

Makalah Penelitian

Peningkatan Nilai Sistem Pertanahan Pada Tower Transmisi SUTT 70 kV PLTMG Flores – Labuan Bajo

Satyo Prihutomo¹, Adisastra Pengalaman Tarigan², Hikmatul Fadhilah Sianipar³

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi Medan, Sumatera Utara, Indonesia

¹ adisastra.tarigan@gmail.com

Corresponding Author: Adisastra Pengalaman Tarigan

Abstract

The construction of the 70 kV SUTT Rangko - Labuan Bajo transmission line has faced challenges in the grounding work. According to SPLN T5.012_2020, there are specific grounding requirements for the tower structures and cable parts of SUTT towers. Flores Island has mountainous and hilly terrain, with several active volcanoes, which often results in high and fluctuating soil resistivity. Improving the grounding value at the SUTT 70 kV Rangko - Labuan Bajo towers to meet SPLN T5.012_2020 standards is essential for enhancing the reliability of electrical installations and systems in Flores. Routine maintenance of the grounding system is necessary because it is crucial for protecting tower components, especially during lightning strikes. For the tower grounding improvement, the counterpoise method was used. Initial measurements showed that the grounding resistance at four tower points did not meet the required standard. This paper discusses improving the grounding value at these four towers using the counterpoise method, namely by adding stick rods to each tower leg until the required standard value is met ($\leq 3 \Omega$ for the five towers near the substation and a maximum of 10Ω in other areas).

Keywords: Grounding, 70 kV SUTT, Counterpoise Method, Stick Rod

Abstrak

Pembangunan transmisi SUTT 70 kV Rangko - Labuan Bajo dalam pelaksanaannya terdapat kendala dalam hal pekerjaan *grounding* (pentanahan), Sesuai SPLN T5.012_2020 terkait persyaratan pbumian pada tower dan saluran kabel bagian konstruksi tower SUTT. Di pulau flores ini memiliki topografi yang dominan gunung-gunung dan berbukit dengan sejumlah gunung api aktif yang cenderung memiliki nilai resistivitas yang tinggi dan fluktuatif. Peningkatan nilai pentanahan pada tower SUTT 70 kV Rangko - Labuan Bajo agar sesuai dengan SPLN T5.012_2020 sehingga dapat meningkatkan kehandalan instalasi dan system kelistrikan di Pulau Flores. Sistem pentanahan perlu dilakukan pemeliharaan rutin karna sangat penting untuk melindungi komponen - komponen pada tower apabila terjadi sambaran petir. Metode pbumian pada tower dilakukan dengan metode *counterpoise*. Berdasarkan hasil pengukuran awal nilai *grounding* dari 4 titik tower tidak memenuhi standar yang ditentukan. Pada Jurnal ini membahas tentang peningkatan nilai *grounding* pada 4 titik tower dengan menggunakan metode counterpoise atau penambahan *stick rod* disetiap *leg tower* sehingga mencapai nilai yang disyaratkan sesuai standar ($\leq 3 \Omega$ pada 5 tower dekat gardu induk dan maksimal 10Ω pada area lain)

Kata Kunci : *Grounding* , SUTT 70 kV, Metode *Counterpoise*, *Stick Rod*

PENDAHULUAN

Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV Rangko–Labuan Bajo merupakan proyek infrastruktur ketenagalistrikan yang sangat vital untuk meningkatkan keandalan sistem listrik di Pulau Flores, terutama di Labuan Bajo, Kabupaten Manggarai Barat. PT PLN (Persero) membangun jaringan ini untuk mengevakuasi daya 20 MW dari Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Flores ke pusat beban di Labuan Bajo. Proyek ini meliputi



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

pembangunan 42 tower transmisi sepanjang kurang lebih 13,07 kilometer. Salah satu aspek penting dalam pembangunan SUTT adalah sistem grounding atau pentanahan pada setiap tower. Grounding berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan, seperti kebocoran listrik ataupun sambaran petir, langsung ke tanah agar tidak membahayakan manusia maupun peralatan listrik.

Namun, dalam pelaksanaan di lapangan, ditemukan bahwa empat titik tower memiliki nilai resistansi pentanahan yang masih di atas syarat standar sesuai SPLN T5.012:2020, di mana nilai grounding harus ≤ 3 Ohm untuk lima tower di dekat gardu induk dan maksimal 10 Ohm untuk tower di area lainnya. Kondisi ini jelas harus segera diperbaiki agar sistem lebih aman dan andal. Beberapa metode yang bisa diterapkan untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan antara lain dengan menambah atau memperbaiki batang elektroda tanah, memasang sistem multirod grounding, atau menggunakan metode counterpoise yang sudah terbukti efektif di berbagai proyek transmisi. Selain itu, pengukuran ulang juga sangat diperlukan untuk memastikan semua tower benar-benar sesuai standar yang berlaku dan siap digunakan tanpa risiko keamanan.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi kondisi awal nilai resistansi pentanahan pada tower SUTT 70 kV Rangko–Labuan Bajo, menjelaskan langkah perbaikan yang dilakukan agar sesuai dengan standar, serta mengevaluasi perubahan nilai resistansi pentanahan setelah dilakukan perbaikan. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi aktual tentang kondisi resistansi pentanahan tower yang belum memenuhi standar, memberi solusi peningkatan kualitas sistem pentanahan agar sesuai persyaratan, dan akhirnya mendukung keandalan sistem kelistrikan di Pulau Flores. Keandalan ini sangat penting, terutama untuk menunjang pertumbuhan ekonomi serta perkembangan pariwisata di Labuan Bajo yang tengah berkembang pesat.

TINJAUAN PUSTAKA

Transmisi

Saluran transmisi berfungsi sebagai sarana untuk menyalurkan aliran energi listrik dimulai dari pusat pembangkit, kemudian disalurkan melalui jaringan transmisi dan distribusi hingga akhirnya diterima oleh konsumen. Salah satu elemen penting dalam proses penyaluran ini adalah penggunaan tower SUTT atau SUTET. Tower saluran udara tersebut dilengkapi dengan sistem pentanahan yang berperan sebagai perlindungan terhadap gangguan, baik dari dalam maupun luar. Salah satu gangguan yang kerap terjadi adalah sambaran petir, yang memiliki tahanan sangat tinggi. Tanpa sistem pentanahan, sambaran petir ini dapat merusak komponen atau peralatan pada tower. Sistem pentanahan berperan penting dalam mengalirkan arus petir langsung ke dalam tanah, sehingga mencegah kerusakan pada peralatan[2]. Perawatan sistem ini secara berkala sangat diperlukan guna menjamin perlindungan terhadap berbagai elemen pada menara saat terjadi sambaran petir.

Komponen-komponen utama saluran transmisi terdiri dari :

a. Tower Transmisi



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Tower transmisi merupakan struktur penopang untuk jaringan transmisi listrik yang dapat dibangun dari baja, beton bertulang, kayu, atau tiang logam lainnya. Untuk tegangan rendah (di bawah 70 kV), umumnya digunakan tiang kayu, beton, atau baja. Namun, pada SUTET, struktur yang digunakan adalah menara baja. Berdasarkan fungsinya, menara baja dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu: menara lurus (dukung), menara belok (sudut), menara sambungan (percabangan), dan menara transposisi.

b. Kawat Pengaman

Kawat pengaman memiliki fungsi utama melindungi kawat penghantar dari sambaran petir langsung. Kawat ini biasanya dilengkapi dengan peredam (damper) yang berfungsi mereduksi getaran akibat terpaan angin. Koneksinya dilakukan menggunakan perangkat penjepit (clamp set). Terdapat dua tipe utama: **GSW (Ground Steel Wire)**, yaitu kawat baja biasa, dan **OPGW (Optical Ground Wire)**, yaitu kawat tanah yang mengintegrasikan serat optik.

Tipe Tower

Secara umum tipe tower atau jenis tower transmisi tegangan tinggi atau extra tinggi yang lazim digunakan khususnya di Indonesia, adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Tipe Tower Berdasarkan Sudutnya

No	Tegangan Tinggi			Tegangan Extra Tinggi		
	Single Circuit	Double Circuit	Sudut	Single Circuit	Double Circuit	Sudut
1.	A	AA	0°- 3°	A	AA	0°-2°
2.	B	BB	3°-20°	B	BB	2°-10°
3.	C	CC	20°- 60°	C	CC	10°- 30°
4.	D	DD	60°- 90°	D	DD	30°- 60°
5.	E	EE	>90°	E	EE	60°- 90°
6.	DR	DDR	>90°	F	FF	0°-45°

Resistivitas dan Jenis Tanah

Nilai resistansi pentanahan sangat dipengaruhi oleh resistivitas tanah, karena keduanya memiliki hubungan yang sebanding - semakin besar resistivitas tanah, semakin tinggi pula resistansi pentanahannya. Rentang resistivitas tanah umumnya berkisar antara 10 hingga 5000 ohm-meter, tergantung pada kondisi dan jenis tanah di lokasi tersebut. Informasi ini menjadi krusial dalam proses perancangan sistem pentanahan, terutama untuk instalasi seperti menara transmisi yang memerlukan perlindungan terhadap arus lebih. Setiap jenis tanah memiliki karakteristik resistansi yang berbeda-beda, dipengaruhi oleh struktur serta kandungan



materialnya[3]. Dengan demikian, perbedaan jenis tanah di tiap lokasi akan menghasilkan variasi nilai resistivitas, seperti berikut:

Tabel 2. Nilai Spesifikasi Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ω -m)
Sawah, Rawa (Tanah Liat)	0 - 150
Tanah garapan (Tanah Liat)	10 - 200
Sawah, Tanah garapan (Tanah Kerikil)	100 - 1000
Pegunungan (Biasa)	200 - 2000
Pegunungan (Batu)	2000 - 5000
Pinggiran Sungai (Berbatu)	1000 - 5000

Untuk mengetahui nilai resistivitas tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [4]:

$$\rho = \frac{2\pi LrR}{\ln\left(\frac{8Lr}{d}\right)-1} \quad (1)$$

Keterangan :

ρ : Nilai resistivitas elektroda batang (Ohm-m)

R : Nilai resistansi pentanahan dari hasil pengukuran (Ohm)

Lr : Kedalaman penanaman elektroda batang (m)

d : Diameter elektroda batang (m)

Suatu pentanahan pada tower juga dipengaruhi oleh nilai resistivitas dari elektroda batang yang digunakan. Nilai resistivitas elektroda jenis tembaga murni pada suhu ruangan adalah sebesar $1,696 \times 10^{-6}$ Ohm-cm. Adapun nilai resistansinya dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$r = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$

Keterangan :

R : Nilai resistansi elektroda batang (Ohm)

ρ : Nilai resistivitas elektroda batang (Ohm-m)

L : Panjang elektroda batang (m)

A : Luas penampang elektroda (m²)

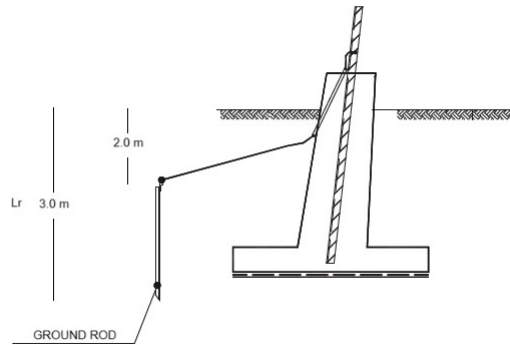
r : Radius penampang elektroda batang (m)

Grounding



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.



Grounding (Pembumian) adalah menghubungkan sistem kelistrikan ke tanah atau bumi melalui konduktor untuk menghindari terjadinya back flashover pada insulator saat grounding sistem terkena sambaran petir. Pentanahan tower terdiri dari konduktor tembaga atau konduktor baja yang diklem pada pipa pentanahan yang ditanam didekat pondasi tiang[3]. Pembumian pada tower transmisi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET) bertujuan untuk melindungi personel dari tegangan sentuh dan tegangan langkah pada tower, serta untuk mengalirkan impuls petir ke tanah.[4].

Metodologi Pembumian Pada Tower

Pada kaki menara, pembumian dapat dilakukan melalui metode driven rod, counterpoise, metode lain, atau kombinasi dari metode-metode tersebut, dengan tujuan agar nilai resistansi grounding mencapai maksimal 10 Ω . Untuk 5 menara yang dekat dengan gardu induk, nilai resistansi pembumian harus sesuai berikut:

Tabel 3. Nilai resistansi grounding pada 5 tower dari gardu induk

Level Tegangan Sistem	Nilai Resistansi Pertanahan Tower [ohm]
66 kV	≤ 3
150 kV	≤ 3
275 kV	≤ 3
500 kV	≤ 1

Sumber : SPLN T5.012_2020

Kaki menara dihubungkan ke sistem pentanahan menggunakan konduktor tanah. Jika bahan yang digunakan berbeda jenis, maka sambungan antara kaki menara dan konduktor tanah perlu menggunakan klem pentanahan tipe bimetal. Dalam situasi di mana gangguan *back-flashover* sering terjadi, menara dapat diisolasi dari arus petir agar aliran petir langsung menuju tanah tanpa menyebabkan lonjakan tegangan pada struktur menara[3].

Pada area permukiman atau peternakan, sistem pentanahan menara harus dirancang secara khusus guna menghindari risiko tegangan langkah. Solusinya bisa dengan memasang counterpoise empat titik yang dibentangkan secara radial ke arah luar secara horizontal,



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

penggunaan driven rod yang terisolasi, atau metode lain, serta dilengkapi dengan sistem pentanahan cincin[5].

Metode *driven rod*

Metode *driven rod* dilakukan dengan cara menanam kawat konduktor dan elektroda pembumian secara vertikal ke dalam tanah, kemudian menghubungkannya ke kaki tower. Kawat yang digunakan terbuat dari tembaga dengan luas penampang minimal 38 mm² atau baja galvanis dengan luas penampang minimal 55 mm². Pada ujung kawat, dipasang elektroda pembumian yang terbuat dari tembaga (copper-clad steel) dengan panjang minimal 2 meter. Jumlah *driven rod* disesuaikan sehingga didapat nilai pembumian yang dibutuhkan[5].

Gambar 3. Metode Pentanahan *Driven Rod*

Elektroda batang yang dipasang pada sistem pentanahan, maka digunakan persamaan yang digunakan untuk *rod* elektroda dengan panjang L_r dan diameter d , sebagai berikut:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

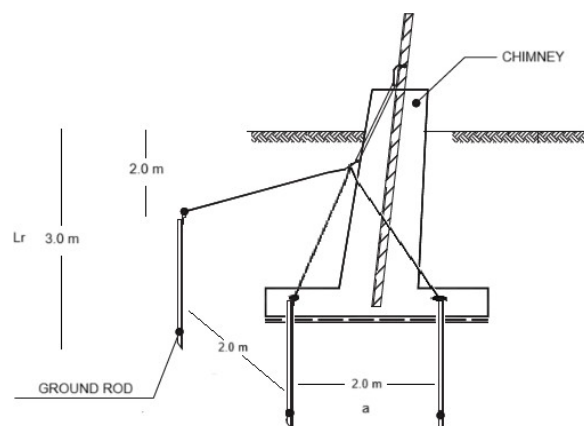
Keterangan:

R : Nilai resistansi pentanahan batang (Ohm)

ρ : Nilai resistivitas tanah (Ohm-m)

L_r : Kedalaman penanaman elektroda batang (m)

d : Diameter elektroda batang (m)



Gambar 4. Metode Pentanahan *Driven Rod* Menggunakan Penambahan Elektroda

Panjang dari elektroda batang yang digunakan juga berpengaruh pada nilai pentanahan tower. Nilai pentanahan dapat dikurangi dengan penambahan elektroda batang. Namun,



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

penggunaannya tidak dapat dilakukan hanya dengan satu titik elektroda batang, sehingga digunakan sistem paralel. Apabila variabel d pada persamaan diubah menjadi variabel A dengan jari-jari elektroda batang harus sama, maka nilai A adalah kelipatan elektroda batang yang bergantung penempatannya sebagai berikut[5]:

a. Pemasangan 2 elektroda

$$A = \sqrt{ar} \quad (4)$$

b. Pemasangan 3 elektroda membentuk segitiga

$$A = \sqrt[3]{a^2r} \quad (5)$$

c. Pemasangan 4 elektroda membentuk segitiga

$$A = \sqrt[4]{2\frac{1}{2}a^3r} \quad (6)$$

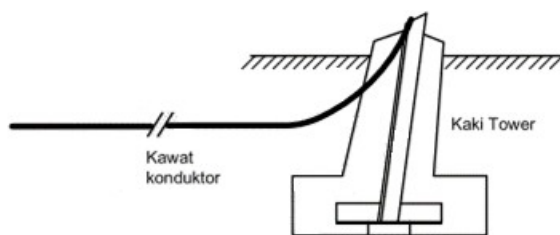
Keterangan:

r : jari-jari tiap elektroda batang (m)

a : jarak antara elektroda batang (m)

Metode *Counterpoise*

Metode *counterpoise* Counterpoise adalah sistem kawat konduktor (biasanya dari tembaga atau baja berlapis seng) yang ditanam secara horizontal di dalam tanah atau sedikit di atas permukaan tanah dengan kedalaman minimal 0,8 m, dan dihubungkan ke sistem grounding tower. Kawat ini berfungsi memperluas area distribusi arus gangguan ke tanah, sehingga menurunkan tahanan total sistem grounding. Konduktor yang digunakan berbahan dari tembaga dengan luas penampang minimum 38 mm² atau baja galvanis dengan luas penampang minimum 55 mm²[5].



Gambar 5. Contoh metode *counterpoise*

Untuk penggunaan sistem pentanahan metode *counterpoise*, maka nilai resistansi pentanahannya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R = \sqrt{r\rho} \cot \left(L \sqrt{\frac{r}{\rho}} \right) \quad (7)$$



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

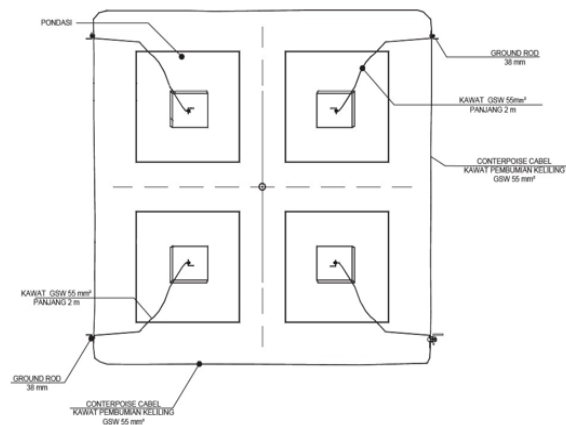
Keterangan :

R : Nilai resistansi pentanahan (Ohm)

r : Nilai resistansi kawat (Ohm/m)

ρ : Nilai resistivitas tanah (Ohm-m)

L : Panjang kawat (m)

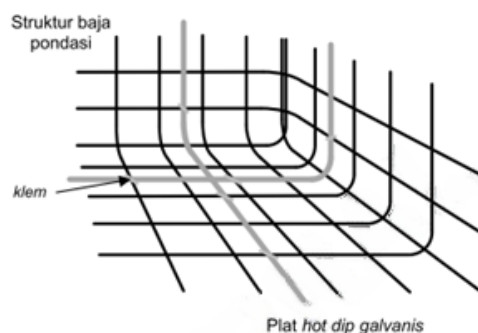


Gambar 6. Contoh pola *counterpoise*

Penempatan kawat di dalam tanah dipasang menjauhi kaki tower searah dengan konduktor gambar 6. Pola pemasangan dan panjang konduktor yang digunakan dapat disesuaikan sehingga nilai pentanahan dapat lebih baik sesuai yang diinginkan.

Metode Pentanahan Pondasi

Metode pentanahan ini dilaksanakan menggunakan bantuan oleh struktur baja pondasi sebagai elektroda pentanahan. Baja pondasi yang ada akan dipasangkan dengan plat *hot dip galvanis* agar kemampuan elektrisnya baik dalam penyaluran arus ke tanah[5].



Gambar 7. Metode Pentanahan Pondasi

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini untuk pengambilan data adalah menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah metode pengambilan data berupa angka. Dimana menggunakan pengukuran dan perhitungan matematis dalam melakukan analisis. Data penelitian didapat dari pengukuran secara langsung di lapangan, tepatnya pada kaki tower saluran transmisi Rangko - Labuan Bajo yang belum memenuhi syarat standar. Data yang diambil adalah nilai resistansi pentanahan pada 4 titik tower pada saluran transmisi.

Hasil akhir penilitan ini dilakukan menggunakan metode counterpoise. Metode counterpoise dengan menggunakan metode komparasi yaitu penelitian yang bertujuan untuk melakukan perbandingan untuk mengetahui penigkatan nilai resistansi pentanahan setiap kaki tower pada saluran transmisi Rangko - Labuan Bajo dengan hasil pengukuran yang ada dilapangan. Dari hasil komparasi tersebut kemudian dilakukan analisis perbaikan pada nilai pentanahan agar sesuai standar yang berlaku.

Bahan dan peralatan

Berikut merupakan bahan dan peralatan yang digunakan adalah:

1. *Earth Ground Tester*

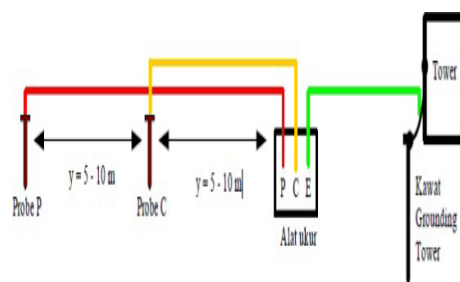
Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Digital Earth Tester* Kyoritsu 4150A



Gambar 8. *Digital Earth Tester* Kyoritsu 4150A

2. Kabel Pentanahan dan Elektroda Bantu

Elektroda yang digunakan adalah untuk pengukuran adalah sebanyak 2 buah, sesuai dengan skematik berikut:



Gambar 9. Skematik dan Pengukuran Pentanahan Pada Tower SUTT



Pengukuran nilai resistansi yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode tiga titik sesuai dengan skematik pada Gambar 9. Metode tiga titik untuk mengukur resistansi pentanahan menggunakan *earth tester* adalah salah satu metode yang umum dan efektif. Berikut adalah penjelasan langkah demi langkah dalam metode ini:

a. Persiapan dan Penempatan Elektroda

Langkah awal adalah mempersiapkan serta menempatkan elektroda secara tepat. Elektroda pentanahan yang akan diuji dihubungkan ke terminal **E** pada alat ukur (*earth tester*). Sementara itu, elektroda arus dipasang pada jarak sekitar 20–30 meter dari elektroda pentanahan dan dihubungkan ke terminal **C**, berfungsi untuk mengalirkan arus uji ke dalam tanah. Elektroda tegangan ditempatkan di antara elektroda arus dan elektroda pentanahan, namun posisinya lebih dekat ke elektroda pentanahan, lalu dihubungkan ke terminal **P**. Elektroda ini berperan dalam mengukur beda potensial yang dihasilkan saat arus mengalir melalui tanah.

b. Injeksi Arus dan Pengukuran Tegangan

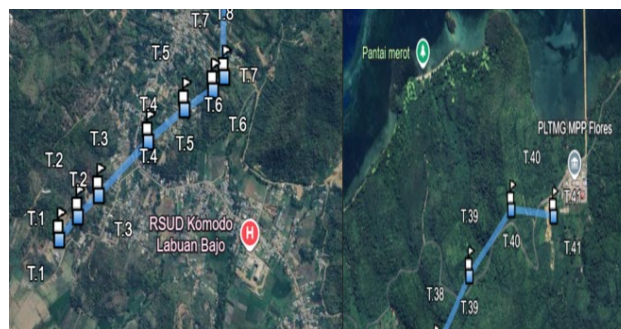
Setelah elektroda terpasang, *earth tester* mulai mengalirkan arus uji dari elektroda arus ke elektroda pentanahan melalui tanah. Pada saat arus mengalir, tegangan antara elektroda tegangan dan elektroda pentanahan diukur. Nilai tegangan inilah yang menjadi dasar untuk mengetahui hambatan yang terjadi saat arus mengalir di dalam tanah.

c. Pengukuran Resistansi

Dengan menggunakan hasil pengukuran tegangan dan besarnya arus yang dialirkan, perangkat akan menghitung resistansi pentanahan secara otomatis berdasarkan Hukum Ohm ($R = V/I$). Di mana **R** adalah nilai resistansi pentanahan, **V** adalah tegangan yang terukur, dan **I** adalah arus uji yang disuntikkan. Proses ini memberikan hasil pengukuran yang cepat dan akurat secara langsung dari perangkat.

Urutan pelaksanaan penelitian

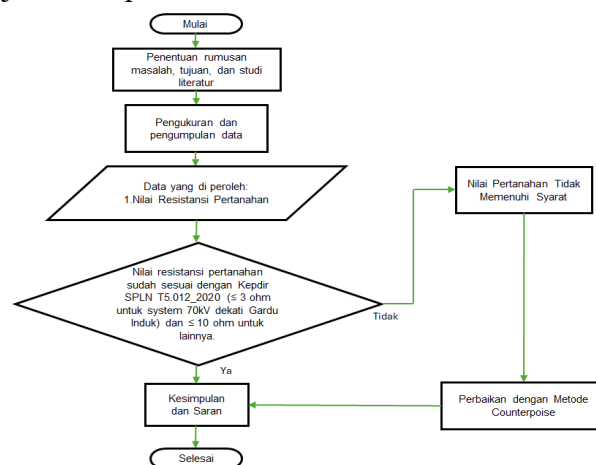
Penelitian dilakukan di daerah saluran transmisi 70 kV Rangko – Labuan Bajo. Adapun lokasinya Di Desa Tanjung Boleng dan Golo Bilas. Jumlah tower pada SUTT dengan nilai pertanahan belum memenuhi syarat sebanyak 4 tower, sebagaimana sesuai dengan Gambar 10.



Gambar 10. Peta titik tower SUTT Rangko - Labuan Bajo

Adapun langkah pelaksanaan yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan sesuai Gambar 11, dijelaskan sebagai berikut:

1. Penentuan Rumusan Masalah, Tujuan, dan Studi Literatur
Pada tahap awal, dilakukan identifikasi permasalahan dan penetapan tujuan penelitian. Selain itu, dikumpulkan berbagai literatur dan teori yang relevan sebagai dasar ilmiah yang mendukung pelaksanaan penelitian.
2. Pengukuran dan Pengumpulan Data
Data dikumpulkan melalui proses pengukuran di setiap titik tower SUTT pada jalur PLTMG Flores – GI Labuan Bajo. Data yang dikumpulkan meliputi kondisi lingkungan dan nilai resistansi pentanahan, yang menjadi parameter utama untuk analisis dan evaluasi berdasarkan standar teknis yang berlaku.
3. Perbaikan Nilai Pembumian
Jika hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tahanan pembumian melebihi batas standar, maka dilakukan perbaikan menggunakan metode Counterpoise. Metode ini diterapkan dengan menanam kawat konduktor secara horizontal di bawah atau tepat di atas permukaan tanah, dengan kedalaman setidaknya 0,8 meter. Kawat ini kemudian dihubungkan ke sistem pentanahan tower dengan cara menancapkan stick rod pada setiap kaki tower dan menghubungkannya ke bodi tower.
4. Penarikan Kesimpulan dan Rekomendasi Perbaikan Sistem
Setelah proses analisis dilakukan, ditarik kesimpulan untuk mengetahui apakah nilai pentanahan yang diukur sudah memenuhi standar yang ditetapkan. Jika belum, maka diberikan rekomendasi berupa tindakan perbaikan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kinerja sistem pentanahan.



Gambar 11. Diagram Alir Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Memastikan bahwa material pentanahan yang dipakai sesuai spesifikasi. Sesuai standar syarat PLN nilai tahanan pembumian tower SUTT pada tegangan 70 kV yaitu $\leq 3 \Omega$ untuk 5 tower dekat gardu induk dan maksimal 10Ω di area lain.

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini difokuskan untuk perbaikan nilai sistem pentanahan pada menara SUTT 70 kV. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan elektroda pentanahan ke kaki tower kemudian dilakukan pengujian. Pengukuran ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi nilai resistansi pentanahan pada tower transmisi SUTT 70 kV sebelum dilakukan evaluasi dan perbaikan melalui metode counterpoise. Hasil pengukuran nilai resistansi pentanahan terdapat dalam tabel berikut:

Tabel 4. Pengukuran Nilai Awal Resistansi Pembumian Tower

No	No Tower	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)				
		A	B	C	D	Rerata
1	T. 03	4,36	3,88	7,24	4,30	4,94
2	T. 04	10,35	10,38	13,82	10,87	11,35
3	T. 39	4,18	3,50	2,46	5,90	3,76
4	T. 40	5,77	2,43	6,90	6,90	5,5

Pembahasan

Berdasarkan pengambilan data nilai resistansi pentanahan kaki tower yang dilakukan dengan metode yang telah disebutkan di atas. *Earth Tester* menampilkan nilai pentanahan tersebut. Sehingga diperoleh data nilai pentanahan dengan nilai yang bervariasi setiap towernya. Dengan nilai resistansi tersebut, sistem pembumian pada tower SUTT 70 kV Rangko – Labuan Bajo dapat dinyatakan belum memenuhi ketentuan standar yang berlaku.

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, maka diketahui nilai resistansi pentanahan yang melebihi nilai standar di atas 3 Ω . Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan dengan metode counterpoise sebagai upaya penurunan nilai resistansi pentanahan agar sistem penyaluran daya listrik dapat berjalan dengan baik. Adapun perbaikan nilai grounding pada tower tersebut dilakukan dengan metode *counterpoise* yaitu dengan cara menanam 24 m kawat konduktor dengan permukaan kawat 55 mm² secara horizontal di dalam tanah atau sedikit di atas permukaan tanah dengan kedalaman 0,8 m dan dihubungkan ke sistem grounding tower menancapkan stick rod pada setiap leg tower lalu disambungkan ke body tower. Setelah penambahan stick rod selanjutnya dilakukan pengujian nilai grounding pada tower dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pengukuran Nilai Resistansi Pembumian Sesudah Perbaikan

No	No Tower	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)				
		A	B	C	D	Rerata
1	T. 03	0,73	1,2	0,72	0,71	0,84
2	T. 04	1,29	1,29	1,28	1,28	1,285
3	T. 39	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
4	T. 40	0,99	0,98	0,99	0,99	0,987



Hasil Perhitungan Nilai Resistansi Metode Counterpoise

Pertama dalam perhitungan nilai resistansi dengan metode counterpoise ini kita perlu perhitungan nilai resistivitas tanah untuk mendapatkan nilai sesungguhnya dari nilai pentanahan tower SUTT 70 kV Rangko - Labuan Bajo. Berdasarkan persamaan (1), maka nilai resistivitas tanah untuk setiap towernya dapat diperoleh. Adapun data perhitungan resistivitas tanah meliputi:

R (nilai hasil pengukuran) = 4,36 Ω (tower T.03 kaki A)

Lr (kedalaman penanaman elektroda batang) = 3 meter

d (diameter elektroda batang) = 0,038 meter

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk memperoleh nilai resistivitas tanah untuk tower T.03 kaki A:

$$\rho = \frac{2\pi LrR}{\ln\left(\frac{8Lr}{d}\right) - 1}$$

$$\rho = \frac{2\pi \times 3 \times 4,36}{\ln\left(\frac{8 \times 3}{0,038}\right) - 1}$$

$$\rho = 15,09 \Omega\text{-m}$$

Kedua metode ini menggunakan kawat pentanahan yang terhubung ke semua elektroda kakinya. Untuk mengetahui nilai resistansi pentanahan, maka perlu menentukan jenis kawat dan melakukan perhitungan nilai resistansi yang dapat diperoleh menggunakan data spesifikasi kawat pentanahan berikut:

A (luas permukaan kawat) = 55 mm² = 55 x 10⁻⁶ m²

ρ (nilai resistivitas kawat) = 18 $\mu\Omega\text{-cm}$ = 18 x 10⁻⁸ $\Omega\text{-m}$

L (panjang kawat) = 24 meter

Berdasarkan persamaan (2), maka nilai resistansi kawat pentanahan dapat dihitung sebagai berikut:

$$r = \rho \frac{L}{A}$$
$$r = 18 \times 10^{-8} \frac{24}{55 \times 10^{-6}}$$
$$r = 0,0785 \Omega/\text{m}$$

Ketiga nilai resistansi pentanahan *counterpoise* kemudian dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (7). Perhitungan menggunakan data pada tower T.03 kaki A:



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

r (nilai resistansi kawat) = 0,0785 Ω /m

ρ (nilai resistivitas tanah) = 15,08 Ω -m

L (Panjang kawat) = 24 meter

$$R = \sqrt{r\rho} \cot \left(L \sqrt{\frac{r}{\rho}} \right)$$

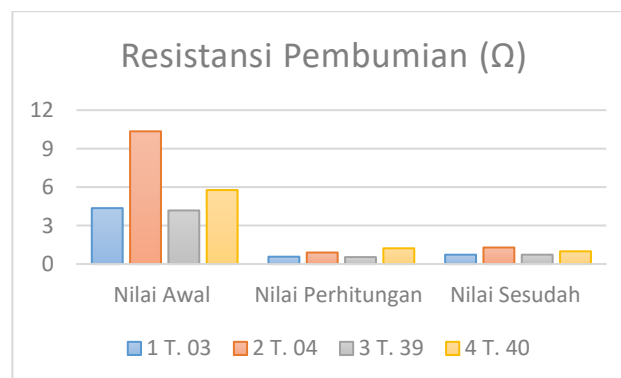
$$R = \sqrt{0,0785 \times 15,08} \cot \left(24 \sqrt{\frac{0,0785}{15,08}} \right)$$

$$R = 0,573 \Omega$$

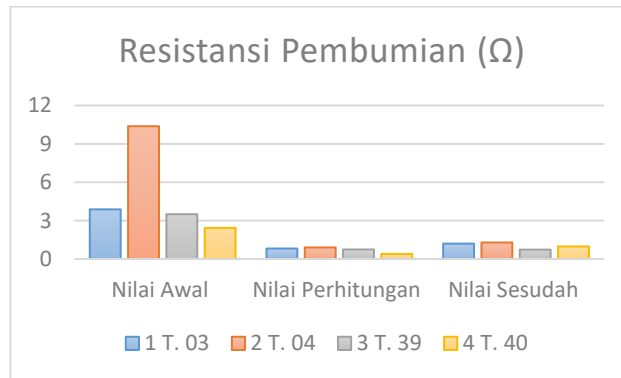
Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai Resistansi Pembumian

No	No Tower	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)			
		A	B	C	D
1	T. 03	0,573	0,816	1,361	1,047
2	T. 04	0,898	0,902	1,36	0,888
3	T. 39	0,543	0,742	0,372	1,15
4	T. 40	1,229	0,396	0,31	0,31

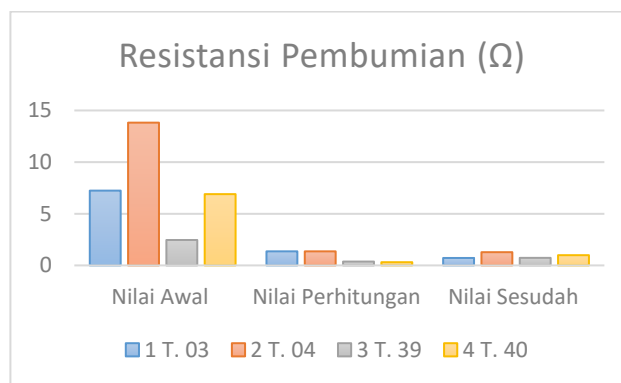
Perbandingan Nilai Resistansi Pertanahan Sebelum dan Sesudah Perbaikan Metode Counterpoise Pada 4 Titik Tower



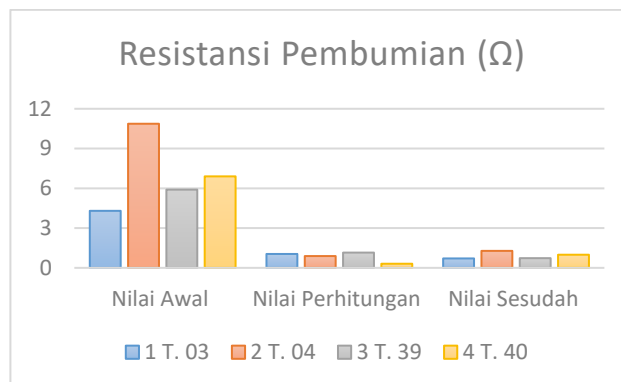
Gambar 12. Grafik Nilai Resistansi Pembumian Leg A



Gambar 13. Grafik Nilai Resistansi Pembumian Leg B



Gambar 14. Grafik Nilai Resistansi Pembumian Leg C



Gambar 15. Grafik Nilai Resistansi Pembumian Leg D

Dari hasil perhitungan pada Tabel dan Perbandingan pada Grafik kemudian terlihat bahwa nilai resistansi pentanahan awal memiliki nilai yang jauh lebih besar dari nilai resistansi pentanahan setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode counterpoise. Dapat dilihat bahwa nilai resistansi awal diatas 3 Ω mencapai nilai 13,82 Ω , sedangkan nilai resistansi pentanahan metode *counterpoise* dengan data hasil perngukuran dilapangan selalu di bawah 3 Ω dengan nilai tertinggi 1,29 Ω , dan nilai resistansi pentanahan metode *counterpoise* dengan data hasil perhitungan selalu di bawah 3 Ω dengan nilai tertinggi 1,361 Ω . Hal ini menunjukkan bahwa



metode *counterpoise* dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan dan hasil pengukuran menunjukkan peningkatan sistem nilai pertanahan secara signifikan. Metode *counterpoise* dapat menurunkan nilai pentanahan tower di dekat gardu induk menjadi dibawah 3Ω artinya semua tower sudah berada pada kondisi yang baik serta sudah memenuhi standar.

KESIMPULAN

Berdasarkan kegiatan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Perbaikan nilai grounding dilakukan dengan menggunakan metode *counterpoise*.
2. Setelah dilakukan perbaikan dengan metode *counterpoise*, nilai grounding sudah memenuhi standar yang disyaratkan ($\leq 3 \Omega$ pada 5 tower dekat gardu induk).
3. Meningkatkan keandalan sistem instalasi SUTT 70 kV di Pulau Flores.
4. Terdapat perbedaan antara data pengukuran dan perhitungan serta nilai berfluktuasi antara tower yang berbeda yang disebabkan adanya perbedaan kondisi dan jenis tanah pada lokasi tower.

SARAN

1. Melakukan upaya perbaikan dengan metode lainya atau kombinasi secara langsung yang dapat diterapkan pada suatu sistem pentanahan yang akan diteliti.
2. Melakukan pemetaan resistivitas tanah di beberapa titik lokasi tower untuk memahami variasi kondisi tanah yang mempengaruhi sistem pentanahan.
3. Melakukan pengukuran disaat lembab atau setelah hujan agar nilai tahanan yang didapatkan bisa maksimal.

REFERENCES

- [1] P. P. (Persero) S. T5.012, *Pembumian Pada Gardu Induk dan Jaringan Transmisi*. Jakarta: PT. PLN (Persero), 2020.
- [2] N. Lembang, S. Manjang, and I. Kitta, "Efek Penurunan Tahanan Pembumian Tower 150 kV Terhadap Sistem Penyaluran Petir," *J. Penelit. Enj.*, vol. 21, no. 2, pp. 7–15, 2018, doi: 10.25042/jpe.112017.02.
- [3] B. E. Prasetyo, A. Hermawan, and S. Azizah, "Analisis Perbaikan Sistem Pentanahan Tower 70 kV pada Transmisi Wlingi - Blitar," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, pp. 205–209, 2023, doi: 10.33795/elposys.v9i3.970.
- [4] K. A. N. Ichsan, "Analisis Pengaruh Pentanahan Terhadap Jumlah Isolator Transmisi Sutt Jajar–Pedan," Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [5] D. Pranatali, "Analisa Kelayakan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV Jelok – Bringin Menggunakan Metode Komparasi," 2022.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.