

Analisis Pengaruh Pemasangan *Counterpoise* pada Tower Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV *Line* Mandai-Pangkep

Ahmad Rosyid Idris¹⁾, Usman²⁾, Wanda Suyono³⁾.

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

¹ahmadrosyid@poliupg.ac.id

²usman@poliupg.ac.id

³wandasuyono6@gmail.com

Abstrak

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) merupakan komponen sistem tenaga listrik yang berperan sangat penting dalam menjaga kestabilan dan keandalan sistem tenaga listrik. Akan tetapi, saluran ini sangat rawan terhadap gangguan terutama gangguan eksternal seperti gangguan sambaran petir. Oleh karena itu, dilakukan pemasangan sistem pentanahan sebagai sistem proteksi yang dapat membatasi tegangan lebih akibat sambaran petir dan dapat langsung mengalirkannya ke tanah. Sistem pentanahan yang baik yaitu mempunyai nilai tahanan pentanahan yang kecil. Apabila nilai tahanan pentanahan besar, maka berpotensi pentanahan tidak bisa menyalurkan tegangan gangguan akibat sambaran petir ke tanah melainkan ke peralatan yang mengakibatkan kerusakan. Maka dari itu diperlukan perbaikan nilai tahanan pentanahan 2 tower SUTT 70 kV *line* Mandai-Pangkep dengan pemasangan sistem pentanahan metode *counterpoise*. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pengaruh dan efektivitas pemasangan pentanahan metode *counterpoise* dalam memperbaiki nilai resistansi pentanahan pada tower SUTT 70 kV *line* Mandai-Pangkep. Dalam penelitian ini digunakan *software* MATLAB R2016a berbasis GUI (*Graphical User Interface*) untuk mempermudah dalam perhitungan. Dari hasil penelitian didapatkan pada sistem pentanahan dengan metode *counterpoise* mengakibatkan perubahan nilai tahanan pentanahan tower 70 sebesar 73,44 % dari 6,93 Ω menjadi 1,84 Ω dan tower 39 sebesar 76,33 % dari 10,14 Ω menjadi 2,4 Ω .

Kata Kunci: Tahanan Pentanahan, *Counterpoise*, Sambaran Petir.

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik terdiri dari suatu sistem yang terintegrasi yang terdiri dari sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Sistem transmisi berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari sisi pembangkit ke konsumen, yang meliputi saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET) 500 kV, Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV maupun 70 kV dan jaringan distribusi, meliputi jaringan tegangan menengah (JTM) 20 kV dan jaringan tegangan rendah (JTR) 380/220 V.

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) merupakan komponen sistem tenaga listrik yang berperan sangat penting dalam menjaga kestabilan dan keandalan sistem tenaga listrik. Akan tetapi, saluran ini sangat rawan terhadap gangguan, baik gangguan berasal dari internal maupun dari eksternal transmisi. Gangguan eksternal yang sering terjadi pada saluran transmisi adalah gangguan temporer, seperti gangguan sambaran petir. Oleh karena itu, perlu adanya sistem proteksi yang berperan dalam usaha pengamanan dan perlindungan saluran transmisi. Salah satunya dengan pemasangan sistem pentanahan atau *grounding*.

Dengan adanya sistem pentanahan pada kaki menara transmisi dapat membatasi tegangan lebih yang diakibatkan sambaran petir dan dapat langsung mengalirkannya ke tanah. Besarnya nilai tahanan pentanahan tower SUTT 70 kV harus sesuai dengan ketentuan yang diizinkan oleh PT. PLN (Persero) No. 0520-1.K/DIR/2014 yaitu $<5 \Omega$. Jika nilai tahanan pentanahan lebih dari yang diizinkan maka berpotensi

pentanahan tidak bisa menyalurkan tegangan gangguan akibat sambaran petir ke tanah melainkan ke peralatan yang mengakibatkan kerusakan.

Transmisi jalur Mandai-Pangkep merupakan salah satu jalur transmisi yang rawan terjadi gangguan petir. Pada tahun 2020, tercatat 2 kali gangguan petir mengingat daerah ini adalah daerah pegunungan dan perbukitan. Berdasarkan data pengukuran PT. PLN (Persero) ULTG Maros, terdapat beberapa tower transmisi jalur Mandai-Pangkep yang memiliki nilai tahanan pentanahan diatas $>5 \Omega$, maka dari itu diperlukan perbaikan nilai tahanan pentanahan tower SUTT 70 kV. Perbaikan tahanan pentanahan menggunakan metode *counterpoise* dikarenakan metode ini bersifat sangat efektif dan efisien serta mudah dalam pemasangannya.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul "**Analisis Pengaruh Pemasangan *Counterpoise* pada Tower Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV *Line* Mandai-Pangkep**".

II. KAJIAN LITERATUR

A. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah salah satu dari alat-alat untuk mengubah dan memindahkan energi yang mempunyai peranan penting dalam menyediakan kebutuhan energi di dunia. Sistem tenaga listrik secara umum terdiri dari 3 bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi dan sistem

distribusi, kadang kadang dalam *literature* yang lain ditambahkan substation (Gardu Induk)[1].

B. Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari Generator *Station* sampai *distribution station* hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik di transmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tipe saluran transmisi listrik. Berdasarkan pemasangannya, saluran transmisi dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

1. Saluran udara (*Overhead lines*), saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antara menara atau tiang transmisi.
2. Saluran kabel bawah tanah (*Underground cable*), saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang dipendam didalam tanah
3. Saluran isolasi gas (*Gas insulated line/GIL*) adalah Saluran yang diisolasi dengan gas, misalnya: gas SF6 [2],

C. Saluran Udara Tegangan Tinggi

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) adalah sarana diatas tanah untuk menyalurkan tenaga listrik dari Pusat Pembangkit ke Gardu Induk (GI) atau dari GI ke GI lainnya yang terdiri dari kawat / konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang melalui isolator – isolator dengan sistim tegangan tinggi (30 kV, 70 kV dan 150kV) [3].

Bagian-bagian utama dari SUTT adalah terdiri dari: menara/ tiang, *insulation* (isolasi), kawat penghantar (konduktor), dan kawat pentanahan [4].

D. Gangguan-gangguan pada SUTT

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT/SUTET) merupakan salah satu bagian sistem yang paling sering mengalami gangguan, sebagian besar dari sumber gangguan tersebut (sekitar 80 %) bersifat temporer yang akan segera hilang setelah Pemutus Tenaga (PMT) trip [5].

Ditinjau dari sifatnya, gangguan pada SUTT 150 kV terdiri dari gangguan yang bersifat temporer dan bersifat permanen.

1. Gangguan bersifat temporer, yaitu gangguan yang berlangsung singkat dan dapat hilang dengan sendirinya. Sebab gangguan ini dapat terjadi karena petir, burung, atau dahan pohon yang menyentuh kawat fasa.
2. Gangguan bersifat permanen, yaitu gangguan yang berlangsung lama dan tidak dapat hilang dengan sendirinya. Gangguan ini bisa disebabkan karena ada kerusakan peralatan

E. Lompatan Api Balik (*Backflashover*)

Sambaran petir pada menara transmisi atau kawat tanah dapat mengakibatkan *Backflashover* (BFO), hal ini dapat terjadi apabila isolasi udara mengalami kegagalan akibat kenaikan tegangan yang sangat tinggi

pada menara transmisi. Besarnya tegangan yang timbul pada isolator transmisi tergantung pada kecuraman, puncak, dan waktu muka gelombang kilat atau petir. Hubungan antara puncak arus kilat dan seringnya terjadi sambaran seperti Tabel 1 dan hubungan antara waktu untuk mencapai puncak dan seringnya terjadi seperti Tabel 2 [6].

Tabel 1 Hubungan Antara Puncak Arus Kilat dan Seringnya Terjadi

Arus Puncak Kilat (kA)	Sering Terjadi (%)
Sampai 60	90
80	8
100	1.2
160	0.5
200 atau lebih	0.3

Tabel 2 Hubungan Antara Waktu Mencapai Puncak dan Seringnya Terjadi

Muka Gelombang Kilat (μs)	Sering Terjadi (%)
Sampai 0.5	7
1	23
1.5	22
2.0 dan lebih	48

F. Sistem Pentanahan

Pentanahan adalah perlengkapan pembumian sistem transmisi yang berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari tower SUTT maupun SUTET ke tanah dan menghindari terjadinya *back flashover* pada insulator saat grounding sistem terkena sambaran petir

Nilai pentanahan tiang harus dibuat sekecil mungkin agar tidak menimbulkan tegangan tiang yang tinggi yang pada akhirnya dapat mengganggu sistem penyaluran. Batasan nilai pentanahan tiang sebagai berikut [4]:

- a. Sistem 70 kV : maksimal 5 Ohm
- b. Sistem 150kV : maksimal 10 Ohm
- c. Sistem 275 kV/500kV : maksimal 15 Ohm

Untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang rendah diperlukan elektroda pentanahan. Prinsip dasar untuk memperoleh pentanahan yang kecil adalah dengan membuat permukaan elektroda bersentuhan dengan tanah sebesar mungkin. Sesuai dengan rumus berikut :

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (1)$$

Terdapat beberapa jenis elektroda pentanahan, antara lain :

1. Elektroda Pita

Elektroda pita ialah elektrode yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Elektrode ini dapat ditanam pada sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala – jala, atau kombinasi dari bentuk tersebut.

2. Elektroda Batang

Elektroda batang ialah elektrode dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang

dipancangkan ke dalam tanah. Elektrode bentuk batang ini yang biasa dikenal sebagai batang pentanahan (*ground rod*). Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis dengan persamaan dibawah ini [7]:

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

Dari persamaan diatas dapat diketahui cara untuk menurunkan nilai pentanahan dengan cara menambah batang elektroda, hal ini dikarenakan daya hantar arus listrik kedalam tanah lebih besar sehingga nilai pentanahan yang didapatkan semakin kecil kemudian untuk jenis penanaman elektroda dibagi menjadi empat jenis yaitu :

- a. Elektroda ditanam tegak lurus dekat permukaan tanah

$$R = \frac{\rho_1}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (3)$$

- b. Elektroda yang ditanam beberapa cm dalam tanah

$$R = \frac{\rho_1}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} \right) \quad (4)$$

- c. Elektroda ditanam tegak lurus dekat permukaan tanah menembus lapisan kedua

$$R = \frac{\rho_2}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (5)$$

- d. Elektroda ditanam tegak lurus pada kedalaman beberapa cm dari permukaan tanah dan menembus lapisan kedua

$$R = \frac{\rho_2}{2\pi(h-h_0)} \left(\ln \frac{2L}{a} - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4 \ln 2)h_0}{L}} + \frac{\rho_1}{h} \phi_0 \right) \quad (6)$$

3. Elektroda Pelat

Elektroda pelat ialah elektrode dari bahan logam utuh atau berlubang. Pada umumnya elektrode plat ditanam secara dalam.

G. Tahanan Jenis Tanah

Faktor paling dominan mempengaruhi tahanan sistem pentanahan adalah tahanan jenis tanah dimana elektroda pentanahan ditanam [7]. Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung beberapa faktor, yaitu :

- a. Jenis tanah

Nilai tahanan jenis tanah sangat berbeda tergantung komposisi tanah seperti dapat dilihat dalam PUIL 2011 tabel 54.2 atau yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Tahanan Jenis Tanah Berdasarkan Jenis Tanah Yang Berbeda.

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm -m)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Tanah Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil Kering	1000
Tanah Berbatu	3000

- b. Lapisan tanah
c. Kelembaban tanah
d. Temperature

H. Pengukuran Tahanan Pentanahan

Terdapat dua jenis pengukuran tahanan pentanahan berdasarkan pada IEEE Std 80-2000 [8]:

- a. Metode empat titik

Untuk menghitung tahanan jenis tanah dengan metodde 4 titik digunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho_a = 2\pi a R \quad (7)$$

- b. Metode tiga titik

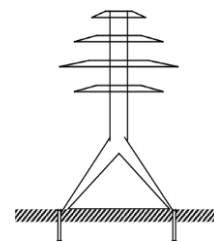
$$\rho_a = \frac{2\pi L R}{\ln\left(\frac{8L}{a}\right) - 1} \quad (8)$$

I. Metode/ Cara Pentanahan

Beberapa metode pentanahan yang sering di gunakan pada tower SUTT adalah sebagai berikut [9]:

- a. *Driven ground*

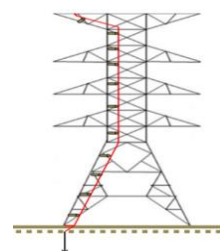
Pentanahan dengan metode *driven ground* adalah pentanahan yang dilakukan dengan cara menancapkan batang elektroda ke tanah. Pentanahan ini adalah pentanahan yang paling sederhana dan paling sering digunakan dimana nilai tahanan tanahnya rendah.



Gambar 1. Pentanahan *Driven Ground*

- b. *Direct grounding*

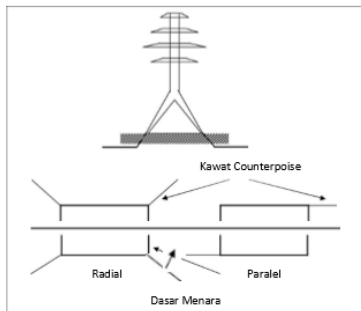
Pentanahan dengan metode *direct grounding* merupakan metode pentanahan langsung dari kawat tanah penangkal petir (*groundwire*) yang berada di atas kawat fasa pada jaringan transmisi. Metode *direct grounding* ini tidak lagi mengalirkan arus listrik akibat sambaran petir melalui *body* dari tower transmisi tetapi langsung mengalir ke tanah.



Gambar 2. Pentanahan *Direct Grounding*

- c. *Counterpoise*

Pentanahan dengan metode *counterpoise* adalah pentanahan yang dilakukan dengan cara menanam kawat elektroda sejajar atau radial, 30 cm-90 cm di bawah tanah. Metode *counterpoise* digunakan apabila hambatan tanah terlalu tinggi dan tidak dapat dikurangi dengan cara pentanahan *driven ground*, karena hambatan jenis tanah terlalu tinggi.



Gambar 3. Pentanahan Counterpoise

Menurut Siregar 2014:3, hambatan pentanahan tower dengan metode ini dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R_c = \sqrt{r\rho} \coth(L\sqrt{r/\rho}) \quad (9)$$

J. GUI MATLAB

Graphic User Interface (GUI) merupakan salah satu fasilitas yang disediakan oleh MATLAB R2016a. GUI adalah sebuah aplikasi display dari MATLAB R2016a yang mengandung tugas, perintah, atau komponen program yang mempermudah user (pengguna) dalam menjalankan sebuah program MATLAB R2016a. Tujuan dari pembuatan GUI ini adalah untuk membuat program yang simple dan praktis untuk para user [10].

III. METODE PENELITIAN

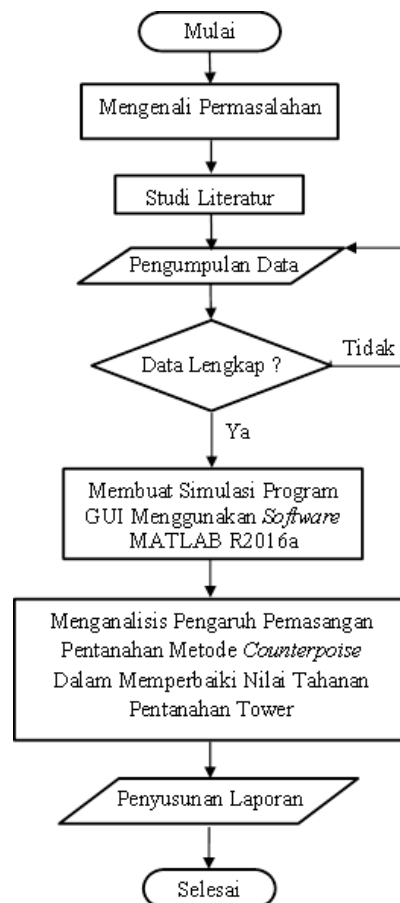
Objek penelitian ini adalah saluran udara tegangan tinggi 70 kV tower 70 dan tower 39 jalur Mandai-Pangkep yang memiliki nilai tahanan >5 Ohm. Lokasi penelitian dilakukan pada PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Maros. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan seperti yang digambarkan diagram alir pada Gambar 4.

Penjelasan dari diagram alir penelitian pada Gambar 4 adalah sebagai berikut :

1. Mengenali permasalahan yang terjadi
2. Melakukan studi literatur dan pengumpulan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) ULTG Maros. Data yang dimaksud berupa:
 - a. Single line diagram transmisi ULTG Maros,
 - b. Data nilai tahanan pentanahan tower transmisi, dan
 - c. Data gangguan saluran transmisi line Mandai-Pangkep
3. Membuat simulasi program GUI (Graphical User Interface) pada software MATLAB R2016a berdasarkan data yang diperoleh dan persamaan-persamaan yang terdapat pada tinjauan pustaka.
4. Menganalisis pengaruh pemasangan pentanahan metode counterpoise dalam memperbaiki nilai resistansi pentanahan dengan cara sebagai berikut :
 - a. Membandingkan nilai resistansi pentanahan sebelum dan setelah dilakukan pemasangan

pentanahan metode counterpoise dengan hasil setelah pemasangan sesuai dengan SK DIR 520.

- b. Pada metode counterpoise dilakukan perhitungan nilai resistansi pentanahan tower menggunakan persamaan (9) dan membandingkan dengan nilai hasil pengukuran.



Gambar 4. Diagram Alir penelitian

5. Jika semua tahapan telah dilakukan, maka analisis data penelitian telah selesai. Selanjutnya adalah penyusunan laporan yang diakhiri dengan menarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan sehingga laporan skripsi dinyatakan selesai.

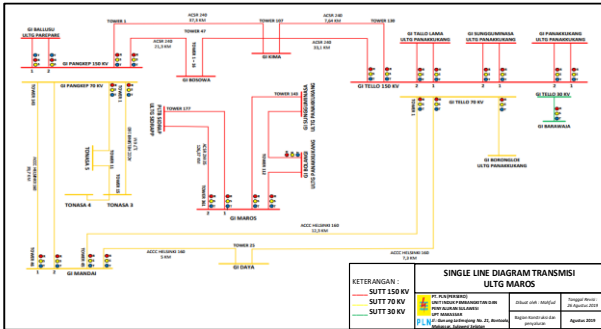
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Saluran Transmisi Mandai-Pangkep menghubungkan Gardu Induk Mandai dengan Gardu Induk Pangkep dengan sistem tegangan 70 kV. Transmisi Mandai-Pangkep memiliki 142 Tower dan panjang saluran 39,7 km dengan kuat hantar arus sebesar 792 A.

Saluran transmisi SUTT 70 kV Mandai-Pangkep ULTG Maros merupakan salah satu jalur transmisi yang rawan terjadi gangguan petir. Pada tahun 2020 tercatat 2 kali gangguan petir terjadi pada ULTG Maros yang menyebabkan kontinuitas penyaluran tenaga listrik

terganggu. Adapun data gangguan saluran transmisi 70 kV Mandai-Pangkep dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 5. Single Line Diagram Transmisi ULTG Maros

Tabel 4 Data Gangguan Tower SUTT 70 kV Line Mandai-Pangkep

Gardu Induk	Lepas (m/dd/yy)	Sebab Gangguan
Pangkep	7/1/2020 13:47	Petir
Pangkep	9/27/2020 8:25	Petir

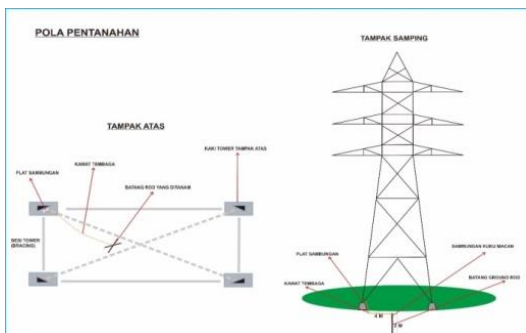
Berdasarkan hasil pengambilan data yang dilakukan di ULTG Maros sebelum dilakukan perbaikan nilai tahanan pentanahan tower 70 memiliki nilai tahanan pentanahan sebesar 6,93 Ω dan tower 39 sebesar 10,14 Ω.

Tabel 5 Data Nilai Tahanan Pentanahan Tower 70 kV Line Mandai-Pangkep

No. Tower	Pentanahan Tower (Ω)	Tipe Tower	Lokasi Kabupaten
70	1,84	DT/DT	Maros
39	2,4	DS	Pangkep

B. Pembahasan

Perbaikan tahanan pentanahan dengan metode *Counterpoise* yang dilakukan dengan menanamkan batang elektroda beberapa centimeter di bawah permukaan tanah. Batang elektrode ditanam sedalam antara 150-200 cm dibawah permukaan tanah seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pola Pentanahan *Counterpoise*

Tabel 6 Data Nilai Tahanan Pentanahan Setelah Pemasangan *Counterpoise*

No. Tower	Nilai Tahanan Pentanahan (Ω)		Jenis Tower	Persentase Perubahan
	Sebelum	Setelah		
70	6,93	1,84	Tension	73,44 %
39	10,14	2,4	Suspension	76,33 %

Pada pentanahan metode *counterpoise*, nilai tahanan kaki tower dapat dihitung secara toritis tetapi terlebih dahulu menghitung tahanan jenis tanah berdasarkan persamaan sebagai berikut.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 L &= 0,5 \text{ m} \\
 d &= 0,015 \text{ m} \\
 R_{70} &= 6,93 \text{ } \Omega \\
 R_{39} &= 10,14 \text{ } \Omega
 \end{aligned}$$

Perhitungan tahanan jenis tanah tower 70

$$\begin{aligned}
 \rho_{70} &= \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,5 \times 6,93}{\ln\left(\frac{8 \times 0,5}{0,015}\right) - 1} \\
 &= \frac{21,76}{4,58} \\
 &= 4,75 \text{ } \Omega\text{-m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tahanan jenis tanah tower 39

$$\begin{aligned}
 \rho_{39} &= \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,5 \times 10,14}{\ln\left(\frac{8 \times 0,5}{0,015}\right) - 1} \\
 &= \frac{31,83}{4,58} \\
 &= 6,95 \text{ } \Omega\text{-m}
 \end{aligned}$$

Berikut perhitungan tahanan kaki tower dengan metode *counterpoise* sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \rho_{70} &= 4,75 \text{ } \Omega\text{-m} \\
 \rho_{39} &= 6,95 \text{ } \Omega\text{-m} \\
 L &= 2 \text{ m} \\
 a &= 0,0075 \text{ m} \\
 r &= 0,015 \text{ } \Omega\text{/m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tahanan kaki tower 70

$$\begin{aligned}
 R_{70} &= \sqrt{r\rho} \coth(L\sqrt{r/\rho}) \\
 &= \sqrt{0,015 \times 4,75} \coth\left(2\sqrt{\frac{0,015}{4,75}}\right) \\
 &= 0,26 \coth(0,11) \\
 &= 0,26 (9,09) \\
 &= 2,3 \text{ } \Omega
 \end{aligned}$$

Perhitungan tahanan kaki tower 39

$$\begin{aligned}
 R_{39} &= \sqrt{r\rho} \coth(L\sqrt{r/\rho}) \\
 &= \sqrt{0,015 \times 6,95} \coth\left(2\sqrt{\frac{0,015}{6,95}}\right) \\
 &= 0,32 \coth(0,09) \\
 &= 0,32(11,11) \\
 &= 3,55 \Omega
 \end{aligned}$$

Tabel 7 Data Nilai Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan

No. Tower	Nilai Tahanan Pentanahan (Ω)	
	Pengukuran	Perhitungan
70	1,84	2,3
39	2,4	3,55

Dari Tabel 7 dapat dilihat pada tower 70 dengan nilai pengukuran pentanahan 1,84 Ω dengan nilai hasil perhitungan yaitu 2,3 Ω dan pada pengukuran tower 39 nilai pentanahannya 2,4 Ω sedangkan nilai perhitungannya sebesar 3,55 Ω sehingga diketahui hasil pengukuran langsung di lapangan tidak berbeda jauh dengan hasil perhitungan secara teori. Hal ini juga menunjukkan bahwa dengan dilakukannya pemasangan pentanahan metode *counterpoise* mampu menurunkan besarnya nilai tahanan pentanahan pada tower transmisi sehingga memenuhi standar yaitu $<5 \Omega$.

Hasil perhitungan tahanan pentanahan pada tower dengan program GUI MATLAB dapat dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Perhitungan Tahanan Pentanahan Tower 70



Gambar 8. Perhitungan Tahanan Pentanahan Tower 39

V. KESIMPULAN

Perbaikan nilai tahanan pentanahan tower transmisi dengan metode *counterpoise* mengakibatkan perubahan nilai tahanan pentanahan tower 70 sebesar 73,44 % dari 6,93 Ω menjadi 1,84 Ω dan Tower 39 sebesar 76,33 % dari 10,14 Ω menjadi 2,4 Ω . Dengan kecilnya nilai tahanan pada suatu pentanahan transmisi maka dapat menurunkan gangguan tegangan lebih (*backflashover*) akibat dari sambaran petir langsung.

REFERENSI

- [1] A. Hermawan, "Analisis Terhadap Performance Sistem Tenaga Listrik Memakai Metode Aliran Daya," pp. 17–28.
- [2] J. Pramono, M. C. Buwono, and Zamrudi, "Transmission of Electrical Energy (Transmisi Tenaga Listrik)," *Makal. Tek. Tenaga List.*, p. pp 1–35, 2010.
- [3] D. J. Sundang, "Studi Pengaruh Ph Tanah Dan Kelembaban Terhadap Nilai Tahanan Grounding Pada Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Saluran Jember Banyuwangi," 2019.
- [4] PT. PLN (Persero) No.0520-1.K/DIR/2014, "Buku Pedoman Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Tinggi Dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTE)." 2019.
- [5] Aslimeri, dkk, "Buku Pedoman Transmisi Tenaga Listrik." 2019.
- [6] S. Abduh and A. Septian, "Analisis Gangguan Petir Akibat Sambaran Langsung Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV," vol. 8, pp. 1–20, 2009.
- [7] A. T. Wahyudi, S. Hani, And Mujiman "Analisis Perbaikan Sistem Pentanahan Pada Kaki Menara di Jaringan Transmisi 150kv Gardu Induk Pedan – Kentungan." vol. 5, 2018.
- [8] A. Sunawar, "Analisis Pengaruh Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 2, no. 1, p. 16, 2013.
- [9] A. Ar and M. U. Abshar, "Analisis Resistansi Pentanahan Pada Menara Transmisi 150 kV Jalur Maros – Sungguminasa," pp. 53–59, 2020.
- [10] M. Arief, "Perhitungan Impuls dengan GUI MATLAB" 2016.