



Analisis Tahanan Pentanahan pada Kaki *Tower* SUTT 150 kV Jatiluhur-Padalarang Institut Teknologi Nasional

GIO TAMAHULLAH, DINI FAUZIAH

Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: gio.tamahullah@gmail.com

ABSTRAK

Pentanahan merupakan salah satu cara proteksi listrik dari gangguan luar maupun gangguan dalam. Salah satu gangguannya ialah gangguan petir, besarnya tahanan pentanahan kaki tower dapat mengakibatkan tegangan isolator naik yang dapat merusak peralatan dan lain-lain. Salah satu usahanya dengan cara membuat sistem pentanahan di kaki tower transmisi dengan nilai pentanahan sekecil mungkin. Didapatkannya hasil pengukuran dapat menghitung tahanan pentanahan kaki tower lalu menganalisis dengan cara membandingkan nilai pengukuran dengan perhitungan menggunakan IEEE std 80-2000. Kaki tower transmisi Jatiluhur-Padalarang memakai 9 rod batang yang dihubungkan secara paralel untuk sistem pentanahan. Diharapkan dapat mereduksi tahanan kaki pentanahan di bawah 5 ohm. Dari hasil perhitungan bahwa dari banyaknya tower transmisi Jatiluhur-Padalarang yang berjumlah 111 tower, nilai resistansi total sistem paling besar yaitu 2,50 ohm dan paling rendah yaitu 0,35 ohm.

Kata kunci: kaki tower, paralel, pentanahan, petir, rod

ABSTRACT

Grounding is one way of protecting electricity from external or internal disturbances. One of the disturbances is lightning interferences, High amount of grounding resistance can cause the insulator voltage to rise which can damage equipments. By making a grounding system at the leg of transmission tower with the smallest possible value, will obtain the measurement results that can calculate the grounding resistance of the tower legs, and analyze it by comparing the measurement value using IEEE std 80-2000. The leg of the Jatiluhur-Padalarang transmission tower uses 9 rods connected in parallel for the grounding system. It is expected to reduce the ground leg resistance below 5 ohms. The number of rod electrodes is 9 and connected in parallel, the calculation that the number of Jatiluhur-Padalarang transmission towers, which are 111 towers, the largest total system resistance value is 2.50 ohm and the lowest is 0.35 ohm.

Keywords: tower leg, grounding, lightning, parallel, rod

1. PENDAHULUAN

Petir yang menerpa kawat tanah saluran transmisi menimbulkan tegangan lebih surja berupa gelombang berjalan yang merambat dari titik sambaran menuju *tower* transmisi berikutnya, selanjutnya akan merambat sampai ke pentanahan *tower* tersebut. Adanya perbedaan impedansi surja pentanahan *tower* dengan impedansi surja *tower* menyebabkan gelombang ini akan dipantulkan lagi ke pentanahan *tower*. Dengan demikian akan terjadi pantulan berulang di pentanahan dan puncak *tower*. Pantulan-pantulan gelombang ini akan membuat tegangan pada isolator *tower* naik, dengan memperkecil impedansi pentanahan *tower* maka tegangan surja yang dipikul isolator akan semakin kecil. Untuk memperkecil impedansi surja menara dapat dilakukan dengan memperkecil pentanahan pada kaki *tower* (**Badan Standarisasi Nasional, 2000**).

Pentanahan yang baik pada kaki-kaki *tower* salah satunya dengan *grounding rod* yang dapat memperkecil tahanan pentanahan pada kaki tower secara paralel. Dengan harapan bisa meminimalisir gangguan yang sering terjadi salah satunya oleh sambaran petir. Pada dasarnya pentanahan yang baik itu bernilai $< 5 \Omega$, oleh karena itu pentanahan yang baik sangat dibutuhkan agar keandalan gardu induk dan jaringan distribusi dapat menyalurkan listrik ke masyarakat dan masyarakat pun dapat bekerja dengan produktif (**Badan Standarisasi Nasional, 2000**).

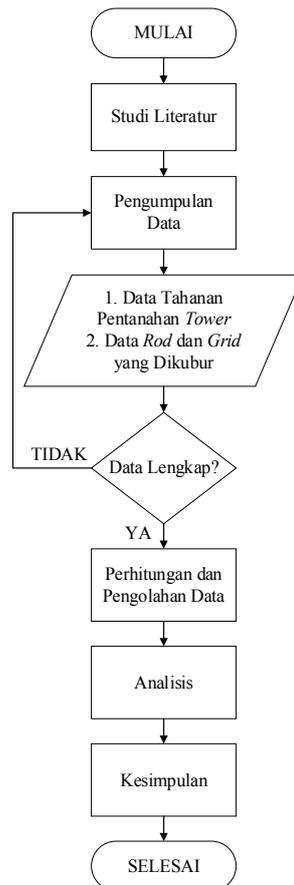
Penambahan pentanahan *grid* pada *tower* 33 di kecamatan lubuk kilangan dengan menggunakan rumus tahanan *grid* oleh IEEE std. 80-1986 dan menggunakan rumus paralel untuk penggabungan pentanahan kaki *tower* dengan pentanahan *grid*. Penelitian ini menggabungkan pentanahan yang terdapat pada rangka/kaki *tower* dengan pentanahan jenis *grid* di mana dengan luas area *grid* dipasang 1×1 meter dapat mereduksi penatanahan *tower* sebesar $0,5 \Omega$. Hasil dari pengukuran ini dapat disimpulkan bahwa penambahan sistem pentanahan dengan menggunakan *grid* yang digabungkan dengan elektroda bvatang dapat menghasilkan nilai tahanan pentanahan kecil dari 1Ω , nilai tahanan pentanahan pada *tower* transmisi 150 kV semakin bagus dengan penambahan sistem pentanahan jenis *grid* ini (**Darmana, Yudha, & Erliwati, 2015**).

Perbandingan elektroda tembaga dengan elektroda galvanis besi untuk *grounding system* yang lebih baik. Dari percobaan yang telah dilakukan, hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam kinerja batang besi galvanis dan batang pentanahan jenis tembaga. Hasil menunjukkan bahwa batang besi galvanis memberikan nilai resistansi, lalu batang tembaga adalah jenis logam yang banyak digunakan sebagai landasan sistem. Hasil eksperimen juga menunjukkan bahwa instalasi pentanahan paralel jauh lebih baik dibandingkan dengan instalasi batang tunggal, karena dapat mengurangi resistivitas elektroda pentanahan hingga 65% tergantung pada batang yang terhubung (**Ahmad & Saroni, 2014**).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

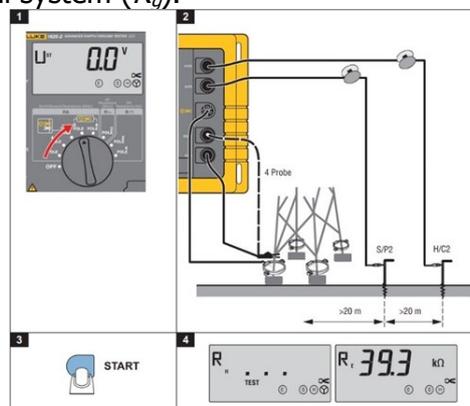
Dimulai dari studi literatur dengan mengumpulkan referensi kemudian melakukan pengumpulan data di lapangan serta diskusi dengan pembimbing yang bertugas ketika bekerja di lapangan. Ketika referensi dan data yang diinginkan telah didapatkan maka akan melakukan pengolahan data secara matematis dan menganalisis hasil dari perhitungan untuk ditarik kesimpulan



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Pelaksanaan

Gambar 1 menunjukkan diagram alir metodologi pelaksanaan yang telah ditampilkan, data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian sistem pentanahan ini antara lain:

1. Data tahanan tanah *tower* 150 kV di Padalarang-Jatiluhur Data ini akan digunakan untuk mencari nilai tahanan jenis tanah dari persamaan sederhana. Kemudian nilai tahanan jenis tanah ini akan dipakai di persamaan yang lainnya.
2. Data *rod* dan *grid* yang dikubur yang akan dilakukan penelitian. Dari nilai panjang *rod* yang dikubur (L_r), panjang *grid* (L_g), kedalaman *grid* (h), dan diameter konduktor (a). Nilai-nilai tersebut akan dimasukkan ke semua persamaan untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan total system (R_g).



Gambar 2. Pemasangan *Earth Tester* Model FLUKE 1625-2 GEO pada Kaki *Tower*

Gambar 2 menunjukkan *earth tester* yang ada di lapangan pihak PT. PLN (Persero) menggunakan *earth tester* dari FLUKE 1625-2 GEO. Pertama memasang *probe* E langsung ke *grounding rod* atau kaki *tower*, kedua memasang *probe* S sejauh 20 meter dari *probe* E, dan ketiga memasang *probe* H sejauh 40 meter dari *probe* E, terakhir memasang *current test clamp* pada kaki *tower*. Langkah selanjutnya memilih pada saklar putar dan tekan tombol *START* maka nilai tahanan pentanahan *tower* akan muncul seperti pada Gambar 2 **(PT. PLN (Persero), 2009)**.

2.2 Pengolahan Data

Pengolahan data ini merujuk pada perhitungan yang bersumber dari *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*.

1. Menghitung tahanan jenis tanah merujuk pada persamaan (1). Data data yang diperlukan yaitu tahanan *grid* (R_g), total panjang konduktor dan *rod* yang dikubur (L_T), dan diameter *rod* (d).
2. Menghitung tahanan pentanahan konduktor merujuk pada persamaan (2). Data-data yang dibutuhkan yaitu total panjang konduktor yang terhubung ke *grid* (L_c), Tahanan jenis tanah (ρ), Area cakupan pentanahan (A), koefisien 1 (k_1), koefisien 2 (k_2) dan jari-jari konduktor yang dikubur (a').
3. Menghitung tahanan *rod* merujuk pada persamaan (3). Data-data yang diperlukan yaitu tahanan jenis tanah (ρ), jumlah *rod* pada area (n_R), panjang *rod* (L_R), jari-jari *rod* (b), dan koefisien 1 (k_1).
4. Menghitung tahanan pentanahan bersama antara konduktor dan *rod* merujuk pada persamaan (4). Data-data yang dibutuhkan yaitu total panjang konduktor yang terhubung ke *grid* (L_c), tahanan jenis tanah (ρ), area cakupan pentanahan (A), koefisien 1 (k_1), koefisien 2 (k_2) dan jumlah *rod* pada area (n_R), panjang *rod* (L_R).
5. Menghitung tahanan total sistem merujuk pada persamaan (5). Data yang diperlukan yaitu tahanan pentanahan dari konduktor *grid* (R_1), tahanan pentanahan dari semua *rod* pentanahan (R_2) dan tahanan pentanahan bersama antara konduktor dan *rod* (R_m) **(IEEE, 2000)**.

Menghitung Tahanan Jenis Tanah:

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

Menghitung Tahanan Pentanahan Konduktor:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[\ln\left(\frac{2L_c}{a'}\right) + \frac{k_1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} - k_2 \right] \quad (2)$$

Menghitung Tahanan *Rod* Pentanahan:

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi n_r L_r} \left[\ln\left(\frac{4L_r}{b}\right) - 1 + \frac{2k_1 \cdot L_r}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right] \quad (3)$$

Menghitung Tahanan Pentanahan Bersama antara Konduktor dan *Rod*:

$$R_m = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[\ln\left(\frac{2L_c}{L_r}\right) + \frac{k_1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right] \quad (4)$$

Menghitung Tahanan Total Sistem:

$$R_{Tsys} = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \tag{5}$$

(IEEE, 2000).

Keterangan:

ρ = Tahanan jenis tanah ($\Omega \cdot meter$)

L_T = Total panjang konduktor dan rod yang dikubur (*meter*)

d = Diameter rod (*meter*)

R_1 = Tahanan pentanahan dari konduktor *grid* (Ω)

R_2 = Tahanan pentanahan dari semua rod (Ω)

R_m = Tahanan bersama antara konduktor dan rod (Ω)

L_c = Panjang total konduktor yang terhubung pada *grid* (*meter*)

$a' = \sqrt{a \cdot 2h}$

a' = Jari – jari konduktor yang ditanam pada kedalam h (*meter*)

k_1 = Koefisien 1

k_2 = Koefisien 2

b = Jari – jari rod (*meter*)

n_r = Jumlah rod pada suatu area A

L_r = Panjang rod (*meter*)

3. DATA DAN ANALISIS

3.1 Hasil Pengukuran

Tabel 1. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Kaki Tower Jatiluhur-Padalarang 150 kV

No. Tower	Paralel			
	A	B	C	D
	Ω (ohm)			
A01	0,37	0,25	0,27	0,5
A02	1,2	1,53	0,91	1,31
D03	0,39	0,41	0,57	0,46
D04	0,12	0,27	0,22	0,16
D18	0,15	0,03	0,08	0,05
D34	2,2	2,7	2,8	2,3

Tabel 1 menampilkan hasil pengukuran tahanan pentanahan bersama pada kaki-kaki tower dan perhitungan nilai tahanan rata-rata pada saat pengukuran.

Tabel 2. Data Luas Tower dan Area Cakupan Pentanahan

Jenis Tower	Panjang Kaki Tower (m)	Lebar Kaki Tower (m)	Tinggi Tower (m)	Area Cakupan Pentanahan (m ²)
Tension (A)	10	10	26	121
Suspension (D)	8	8	26	81

Tabel 2 menampilkan data luas dan area cakupan pentanahan pada tower berdasarkan jenis tower itu sendiri mengacu pada data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero).

Tabel 3. Data Spesifikasi Rod dan Grid yang Dikubur

Jenis Tower	Jumlah Rod	Diameter Rod (m)	Panjang Persatu Rod (m)	Panjang Konduktor dan Rod yang Dikubur (m)	Panjang Konduktor (m)	Diameter Konduktor (m)	Kedalaman Grid (m)
<i>Tension</i>	9	0,038	3	95,14	68,14	0,019	0,25
<i>Suspension</i>	9	0,038	3	80,41	53,41	0,019	0,25

Tabel 3 menampilkan spesifikasi *rod* dan *grid* sistem yang dikubur untuk pemasangan pentanahan, mengacu pada data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) (PT. PLN (Persero), 2009).

3.2 Hasil Perhitungan

Tabel 4. Perhitungan Tahanan Pentanahan Kaki Tower

No. Tower	ρ	R_1	R_2	R_m	R_{Tsys}
	$\Omega \cdot m$	Ω			
A01	23,33	1,29	1,19	0,99	1,11
A02	83,07	4,60	4,23	3,53	3,95
D03	26,46	1,84	1,49	1,40	1,48
D04	11,13	0,78	0,63	0,59	0,62
D18	4,48	0,31	0,25	0,24	0,25
D34	144,57	10,07	8,13	7,68	8,06

Tabel 4 menjelaskan Tower D18 (*Suspension*) memiliki tahanan yang paling rendah dan D34 (*suspension*) memiliki tahanan pentanahan sistem yang paling besar. Tower A01 cenderung memiliki tahanan pentanahan sistem yang normal. Tower A01 sampai D04 adalah tower yang akan dibandingkan dengan hasil pengukuran berdasarkan data yang telah ada.

3.3 Analisis

Dari hasil pengolahan data dan data dari ULTG Cigereleng penulis mengambil analisis sebagai berikut:

1. Kondisi cuaca dan jenis di sekitar pengukuran berpengaruh terhadap nilai tahanan jenis tanah. Semakin berbatu dan kering kondisi tanah pada tower maka tahanan jenis pada tanah pun akan semakin tinggi.
2. Pada setiap tower SUTT 150 kV Jatiluhur-Padalarang memiliki rod berjumlah 9 buah yang dipasang secara paralel mengacu pada persamaan mencari nilai resistansi total hubung paralel, di mana:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n} \tag{6}$$

Maka semakin banyak jumlah rod yang dipasang secara paralel maka akan semakin kecil tahanan total yang diperoleh pada kaki tower sehingga akan meningkatkan keandalan tahanan pentanahan pada kaki tower tersebut.

3. Kondisi cuaca dan waktu untuk pengukuran pentanahan tower yang baik adalah saat cuaca hujan atau mendung dengan kondisi tanah yang lembab atau basah. Lalu untuk waktu pengukuran tahanan pentanahan tower sebaiknya dilakukan saat pagi hari atau sore hari.
4. Nilai tahanan suatu tanah dapat diubah menjadi kecil bila diperlakukan secara khusus. Menambahkan air atau semakin lembab suatu tanah maka akan memperkecil nilai tahanannya. Temperatur lingkungan yang tepat akan membuat nilai tahanan suatu pentanahan menjadi baik. Berdasarkan diskusi dengan pihak di ULTG Cigereleng diketahui suhu yang tepat untuk melakukan pengukuran tahanan pada tower adalah 26°C-30°C, apabila suhu pada tanah belum mendekati ataupun melewati range tersebut

maka di sekitar tanah pentanahan yang ingin diukur akan ditambahkan air terlebih dahulu.

5. hasil perhitungan bahwa nilai resistansi total sistem yang paling tinggi berada pada *tower* D34 dengan nilai resistansi 3,06 Ω , kemungkinan nilai ini disebabkan oleh kondisi tanah yang menyebabkan keandalan *rod* menjadi berkurang, tetapi pada pentanahan *tower* lainnya masih memiliki tingkat resistansi *rod* yang cukup rendah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari data-data yang telah didapatkan dan dari perhitungan secara matematis pada kegiatan penelitian ini dengan topik Analisis Tahanan Pentanahan pada Kaki *Tower* SUTT 150 kV Jatiluhur-Padalarang, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari data-data yang didapatkan penulis mengetahui bahwa di tiap *tower* transmisi memiliki 9 buah *rod* elektroda pentanahan yang dihubung paralel agar keandalan suatu pentanahan tetap terjamin.
2. Berdasarkan dari data-data yang didapatkan penulis mengetahui bahwa nilai tahanan rata-rata tertinggi ada pada *tower* D34 yang bernilai 2,5 Ω dan nilai tahanan yang terendah ada pada *tower* D18 yang bernilai 0,08 Ω . Ini menandakan bahwa pentanahan pada saluran transmisi Jatiluhur-Padalarang sesuai dengan standar pentanahan, yaitu < 5,0 Ω .
3. Pada *tower* SUTT 150 kV Jatiluhur-Padalarang yang berjumlah 111 *tower* disimpulkan memiliki keandalan tahanan pentanahan yang baik melihat berdasarkan data tahanan bersama yang telah diperoleh dari pihak PT. PLN (Persero) *tower* Jatiluhur-Padalarang memiliki nilai tahanan pentanahan rata-rata 0,68 Ω .
4. Pada saat pengukuran pentanahan kondisi cuaca dan waktu sangat diperhatikan, berdasarkan yang penulis dapatkan melalui konsultasi dan diskusi dengan pembimbing di ULTG Cigereleng disimpulkan bahwa kondisi yang baik untuk melakukan pengukuran adalah ketika setelah cuaca hujan atau kondisi tanah yang basah. Lalu untuk waktu pengukurannya biasanya dilakukan pada pagi hari atau sore hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. PLN (Persero) ULTG Cigereleng yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, A., & Saroni, M. R. (2014). A Case Study on Ground Resistance Based on Copper Electrode vs Galvanized Iron Electrode. *IEEE International Conference Powwer & Energy (PECON)*, (pp. 406-410).
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). *SNI 04-0225-2000*.
- Darmana, I., Yudha, D. O., & Erliwati. (2015). Implementasi Sistem Pentanahan Grid pada Tower Transmisi 150 kV. *Research of Applied Science and Education*, 185-194.
- IEEE. (2000). IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding. *IEEE std 80-2000*.

PT. PLN (Persero). (2009). Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar.
10-22/HARLUR-PST/2009.
