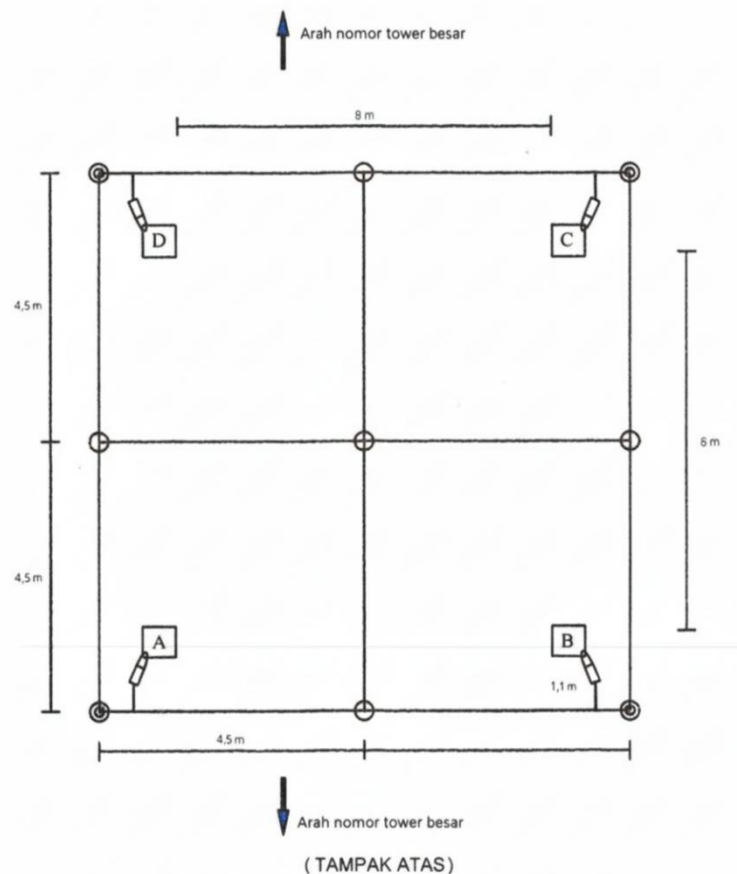
4.2 Design Penambahan Ground Rod

Desain penambahan ground rod yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada gambar rancangan sistem pentanahan tower yang telah disetujui. Pada desain tersebut, sistem pentanahan eksisting pada kaki tower ditambahkan ground rod vertikal dengan panjang 2 meter. Ground rod dipasang secara vertikal dan dihubungkan langsung ke konduktor pentanahan utama pada masing-masing kaki tower.

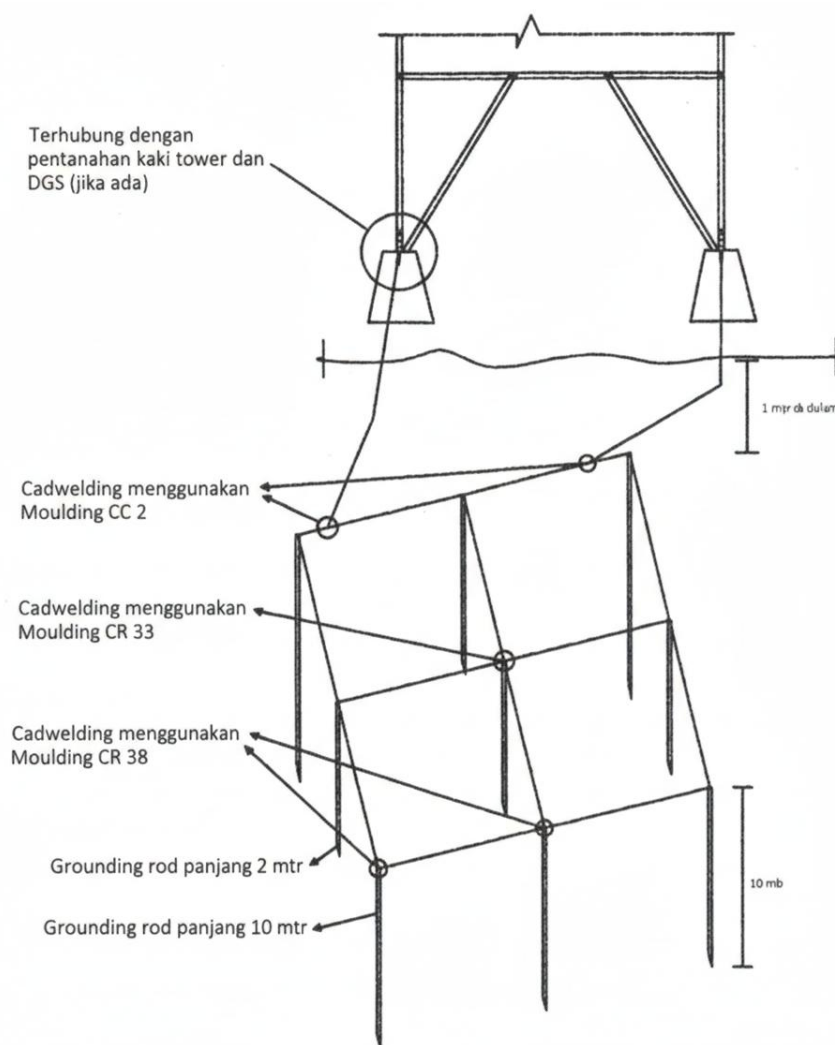
Penempatan ground rod dilakukan sedekat mungkin dengan pondasi kaki tower untuk meminimalkan panjang konduktor penghubung dan mengurangi resistansi sambungan. Selain



itu, desain juga menunjukkan keterhubungan antara ground rod tambahan dengan sistem mesh/grid pentanahan yang berada di sekitar pondasi tower. Integrasi ini bertujuan untuk memperluas area sebaran arus gangguan dan menurunkan impedansi total sistem pentanahan. Penerapan desain penambahan ground rod ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pelepasan arus gangguan ke tanah dengan memanfaatkan lapisan tanah yang lebih dalam dan memiliki konduktivitas yang lebih baik.



Gambar 4.2.1 Design Rod Bantu Tampak Atas



Gambar 4.2.2 Design Rod Bantu Tampak Samping

4.3 Hasil Pengukuran Pentanahan Sesudah Penambahan Titik Ground

Hasil pengukuran dilakukan pada 40 tower dengan kondisi awal nilai tahanan pentanahan berada pada kisaran 5–8 ohm. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah penambahan ground rod dengan konfigurasi dan jumlah yang sama pada seluruh tower. Variasi hasil pengukuran dipengaruhi oleh perbedaan jenis tanah di lokasi tower, yaitu tanah gambut, tanah merah, tanah berpasir, dan tanah berbatu.

Setelah dilakukan penambahan ground rod, nilai tahanan pentanahan seluruh tower mengalami penurunan dan berada pada kisaran 3–6 ohm. Data lengkap hasil pengukuran sebelum dan sesudah penambahan ground rod disajikan pada Tabel berikut .

Tabel 4. 3 Nilai pentanahan sesudah penambahan titik ground

NO	NO TOWER	NILAI PENTANAHAN SESUDAH (ohm)	JENIS TANAH
1	1	3,4	Gambut
2	2	3,6	Gambut
3	3	3,2	Gambut
4	4	3,9	Gambut
5	5	3,5	Gambut
6	8	3,1	Gambut
7	9	3,7	Gambut
8	11	3,3	Gambut
9	13	3,8	Gambut
10	14	3	Gambut
11	32	4,2	Tanah Merah
12	33	4,5	Tanah Merah
13	34	4,1	Tanah Merah
14	35	4,8	Tanah Merah
15	36	4	Tanah Merah
16	40	4,4	Tanah Merah
17	41	4,6	Tanah Merah
18	43	4,3	Tanah Merah
19	44	4,9	Tanah Merah
20	45	4	Tanah Merah
21	70	5,2	Berpasir
N O	NO TOWER	NILAI PENTANAHAN SESUDAH (ohm)	JENIS TANAH
22	72	5,5	Berpasir
23	74	5	Berpasir
24	76	5,7	Berpasir
25	77	4,9	Berpasir
26	78	5,3	Berpasir
27	79	5,1	Berpasir
28	80	5,6	Berpasir
29	82	4,8	Berpasir
30	85	5,4	Berpasir
31	99	5,9	Berbatu
32	100	5,8	Berbatu
33	102	5,6	Berbatu
34	104	5,9	Berbatu
35	106	5,7	Berbatu
36	107	5,8	Berbatu
37	108	5,6	Berbatu
38	109	5,7	Berbatu
39	110	5,5	Berbatu



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

40	111	5,9	Berbatu
----	-----	-----	---------

4.4 Analisis dan Pembahasan Hasil Penambahan Titik Ground

Penambahan titik ground rod pada tower transmisi SUTT 70 kV TES–PEKALONGAN memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan nilai tahanan pentanahan. Hal ini dibuktikan dari hasil pengukuran sebelum penambahan ground rod yang berada pada kisaran 5–8 ohm, kemudian menurun menjadi 3–6 ohm setelah penambahan ground rod dilakukan pada seluruh tower yang diuji. Data dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Nilai pentanahan sebelum & sesudah penambahan titik ground

NO	NO TOWER	NILAI PENTANAHAN SEBELUM (ohm)	NILAI PENTANAHAN SESUDAH (ohm)	JENIS TANAH
1	1	6,8	3,4	Gambut
2	2	7,2	3,6	Gambut
3	3	6,5	3,2	Gambut
4	4	7,8	3,9	Gambut
5	5	6,9	3,5	Gambut
6	8	5,8	3,1	Gambut
7	9	7	3,7	Gambut
8	11	6,6	3,3	Gambut
9	13	7,4	3,8	Gambut
10	14	6,2	3	Gambut
11	32	6,5	4,2	Tanah Merah
12	33	7	4,5	Tanah Merah
13	34	6,2	4,1	Tanah Merah
14	35	7,6	4,8	Tanah Merah
15	36	5,9	4	Tanah Merah
16	40	6,8	4,4	Tanah Merah
17	41	7,2	4,6	Tanah Merah
18	43	6,4	4,3	Tanah Merah
19	44	7,8	4,9	Tanah Merah
20	45	6,1	4	Tanah Merah
21	70	6,9	5,2	Berpasir
22	72	7,4	5,5	Berpasir
23	74	6,5	5	Berpasir
24	76	7,8	5,7	Berpasir
NO	NO TOWER	NILAI PENTANAHAN SEBELUM (ohm)	NILAI PENTANAHAN SESUDAH (ohm)	JENIS TANAH
25	77	6,2	4,9	Berpasir



Lisensi

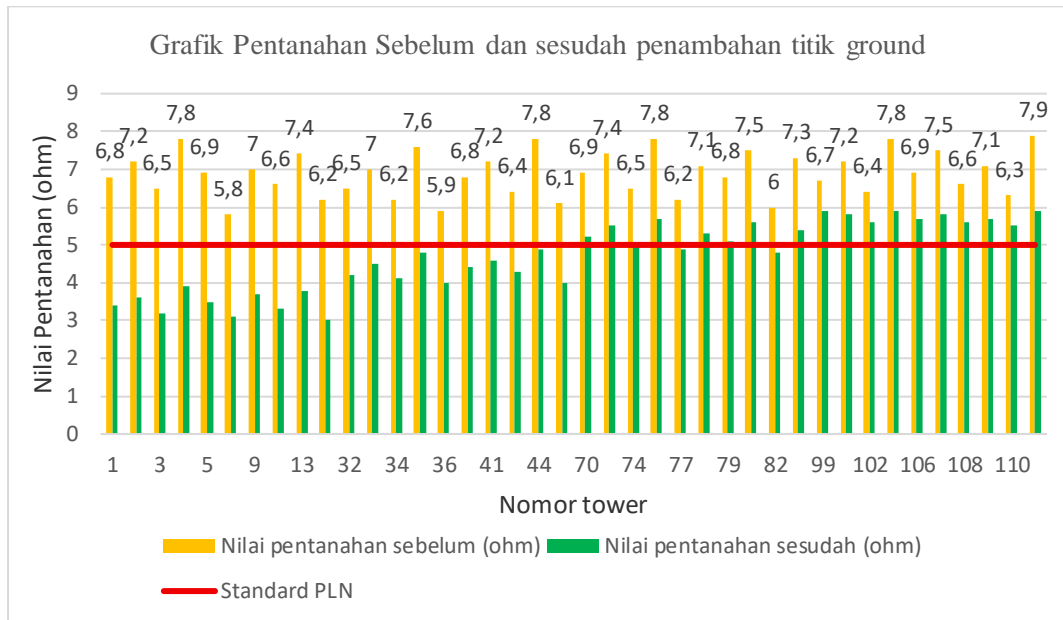
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

26	78	7,1	5,3	Berpasir
27	79	6,8	5,1	Berpasir
28	80	7,5	5,6	Berpasir
29	82	6	4,8	Berpasir
30	85	7,3	5,4	Berpasir
31	99	6,7	5,9	Berbatu
32	100	7,2	5,8	Berbatu
33	102	6,4	5,6	Berbatu
34	104	7,8	5,9	Berbatu
35	106	6,9	5,7	Berbatu
36	107	7,5	5,8	Berbatu
37	108	6,6	5,6	Berbatu
38	109	7,1	5,7	Berbatu
39	110	6,3	5,5	Berbatu
40	111	7,9	5,9	Berbatu

Secara teknis, penurunan nilai tahanan pentanahan ini terjadi karena penambahan ground rod memperbesar luas kontak elektroda dengan tanah serta memperpendek jalur aliran arus gangguan menuju bumi. Ground rod vertikal yang ditanam hingga kedalaman 2 meter memungkinkan arus gangguan menjangkau lapisan tanah yang lebih stabil dan memiliki konduktivitas lebih baik dibandingkan lapisan permukaan. Dengan demikian, impedansi total sistem pentanahan menjadi lebih kecil.

4.4.1 Efektivitas Penambahan Ground Rod terhadap Penurunan Tahanan Pentanahan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa **seluruh tower mengalami penurunan nilai tahanan pentanahan**, tanpa pengecualian. Rata-rata penurunan nilai tahanan pentanahan berada pada kisaran **2–3 ohm** dibandingkan kondisi awal. Penurunan ini menunjukkan bahwa penambahan ground rod merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan kinerja sistem pentanahan tower transmisi. Data penurunan nilai pentanahan sebelum dan sesudah dilakukan penambahan titik ground dapat dilihat pada grafik berikut.



Grafik 4. 4.1 Nilai pentanahan sebelum & sesudah penambahan titik ground

Integrasi ground rod tambahan dengan sistem pentanahan eksisting, khususnya melalui konfigurasi mesh grid, menyebabkan distribusi arus gangguan menjadi lebih merata. Arus tidak lagi terpusat pada satu elektroda utama, melainkan tersebar melalui beberapa jalur pentanahan, sehingga hambatan sistem secara keseluruhan dapat ditekan.

Selain itu, penambahan ground rod juga meningkatkan jalur sistem pentanahan. Apabila salah satu elektroda mengalami peningkatan resistansi akibat korosi atau perubahan kondisi tanah, elektroda lain masih dapat berfungsi sebagai jalur pelepasan arus gangguan.

Berdasarkan standar PLN, nilai tahanan pentanahan untuk tower transmisi 70 kV harus berada di bawah **5 ohm**. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa setelah penambahan ground rod, sebagian besar tower telah memenuhi atau mendekati nilai standar tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ground rod mampu meningkatkan kualitas sistem pentanahan sehingga lebih sesuai dengan persyaratan teknis yang berlaku.

Meskipun pada beberapa tower nilai tahanan pentanahan masih sedikit di atas 5 ohm, secara umum terjadi perbaikan yang signifikan dibandingkan kondisi awal. Dengan demikian,

penambahan ground rod dapat dinyatakan sebagai solusi teknis yang efektif dan praktis untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan pada tower transmisi SUTT 70 kV TES-PKLN.

4.4.2 Pengaruh Faktor Lingkungan Sebagai Pendukung

Perbedaan hasil penurunan nilai tahanan pentanahan antar tower dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti jenis tanah dan tingkat kelembapan. Namun, faktor tersebut bersifat pendukung dan tidak mengurangi efektivitas utama dari penambahan ground rod. Pada seluruh kondisi tanah yang diuji, penambahan ground rod tetap menghasilkan penurunan nilai tahanan pentanahan yang konsisten.

Hal ini menunjukkan bahwa fokus utama dalam perbaikan sistem pentanahan adalah **penambahan dan konfigurasi elektroda pentanahan**, sedangkan kondisi tanah lebih berperan sebagai faktor yang memengaruhi besar kecilnya penurunan nilai, bukan keberhasilan metode itu sendiri.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran, analisis, dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian mengenai penambahan titik ground rod terhadap sistem pentanahan tower transmisi SUTT 70 kV TES-PEKALONGAN, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi awal sistem pentanahan tower transmisi SUTT 70 kV TES-PEKALONGAN menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan masih relatif tinggi, yaitu berada pada kisaran 5–8 ohm. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem pentanahan eksisting belum sepenuhnya optimal dan pada sebagian tower belum memenuhi batas standar tahanan pentanahan yang ditetapkan oleh PLN, yaitu sebesar ≤ 5 ohm.
2. Implementasi penambahan titik ground rod sebagai bagian dari sistem pentanahan terbukti memberikan dampak langsung terhadap penurunan nilai tahanan pentanahan. Ground rod yang ditanam secara vertikal mampu memperluas bidang kontak elektroda dengan tanah serta menyediakan jalur pelepasan arus gangguan tambahan, sehingga impedansi total sistem pentanahan dapat dikurangi secara signifikan.
3. Hasil pengukuran setelah penambahan ground rod menunjukkan adanya penurunan nilai tahanan pentanahan yang konsisten pada seluruh tower yang diuji, dengan penurunan rata-rata sebesar 2–3 ohm dibandingkan kondisi awal. Konsistensi penurunan ini menunjukkan bahwa metode penambahan ground rod efektif diterapkan pada sistem pentanahan tower transmisi.
4. Penambahan ground rod tidak hanya berpengaruh pada penurunan nilai tahanan pentanahan,

tetapi juga meningkatkan keandalan sistem pentanahan melalui tersedianya lebih dari satu jalur



pelepasan arus gangguan ke tanah. Kondisi ini menciptakan redundansi sistem yang dapat meminimalkan risiko kegagalan pentanahan akibat degradasi salah satu elektroda.

5. Setelah penambahan ground rod, sebagian besar tower telah memenuhi atau mendekati batas standar tahanan pentanahan PLN. Dengan demikian, penambahan titik ground rod dapat dinyatakan sebagai solusi teknis yang layak, efektif, dan aplikatif untuk meningkatkan kinerja serta tingkat keselamatan sistem pentanahan pada tower transmisi SUTT 70 kV.

REFERENSI

- [1] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- [2] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. (2011). *PUIL 2011*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- [3] IEEE. (2000). *IEEE Std 80-2000: Guide for Safety in AC Substation Grounding*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [4] IEEE. (2013). *IEEE Std 81-2012: Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [5] IEC. (2010). *IEC 62305: Protection Against Lightning*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- [6] IEC. (2015). *IEC 61936-1: Power Installations Exceeding 1 kV AC*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- [7] PT PLN (Persero). (2010). *Buku Pedoman Konstruksi SUTT 70 kV*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [8] PT PLN (Persero). (2014). *Pedoman Pemeliharaan Sistem Pentanahan Jaringan Transmisi*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [9] PT PLN (Persero). (2018). *Standar Konstruksi Tower Transmisi Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [10] Hutauruk, T. S. (1991). *Grounding System*. Jakarta: Erlangga.

